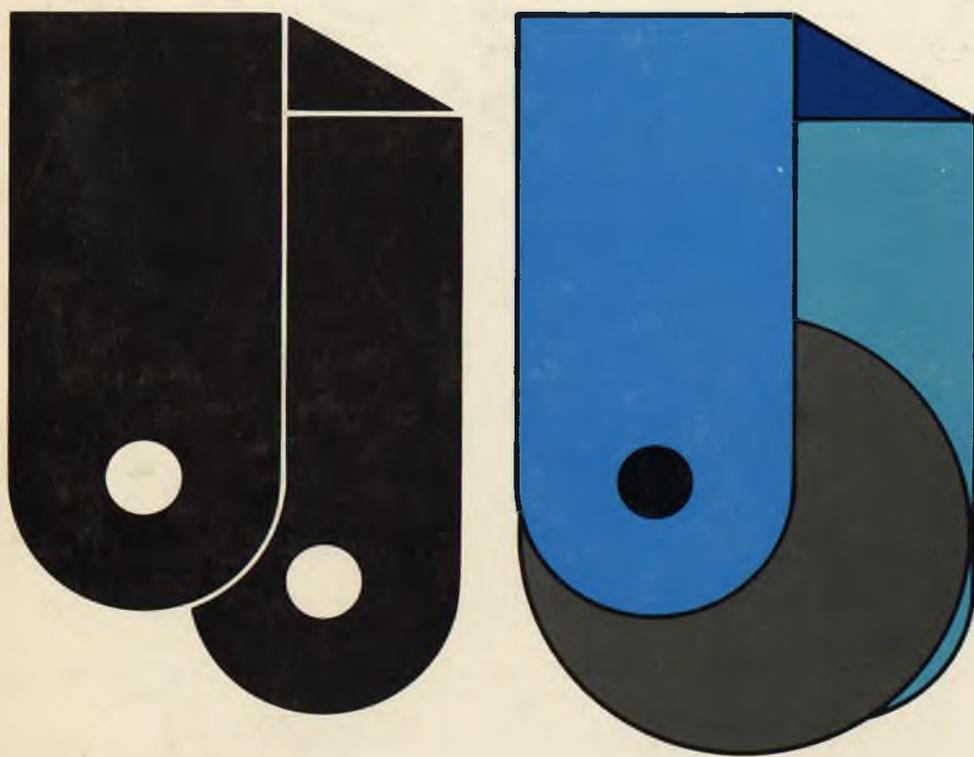
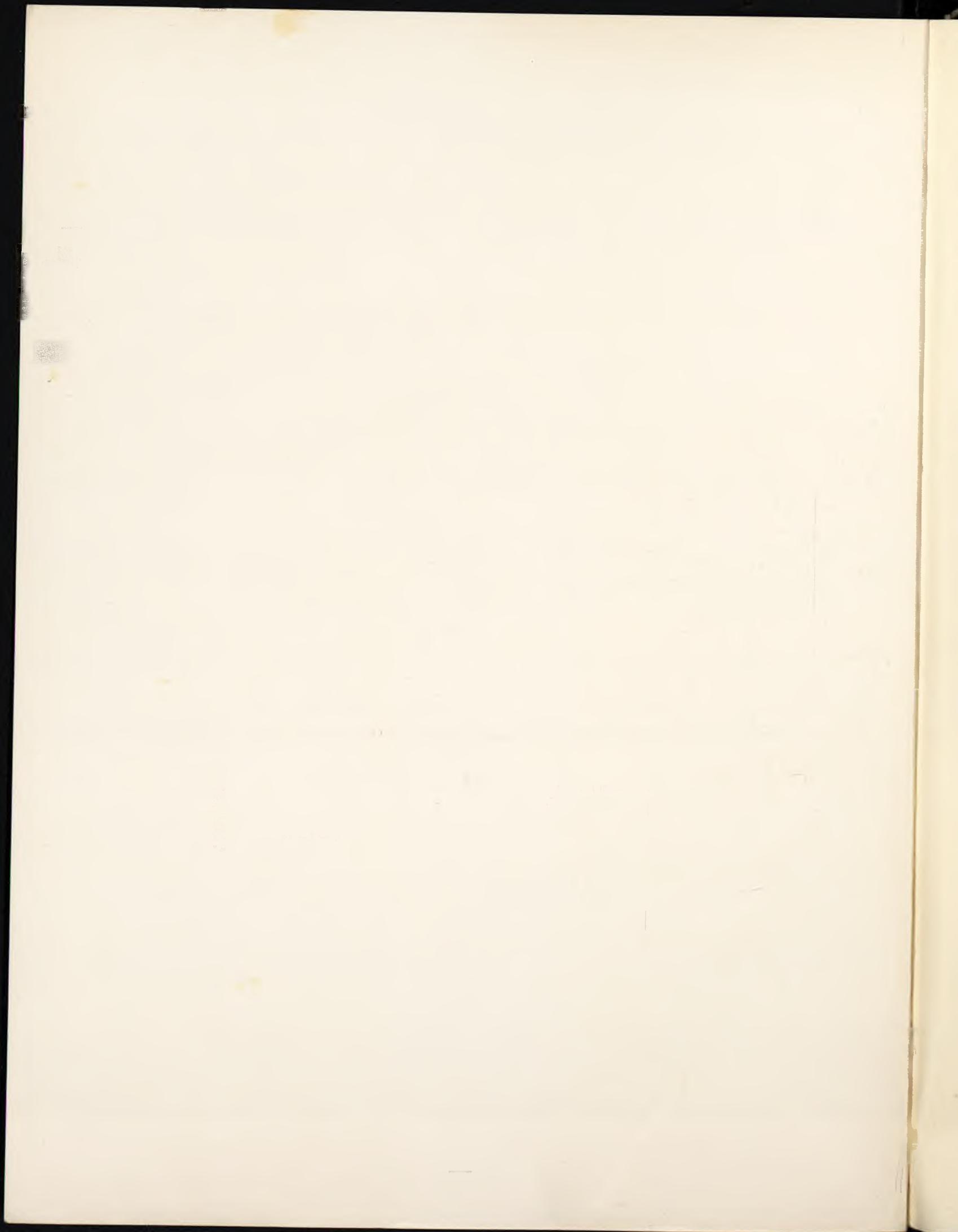


QUADERNI DELLA CASSA PER IL MEZZOGIORNO

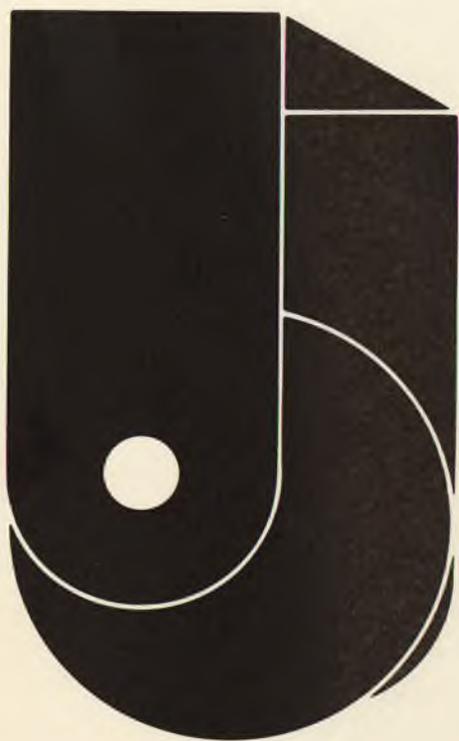
4/2





Progetti speciali per gli schemi idrici nel Mezzogiorno

Idrogeologia dell'Italia centro-meridionale



4/2

Collaborano ai «Quaderni»:

*Gaetano Argento, Claudio Bartolomei, Elisa Bizzarri, Alberto Buonopane, Claudio Calvaruso,
Alessandro Carena, Francesco Cavaliere, Pietro Celico, Antonio Cenedese, Gino Ceriani,
Giuliano Cesarini, Gerolamo Colavitti, Giuseppe Consiglio, Leonardo Cuoco,
Gastone Cuocolo, Francesco Maria de Falco, Angelo Del Treste,
Mario D'Erme, Angelo Detragiache, Giuseppe Di Nardi, Maurizio Di Palma,
Carmelo Formica, Francesco Forte, Giulio Cesare Gallo,
Antonio Giolitti, Fabrizio Giovanale, Giorgio Gugliormella, John Higgs,
Ercole Incalza, Gino Lo Giudice, Gianfranco Murzi, Calogero Muscarà, Angelo Pecoraro,
Luciano Piccioni, Ugo Possenti, Serenella Romeo, Manlio Rossi Doria, Domenico Russo,
Renato Santelia, Gianfranco Saraca, Alfonso Silipo, Giovanni Simonelli,
Vincenzo Stanganelli, Francesco Tagliamonte, Francesco Vegna, Alfonso Visconti*

Copertina di Michele Spera

Edito dalla Cassa per il Mezzogiorno
Divisione Stampa e P.R. - Ufficio Documentazione
Piazza Kennedy, 20 - 00144 Roma - Tel. 59911

Stampa Grafiche Magliana - Roma - 1983

Sommario

Introduzione	1
1. Approfondimento idrogeologico del territorio	11
2. I problemi idrogeologici	7
3. I problemi idrogeologici	13
4. Stato idrogeologico di base e problemi	19
5. Problemi idrogeologici di base e problemi	19
6. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
7. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
8. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
9. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
10. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
11. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
12. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
13. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
14. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
15. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
16. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
17. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
18. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
19. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
20. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
21. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
22. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
23. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
24. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
25. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
26. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
27. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
28. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
29. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
30. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
31. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
32. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
33. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
34. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
35. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
36. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
37. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
38. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
39. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
40. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
41. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
42. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
43. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
44. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
45. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
46. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
47. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
48. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
49. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
50. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
51. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
52. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
53. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
54. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
55. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
56. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
57. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
58. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
59. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
60. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
61. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
62. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
63. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
64. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
65. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
66. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
67. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
68. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
69. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
70. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
71. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
72. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
73. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
74. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
75. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
76. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
77. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
78. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
79. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
80. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
81. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
82. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
83. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
84. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
85. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
86. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
87. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
88. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
89. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
90. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
91. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
92. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
93. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
94. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
95. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
96. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
97. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
98. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
99. I problemi idrogeologici di base e problemi	20
100. I problemi idrogeologici di base e problemi	20

Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania).

di **Pietro Celico**

Il contenuto del presente Quaderno costituisce la sintesi delle principali conoscenze idrogeologiche esistenti nell'area di intervento del progetto speciale per gli schemi idrici del Lazio, Abruzzo, Marche, Campania e Molise (P.S. 29).

*Esso scaturisce in gran parte da indagini e studi eseguiti o diretti da **Claudio Bartolomei, Pietro Celico, Angelo Pecoraro e Domenico Russo**, opportunamente integrati dalle conoscenze acquisite attraverso studi eseguiti da altri organismi della Cassa per il Mezzogiorno e da altri enti.*

Per quanto concerne i massicci carbonatici vengono aggiornati, con elementi inediti e con la reinterpretazione di vecchi dati, i risultati delle indagini preliminari eseguite nel 1978 [84] ed i successivi studi di dettaglio (vedasi bibliografia).

Per quanto riguarda le piane quaternarie e le aree vulcaniche, invece, vengono presentati i risultati di indagini in gran parte inedite.

*Le indagini e gli studi sono stati coordinati dall'ing. **Giuseppe Consiglio** nella qualità di Direttore Centrale della Ripartizione Progetti Idrici, dall'ing. **Francesco Maria de Falco** nella qualità di Dirigente della Divisione 4 (P.S. 29) e dall'ing. **Vincenzo Stanganelli** nella qualità di Ingegnere Capo.*

sommario

presentazione	9
1. inquadramento idrogeologico del territorio	11
■ 1. evoluzione paleogeografica e assetto strutturale	13
■ 2. complessi idrogeologici	13
2. studi idrogeologici di maggiore interesse	17
■ 1. conoscenze idrogeologiche antecedenti all'inizio dell'attività del progetto speciale n. 29	19
■ 2. conoscenze idrogeologiche dovute all'attività del progetto speciale	20
2.1. metodologia di indagine utilizzata	20
2.2. il catalogo dei dati idrogeologici	22
2.3. principali studi eseguiti	23
2.4. principali risultati conseguiti attraverso gli studi	29
■ 3. altri studi eseguiti parallelamente all'attività progettuale	30
3. sintesi delle attuali conoscenze idrogeologiche	31
■ 1. fattori che condizionano l'infiltrazione e la circolazione idrica sotterranea	33
■ 2. idrogeologia delle Marche	34
■ I MASSICCI CARBONATICI	35
2.1. monti Sibillini	35
2.2. montagna dei Fiori	36
■ LE PIANE COSTIERE	36
2.3. torrente Tesino	36
2.4. fiume Tronto	38
■ 3. idrogeologia dell'Abruzzo	42
■ I MASSICCI CARBONATICI	42
3.1. montagna dei Fiori	42
3.2. monti del Gran Sasso - monte Sirente	42
3.2.1. le acque della galleria del Gran Sasso	45
3.2.2. il margine occidentale del monte Sirente (piana delle Rocche)	47
3.3. monti della Maiella	49
3.3.1. la sorgente La Morgia	50
3.4. monte Morrone	50
3.5. monte Porrara	51
3.6. monte Rotella	52
3.7. monte Genzana - monte Greco	54
3.8. monte Marsicano	55
3.9. monte Velino - monte Giano - monte Nuria	56
3.10. monte Cornacchia - monti della Meta	57
3.11. monti Simbruini - monti Ernici - monte Cairo	58
3.11.1. la sorgente Rio Sonno	58
3.12. colli Campanari	60

	■ LE PIANE INTERNE	60
	3.13. alta valle dell'Aterno	60
	3.14. piana di Sulmona	61
	3.15. piana del Fucino	62
	■ LE PIANE COSTIERE	66
	3.16. fiume Vibrata	66
	3.17. fiume Salinello	68
	3.18. fiume Tordino	68
	3.19. fiume Vomano	68
	3.20. fiume Saline	72
	3.21. fiume Pescara	72
	3.22. fiume Foro	73
	3.23. fiume Sangro	73
	3.24. fiume Sinello	75
	3.25. fiume Trigno	78
	■ 4. idrogeologia del Lazio	78
	■ I MASSICCI CARBONATICI	79
	4.1. monte Cornacchia - monti della Meta	79
	4.1.1. le sorgenti del Fibreno	79
	4.2. monti Simbruini - monti Ernici - monte Cairo	80
	4.2.1. principali risultati delle indagini	83
	4.3. monti Lepini	84
	4.3.1. alta valle dell'Amaseno	88
	4.4. monti Ausoni	89
	4.5. monte Grande	92
	4.6. monti Aurunci occidentali	92
	4.7. monti Aurunci orientali	93
	4.8. monti di Venafrò	95
	■ LE PIANE INTERNE	96
	4.9. piana di Rieti	96
	4.10. valle del Sacco	96
	4.11. bassa valle del Liri	100
	■ LE PIANE COSTIERE	100
	4.12. piana Pontina	100
	4.13. piana di Fondi	103
	4.14. piana del Garigliano	105
	■ LE AREE VULCANICHE	105
	4.15. versante meridionale dei colli Albani	105
	■ 5. idrogeologia del Molise	106
	■ I MASSICCI CARBONATICI	107
	5.1. monti della Meta e monte Greco	107
	5.2. colli Campanari	107
	5.3. monte Capraro	108
	5.4. monte Totila	108
	5.5. monti di Venafrò	110
	5.6. monti del Matese	111
	5.7. monte Moschiatturo	113

■	LE PIANE INTERNE	113
	5.8. piana di Boiano	113
	5.9. piana di Venafro	113
■	LE PIANE COSTIERE	114
	5.10. fiume Trigno	114
	5.11. fiume Bifemo	117
<hr/>		
■	6. idrogeologia della Campania	117
■	I MASSICCI CARBONATICI	118
	6.1. monti di Venafro	118
	6.2. monti del Matese	118
	6.3. monte Massico	121
	6.4. monte Maggiore	121
	6.5. monte Tifata	121
	6.6. monte Moschiatturo	123
	6.7. monte Camposauro	124
	6.8. monte Taburno	124
	6.9. monti di Durazzano	126
	6.10. monti di Avella - monte Vergine - pizzo d'Alvano	126
	6.11. monti Lattari	127
	6.12. monti di Salerno	130
	6.13. monte Accellica - monti Licinici - monti Mai	133
	6.13.1. le sorgenti dell'Ausino	134
	6.14. monte Terminio - monte Tuoro	134
	6.14.1. la conca del Dragone	137
	6.14.2. effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle sorgenti di Cassano Irpino e Serino	139
	6.15. monte Cervialto	142
	6.15.1. effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime della sorgente Sanità di Caposele	143
	6.16. monte Polveracchio - monte Raione	144
	6.17. monte Marzano - monte Ogna	145
	6.17.1. il margine meridionale di monte Ogna (piane di Buccino e San Gregorio Magno)	147
	6.17.2. le sorgenti di Quaglietta	150
	6.18. monti Alburni	150
	6.19. monti della Maddalena	152
	6.20. monte Motola	152
	6.21. monte Cervati - monte Vesole	152
	6.22. monte Forcella - monte Salice - monte Coccovello	154
	6.22.1. le sorgenti sottomarine Vuddu e Ruotolo	158
	6.23. monte Bulgheria	160
■	LE PIANE INTERNE	160
	6.24. media valle del Volturno	160
	6.25. bassa valle del Calore	162
	6.26. piana di Benevento	162
	6.27. piana dell'Isclero	163
	6.28. piana di Grottaminarda	165
	6.29. alta valle del Sabato (bacino del torrente Rigatore)	167
	6.30. valle del Solofrana	167
	6.31. bassa valle del Tanagro	167
	6.32. vallo di Diano	169

071	■ LE PIANE COSTIERE	171
072	6.33. piana del Garigliano	171
073	6.34. piana del Volturno - Regi Lagni	172
074	6.35. piana del Sarno	177
075	6.36. piana del Sele	179
076	6.37. fiume Alento	186
077	■ LE AREE VULCANICHE	186
078	6.38. Roccamonfina	186
079	6.39. Campi Flegrei	187
080	6.40. Somma-Vesuvio	190
081	■ 7. valutazione delle risorse idriche sotterranee	194
082	■ 8. vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle risorse idriche sotterranee	194
083	■ 9. considerazioni su alcuni aspetti della vigente legislazione sulle acque sotterranee, in base alle attuali conoscenze idrogeologiche	200
084	■ 10. conclusioni	202
085	4. bibliografia di interesse idrogeologico	205
086		
087		
088		
089		
090		
091		
092		
093		
094		
095		
096		
097		
098		
099		
100		
101		
102		
103		
104		
105		
106		
107		
108		
109		
110		
111		
112		
113		
114		

presentazione

Nell'ambito dell'attività di divulgazione e di informazione specialistica che la Cassa per il Mezzogiorno sta portando avanti su temi di propria competenza, questo secondo Quaderno, della serie destinata ad illustrare i progetti speciali per gli schemi idrici intersettoriali nel Mezzogiorno, è dedicato agli studi sulle acque sotterranee in corso di elaborazione nell'ambito del progetto n. 29, riguardante l'Abruzzo, la Campania, il Molise, il Lazio e le Marche meridionali.

Tale progetto speciale, com'è noto, ha come obiettivo primario il reperimento e l'utilizzazione ottimale delle risorse idriche delle regioni sopra indicate. Infatti, nell'ambito dei programmi in corso, si stanno realizzando le opere idrauliche necessarie per raggiungere detto obiettivo e si sta provvedendo a definire il quadro programmatico complessivo, supplendo alla mancanza di piani integrati di utilizzazione delle acque (si ricorda che, attualmente, l'unico strumento legislativo di controllo è fornito dal piano regolatore generale degli acquedotti, che vincola le sole risorse ad uso potabile sulla base di previsioni già superate dall'evoluzione della domanda).

Tale quadro programmatico è aderente alle decisioni delle Regioni in materia di assetto del territorio ed alle attività di programmazione delle stesse, in quanto è stato impostato su un flusso reciproco di informazioni attraverso il quale vengono acquisiti gli orientamenti nella scelta degli obiettivi e vengono fornite informazioni sulle disponibilità idriche e sulla simulazione degli effetti di diverse ipotesi di distribuzione.

L'approccio metodologico utilizzato nell'elaborazione del progetto speciale n. 29 è fondato essenzialmente su una serie di affinamenti successivi in funzione della quantità e della qualità delle informazioni raccolte sulle risorse idriche disponibili e sui fabbisogni previsti, oltre che in funzione del quadro degli obiettivi e delle alternative progettuali tecnicamente adottabili. In accordo con le Regioni interessate ciò ha condotto, iterativamente e per successive approssimazioni, alla revisione delle ipotesi previsionali e all'individuazione dei criteri di scelta e degli ordini di priorità che guidano i processi decisionali.

In tale ottica è in corso di elaborazione, tra l'altro, lo studio idrogeologico di tutta l'area di intervento del progetto. Esso è finalizzato all'acquisizione degli elementi di base necessari per la stesura di un corretto piano di utilizzazione delle acque sotterranee ed è stato articolato in modo tale che conoscenze e problemi esistenti sul territorio fossero parte integrante di un unico quadro di riferimento gradualmente aggiornabile.

Nel presente Quaderno, dopo una veloce panoramica sulle conoscenze idrogeologiche esistenti anteriormente all'inizio dell'attività strettamente operativa del gruppo di lavoro del progetto speciale, vengono sintetizzate le principali conoscenze idrogeologiche acquisite a tutt'oggi sugli acquiferi di maggiore interesse. Viene inoltre esposta la metodologia di indagine utilizzata e vengono messi in risalto, tra i risultati raggiunti, quelli di particolare interesse applicativo.

L'intero studio è frutto del coordinamento, dell'interpretazione e della sintesi dei dati idrogeologici censiti, opportunamente integrati da indagini di maggiore dettaglio appositamente eseguite, sia allo scopo di affinare le conoscenze idrogeologiche generali, sia per risolvere problemi legati a necessità strettamente operative.

Nel corso delle indagini è stata posta particolare attenzione alla circolazione idrica sotterranea dei massicci carbonatici perché essi, non solo sono degli acquiferi ad altissima produttività, ma si prestano pure ad una gestione delle risorse idriche sufficientemente elastica da consentire il raggiungimento di molti obiettivi del progetto speciale in modo relativamente semplice ed economico. È stato pure eseguito con sufficiente dettaglio lo studio delle pianure quaternarie e degli edifici vulcanici, essendo costituiti, anche questi acquiferi, da ottime rocce serbatoio.

Per quanto riguarda, invece, gli altri acquiferi di interesse locale si è preferito affrontare i singoli problemi di volta in volta, isolatamente. Infatti, per ovvi motivi, non si è sentita alcuna necessità di affrontarli in modo globale.

Per giungere allo stato attuale delle conoscenze ci si è avvalsi di indagini geomeccaniche, prospezioni geofisiche, analisi chimiche e isotopiche, rilievi aerei multispettrali, misure idrodinamiche ed idrostatiche, modelli matematici, ecc.

Oggi, grazie al lavoro eseguito, il progetto speciale n. 29 è in possesso di un modello di circolazione idrica sotterranea di tutta l'area di intervento, certamente affidabile nelle sue linee generali, oltre che per molti aspetti di carattere particolare. In ogni caso, è in possesso di una buona base di lavoro e di discussione per tutte le ricerche di carattere settoriale e di dettaglio che risultano, così, automaticamente inquadrate in una visione idrogeologica globale dell'intero territorio.

1 inquadramento idrogeologico del territorio

- evoluzione paleogeografica ed assetto strutturale
- complessi idrogeologici

1892

10



1875

1875

1875

1875

1875

Inquadramento idrogeologico del territorio

1. Evoluzione paleogeografica e assetto strutturale

1.0. L'area di intervento del progetto speciale n. 29 comprende l'Abruzzo, la Campania, il Molise, il Lazio e le Marche meridionali (fig. 1).

Si tratta di un territorio, litologicamente eterogeneo, costituito innanzitutto da una dorsale carbonatica di particolare interesse idrogeologico (calcari, calcari dolomitici e dolomie), la quale risulta generalmente fasciata da depositi terrigeni in *facies* di flysch (argille, arenarie e marne). Sono pure presenti importanti edifici vulcanici (costituiti da piroclastiti e lave) e zone pianeggianti, costiere e interne, le quali risultano colmate da depositi recenti di origine detritico-alluvionale, piroclastica e marina.

Gli eventi che hanno determinato l'attuale configurazione geologica, strutturale e morfologica del suddetto territorio interessano la circolazione delle acque sotterranee soltanto per alcuni aspetti che saranno evidenziati nel prosieguo del lavoro. Pertanto, per una trattazione approfondita dell'argomento, si rimanda alla bibliografia riportata in [84] ed in particolare ai lavori di sintesi recenti nei quali i vari Autori concordano, tra l'altro, nel considerare tutte le strutture carbonatiche traslate e sovrapposte a sedimenti terrigeni poco permeabili.

Ciò è avvenuto tra il Miocene inferiore ed il Pliocene medio, durante più fasi tettoniche caratterizzate da movimenti a prevalente componente orizzontale.

Si è così originata una struttura che, a grande scala, può essere definita «a scaglie».

Dalla fine del Pliocene sono seguiti i movimenti orogenetici *strictu sensu*, col conseguente sollevamento della catena appenninica.

Successivamente, nel Quaternario, si sono succeduti periodi glaciali ed interglaciali con più fasi tettoniche distensive, alle quali è legata anche l'evoluzione dei vari cicli carsici. Questi ultimi, in particolare, sono risultati di notevole importanza per l'alta permeabilità indotta nelle rocce calcaree.

Pure al Quaternario sono da ascrivere le fasi erosive che, unitamente ad altri fattori concomitanti, hanno dato origine alle principali pianure costiere, nonché le fasi eruttive che hanno originato le strutture vulcaniche.

In conseguenza di ciò l'area in esame è oggi dominata da quattro tipi morfologici diversi, ai quali corrispondono altrettanti tipi di acquifero. Ci si riferisce, evidentemente, ai massicci carbonatici (costituiti quasi esclusivamente da rocce molto permeabili), alle strutture vulcaniche ed alle grandi pianure quaternarie (entrambe costituite da litotipi a permeabilità variabile), nonché alle aree collinose (generalmente costituite da tipi litologici poco permeabili).

2. Complessi idrogeologici

2.0. I vari tipi litologici presenti nell'area in studio sono stati associati in gruppi aventi, nel loro insieme, un comportamento sostanzialmente identico nei confronti dell'infiltrazione e della circolazione idrica sotterranea, anche se la necessità di dover cartografare tutto in scala ridotta (vedi tavola fuori testo) ha comportato il forzato conglomeramento di termini litologicamente diversi in pochi complessi idrogeologici.

Il *complesso carbonatico* (Trias medio - Serravalliano) è costituito quasi esclusivamente da sedimenti in *facies* di piattaforma. Esso può essere scisso in una parte basale prevalentemente dolomitica ed in una, stratigraficamente sovrapposta, nella quale i termini calcarei prevalgono su quelli dolomitici e calcareo-dolomitici.

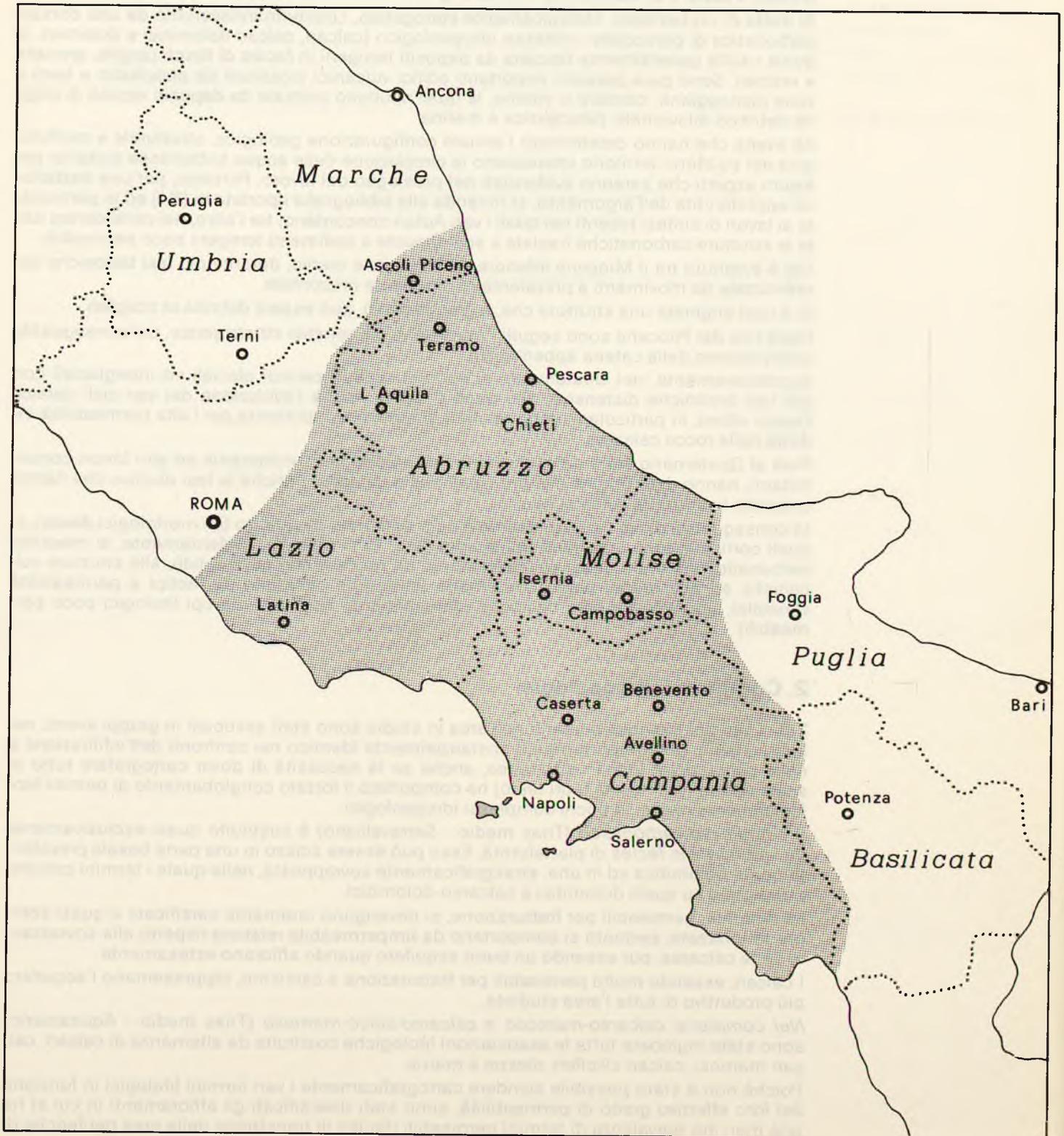
Le dolomie, permeabili per fratturazione, si rinvencono raramente carsificate e quasi sempre tettonizzate; pertanto si comportano da «impermeabile relativo» rispetto alla sovrastante serie calcarea, pur essendo un buon acquifero quando affiorano estesamente.

I calcari, essendo molto permeabili per fratturazione e carsismo, rappresentano l'acquifero più produttivo di tutta l'area studiata.

Nei *complessi calcareo-marnoso e calcareo-silico-marnoso* (Trias medio - Aquitaniano) sono state inglobate tutte le associazioni litologiche costituite da alternanze di calcari, calcari marnosi, calcari siliciferi, diaspri e marne.

Poiché non è stato possibile scindere cartograficamente i vari termini litologici in funzione del loro effettivo grado di permeabilità, sono stati diversificati gli affioramenti in cui si ha una marcata prevalenza di termini permeabili (*facies* di transizione delle aree periferiche di

Figura 1 - Ubicazione dell'area studiata.



molti massicci carsici) da quelli in cui prevalgono termini scarsamente permeabili o in cui esiste una sostanziale omogeneità nella distribuzione dei litotipi a diversa permeabilità relativa (*facies* molisano-sannitica; serie Lagonogrese in senso lato; *flysch* della Daunia; ecc.).

Nei primi gli «impermeabili» intercalari svolgono un ruolo idrogeologico modesto, trattando ad alta quota solo piccole falde sospese; nei secondi, invece, la circolazione idrica viene frazionata e solo in alcuni casi (*facies* molisano-sannitica e serie Lagonegrese) si hanno sorgenti basali di una certa consistenza.

Nei *complessi arenaceo-marnoso, argilloso-calcareo e argillo-scistoso* (Aptiano-Messiniano) sono state raggruppate le associazioni litologiche costituite essenzialmente da arenarie, argille e marne (*flysch* della Laga, *flysch* di Frosinone, *flysch* di Pietraroia, *flysch* di Agnone, *flysch* di Castelvetere, *flysch* di Caiazzo, *flysch* Numidico, unità dei complessi Sicilide e Liguride, ecc.).

Detti litotipi, caratterizzati da un grado di permeabilità complessivamente scarso, sono acquiferi poco produttivi aventi solo interesse locale. Essi, comunque, svolgono un importante ruolo di tamponamento sulla falda di base dei massicci carbonatici; rappresentano, inoltre, l'impermeabile di fondo di molte falde quaternarie.

Nel *complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico* sono stati compresi gli affioramenti di età mio-plio-calabrianica, costituiti da sedimenti a granulometria prevalentemente fine, spesso intervallati da potenti intercalazioni conglomeratiche.

Il complesso è generalmente sede di falde superficiali circolanti nei termini più permeabili. Esso è un buon acquifero di interesse locale che dà origine ad una miriade di piccole sorgenti. Funge in qualche caso da tampone parziale delle falde dei massicci carbonatici; alimenta spesso le falde alluvionali.

Nel cartografare il *complesso delle piroclastiti e delle lave* (Quaternario) sono stati distinti gli affioramenti in cui si ha una marcata prevalenza di lave (caratterizzate da un buon grado di permeabilità per fessurazione) da quelli in cui prevalgono le piroclastiti, dotate di permeabilità più bassa (per sola porosità nei termini sciolti ed anche per fessurazione in quelli litoidi).

Il complesso è un buon acquifero; in qualche caso funge, inoltre, da tampone parziale della falda di base dei massicci carbonatici.

Il *complesso sabbioso-limoso-ghiaioso* (Quaternario) comprende, oltre i travertini, tutti i depositi dovuti a processi più o meno recenti di erosione, trasporto e accumulo, instauratisi a spese dei rilievi appenninici (alluvioni antiche e recenti, sedimenti fluvio-lacustri, detriti di falda antichi e recenti, piroclastiti rimaneggiate, ecc.).

È un complesso eterogeneo dotato di permeabilità variabile in relazione alla litologia ed alla granulometria dei depositi.

Anche il ruolo idrogeologico cambia in funzione della granulometria e dell'ubicazione dei depositi stessi. Infatti, sono possibili interconnessioni idrogeologiche anche importanti con i corsi d'acqua e con le falde dei massicci carbonatici, degli edifici vulcanici e dei depositi di età mio-plio-calabrianica.

molti massi cotti) da quelli in cui l'impurezza è rappresentata da un certo numero di pezzetti di calcareo, che sono stati prodotti dalla distribuzione dei litoli a diversa permeabilità (serie Lagonese, serie Lagonese in senso lato, serie della Dora, ecc.).

Il piano di impermeabilità intercalari svolgono un ruolo idrologico modesto, tanto che ad alta quota solo piccole falde sabbie, nei secondi, invece, la circolazione idrica viene facilitata e solo in alcuni casi (falde molisano-sannitica e serie Lagonese) si hanno sorgenti basali di una certa consistenza.

Nei complessi arenaceo-marmoso, argilloso-calcareo e argilloso-sabbioso (Aprino-Massinis) non sono state raggiunte le associazioni litologiche costituite essenzialmente da strati di argille e marne sabbiose della Laga, Vischi di Frosinone, Monti di Pietrarsa, Monti di Agnone, Monti di Casertavere, Monti di Caserta, Monti di Nubico, unità dei connessi S. ...

Detti litoli, caratterizzati da un grado di permeabilità complessa, sono stati prodotti da un tipo di impurezza locale. Essi, comunque, svolgono un ruolo di tamponamento sulla falda di base dei massi calcareo-carbonatici, rappresentando, in tal modo, l'impurezza di fondo di un tipo di permeabilità complessa. Nel complesso argilloso-calcareo-sabbioso sono stati compresi gli affioramenti di età mio-pliocenica, costituiti da sedimenti a granulometria complessivamente fine, spesso intercalati da potenti intercalazioni conglomeratiche. Il complesso è generalmente sede di falde calcareo-sabbiose, nei termini più comuni. Esso è un buon acquifero di interesse locale che dà origine ad una falda di piccole sorgenti. Funge in qualche caso da tamponamento parziale delle falde dei massi calcareo-carbonatici, al-
menta spesso le falde alluvionali.

Nel carteggiare il complesso delle falde calcareo-sabbiose (Quaternario) sono stati compresi gli affioramenti in cui si ha una marcia calcareo-sabbiosa, caratterizzata da un buon grado di permeabilità per l'impurezza da quelli in cui prevalgono le pietre calcaree, dotate di permeabilità più bassa. Per sola ipotesi nei termini esposti ad essere per tessitura in quelli

Il complesso è un buon acquifero, in qualche caso, in tal modo, da tamponamento parziale della falda di base dei massi calcareo-carbonatici. Il complesso sabbioso-argilloso-calcareo-sabbioso, oltre a traverzare, tutti i depositi calcareo-sabbiosi, recenti di erosione, versano e accumulo, instaurati, e a spazi da essi occupati, livelli anche a recente, sedimenti fluvo-lacustri, di falda sabbiosa e calcareo-sabbiosa, dotato di permeabilità complessa, in relazione alla litologia ed alla granulometria dei depositi.

Anche il complesso calcareo-sabbioso, in funzione della litologia, ha un ruolo importante nei depositi calcareo-sabbiosi, recenti di erosione, versano e accumulo, instaurati, con i quali, con le loro falde calcareo-sabbiose, sono stati tamponati e del de-



2 studi idrogeologici di maggiore interesse

- conoscenze idrogeologiche antecedenti all'inizio dell'attività del progetto speciale n. 29
- conoscenze idrogeologiche dovute all'attività del progetto speciale
- altri studi eseguiti in parallelo all'attività progettuale

2 studi idrogeologici di maggiore interesse

- conoscenze idrogeologiche antecedenti all'inizio dell'attività del progetto speciale n. 29
- conoscenze idrogeologiche dovute all'attività del progetto speciale
- altri studi eseguiti in parallelo all'attività progettuale

Studi idrogeologici di maggiore interesse

1. Conoscenze idrogeologiche antecedenti all'inizio dell'attività del progetto speciale n. 29

1.0. Anteriormente all'inizio dell'attività strettamente operativa del progetto speciale n. 29 erano stati eseguiti, sul territorio indicato nella figura 1, numerosi studi di carattere settoriale e particolare, spesso limitati ai risultati di qualche perforazione, a porzioni di falda o alle aree di emergenza di singole sorgenti (vedi bibliografia). Numerosi sono pure gli studi inediti aventi le stesse caratteristiche (vedi bibliografia riportata in [71]).

Nel 1965, ad opera di Manfredini [268], viene fatto il primo tentativo di sintesi idrogeologica di un'intera regione: l'Abruzzo. Si tratta di una rassegna dei principali tipi litologici affioranti e delle relative caratteristiche idrogeologiche; viene pure fatta una veloce panoramica sulle condizioni di emergenza e sul regime idrologico delle maggiori sorgenti.

Successivamente, solo nel 1973 maturano ulteriori studi idrogeologici a scala regionale. Mouton [311] presenta una sintesi idrogeologica del Lazio meridionale nella quale ipotizza l'esistenza di un'unica falda che, dai massicci carbonatici del Fucino, defluisce verso i Lepini-Ausoni.

Parallelamente Boni [31] propone uno schema idrogeologico dei massicci carbonatici dell'Abruzzo e del Lazio meridionale, nel quale le grandi dorsali carbonatiche vengono considerate idrogeologicamente autonome.

Sempre nel 1973, Civita ed altri presentano la carta idrogeologica della Campania nord-occidentale [132], nella quale vengono, tra l'altro, definite alcune unità carbonatiche idrogeologicamente autonome. Viene pure fatto un primo tentativo per individuare gli spartiacque sotterranei all'interno dei singoli massicci carsici.

Nel 1975 viene redatto, nell'ambito dell'attività della Cassa per il Mezzogiorno, un tentativo di sintesi idrogeologica delle regioni carsiche campane e molisane [116]. Si tratta di una prima ipotesi di lavoro, che è servita soprattutto ad individuare le principali unità idrogeologiche nelle aree non coperte dallo studio precedente.

Tra gli studi di maggiore interesse eseguiti su territori arealmente estesi sono da ricordare, innanzitutto, quelli realizzati nel 1961 da Blanc ed altri [29] e da Conforto ed altri [144] sulle acque sotterranee e superficiali dell'Agro romano e pontino. Gli Autori ricostruiscono, tra l'altro, l'andamento della superficie piezometrica e giungono ad una prima valutazione delle disponibilità idriche dell'intero territorio.

Nel 1976, C. Viparelli [400] studia la falda idrica di un'ampia area della conca campana, compresa tra i Regi Lagni e la valle del Sebeto, giungendo alla conclusione che essa è alimentata, oltre che dagli apporti zenitali diretti, anche dai massicci carbonatici dei monti Tifatini e di Avella.

Nel 1969 viene pubblicato, a cura di Accordi ed altri, lo studio idrogeologico dell'alto bacino del Liri [1], che è rimasto, a tutt'oggi, un ottimo esempio di studio pluridisciplinare.

Nello stesso anno 1969, in Campania, le conoscenze idrogeologiche progrediscono ad opera di Civita, de Riso e Nicotera, i quali studiano le acque sotterranee dei massicci carbonatici che bordano il Vallo di Diano [323], dei monti Terminio-Tuoro [123] e della piana del Garigliano [321].

Gli stessi Autori, nel 1970, pubblicano lo studio idrogeologico dei monti di Sarno, con il calcolo del relativo bilancio idrologico [133].

Sempre nel 1970, vengono realizzati gli studi sulle falde alluvionali del Vomano e del Sangro, rispettivamente ad opera di Ercolani [182] e Scandellari [380]. Nel primo, vengono determinati i principali parametri idrodinamici dell'acquifero, mentre nel secondo si giunge ad una stima della potenzialità della falda.

Lo studio di Ercolani verrà successivamente completato, nel 1973, da Pizzi e Suzanne, con la realizzazione di un modello analogico [348].

Nel continuare la rassegna degli studi in ordine cronologico, c'è da segnalare il lavoro eseguito da Civita ed altri [134] sui massicci del Taburno e del Camposauro, in Campania. Attraverso il bilancio idrologico gli Autori individuano delle risorse idriche, prima sconosciute, che defluiscono in modo diffuso negli alvei dei fiumi Isclero e Calore.

Nel 1972 viene pubblicato uno studio di Manfredini sulla piana di Rieti [271], nel quale vengono analizzati i fattori che condizionano la circolazione idrica sotterranea in quella zona.

Nel 1973 Civita propone il calcolo del bilancio del massiccio del Matese, utilizzando una

nuova metodologia tendente a limitare gli inconvenienti legati alla mancanza di pluviometri ad alta quota [126].

Pure nel 1973, Ragone propone il calcolo del bilancio idrologico del massiccio del Terminio-Tuoro [357]. Poiché risulta un importante deficit in favore degli efflussi sorgivi, l'Autore inserisce, nel bacino di alimentazione delle sorgenti, una porzione dell'adiacente massiccio del Cervialto.

Ortolani nel 1974 presenta un lavoro [334] nel quale avanza l'ipotesi che l'ubicazione delle grandi sorgenti dei monti Picentini sia legata alla giacitura delle sottostanti unità Lagonegresi. Per quanto riguarda la struttura di monte Marzano-monte Ogna, ipotizza che le acque di questo massiccio debbano trovare recapito nelle alluvioni della piana del Sele. L'Autore, infine, osservando che le dolomie sono sede di un'importante circolazione idrica sotterranea, ritiene che nell'area studiata non esistano sostanziali differenze di permeabilità tra queste ed i sovrastanti calcari.

Nel 1975, Deffenu ed altri presentano uno studio sul chimismo di alcune sorgenti della piana Pontina e dell'alta valle del Velino [164]. Tra l'altro, vengono individuati i «termini estremi» delle acque dei due gruppi sorgentizi e viene calcolato il grado di mescolamento di quelli intermedi.

Pure nel 1975, viene pubblicato uno studio di Monjoie sul Gran Sasso [307]. Tra l'altro, grazie alle esperienze vissute durante i lavori di costruzione della galleria autostradale ed in particolare durante l'attraversamento della faglia della Valle Fredda, viene accertato che alcune discontinuità tettoniche riescono a tamponare efficacemente la circolazione della falda di base del massiccio.

2. Conoscenze idrogeologiche dovute all'attività del progetto speciale

2.0. Dalla breve rassegna sui principali studi idrogeologici, eseguiti precedentemente all'inizio dell'attività del progetto speciale n. 29, è risultato evidente che il territorio indicato nella figura 1 era stato studiato in modo incompleto e disomogeneo.

Infatti, i lavori di sintesi erano a diversi livelli di approssimazione e anche di interpretazione; gli studi di maggiore dettaglio, inoltre, erano disomogenei e dislocati sul territorio secondo criteri dettati dagli interessi scientifici e/o professionali dei vari Autori e non dalle esigenze del progetto speciale.

A ciò si deve aggiungere che solo nel Lazio meridionale esistevano elementi sufficienti [63] per creare una solida base di lavoro.

Pertanto, si è sentita subito la necessità di eseguire una raccolta di dati e di studi idrogeologici presso gli enti pubblici e privati operanti sul territorio. Parallelamente è stato avviato uno studio idrogeologico sistematico finalizzato soprattutto all'omogeneizzazione, al coordinamento ed al completamento delle conoscenze di base.

2.1. Metodologia di indagine utilizzata

Il piano di intervento nel campo delle acque sotterranee è stato articolato in modo tale che, sulla base di una conoscenza idrogeologica di massima del territorio e di una banca-dati aggiornabile, si potessero avere immediate risposte ai piccoli interrogativi e, per i grossi problemi, almeno un primo inquadramento in un contesto ampio ed organico.

Ciò è scaturito dalla necessità di muoversi in un quadro relativamente funzionale, che tenesse conto di ciò che era stato fatto o programmato dagli altri enti, oltre che dalla necessità di prevedere l'utilizzazione delle risorse in relazione all'effettiva potenzialità dei singoli acquiferi. In altri termini, partendo dal concetto che le risorse idriche sono limitate e che, pertanto, vanno gestite correttamente, si è cercato di porre le basi per l'avvio di una seria politica delle acque intesa e in termini di conservazione della potenzialità idrica e in termini di salvaguardia delle risorse dai pericoli di inquinamento.

In tale ottica, lo studio è stato articolato in più fasi che, a seconda delle necessità, potevano sovrapporsi e integrarsi reciprocamente.

La prima fase è consistita nel censimento dei dati idrogeologici, esistenti presso gli enti operanti sul territorio (paragrafo 2.2.).

La seconda fase è stata fondata essenzialmente su uno studio lito-stratigrafico e strutturale, finalizzato all'individuazione dei principali motivi di condizionamento della circolazione idrica sotterranea nell'intera area di interesse.

Attraverso una prima interpretazione degli elementi così acquisiti, è stato realizzato lo schema idrogeologico [84] riprodotto, in forma semplificata, nella figura 2.

Il territorio è stato così suddiviso in più «unità idrogeologiche», cioè in domini idrogeologici omogenei [89], ai cui limiti si verificano spesso condizioni che annullano o ostacolano gli interscambi idrici sotterranei con le aree adiacenti. All'interno di dette unità sono state ricostruite, almeno nelle linee essenziali, le modalità di circolazione idrica sotterranea.

La validità della suddivisione è stata verificata preliminarmente, ove possibile, attraverso il calcolo di bilanci idrologici miranti ad accertare l'esistenza, nelle singole unità, di un sostanziale pareggio tra entrate ed uscite [112].

È poi seguita una campagna di misure differenziali [85] nell'alveo di quei fiumi, la cui coltre alluvionale sembrava potesse rappresentare il recapito preferenziale della falda di alcuni massicci.

Infine, nelle aree di maggiore interesse, sono state eseguite verifiche sperimentali tramite prospezioni geofisiche, perforazioni meccaniche, prospezioni geochimiche, rilievi aerei all'infrarosso termico, ecc.

In tal modo è stato realizzato, per tutto il territorio, un unico quadro di riferimento, che viene ancora oggi costantemente aggiornato attraverso le indagini di dettaglio legate alla soluzione dei problemi strettamente applicativi di interesse del progetto speciale.

Queste ultime indagini rientrano nella terza fase e vengono automaticamente inquadrare in un contesto molto più ampio di quello strettamente locale. Si ha, così, l'evidente vantaggio di avere sempre chiare le situazioni idrogeologiche esistenti al contorno delle singole aree di studio.

Per dette indagini, se necessario, ci si avvale di modelli matematici. Esse vengono, tra l'altro, indirizzate alla valutazione delle risorse disponibili, alla verifica dei rapporti esistenti tra acque superficiali e sotterranee, all'individuazione dei rapporti esistenti tra falde di unità idrogeologiche diverse, alla valutazione delle possibilità di utilizzazione degli acquiferi come serbatoi naturali di compenso, alla valutazione delle possibilità di alimentazione artificiale delle falde, ecc.

La quarta fase riguarda la protezione delle risorse idriche dall'inquinamento.

2.2. Il catalogo dei dati idrogeologici

Il censimento, presso enti pubblici e privati, dei dati idrogeologici esistenti (portate sorgive, prove di pompaggio, stratigrafie, studi inediti, ecc.) è stato il primo passo verso la conoscenza idrogeologica del territorio.

Tale passo si è reso necessario, sia per evitare inutili accavallamenti di indagini in zone già investigate, sia per consentire un'interpretazione degli elementi disponibili secondo una visione dei problemi più ampia ed organica di quella, generalmente limitata e settoriale, dei numerosi enti operanti sul territorio.

Durante la ricerca dei dati sono state censite circa 25.000 sorgenti delle quali, oltre 1.400, hanno una portata media superiore a 10 litri al secondo. Su molte di queste sorgenti esistevano misure periodiche di portata, generalmente con cadenza mensile, per un totale di circa 64.000 misure.

Sono state, inoltre, reperite le stratigrafie dettagliate di oltre 1.300 perforazioni, su un totale di circa 14.700 censite, delle quali esistono comunque le stratigrafie sommarie.

I piezometri con misure periodiche di livello sono risultati circa 330.

Sono state pure recuperate circa 11.500 analisi chimiche speditive e circa 340 analisi complete relative a sorgenti e pozzi.

Sono stati anche raccolti, e ricostruiti laddove mancavano, i dati relativi alle 660 stazioni pluviometriche esistenti sull'intero territorio. Sono stati, infine, raccolti e riordinati i dati termometrici (temperature dell'aria massime, minime e medie mensili) relativi a circa 210 stazioni.

Tutte le stazioni termo-pluviometriche, unitamente a quelle idrometriche, sono state oggetto di visite di controllo per verificarne lo stato di efficienza e per ricostruirne, nei limiti del possibile, gli eventuali spostamenti avvenuti in passato.

Per quanto riguarda le derivazioni di acque fluenti, sono stati raccolti e ordinati i dati relativi alle concessioni (assentite o in istruttoria) ed è stato eseguito il controllo sistematico delle aste fluviali principali, al fine di censire e posizionare anche le eventuali utenze abusive.

Sono stati, infine, reperiti, esaminati e catalogati oltre 200 studi geologici, idrogeologici, idrologici e geofisici inediti.

Al termine di questa prima fase di raccolta, ne è seguita un'altra di controllo, in campagna, dei dati di maggiore interesse (posizione dei punti d'acqua, livelli statici, misure di portata, ecc.).

Inoltre, poiché attraverso gli studi idrogeologici preliminari [84] erano state individuate delle zone di particolare interesse, sono state eseguite anche numerose misure differenziali nell'alveo di alcuni fiumi. Queste hanno portato all'individuazione di fronti sorgivi, fino ad allora non segnalati, per un totale di oltre 35 metri cubi al secondo.

Tutti i dati così censiti sono stati raccolti su schede riassuntive che consentono una consultazione rapida dei principali elementi idrogeologici, anche su aree molto vaste. Inoltre, sono state redatte numerose monografie di dettaglio (per sorgenti, pozzi di maggiore interesse, derivazioni, ecc.), le quali possono essere utilizzate per studi localizzati a singoli punti d'acqua o per lo studio di aree ristrette.

Le stazioni termo-pluviometriche, le stazioni idrometriche, le prese d'acqua, le sorgenti, le perforazioni, ecc. sono state ubicate su circa 580 tavolette al 25.000 e sulle corrispondenti carte in scala 1 : 100.000.

Nonostante abbia raggiunto dimensioni considerevoli, il catalogo è di facile consultazione perché, in sede di impostazione, sono state curate in modo particolare le possibilità di ingresso e di passaggio da un elaborato all'altro. Attualmente si sta comunque lavorando per la realizzazione di una banca di dati, consultabile ed aggiornabile tramite elaboratore elettronico.

L'architettura del catalogo è stata interamente progettata all'interno del progetto speciale n. 29, tenendo conto delle relative esigenze ed avendo come base di lavoro il censimento precedentemente realizzato per il Lazio meridionale dalla stessa Cassa.

2.3. Principali studi eseguiti

Dal 1976 ad oggi, la maggior parte degli studi idrogeologici eseguiti sul territorio indicato nella figura 1 sono stati realizzati, in tutto o in parte, nell'ambito dell'attività del progetto speciale n. 29 (cfr. bibliografia). Essi sono stati sempre eseguiti e/o coordinati all'interno della Cassa, facendo ricorso a competenze esterne soltanto per particolari interventi specialistici.

Questa scelta di base ha consentito che le conoscenze d'assieme sull'idrogeologia del territorio diventassero patrimonio del progetto speciale ed ha reso possibile operare sempre, su tutta l'area di interesse, con interventi agili e coordinati.

Come si è detto in precedenza, parallelamente al censimento è stato impostato e portato avanti lo studio idrogeologico d'assieme del territorio, per la ricostruzione di un primo schema di circolazione idrica sotterranea e per una prima valutazione delle risorse disponibili [84; 112; 95].

Esso è stato finalizzato all'individuazione dei limiti delle singole unità idrogeologiche, dei presumibili «spartiacque sotterranei» ed alla definizione, almeno nelle linee essenziali, delle modalità di circolazione delle acque sotterranee.

L'intero territorio è stato così suddiviso in grandi e piccole unità idrogeologiche (fig. 3; tab. 1).

All'interno delle unità carbonatiche, in particolare, sono state pure delimitate le presumibili aree di alimentazione delle principali sorgenti.

Tra l'altro, grazie alla visione globale dei problemi, si è potuto constatare che i bacini di alimentazione di alcune sorgenti e i punti di recapito di alcune falde sono sostanzialmente diversi da quelli individuati in studi precedenti. Basti ricordare i bacini delle sorgenti del Pecchia [31, 33], di Capo Volturmo [156; 31], del Fibreno [31], di Cassano Irpino e Serino [357] nonché la falda del massiccio di monte Marzano-monte Ogna [334], ecc.

Le conoscenze acquisite sulla struttura e sulla geometria degli acquiferi sono risultate un presupposto indispensabile per la quantizzazione e l'avvio di un primo piano di utilizzazione delle risorse.

Le stesse conoscenze e le problematiche scaturite da questa fase di lavoro preliminare sono state anche un valido punto di partenza per l'impostazione e la realizzazione delle indagini di dettaglio.

Queste ultime sono state eseguite, innanzitutto, per chiarire alcuni problemi esistenti in certi punti chiave del territorio.

La maggior parte di esse, però, è stata avviata e portata a termine per dare risposte concrete a problemi di interesse prioritario del progetto speciale.

Tra le prime, è risultato particolarmente importante il rilievo aereo all'infrarosso termico delle coste carbonatiche laziali e campane. Infatti è emerso che, se si esclude il Cilento, in tutto il territorio investigato le perdite d'acqua verso mare sono limitate [88].

Altri elementi interessanti sono stati raccolti attraverso una campagna di sondaggi meccanici e geoelettrici, che è servita a chiarire diversi aspetti e ad avere significative conferme circa l'assetto strutturale di alcune zone che, da un primo esame dei dati disponibili, sembrava potessero rappresentare degli «spartiacque sotterranei» [85; 98].

Tra gli studi, risultati di particolare interesse ai fini del concreto raggiungimento degli obiettivi del progetto speciale, sono da segnalare quelli relativi alla piana di Cassino ed ai monti di Venafro [82; 117]. Con essi, infatti, è stato possibile superare alcune precedenti teorie [31; 33] ed è stato dato il via alla progettazione delle opere di captazione per l'importante acquedotto della Campania occidentale.

Successivamente, il problema è stato ripreso per definire i particolari delle captazioni stesse e soprattutto per valutare quali potessero essere le ripercussioni sull'attuale regime idrogeologico dei monti di Venafro [96].

Sempre al fine di chiarire tutti gli aspetti idrogeologici connessi al tracciato ed alle captazioni dell'acquedotto della Campania occidentale, sono stati successivamente studiati i massicci carbonatici del monte Maggiore e del monte Tifata [102].

Figura 3 - Principali unità idrogeologiche.

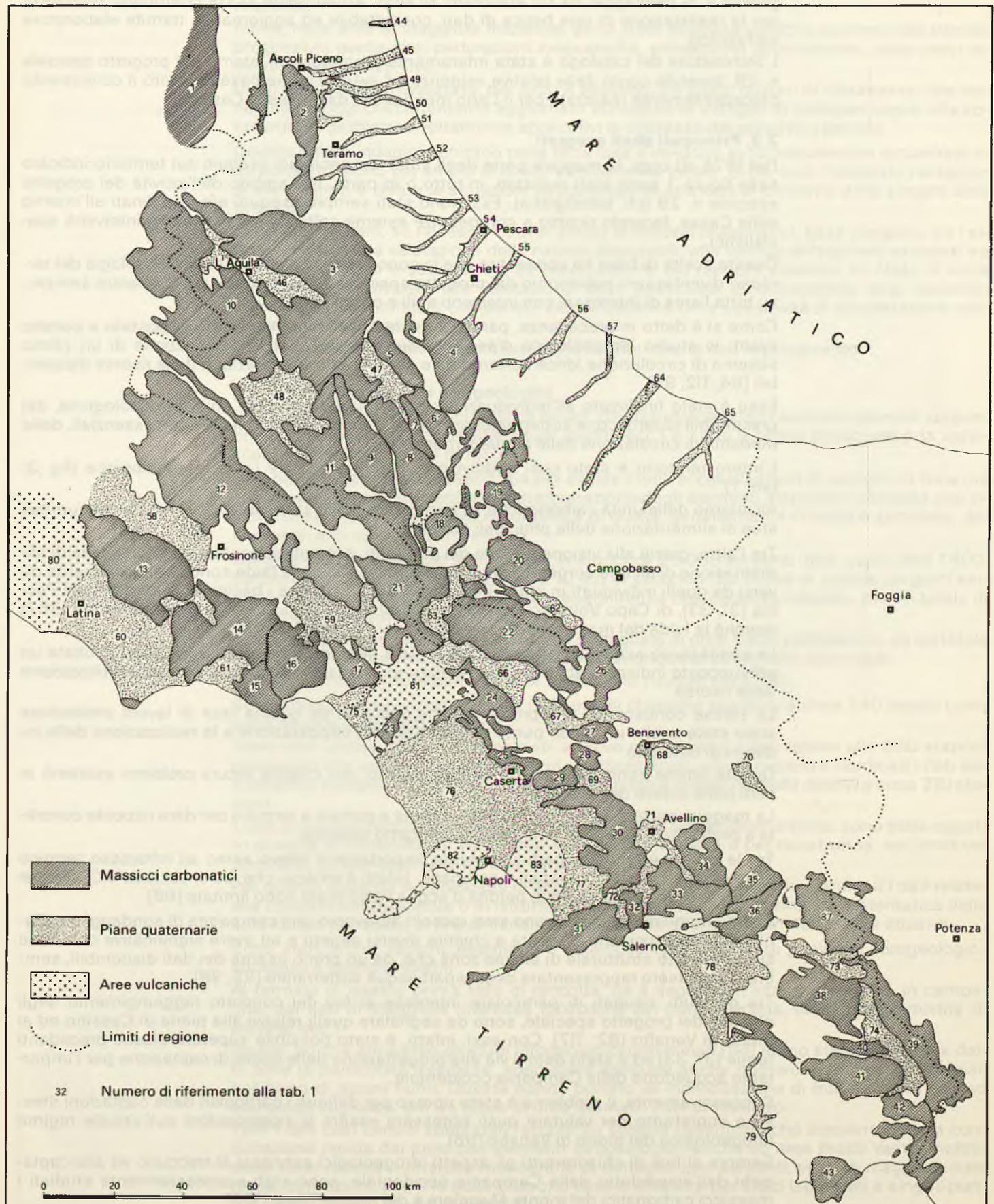


TABELLA 1 - UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI MAGGIORE INTERESSE

Numero di rif. fig. 3	Denominazione	Bacini idrografici interessati	Regioni interessate
Massicci carbonatici			
1	Monti Sibillini	Tronto, Aso, Tenna	Marche
2	Montagna dei Fiori	Tronto, Vibrata, Salinello, Tordino, Vomano	Marche, Abruzzo
3	Monti Gran Sasso - Sirente	Vomano, Fino, Tavo, Pescara, Tirino, Aterno	Abruzzo
4	Monti della Maiella	Pescara, Foro, Aventino, Gizio, Orta	Abruzzo
5	Monte Morrone	Sagittario, Pescara	Abruzzo
6	Monte Porrara	Aventino, Gizio	Abruzzo
7	Monte Rotella	Aventino, Gizio	Abruzzo
8	Monti Genzana - Greco	Sagittario, Gizio, Sangro, Volturno	Abruzzo, Molise
9	Monte Marsicano	Gizio, Sangro, Giovenco	Abruzzo
10	Monti Velino - Giano - Nuria	Aterno, Liri, Salto, Velino	Abruzzo, Lazio
11	Monti Cornacchia - Meta	Sangro, Volturno, Melfa, Liri	Abruzzo, Lazio, Molise
12	Monti Simbruini - Ernici - Cairo	Turano, Aniene, Sacco, Liri, Melfa, Gari	Lazio, Abruzzo
13	Monti Lepini	Sacco, Amaseno, Ufente, Sisto	Lazio
14	Monti Ausoni	Sacco, Amaseno, Fondi	Lazio
15	Monte Grande	Fondi	Lazio
16	Monti Aurunci occidentali	Liri, Ausente	Lazio
17	Monti Aurunci orientali	Liri, Garigliano, Ausente	Lazio
18	Colli Campanari	Sangro, Volturno, Vandra	Molise, Abruzzo
19	Monte Capraro	Trigno, Vandra	Molise
20	Monte Totila	Trigno, Biferno, Volturno	Molise
21	Monti di Venafro	Melfa, Rapido, Peccia, Volturno	Molise, Lazio, Campania
22	Monti del Matese	Biferno, Volturno, Titerno, Calore Irpino	Molise, Campania
23	Monte Massico	Garigliano, Savone	Campania
24	Monte Maggiore	Volturno, Savone	Campania
25	Monte Tifata	Volturno, Regi Lagni	Campania

segue **TABELLA 1 - UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI MAGGIORE INTERESSE**

Numero di rif. fig. 3	Denominazione	Bacini idrografici interessati	Regioni interessate
26	Monte Moschiatturo	Biferno, Fortore, Tammaro, Tiverno	Campania, Molise
27	Monte Camposauro	Calore Irpino	Campania
28	Monte Taburno	Isclero	Campania
29	Monti di Durazzano	Regi Lagni, Isclero	Campania
30	Monti Avella - Vergine - Alvano	Sabato, Solofrana, Sarno, Regi Lagni	Campania
31	Monti Lattari	Sarno	Campania
32	Monti di Salerno	Solofrana, Irno	Campania
33	Monti Accellica - Licinici - Mai	Sabato, Tusciano, Picentino, Irno, Solofrana	Campania
34	Monti Terminio - Tuoro	Calore Irpino, Sabato	Campania
35	Monte Cervialto	Tusciano, Calore Irpino, Ofanto, Sele	Campania
36	Monti Polveracchio - Raione	Tusciano, Sele	Campania
37	Monti Marzano - Ognà	Ofanto, Tanagro, Sele	Campania, Lucania
38	Monti Alburni	Tanagro, Calore Salernitano	Campania
39	Monti della Maddalena	Melandro, Agri, Tanagro	Campania, Lucania
40	Monte Motola	Tanagro, Calore Salernitano	Campania
41	Monti Cervati - Vesole	Tanagro, Bussento, Mingardo, Alento, Calore Salernitano, Sele	Campania
42	Monti Forcella - Salice - Coccovello	Tanagro, Noce, Bussento	Campania, Lucania
43	Monte Bulgheria	Mingardo	Campania
Piane quaternarie			
44	Torrente Tesino	Tesino	Marche
45	Fiume Tronto	Tronto	Marche, Abruzzo
46	Alta valle dell'Aterno	Aterno, Pescara	Abruzzo
47	Piana di Sulmona	Gizio, Sagittario	Abruzzo
48	Piana del Fucino	Liri	Abruzzo
49	Fiume Vibrata	Vibrata	Abruzzo

segue **TABELLA 1 - UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI MAGGIORE INTERESSE**

Numero di rif. fig. 3	Denominazione	Bacini idrografici interessati	Regioni interessate
50	Fiume Salinello	Salinello	Abruzzo
51	Fiume Tordino	Tordino	Abruzzo
52	Fiume Vomano	Vomano	Abruzzo
53	Fiume Saline	Fino, Tavo, Saline	Abruzzo
54	Fiume Pescara	Pescara	Abruzzo
55	Fiume Foro	Foro	Abruzzo
56	Fiume Sangro	Sangro	Abruzzo
57	Fiume Sinello	Sinello	Abruzzo
58	Valle del Sacco	Sacco	Lazio
59	Bassa valle del Liri	Melfa, Liri, Gari, Rapido	Lazio
60	Piana Pontina	Sisto, Ufente, Amaseno	Lazio
61	Piana di Fondi	Fondi	Lazio
62	Piana di Boiano	Biferno	Molise
63	Piana di Venafro	Volturno	Molise, Campania
64	Fiume Trigno	Trigno	Molise, Abruzzo
65	Fiume Biferno	Biferno	Molise
66	Media valle del Volturno	Volturno	Campania
67	Bassa valle del Calore	Calore Irpino	Campania
68	Piana di Benevento	Calore Irpino	Campania
69	Piana dell'Isclero	Isclero	Campania
70	Piana di Grottaminarda	Ufita	Campania
71	Alta valle del Sabato	Sabato	Campania
72	Valle del Solofrana	Solofrana	Campania
73	Bassa valle del Tanagro	Tanagro	Campania
74	Vallo di Diano	Tanagro	Campania
75	Piana del Garigliano	Garigliano	Campania, Lazio
76	Piana del Volturno - Regi Lagni	Savone, Volturno, Regi Lagni	Campania
77	Piana del Sarno	Sarno	Campania
78	Piana del Sele	Picentino, Tusciano, Sele, Calore Salernitano	Campania

segue **TABELLA 1 – UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI MAGGIORE INTERESSE**

Numero di rif. fig. 3	Denominazione	Bacini idrografici interessati	Regioni interessate
79	Fiume Alento	Alento	Campania
Aree vulcaniche			
80	Colli Albani	Astura e altri minori	Lazio
81	Roccamonfina	Peccia, Volturno, Savone, Garigliano	Campania
82	Campi Flegrei	Alveo Camaldoli - Volla	Campania
83	Somma-Vesuvio	Volla, Regi Lagni, Sarno	Campania

Nello stesso periodo è stato eseguito uno studio localizzato ad alcune aree della valle del Sele per definire lo «spartiacque sotterraneo» tra le sorgenti del monte Polveracchio e quelle di Caposele. Con lo stesso studio è stato pure individuato il bacino di alimentazione delle sorgenti di Quaglietta [101].

Negli stessi monti Picentini, l'attenzione è stata poi rivolta ai monti di Salerno dove, completando uno studio iniziato da Civita e Nicotera [135], sono stati, tra l'altro, definiti l'area di influenza della galleria ferroviaria «Santa Lucia» (che ha drenato la falda ad una quota più bassa di circa 100 metri rispetto a quella originaria), nonché i volumi d'acqua depauperati dall'inizio dei lavori fino al raggiungimento del nuovo equilibrio idrogeologico [103].

Uno studio identico è stato successivamente avviato per la galleria autostradale del Gran Sasso [86], dove le osservazioni sono ancora in corso [74].

In considerazione della notevole importanza che il problema aveva ai fini dell'approvvigionamento idrico dell'area napoletana, sono stati eseguiti studi anche sulla valle Caudina [113] e sui monti Lattari [105]. Entrambi sono stati finalizzati alla valutazione delle risorse disponibili ed alla ricostruzione di alcuni particolari aspetti dello schema di circolazione idrica sotterranea.

Al fine di ricostruire le modalità di circolazione delle acque sotterranee, è stato pure avviato lo studio geochimico ed isotopico delle sorgenti della valle del Sele [109; 110]. Infatti, in questa area particolarmente complessa, dove sono presenti importanti sorgenti termominerali, esistevano divergenze di vedute con altri Autori [213].

Le indagini, che hanno confermato sostanzialmente le ipotesi formulate nell'ambito degli studi preliminari della Cassa, sono state poi allargate al Vallo di Diano [118] ed alle sorgenti della piana Campana [106].

Intanto nel basso Lazio si ponevano problemi importanti legati alla copertura del deficit, tra domanda e disponibilità idrica, esistente nelle piane Pontina e di Fondi. È stato, pertanto, avviato uno studio finalizzato al recupero delle fluenze sorgive invernali, attualmente inutilizzabili, attraverso l'alimentazione artificiale delle falde e attraverso l'uso degli acquiferi carbonatici come serbatoi naturali di compenso [23; 99; 90; 93].

Parallelamente all'avanzamento delle conoscenze, è incominciato a maturare il problema della protezione della risorsa idrica dai pericoli dell'inquinamento.

In questo campo, ci si sta muovendo dapprima su di un piano generale [100], per definire le aree potenzialmente inquinabili. Si prevede, poi, di intervenire caso per caso laddove ciò si dovesse rendere necessario.

A titolo di esempio, è stata redatta una carta della vulnerabilità potenziale all'inquinamento per le falde della penisola Sorrentina [104]. Sul piano pratico si sta già operando nella piana del Dragone [115; 114], dove le indagini, finalizzate all'eliminazione dell'inquinamento della falda che alimenta le sorgenti di Cassano Irpino e Serino, hanno consentito di escludere un'ipotesi di circolazione idrica sotterranea [212], che avrebbe comportato la costruzione di opere più complesse e costose di quelle attualmente previste o in corso di realizzazione.

Prima di concludere questa breve rassegna degli studi di maggiore interesse, si deve sottolineare che, grazie al complesso di conoscenze accumulate sul territorio, in occasione

del terremoto irpino del 23 novembre 1980 è stato possibile intervenire tempestivamente interpretando la fenomenologia osservata alle sorgenti [91; 92; 111]. Tra l'altro, è stata prevista fin da gennaio 1981, sia pure in modo cautelativo, la presumibile portata delle sorgenti fino a dicembre dello stesso anno, evitando così inutili allarmismi che peraltro erano già in atto.

Altri studi tuttora inediti sono stati eseguiti o sono in corso su tutto il territorio di interesse del progetto speciale n. 29. Nel prosieguo del lavoro saranno sintetizzate anche le conoscenze acquisite tramite questi ultimi.

2.4. Principali risultati conseguiti attraverso gli studi

Le conoscenze scientifiche e tecniche scaturite dagli studi precedentemente citati hanno permesso di raggiungere, oltre i normali obiettivi necessari per la realizzazione delle singole progettazioni, risultati di natura applicativa importanti, sia dal punto di vista economico che tecnico.

Tra questi si ricorda, innanzitutto, la possibilità di sfruttare all'origine, come risorse pregiate e non più come fluenze in alveo, le venute d'acqua individuate in alcuni fiumi (oltre 35 metri cubi di acqua al secondo misurati nel periodo di magra dell'anno 1977). Si tratta di incrementi di portata localizzati nel Tirino, nel Sagittario, nel canale allacciante meridionale della piana del Fucino, nel Sangro, nel Volturno, nel Sele, nel Tanagro, ecc. [85] (non segnalati in censimenti ufficiali o in pubblicazioni specializzate), per la cui quantizzazione sono state eseguite misure differenziali a monte ed a valle delle zone che lo studio strutturale indicava come possibili punti di recapito delle falde di alcuni massicci carsici.

Tra i risultati ottenuti si ricorda ancora la possibilità di utilizzare alcune risorse in zone lontane dai punti naturali di recapito, ma favorevoli all'utenza per ubicazione e quota di rinvenimento delle acque.

A titolo di esempio, si menziona la falda rinvenuta nella zona di Pescocostanzo (L'Aquila), a quota 1.200 circa; detta quota, infatti, è superiore di oltre 300 metri rispetto al recapito naturale rappresentato dalla sorgente Capo di Fiume dell'Aventino.

Ancora più significativo è l'esempio della falda che alimenta le sorgenti del Peccia [117; 96], la quale sarà parzialmente captata (circa 3.500 litri al secondo), per l'acquedotto della Campania occidentale, ad una quota superiore di circa 130 metri rispetto a quella di recapito naturale. Se al risparmio energetico si aggiunge che la soluzione adottata comporterà anche il risparmio di circa 8 chilometri di condotte adduttrici, risulta evidente il vantaggio economico concretizzato.

Tra i risultati raggiunti bisogna pure ricordare che le conoscenze acquisite hanno consentito di programmare l'utilizzazione di alcuni acquiferi come serbatoi naturali di compenso.

Un esempio è quello del massiccio dei monti Lepini-Ausoni, la cui potenzialità invernale, oggi inutilizzata, verrà parzialmente sfruttata nel periodo irriguo per sopperire alle esigenze delle piane Pontina e di Fondi [23; 99; 93]. Si tratta di un vero e proprio «trasferimento» di risorse, dal periodo di piena a quello di magra, che avverrà semplicemente attraverso un oculato sovrasfruttamento dell'acquifero nei periodi di maggiore richiesta dell'utenza.

Sia pure in dimensioni ridotte, un altro esempio è rappresentato dalle opere di captazione che sono in via di realizzazione alla sorgente Rio Sonno, nell'alto bacino del Liri (L'Aquila). Infatti, alla vecchia captazione posta alla quota di sfioro naturale delle sorgenti, si sta accoppiando una serie di fori sub-orizzontali posti a quota più bassa; questi, forniti di saracinesche, saranno messi in funzione solo nei periodi di magra della sorgente.

Altri esempi simili ai precedenti sono già in via di realizzazione nel Fucino, alle sorgenti di Quaglietta (Salerno), ecc.

In pratica, laddove la geometria dell'acquifero lo consente, si tende ad abbassare il livello piezometrico nei periodi di maggiore richiesta dell'utenza [30]. In tal modo, rispetto al regime idrologico naturale, si ottengono una maggiore disponibilità di acqua nei periodi di magra e minori quantità in quelli di piena. Infatti, le acque della ricarica invernale, prima di poter fare traboccare le attuali portate sorgive di piena, dovranno reintegrare le risorse sottratte artificialmente nel periodo precedente.

Le conoscenze legate alla ricostruzione delle modalità di deflusso delle acque sotterranee hanno consentito di individuare, tra l'altro, una serie di possibilità di alimentazione artificiale delle falde. In alcuni casi, dette possibilità teoriche sono state studiate in dettaglio, come nella valle del Tronto (dove sembra possibile realizzare una «diga liquida» per bloccare l'ingressione marina) e nella valle dell'Amaseno (dove si possono utilizzare i deflussi del fiume e/o i superi invernali delle sorgenti alte per rialimentare la falda di base dei monti Lepini).

In particolare, in quest'ultimo caso, si prevede pure di migliorare la qualità chimica della falda (molto ricca in sali), perché le acque da iniettare sono caratterizzate da una scarsissima mineralizzazione.

Infine, è opportuno mettere in evidenza che, con l'individuazione dei limiti delle probabili aree di alimentazione delle principali sorgenti dei massicci carbonatici, sono state gettate le basi per una più oculata gestione delle acque sotterranee. Infatti, l'utilizzazione delle ri-

orse potrà essere regolata in funzione dell'effettiva potenzialità dei singoli bacini, evitando così pericolosi sovrasfruttamenti.

3. Altri studi eseguiti parallelamente all'attività progettuale

Gli studi di un certo interesse eseguiti completamente al di fuori dell'attività del progetto speciale n. 29, dal 1976 ad oggi, non sono molti.

Tra questi bisogna citare, innanzitutto, quello di Mouton (1977) [313] sull'Agro romano e pontino nel quale, sintetizzando conoscenze e dati acquisiti in molti anni di indagini, l'Autore giunge, tra l'altro, alla quantizzazione delle risorse idriche disponibili.

Nello stesso anno 1977, Nicotera e Corniello calcolano un bilancio di massima delle risorse idriche superficiali e sotterranee della Campania [322].

Nel 1978, Incoronato ed altri pubblicano un lavoro sui massicci carbonatici della Campania meridionale [213; 214], nel quale viene confermato, per grandi linee, lo schema idrogeologico realizzato dal progetto speciale n. 29 [101; 84]. Divergenze interpretative, confermate anche dalle successive indagini di dettaglio [110; 109], esistono nella valle del Sele, dove il massiccio di monte Marzano-monte Ogna viene indicato come il bacino di alimentazione delle sorgenti di Contursi.

Pure nel 1978, M. Viparelli pubblica uno studio sulle acque della valle del Sebeto, ad oriente di Napoli [403]. L'Autore conclude il suo lavoro mettendo in evidenza, tra l'altro, il continuo e sistematico peggioramento delle qualità organolettiche e chimiche delle acque di falda. Evidenza, inoltre, che la piezometrica, a falda indisturbata, è scesa di alcuni metri rispetto a quella originaria e raggiunge, in qualche caso, il livello marino.

Ancora nel 1978, de Medici e de Riso [169], traendo spunto dalla carta della vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche sotterranee della penisola Sorrentina [104], riconoscono, nel territorio campano, più zone differenti tra loro in relazione ai problemi della vulnerabilità e della protezione delle acque dall'inquinamento.

Nel 1979, Nota d'Elogio pubblica un lavoro sulle sorgenti minerali e termali della provincia di Napoli [326], nel quale l'Autore propone un'interpretazione idrogeologica della genesi del chimismo delle acque.

Pure nel 1979, Boni ed altri presentano uno studio sulla regione Albana [36], che tocca marginalmente l'area di interesse del progetto speciale n. 29. Si tratta di una indagine idrogeochimica conoscitiva di base, finalizzata alla valutazione delle potenziali risorse geotermiche del territorio.

Nello stesso anno, Boni ed altri propongono una sintesi idrogeologica e geochimica dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese [37], finalizzata anch'essa alla ricerca geotermica. Rispetto al precedente lavoro redatto da Boni [31], vengono accettate alcune ipotesi di circolazione idrica sotterranea, riportate nello studio preliminare del territorio di intervento del progetto speciale n. 29 [84].

Ci si riferisce in particolare alla parte meridionale del monte Velino, alla struttura di monte Giano, al deflusso della falda di monte Fontecchia e monte Pianecchia verso il Fucino, al bacino di alimentazione del gruppo sorgivo Fontana del Muro (monti Lepini), all'interesse idrogeologico di alcune faglie inverse dei monti Aurunci occidentali, al significato della faglia del Fossato di Rosa (monte Cornacchia), ecc.

Viene pure parzialmente accettato lo schema di circolazione idrica dei monti di Venafrò; invece, non si tiene conto che il rilievo aereo all'infrarosso termico non ha segnalato perdite d'acqua consistenti lungo il tratto di costa compreso tra Terracina e Gaeta e che la sorgente di Capovolturmo non può essere alimentata dai monti della Meta per ovi motivi legati alla struttura ed al bilancio idrologico.

Nel 1980, Boni ed altri, pubblicano uno studio idrogeochimico sul circuito idrotermale della piana Pontina [34]. È stato tra l'altro accertato che le acque termali sono di origine meteorica e che hanno tempi di residenza nell'acquifero che possono superare alcune decine di anni. Dai dati esposti è inoltre emerso che la struttura dei monti Lepini potrebbe essere la potenziale area di ricarica delle acque termominerali del pozzo Fogliano (in accordo con le quote piezometriche evidenziate in [23; 93]).

Sempre nel 1980, Guida ed altri [205] presentano uno studio idrogeologico dell'area cilentana (Campania meridionale), dal quale si traggono, tra l'altro, utili indicazioni su tipo e grado di permeabilità relativa delle rocce affioranti.

Nel 1981, Boni ed altri [35] aggiornano il lavoro già eseguito sull'area Albana, con particolare riferimento alle correlazioni esistenti tra dati idrogeologici e geochimici; tra l'altro, valutano la temperatura delle acque nel serbatoio profondo.

Nello stesso anno, Boni ed altri [38] presentano un tentativo di calcolo del bilancio idrico dell'intera area Albana, riferito all'anno idrologico 1978-1979.

Sempre nel 1981, infine, de Gennaro ed altri [165] pubblicano uno studio sulle ricerche geotermiche eseguite nell'Irpinia centrale (Avellino).

3 sintesi delle attuali conoscenze idrogeologiche

- fattori che condizionano l'infiltrazione e la circolazione idrica sotterranea
- idrogeologia delle Marche
- idrogeologia dell'Abruzzo
- idrogeologia del Lazio
- idrogeologia del Molise
- idrogeologia della Campania
- valutazione delle risorse idriche sotterranee
- vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle risorse idriche sotterranee
- considerazioni su alcuni aspetti della vigente legislazione sulle acque sotterranee in base alle attuali conoscenze idrogeologiche
- conclusioni

3. Altri studi collegati all'attività vulcanologica

... del ... ad

3.1. Sintesi delle attività

conoscenze idrogeologiche

... delle quali ...

... ad orientamento ...

... dalla ...

... della ...

Sintesi delle attuali conoscenze idrogeologiche

1. Fattori che condizionano l'infiltrazione e la circolazione idrica sotterranea

1.0. Nelle *aree collinari*, costituite da depositi argilloso-marnoso-arenacei, la circolazione idrica sotterranea è condizionata soprattutto dalla litologia e dallo stato di alterazione della coltre superficiale dove preferenzialmente defluisce la falda. La stessa circolazione può diventare più complessa solo nei litotipi di età mio-plio-calabrianica per la presenza di intercalazioni conglomeratiche a permeabilità elevata.

L'infiltrazione efficace è generalmente limitata, specie se viene paragonata ai quantitativi d'acqua di ruscellamento superficiale.

L'infiltrazione è invece maggiore nelle *aree vulcaniche* dove affiorano rocce fessurate (lave) e litotipi più porosi dei precedenti (piroclastiti sciolte e litoidi).

La circolazione idrica sotterranea, in questo caso, è condizionata in modo marcato dalla morfologia. Infatti, se si escludono i Campi Flegrei, le falde defluiscono sempre secondo direzioni di flusso che hanno andamento radiale rispetto al centro dei singoli vulcani.

Le acque circolano preferenzialmente nei litotipi più permeabili rappresentati dalle colate laviche e dalle piroclastiti a grana grossa.

Nelle *piane quaternarie* l'infiltrazione degli apporti zenitali è generalmente facilitata dalla morfologia piatta.

Le acque circolano preferenzialmente nei depositi grossolani e sono evidentemente condizionate dai rapporti stratigrafici esistenti tra litotipi a diversa «permeabilità relativa». Spesso la circolazione avviene per falde sovrapposte, le quali sono generalmente collegate tra loro, e per l'esistenza di fenomeni di «drenanza» e per il tipo di deposizione, discontinua o lenticolare, delle varie associazioni litologiche.

All'interno dei *massicci carbonatici* l'infiltrazione è facilitata dall'alta permeabilità per fratturazione delle rocce. Sono, inoltre, presenti numerose conche endoreiche, le quali intercettano le poche acque di ruscellamento superficiale, facilitandone l'immissione in falda attraverso doline e inghiottitoi.

Nella parte alta dei massicci, dove le acque hanno un movimento preferenziale dal basso verso l'alto (per percolazione), il deflusso può essere più o meno condizionato dalla rete di canali carsici.

I principali fattori che condizionano il movimento della falda di base, invece, sono rappresentati dalle discontinuità strutturali importanti (faglie dirette, faglie inverse, sovrascorrimenti) e, in misura generalmente inferiore, dai contatti stratigrafici tra litotipi a diversa «permeabilità relativa».

Le faglie dirette rappresentano sovente delle linee di drenaggio preferenziale della falda. Però, quando sono presenti ampie fasce cataclastiche o milonitiche, gli effetti sulla circolazione idrica si invertono; infatti la fratturazione comminuta della roccia, specie se questa è dolomitica, crea una fascia a «permeabilità relativa» ridotta (paragonabile a quella di una roccia porosa) che, in un acquifero permeabile in grande, produce un effetto di sbarramento.

Gli esempi di sbarramenti, parziali o pressoché totali, operati da faglie dirette sono molteplici [84]; per alcuni di essi si sono avute verifiche significative durante i lavori di scavo di importanti gallerie [307; 103].

Quanto esposto per le faglie dirette è ovviamente tanto più valido per le faglie inverse ed i sovrascorrimenti, dove all'intensa cataclasi della roccia si accompagna spesso l'interposizione, tra i piani di scorrimento, di materiale terrigeno strappato al substrato.

Anche in questo caso gli esempi sono molteplici. Basti ricordare tutti i margini nord-orientali delle principali unità idrogeologiche [31; 84]; le faglie dell'Aterno e del fossato di Rosa nell'Appennino abruzzese [84; 98]; la «linea di Carpineto» nel Lazio [84; 23]; il fronte di Limatola, la valle Caudina e la faglia del rio Zagarone in Campania [102; 113; 101]; e così via.

Spesso le discontinuità tettoniche importanti, siano esse faglie dirette o inverse, sono motivo di mobilitazione di acque di fondo e, quindi, la causa principale della mineralizzazione di molte acque sorgive [84; 102; 110; 109; 107; 23; 90]. Infatti, per le difficoltà che la falda incontra nel superare le fasce cataclastiche ad essa connesse, a tergo delle discontinuità stesse la piezometrica rincolla, creando un eccesso di pressione che consente spesso l'apertura di condotti preferenziali in profondità (laddove la pressione idrostatica è maggiore);

in ogni caso la presenza di una zona a minore permeabilità relativa in un mezzo permeabile in grande fa sì che le acque, nel superarla, abbiano bisogno di una maggiore sezione di acquifero e, quindi, di una sezione che si estende in profondità.

Tale meccanismo è generalmente legato ai fenomeni della «convergenza chimica» (Schoeller, 1976 in [109]) e della «zonaltà idrochimica verticale» (Herman, 1971 in [109]) delle acque sotterranee. In qualche caso, però, si ha la mobilitazione di acque marine «intrappolate» durante i movimenti eustatici del Quaternario [108] o di acque che vengono a contatto con rocce non esistenti in affioramento [110; 109; 107].

La presenza del substrato di sovrascorrimento (generalmente poco permeabile) a quota più elevata della superficie piezometrica della falda in rete rappresenta, di norma, un vero e proprio spartiacque sotterraneo. Esempi molto evidenti esistono in Campania nei monti della Maddalena [323; 84] e nei monti Picentini [334; 84].

Gli «impermeabili» intercalari (tipici delle *facies* di transizione di molti massicci carsici) assumono invece, a grande scala, un'importanza idrogeologica limitata. Infatti, sono quasi sempre tettonicamente dislocati a varie altezze e presentano, quindi, tali e tante soluzioni di continuità da riuscire a sostenere, a quota alta, aliquote d'acqua generalmente trascurabili rispetto alla potenzialità globale delle singole unità idrogeologiche.

A tal proposito basti ricordare che, anche nelle regioni carsiche caratterizzate dalla presenza di estesi affioramenti in *facies* di transizione, le grandi sorgenti si rinvergono alla base dei massicci, analogamente a quanto avviene laddove prevalgono i termini più francamente carbonatici.

Non mancano comunque esempi di importanti condizionamenti sulla circolazione idrica sotterranea come nei monti del Gran Sasso, nei monti di Salerno, nel monte Genzana, ecc. [307; 86; 103; 98].

Un altro contatto stratigrafico che condiziona il deflusso delle acque sotterranee è rappresentato dalla sovrapposizione della serie calcarea sulle dolomie triassiche. Infatti queste ultime, con la loro minore «permeabilità relativa», riescono spesso a mantenere a quota alta ed a fare traboccare la falda, pur lasciando che parte di essa continui il proprio deflusso verso i punti più bassi delle singole idrostrutture.

Esempi molto evidenti e significativi sono quelli dei monti Simbruini, del monte Marsicano, dei monti di Venafro, dei monti del Matese, ecc. [117; 84].

In conclusione, si può affermare che, nei depositi terrigeni poco permeabili e nelle unità vulcaniche e piroclastico-alluvionali, la circolazione idrica sotterranea è condizionata soprattutto dalla litologia e dai contatti stratigrafici esistenti tra i vari litotipi. Nei massicci carbonatici, invece, i fattori di maggiore condizionamento sono legati preferenzialmente alla tettonica e meno alle variazioni litologiche; queste ultime assumono una certa importanza solo quando si verifica la giustapposizione di complessi a «permeabilità relativa» molto diversa.

2. Idrogeologia delle Marche

2.0. Il territorio marchigiano ricadente nell'area di intervento del progetto speciale n. 29 può essere suddiviso in tre fasce aventi caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente diverse (tav. f.t.).

La fascia interna coincide col massiccio carbonatico dei monti Sibillini, il quale è sede di una circolazione idrica sotterranea molto attiva. In quest'area, infatti, vengono a giorno le maggiori sorgenti.

Nella fascia intermedia gli affioramenti carbonatici sono limitati, mentre prevalgono i depositi terrigeni a predominante componente arenacea. Questi ultimi costituiscono un acquifero generalmente poco produttivo che assume importanza solo in sede locale.

Nella fascia costiera, infine, affiorano depositi plio-quadernari il cui grado di permeabilità varia da litotipo a litotipo.

In detta fascia si può ancora distinguere una parte occidentale dove affiorano i depositi prevalentemente argilloso-sabbiosi del Pliocene, con intercalazioni conglomeratiche poco estese.

Queste ultime si differenziano, oltre che per lo stacco morfologico dal rimanente paesaggio, anche dal punto di vista idrogeologico; infatti, danno origine a piccole sorgenti di interesse locale (vedi, per esempio quelle poste alla base del monte dell'Ascensione).

Nella parte orientale si possono separare le alluvioni antiche e recenti di fondo valle (sede di un'attiva circolazione idrica sotterranea) dai sedimenti sabbioso-conglomeratici del Cablabriano, i quali affiorano alle quote più alte e sono sede di una circolazione idrica generalmente modesta, con molte sorgenti di potenzialità limitata.

Nel corso del presente capitolo saranno tralasciati gli acquiferi di interesse locale, mentre saranno tracciate le linee essenziali di circolazione idrica sotterranea dei massicci carbonatici e delle piane alluvionali costiere.

I MASSICCI CARBONATICI

2.1. Monti Sibillini

I monti Sibillini (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) interessano l'area in studio solo marginalmente. Pertanto ci si limiterà ad una breve descrizione delle maggiori sorgenti poste lungo il margine orientale del massiccio.

In detta zona affiorano tutti i tipi litologici prevalentemente carbonatici della serie Umbromarchigiana, dal «calcare massiccio» (Lias inferiore) alla «scaglia cinerea» (Eocene superiore-Oligocene).

I termini «impermeabili», che condizionano in modo sostanziale la circolazione idrica sotterranea, sono rappresentati dal «rosso ammonitico» e dalle «marne a fucoidi» (marne e calcari marnosi potenti, in entrambi i casi, circa 100 metri) oltre che dalla «scaglia cinerea», costituita da marne e marne argillose potenti anch'esse circa 100 metri.

I calcari marnosi con noduli di selce della «corniola» (200 ÷ 300 metri circa di spessore) sono anch'essi poco permeabili, anche se si deve ritenere che, nei riguardi dell'infiltrazione, il loro comportamento non debba essere molto diverso da quello dei litotipi più permeabili.

Questi ultimi sono il «calcare massiccio» (600 ÷ 700 metri di spessore), la «maiolica» (200 ÷ 300 metri di calcari con noduli di selce), la «scaglia rossa» (costituita da calcari e calcari marnosi con noduli di selce) ed in misura inferiore gli «scisti ad aptici» (calcari con selce e diaspri aventi spessore compreso tra i 200 ed i 300 metri).

Ai margini del massiccio affiorano la «formazione marnoso-arenacea» (potente circa 200 metri) e le «molasse», costituite da arenarie con interstrati marnosi.

Dal punto di vista strutturale tutta la fascia ricadente nell'area in studio, compresa tra le sorgenti del Tenna e del Tronto, è costituita da un'anticlinale con vergenza verso est.

Tra le scaturigini più importanti sono da ricordare quelle del Tenna (tab. 2). Si tratta di un fronte acquifero lungo circa 4 chilometri (con incrementi di portata in alveo, più o meno diffusi) che si estende da Capo Tenna fino alle Pisciarelle.

Pure le sorgenti dell'Aso sono costituite da un fronte acquifero lungo oltre 2,5 chilometri, ubicato a valle dell'abitato di Foce.

Le sorgenti più alte, poste a monte del «rosso ammonitico», risultano attualmente captate in modo parziale per uso potabile. Il fronte intermedio, ubicato tra il «rosso ammonitico» e le «marne a fucoidi», è derivato per usi idroelettrici unitamente al supero del primo tratto. Infine, il fronte compreso tra le «marne a fucoidi» e la «scaglia cinerea» risulta attualmente inutilizzato; le misure eseguite il 4 novembre 1981 indicano una portata di circa 140 litri al secondo.

Il bacino di alimentazione dell'intero fronte sorgivo coincide con il monte Vettore. L'acquifero principale è rappresentato dal «calcare massiccio».

Le sorgenti Pescara e Capo d'Acqua (bacino del Tronto) hanno quote pressoché identiche alle precedenti e rappresentano, probabilmente, lo sfioro della stessa falda; infatti hanno i massimi ed i minimi di portata pressoché sincronizzati. Inoltre, la portata più elevata è quella della sorgente posta a quota più bassa (Capo d'Acqua), mentre l'indice di variabilità è maggiore nell'altra.

TABELLA 2 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI SIBILLINI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
1	Gruppo Tenna	850 ÷ 1180	1,0	0,7	0,4	
2	Gruppo Aso	860 ÷ 940	2,0	1,4	0,7	
3	Capo d'Acqua	830	1,3	0,6	0,4	
4	Pescara	850	0,8	0,3	0,08	
5	Gruppo Acquasanta Terme	350	-	0,07	-	Misura del 5-4-78

TABELLA 3 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA MONTAGNA DEI FIORI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
6	Gruppo Castel Trosino	300	1,5	0,4	–	Misure differenziali, sul torrente Castellano, del 20-3-79 e del 4-12-78

Dagli stessi Sibillini traggono alimentazione anche le sorgenti termali dell'Acquasanta. Infatti, i modesti affioramenti di «scaglia cinerea» visibili in loco non sembrano giustificare la portata misurata (tab. 2).

La termalità e la mineralizzazione sono probabilmente legate alla mobilizzazione di acque a circuito lento e profondo nel sifone carbonatico, che separa la struttura dell'Acquasanta dal resto del massiccio.

2.2. Montagna dei Fiori

L'unità idrogeologica della montagna dei Fiori (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è rappresentata dalla struttura anticlinale in *facies* di transizione che, tettonicamente sovrapposta al «flysch della Laga», si estende da Ascoli Piceno fino alle pendici settentrionali del Gran Sasso. In essa è possibile distinguere la parte meridionale, costituita prevalentemente da marne con intercalazioni più o meno regolari di calcari e calcari marnosi (marne con «bisciaro», marne con «cerrognà», argille a pteropodi), la quale dà origine ad una circolazione idrica sotterranea complessivamente scarsa e frazionata. Infatti, sono presenti solo sorgenti di piccola portata, anche se numerose.

L'altra parte, corrispondente alla montagna dei Fiori, in senso stretto, è costituita essenzialmente dalle alternanze di calcari marnosi e selciosi delle associazioni litologiche della serie umbro-marchigiana (dal «calcare massiccio» alla «scaglia cinerea») con qualche episodio *in facies* abruzzese-laziale.

Solo quest'ultima struttura presenta un certo interesse perché, pur essendo composta da termini litologicamente eterogenei, è nel complesso sufficientemente permeabile da consentire immagazzinamenti idrici cospicui in relazione all'ampiezza del bacino.

Lungo la fascia detritica orientale affiorano numerose sorgenti, la cui portata è di qualche litro al secondo. Solo nei pressi dell'abitato di Guazzano esiste una sorgente di un certo interesse (circa 20 litri al secondo).

Le scaturigini principali sono ubicate nell'alveo del fiume Castellano, a valle dell'abitato di Castel Trosino. Si tratta di polle e di venute d'acqua diffuse in alveo (tab. 3).

Nell'ultimo tratto del loro percorso (laddove affiora la «scaglia cinerea»), queste acque subiscono un approfondimento dei circuiti dovuto soprattutto alla particolare struttura dell'acquifero. Non è da escludere che esse subiscano anche un mescolamento con acque profonde provenienti dai sifoni carbonatici che sembra leghino la montagna dei Fiori alla piccola struttura dell'Acquasanta e, quindi, ai Sibillini.

È interessante osservare che l'affioramento di travertini fino ad un'altezza di circa 1000 metri indica che le sorgenti hanno subito un considerevole abbassamento di quota, dovuto all'incisione operata dal fiume Castellano in corrispondenza dell'estrema punta settentrionale della struttura carbonatica.

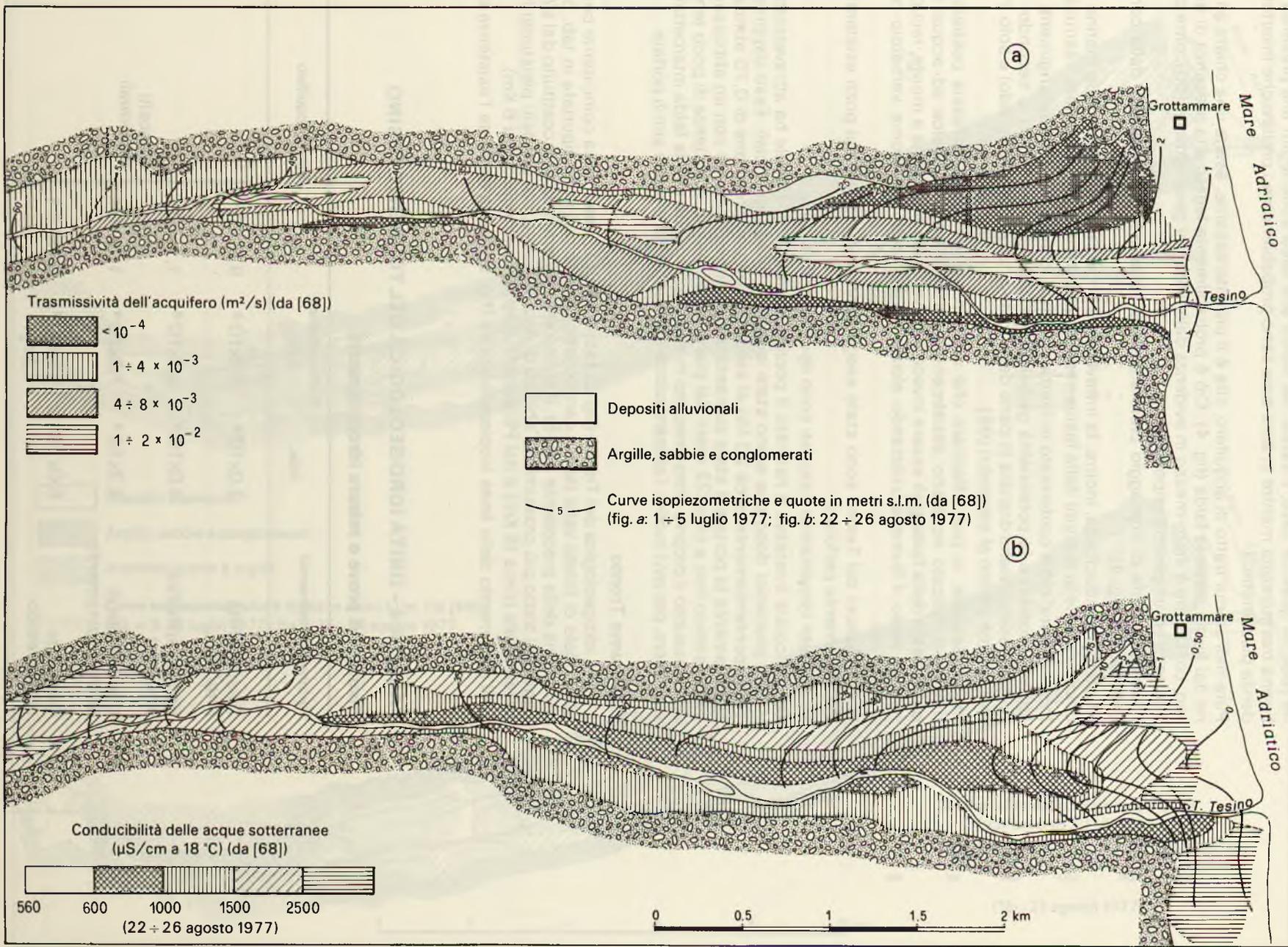
LE PIANE COSTIERE

2.3. Torrente Tesino

L'unità idrogeologica del Tesino (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con le alluvioni di fondo valle del corso d'acqua omonimo; queste poggiano in parte sui depositi argillo-marnosi del Pliocene ed in parte sulle argille sabbiose pleistoceniche.

Per tutto il tratto poggiate sull'«impermeabile» pliocenico, lo spessore complessivo dell'acquifero alluvionale non supera i 10 metri; sale poi a valori di 10 ÷ 15 metri, per raggiungere gradualmente i 25 metri nel tratto costiero.

Figura 4 - Unità idrogeologica del Torrente Tesino.



La falda, così come è dimostrato anche dall'andamento delle isopiezometriche [68], riceve alimentazione laterale preferenzialmente quando è a diretto contatto con i conglomerati pliocenici.

I rapporti tra falda e fiume, nella parte alta del corso d'acqua, sono variabili. Infatti in alcuni tratti il fiume drena le acque sotterranee mentre in altri è la falda che riceve alimentazione [68]. In qualche caso, i travasi dal fiume alla falda sono legati alla presenza di zone a buona trasmissività mentre in altre aree sono probabilmente i prelievi che invertono la pendenza piezometrica.

Pure nell'ultimo tratto di acquifero, che è il più interessante, esiste una chiara alimentazione dal fiume verso la falda (fig. 4). Ciò è probabilmente legato alla presenza di un paleoalveo, così come è stato messo in evidenza dalle indagini geoelettriche [68], oltre che all'esistenza di emungimenti importanti.

L'anzidetta zona di drenaggio preferenziale è stata evidenziata anche dalla conducibilità delle acque (fig. 4).

La stessa conducibilità, inoltre, fa intravedere i primi segni di ingressione marina nelle aree costiere poste ai margini della fascia centrale caratterizzata da maggiore trasmissività.

D'altro canto, ciò è confermato indirettamente dal confronto tra gli emungimenti (circa 180 litri al secondo) e la potenzialità globale della falda (circa 230 litri al secondo). Infatti, la portata residua viene drenata in parte dal fiume (circa 25 litri al secondo) e solo in parte dal mare (circa 25 litri al secondo) [68].

In conclusione, si può affermare che ulteriori prelievi lungo la fascia costiera possono turbare il delicato equilibrio attualmente esistente tra falda dolce ed acqua salata. La potenzialità della falda può essere invece relativamente migliorata a monte, recuperando le perdite verso il fiume e utilizzando alcuni tratti di acquifero come serbatoio naturale di compenso.

Nelle alluvioni del Tesino sono state eseguite prove di portata sui pozzi esistenti e su altri appositamente perforati.

I parametri idrodinamici calcolati sono riportati nella tabella 4.

Di particolare interesse è risultato il pozzo Capponi [68], il quale ha attraversato i conglomerati pliocenici dopo che erano state isolate le falde superficiali. Esso dapprima ha erogato spontaneamente circa 20 litri al secondo con una pressione di 0,75 atmosfere; successivamente la portata è stata aumentata a 45 litri al secondo con un abbassamento del livello statico fino a circa 22 metri dal piano di campagna. A distanza di poco tempo il pozzo ha esaurito il proprio artesianesimo in accordo col fatto che la falda intercettata non poteva avere, per ovi motivi, l'alimentazione sufficiente ad erogare simili portate.

2.4. Fiume Tronto

L'unità idrogeologica del Tronto (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), anch'essa coincidente con la fascia alluvionale di fondo valle (le cui caratteristiche principali sono riportate in tab. 5), è molto più ampia della precedente (fig. 5). Il substrato «impermeabile» è costituito dal «*flysch* della Laga» nel tratto più prossimo all'abitato di Ascoli Piceno, dai depositi pleistocenici nel tratto terminale (circa 16 Km) e dal Pliocene in quello intermedio (circa 6 Km).

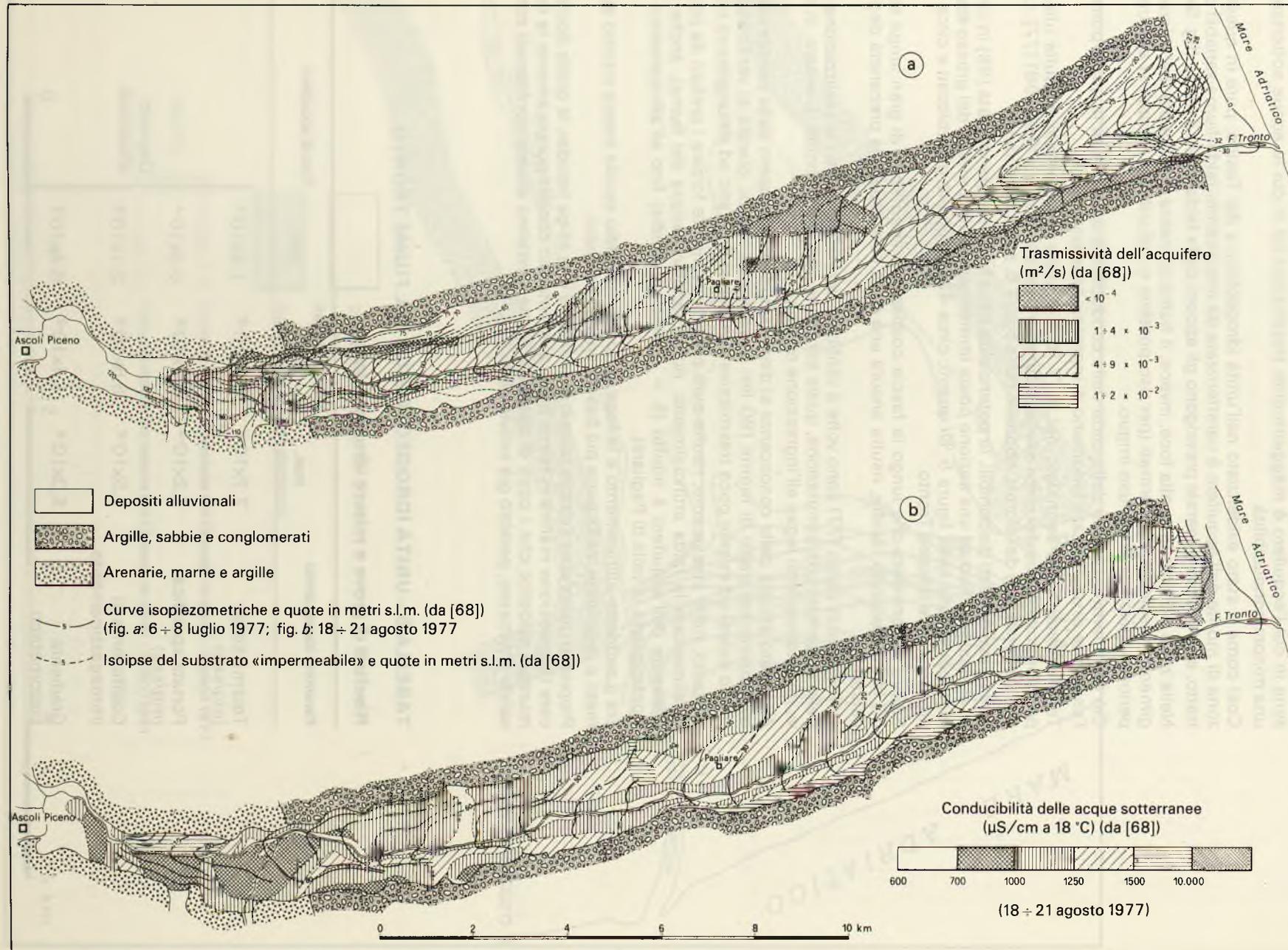
Dall'andamento delle linee isopiezometriche (fig. 5) risulta evidente l'esistenza di un certo

TABELLA 4 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL TORRENTE TESINO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trasmissività (mq/sec)	$3,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$9,3 \times 10^{-4}$	Depositi alluvionali	
Portata specifica (mq/sec)	$6,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$6,3 \times 10^{-3}$	$7,3 \times 10^{-4}$	$1,1 \times 10^{-4}$		
Gradiente piezometrico	$5,0 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$0,1 \times 10^{-4}$		

Figura 5 - Unità idrogeologica del Fiume Tronto.



deflusso proveniente dall'area collinare e diretto verso la piana. Questo tipo di alimentazione è comune a tutte le piane costiere adriatiche, specie laddove queste vengono a diretto contatto con i termini più grossolani della successione plio-pleistocenica.

Nella stessa figura 5 è interessante osservare che la morfologia della piezometrica è molto simile a quella del substrato impermeabile, probabilmente perché gli assi principali di deflusso coincidono con paleoalvei. Analoghe coincidenze sono visibili tra gli stessi assi e le zone in cui l'acquifero è maggiormente trasmissivo ed in cui le acque sotterranee hanno una minore conducibilità.

Così come è stato evidenziato nell'unità idrogeologica del Tesino, pure in questo caso la zona di monte dell'acquifero è caratterizzata da interscambi falda-fiume variabili da tratto a tratto, anche se in generale prevalgono gli apporti dalla falda verso il fiume (fig. 5).

Nella zona più prossima alla foce, invece, il fiume alimenta la falda perché esistono emungimenti massicci e concentrati (per uso potabile e industriale) ai quali si aggiungono, nel periodo estivo, quelli per uso irriguo.

Ciò è confermato anche dalla carta della conducibilità delle acque la quale pone in risalto l'esistenza di un marcato fenomeno di ingressione marina.

Tale fenomeno, già segnalato nel 1977 [68], è stato riconfermato e risulta ulteriormente peggiorato alla luce dei rilievi eseguiti durante l'anno idrologico 1980-1981 [77]. Le curve di eguale variazione dei cloruri, riportate nella figura 6, sono significative.

Sulla base dei dati disponibili, la potenzialità della falda è stata valutata [68] in circa 580 litri al secondo, fino ad una sezione posta immediatamente a monte del grosso «buco piezometrico» visibile nella figura 5. Di questi, circa 430 risultano già utilizzati e circa 90 vanno ad alimentare il fiume Tronto.

Se ora si considera che lungo la fascia costiera i prelievi sono di gran lunga superiori ai 60 litri al secondo residui, risulta ancora una volta confermata la precarietà degli equilibri esistenti.

Le indagini in corso [77] sono volte a verificare, anche attraverso la realizzazione di un modello matematico di simulazione, quale soluzione possa consentire di evitare, in tempi brevi, gli inconvenienti legati all'ingressione marina.

Allo stato attuale delle conoscenze si deve escludere il recupero delle perdite verso fiume, evidenziate nel tratto di monte (90 litri al secondo); infatti, queste si verificano su fronti molto estesi ed in aree poco trasmissive che non si prestano ad emungimenti concentrati.

Pertanto, nelle stesse aree, risulta pure poco conveniente forzare i prelievi da pozzi (al fine di alimentare la falda artificialmente, richiamandovi l'acqua del fiume), anche perché lo spessore dell'acquifero è ridotto ($5 \div 7$ metri in media) fino all'allineamento Spinetoli-Controguerra (a valle di Pagliare).

Tra il suddetto allineamento e la foce lo spessore medio oscilla invece intorno ai $20 \div 25$ metri e raggiunge, nella parte più bassa, anche i 30 metri.

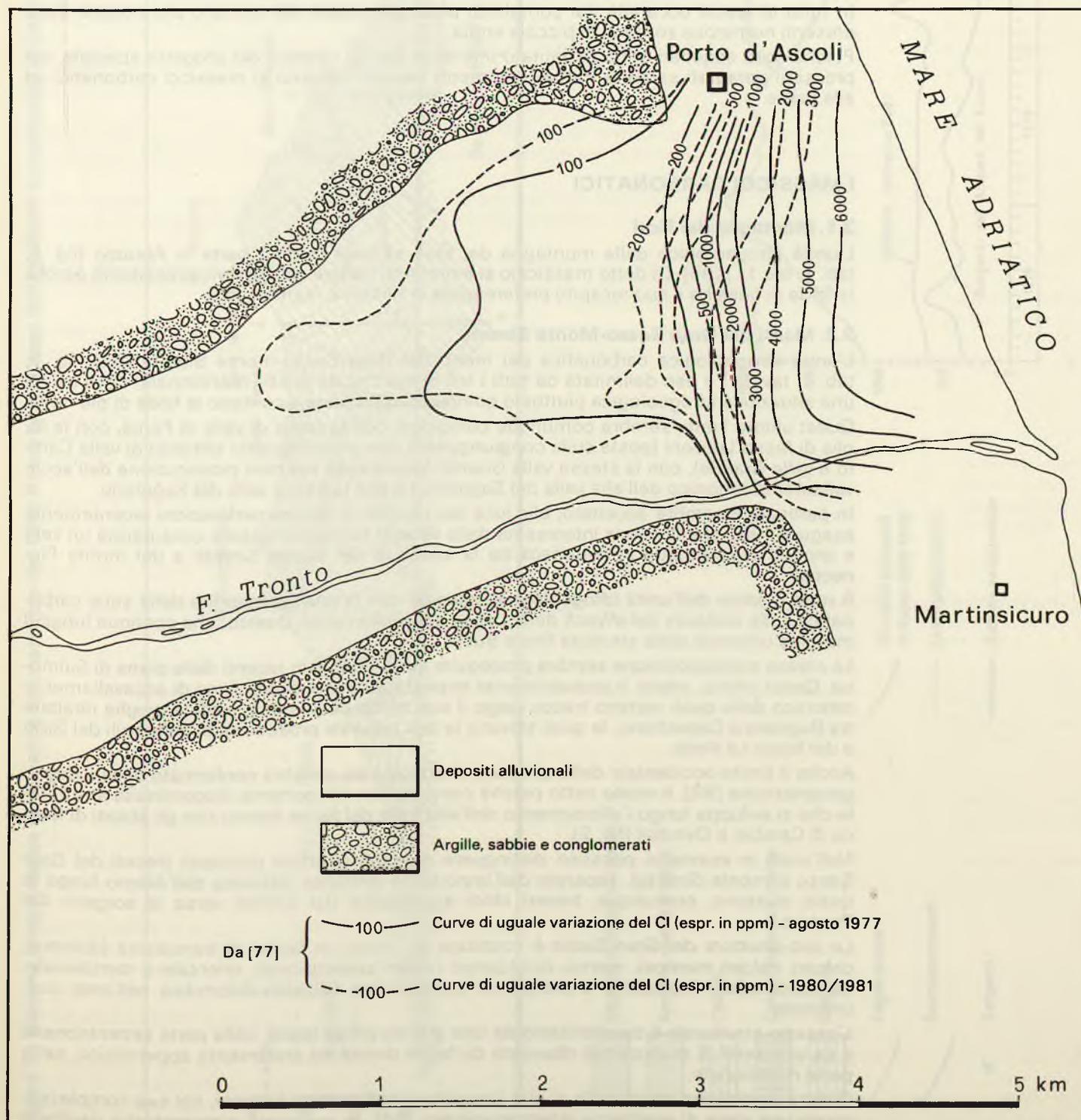
Proprio in quest'area sembra possibile realizzare una «diga liquida», la quale dovrebbe bloccare l'ingressione marina in tempi brevi, alimentando contemporaneamente la falda. È comunque evidente che i costi di detta soluzione dovranno essere confrontati con quelli di valide alternative, peraltro già individuate.

TABELLA 5 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME TRONTO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trasmissività (mq/sec)	$2,7 \times 10^{-2}$	$6,6 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-4}$	} Depositi alluvionali	
Portata specifica (mq/sec)	$8,2 \times 10^{-3}$	$3,2 \times 10^{-3}$	$6,6 \times 10^{-4}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$3,5 \times 10^{-2}$	$8,8 \times 10^{-3}$	$2,1 \times 10^{-5}$		
Gradiente piezometrico	$5,0 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$0,4 \times 10^{-2}$		

Figura 6 - Unità idrogeologica del Fiume Tronto.



3. Idrogeologia dell'Abruzzo

3.0. Le principali risorse idriche sotterranee dell'Abruzzo si rinvengono nell'area centrale e sud-occidentale, dove affiorano le strutture carbonatiche (tav. f.t.). Queste ultime, infatti, danno origine alle principali sorgenti della regione ed alimentano, spesso, le falde idriche delle piane interne.

L'altra zona di interesse idrogeologico è quella costiera (tav. f.t.), dove i corsi d'acqua hanno dato origine a depositi alluvionali nei quali è presente un'attiva circolazione idrica sotterranea.

L'area più povera di risorse idriche è quella interposta tra le due precedentemente descritte perché è costituita da depositi terrigeni (a litologia argilloso-marnoso-arenacea) e plio-pleistocenici (costituiti da argille, sabbie e, in misura minore, da conglomerati) (tav. f.t.).

In quest'ultima zona la circolazione idrica di un certo interesse si trova nel Calabriano superiore, perché c'è una maggiore presenza di conglomerati [268].

In tutta la fascia occupata dai complessi poco permeabili del mio-plio-pleistocene sono presenti numerose sorgenti di piccola entità.

Poiché detti acquiferi sono di limitato interesse per gli obiettivi del progetto speciale, nei prossimi paragrafi saranno trattati argomenti inerenti soltanto ai massicci carbonatici ed alle piane.

I MASSICCI CARBONATICI

3.1. Montagna dei Fiori

L'unità idrogeologica della montagna dei Fiori si trova in gran parte in Abruzzo (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84]. Di detto massiccio si è preferito parlare nel capitolo precedente perché la falda di base ha il suo recapito preferenziale in territorio marchigiano.

3.2. Monti del Gran Sasso-Monte Sirente

L'unità idrogeologica carbonatica dei monti del Gran Sasso-monte Sirente [84] (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è ben delimitata da tutti i lati meno che da quello meridionale, dove esiste una situazione idrogeologica piuttosto complessa che pone a contatto le falde di più unità.

Quest'ultimo limite sembra comunque coincidere con la faglia di valle di Forca, con la faglia di fosso Lecconi (posta sulla congiungente i due grossi disturbi tettonici di valle Carrito e valle Grande), con la stessa valle Grande (posta sulla naturale prosecuzione dell'accavallamento tettonico dell'alta valle del Sagittario) e con la bassa valle del Sagittario.

In particolare sembra accertato, alla luce dei risultati di alcune perforazioni recentemente eseguite [98], che la fascia interessata dalla valle di Forca può essere considerata un vero e proprio «spatiacque sotterraneo» tra la struttura del monte Sirente e del monte Pia-neccia.

A nord, il limite dell'unità idrogeologica coincide con la sovrapposizione della serie carbonatica sulle molasse del «flysch della Laga»; accavallamento, questo, che continua lungo il margine orientale della struttura fino a Bussi.

La stessa sovrapposizione sembra proseguire sotto i depositi recenti della piana di Sulmona. Quest'ultima, infatti, è probabilmente impostata su precedenti linee di accavallamento tettonico delle quali restano tracce lungo il suo bordo occidentale (vedi le pieghe ribaltate tra Bugnara e Capestrano, le quali trovano la loro naturale prosecuzione nelle valli del Gizio e del fosso La Vera).

Anche il limite occidentale della struttura idrogeologica, peraltro confermato dalle indagini geognostiche [98], è molto netto perché coincide con l'importante discontinuità strutturale che si sviluppa lungo l'allineamento dell'alta valle del fiume Aterno con gli abitati di Rocca di Cambio e Ovindoli (fig. 2).

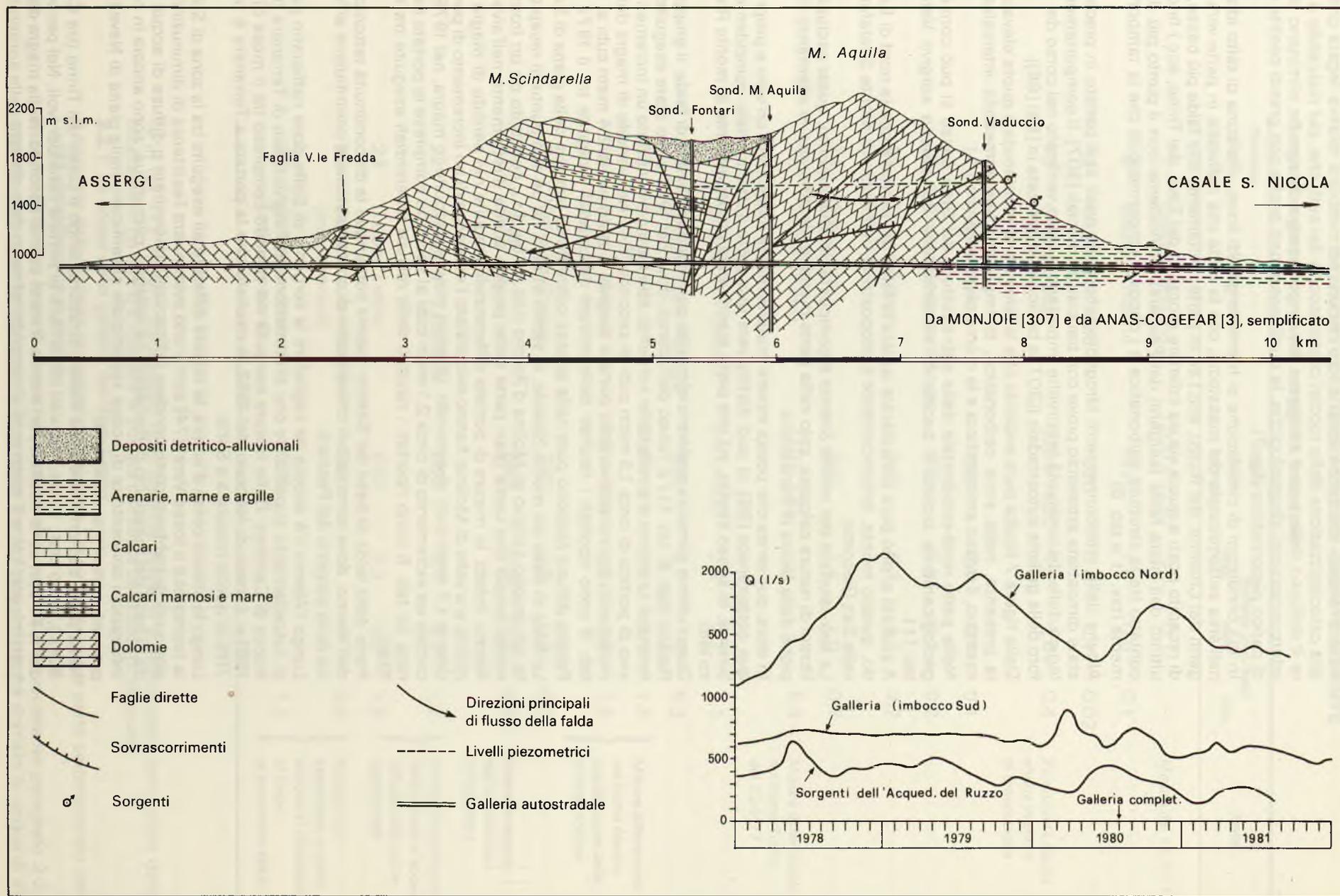
Nell'unità in esame si possono distinguere due sub-strutture principali (monti del Gran Sasso e monte Sirente), separate dall'importante direttrice tettonica dell'Aterno lungo la quale esistono, comunque, travasi idrici apprezzabili dal Sirente verso le sorgenti del Pescara.

La sub-struttura del Gran Sasso è costituita da litotipi in facies di transizione (dolomie, calcari, calcari marnosi, marne, ecc.) lungo i bordi settentrionali, orientale e meridionale; da associazioni litologiche a prevalente componente calcareo-dolomitica nell'area sud-orientale.

L'assetto strutturale è caratterizzato da una grande piega-faglia, nella parte settentrionale, e da una serie di monoclini ribassate da faglie dirette ad andamento appenninico, nella parte meridionale.

Questa particolare struttura fa sì che l'acquifero carbonatico funzioni, nel suo complesso, come una serie di «serbatoi» intercomunicanti [84], le cui quote piezometriche risultano

Figura 7 - Sezione idrogeologica schematica del massiccio del Gran Sasso lungo l'asse della galleria autostradale e diagrammi delle portate.



sempre inferiori man mano che ci si sposta da nord-ovest verso sud-est. Infatti, le principali discontinuità tettoniche (con la loro minore permeabilità relativa legata principalmente alla cataclasizzazione della roccia) costituiscono dei setti che, pur riuscendo a condizionare il deflusso delle acque all'interno dei singoli «serbatoi», non ne eliminano le reciproche interconnessioni idrogeologiche, le quali avvengono anche con grandi perdite concentrate di carico piezometrico (fig. 7).

In tali condizioni di circolazione si ha, nelle grandi linee, una zona di «alto idrostrutturale» nell'area settentrionale del massiccio, con la falda che defluisce in parte verso nord (sorgenti del Chiarino, del Ruzzo, ecc.) ed in parte, unitamente alle falde più basse, verso punti di recapito posti a quota via via inferiore (sorgenti del Tavo, del Tirino, ecc.) fino al recapito ultimo dell'intera falda (sorgenti del Pescara), coincidente con il punto più depresso del contatto tra la struttura carbonatica e i depositi «impermeabili» che la tamponano lateralmente (tav. f.t. e tab. 6).

Alcune delle interconnessioni idrogeologiche delle quali si è parlato in precedenza sono state dimostrate attraverso prove con traccianti artificiali [307]. Il comportamento idrogeologico delle discontinuità tettoniche importanti è stato verificato nel corso dei lavori di traforo della galleria autostradale ([307] e bibliografia riportata in [84] [86]).

Dalla figura 7 risulta pure evidente che la falda viene mantenuta a quota elevata anche dalla presenza, nella serie carbonatica, di importanti «impermeabili» intercalari quali, per esempio, il «rosso ammonitico» e le marne oligo-eoceniche.

Nella parte nord-occidentale della sub-struttura del Gran Sasso si può considerare idrogeologicamente isolato il bacino di alimentazione del gruppo sorgivo Vetoio (tab. 6; tav. f.t.).

A sud-est si può pure considerare isolata la falda del monte Picca (a nord di Bussi) essendo, questo monte, tettonicamente sottoposto al massiccio di monte Scarafano, lungo la valle San Giacomo.

La *sub-struttura del monte Sirente* è composta, in affioramento, quasi esclusivamente da litotipi di natura calcarea; solo nella parte meridionale affiorano le alternanze litologiche tipiche della *facies* di transizione.

In essa, pur senza che possa essere materialmente individuato un vero e proprio «spatiacque sotterraneo» [98], si può distinguere una parte settentrionale coincidente col monte Sirente, in senso stretto, ed una parte meridionale corrispondente al monte Prezza, in senso lato.

Quest'ultimo alimenta preferenzialmente, con le proprie acque di falda, il gruppo sorgivo di Raiano (tab. 6; tav. f.t.) e l'alveo dell'Aterno, dove nel 1977 sono state eseguite misure differenziali (a monte e a valle delle sorgenti), che hanno evidenziato un incremento complessivo di portata di circa 1,9 metri cubi al secondo [84]. Nel periodo di magra del 1978 detto incremento (comprensivo delle portate sorgive) è stato pari a 2,4 metri cubi al secondo (in tab. 6 sono riportati i risultati delle misure differenziali eseguite tra il 1977 ed il 1981). Perdite diffuse esistono pure nella spessa coltre fluvio-lacustre della piana di Sulmona.

La falda di base del monte Sirente, in senso stretto, ha un suo punto di recapito importante nel gruppo sorgivo di Molina d'Aterno (tab. 6; tav. f.t.), costituito da un fronte acquifero molto ampio che versa gran parte delle proprie acque direttamente nell'alveo del fiume Aterno. Infatti, le misure di portata differenziali eseguite nel periodo di magra del 1977, a monte e a valle di Molina, hanno evidenziato l'esistenza di un incremento di portata dell'ordine di 1,7 metri cubi al secondo. Ulteriori misure eseguite in magra, nel 1978, hanno accertato un incremento di circa 2,1 metri cubi al secondo comprese le portate delle sorgenti note (in tab. 6 sono riportati i risultati delle misure differenziali eseguite tra il 1977 ed il 1981).

Parte della falda di base del Sirente supera comunque la discontinuità tettonica della valle dell'Aterno, dove sono visibili chiari motivi di compressione, e contribuisce all'alimentazione delle sorgenti del Pescara.

Lungo l'Aterno c'è ancora da segnalare la sorgente di Stiffe dove riaffiorano pure le acque di ruscellamento superficiale che si immettono nell'inghiottitoio di Terranera (nei pressi di Rocca di Cambio). Dalle misure eseguite nel periodo compreso tra il mese di maggio del 1981 e il mese di febbraio del 1982, è risultato che la portata a Terranera è pari a circa il 70% di quella misurata a Stiffe.

Lungo lo stesso corso d'acqua, le misure differenziali eseguite tra la zona di Stiffe e L'Aquila (compreso il fosso Vera) [74] sembrano evidenziare l'esistenza di diminuzioni di portata, alle quali potrebbero corrispondere infiltrazioni concentrate o diffuse di acqua verso la falda di base del massiccio carbonatico. Le indagini, comunque, sono ancora in corso.

Infiltrazioni concentrate di acqua superficiale si verificano nella piana di Navelli, dove sono presenti inghiottitoi importanti.

Nella parte sud-orientale della stessa struttura, lungo il corso del Tirino (tra Capestrano e Bussi), sono stati, infine, misurati incrementi di portata considerevoli. Nel periodo di magra del 1977 essi sono risultati pari a circa 8 metri cubi al secondo. Nella magra del 1978 sono stati misurati circa 9 metri cubi al secondo (al netto delle portate delle sorgenti alte: n. 13 e

**TABELLA 6 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DEI MONTI DEL GRAN SASSO - MONTE SIRENTE**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
7	Gruppo Vomano	1200 ÷ 1330	-	0,1	-	Misura del 12-12-77
8	Gruppo Chiarino	1320	1,8	0,5	0,1	
9	Gruppo Rio Arno	1520	0,4	0,1	0,02	
10	Gruppo Ruzzo	930 ÷ 1620	1,2	0,6	0,4	Potenzialità media annua in corso di diminuzione
11	Vitella d'Oro	680	0,9	0,4	0,1	
12	Gruppo Mortaio d'Angri	690	0,6	0,3	0,2	
13	Capo d'Acqua del Tirino	340	6,3	4,7	3,7	
14	Presciano	340	1,4	1,0	0,7	
15	Gruppo Bussi	270 ÷ 330	-	-	5,4	Misura differenziale, nel fiume Tirino, del 22-9-77
16	Gruppo San Callisto	260 ÷ 300	2,5	2,2	2,1	
17	Gruppo Capo Pescara	250	9,1	7,5	5,3	
18	Gruppo Raiano	260 ÷ 320	2,9	2,1	1,5	} Misure differenziali, nel fiume Aterno, comprensive delle portate sorgive
19	Gruppo Molina d'Aterno	420 ÷ 450	2,8	2,2	1,5	
20	Fontana Grande	790	0,5	0,4	0,2	
21	Stiffe	680	0,9	0,2	0,01	Riceve le acque dell'inghiottitoio di Terranera
22	Tempera - Capo Vera	650	2,1	1,7	1,2	} Portate comprensive delle venute d'acqua diffuse nella coltre quaternaria
23	Gruppo Vetoio	630	3,3	2,2	1,5	
24	Galleria autostradale (imbocco sud)	960	-	-	0,5	} Portate non stabilizzate (i valori esposti si riferiscono al mese di settembre 1981)
25	Galleria autostradale (imbocco nord)	890	-	-	1,3	

14 in tav. f.t.), in parte concentrati negli sbocchi esistenti a monte della derivazione della Montedison (in tab. 6 è indicata la portata cumulata dei suddetti sbocchi).

3.2.1. Le acque della galleria del Gran Sasso

Il tracciato della galleria autostradale del Gran Sasso interessa la parte settentrionale dell'unità idrogeologica in esame.

Essa ha perforato la zona di «alto idrostrutturale», indicata nel precedente paragrafo 3.2., creando nuovi punti preferenziali di recapito per la falda. Infatti, ha drenato le acque di al-

cune sorgenti alte ed, in parte, quelle che alimentavano le scaturigini basse (con particolare riferimento alle sorgenti della parte meridionale della struttura carbonatica).

Già nel 1978 [86], quando i lavori di traforo erano ancora in corso, sulla base dello schema di circolazione idrica sotterranea [84] fu avanzata l'ipotesi che le sorgenti del Ruzzo avrebbero potuto subire per prime un vistoso depauperamento. Fu pure ipotizzato che le sorgenti del Chiarino e del Rio Arno avrebbero dovuto essere interessate dal fenomeno solo in modo limitato, per la presenza di complicazioni strutturali [84] che avrebbero reso difficili i travasi d'acqua verso la galleria.

Attualmente non sono ancora prevedibili con esattezza le ripercussioni che si potranno avere sulla circolazione idrica sotterranea dell'intero massiccio; infatti, i lavori di scavo sono terminati soltanto nel mese di giugno 1980 ed è quindi lontano il raggiungimento del nuovo equilibrio idrogeologico.

Dalla figura 7 risulta comunque evidente che le sorgenti del Ruzzo (Vacelliera, Fossaceca, Mescatore, Pisciarellone) si vanno esaurendo. Infatti, le portate minime degli anni 1978 ÷ 1981 tendono gradualmente a diminuire. Il fenomeno, d'altro canto, non è legato agli eventi meteorici perché la piovosità degli anni anzidetti è stata superiore alla media (tab. 7).

Il fenomeno del graduale esaurimento delle sorgenti risulta chiaro anche dalla stessa tabella 7. Infatti si può osservare che, negli anni 1978 ÷ 1981, le percentuali di scarto dei volumi liberati dalle sorgenti rispetto a quelli del periodo 1971 ÷ 1974 (che in base all'andamento delle piogge possono essere considerati medi) sono nettamente inferiori. Al contrario, la piovosità registrata sul massiccio è superiore alla media.

In base ai dati della suddetta tabella i volumi d'acqua liberati in meno dalle sorgenti del Ruzzo nel periodo 1978 ÷ 1981 possono essere valutati in circa 30 milioni di metri cubi. Poiché, fino alla stessa data, dal tronco settentrionale della galleria sono scaturiti circa 240 milioni di metri cubi, si deve ritenere che il 13% di quest'ultimo volume sia stato sottratto alle summenzionate scaturigini alte. Gli altri 210 milioni di metri cubi sono stati in parte sottratti alle altre sorgenti di alta quota; in parte sono invece legati al depauperamento di riserve geologiche e ad acque che avrebbero alimentato le scaturigini poste a quota più bassa della galleria.

Le portate emunte dal lato di Assergi (L'Aquila) sono tutte dovute a depauperamento di riserve ed a volumi d'acqua intercettati a quota alta (circa 200 milioni di metri cubi fino al mese di dicembre 1981).

Come si è già detto, non si possono ancora quantizzare in modo attendibile le portate emungibili dalla galleria nel futuro equilibrio idrogeologico. È comunque possibile avanzare qualche ipotesi di lavoro, basata sullo schema di circolazione idrica sotterranea riportato nella tavola fuori testo.

TABELLA 7 - CORRELAZIONE TRA PRECIPITAZIONI E PORTATE DELLE SORGENTI DEL RUZZO

Anni di osservazione	Scarti percentuali (P) (%)	Volumi (V)		Note
		10 ⁶ mc/anno	%	
1971	95	18,3	100	P (%) = scarti percentuali, rispetto alla media del cinquantennio 1921/70, delle piogge misurate dai pluviometri del Gran Sasso; V (10 ⁶ mc/anno) = volumi d'acqua defluiti dalle sorgenti del Ruzzo;
1972	101	19,9		
1973	97	16,8		
1974	104	17,2		
1975	77	15,1	84	V (%) = scarti percentuali dei volumi d'acqua defluiti annualmente dalle sorgenti del Ruzzo rispetto alla media (circa 18x10 ⁶ mc) degli anni 1971-74.
1976	123	19,0	105	
1977	76	14,6	79	
1978	114	13,9	77	
1979	103	12,9	71	
1980	109	10,7	59	
1981	-	6,8	38	

Nelle due aree indicate come possibili bacini di alimentazione dei tronchi di galleria, settentrionale e meridionale, l'infiltrazione efficace può essere valutata rispettivamente in circa 55 milioni e in 15 milioni di metri cubi all'anno.

Poiché nel «bacino» settentrionale la potenzialità media delle sorgenti era di circa 35 milioni di metri cubi all'anno, i rimanenti 20 milioni di metri cubi all'anno ($Q = 0,63$ metri cubi al secondo) andavano ad alimentare (nel precedente equilibrio idrogeologico) le scaturigini ubicate nei quadranti meridionali, superando gli «spartiacque» attraverso una sezione alta circa 1250 metri (H) (dalla quota piezometrica fino alla quota media [93] di sfioro delle sorgenti n. 11 ÷ 17) e lunga circa 16 chilometri (L).

La validità di detta ipotesi sembra essere verificata dai dati sperimentali. Infatti, in [307], viene indicata una permeabilità (lungo le faglie) compresa tra 10^{-5} ÷ 10^{-6} e 10^{-8} metri al secondo, ovvero una permeabilità dello stesso ordine di grandezza di quella calcolata utilizzando i dati precedenti ed il gradiente piezometrico ($i =$ circa 0,17) misurato, in galleria, nella zona di «spartiacque» (tra la faglia della Valle Fredda e l'area del sondaggio Fontari [307]).

$$K = \frac{Q}{H \cdot L} = 1,8 \times 10^{-7} \text{ m/s}$$

Risulta quindi verificato l'ordine di grandezza della portata Q utilizzata nel calcolo.

Poiché le portate della falda sono (per la legge di Darcy) direttamente proporzionali all'altezza piezometrica, l'abbassamento di livello operato dal drenaggio della galleria dovrebbe ridurre proporzionalmente le portate che attraversano i cosiddetti «spartiacque». Pertanto, considerando una depressione piezometrica media di 300 metri (il valore massimo è di circa 600 metri), la galleria dovrebbe intercettare, oltre le acque delle sorgenti alte, circa 4,8 milioni di metri cubi all'anno di quelle che nel vecchio equilibrio idrogeologico defluivano verso le scaturigini basse.

Pertanto, sulla base dei dati disponibili, si può ritenere che la potenzialità del tronco settentrionale di galleria non debba superare i 40 milioni di metri cubi all'anno. Tale volume è evidentemente comprensivo di eventuali portate residue alle sorgenti alte.

Per quanto riguarda il tronco sud, il limite attraverso cui il «bacino» sotterraneo perde acqua (tav. f.t.) è poco più lungo di quello settentrionale dal quale riceve alimentazione. Si può quindi ritenere che la potenzialità della galleria debba essere di poco inferiore all'infiltrazione efficace indicata precedentemente. La portata media emungibile dovrebbe pertanto aggirarsi intorno ai 400 litri al secondo.

3.2.2. Il margine occidentale del monte Sirente (piana delle Rocche)

Il margine occidentale del monte Sirente, unitamente a quello orientale della struttura del Velino, è stato oggetto di due campagne di indagini.

Durante la prima fase, è stata accertata l'esistenza di importanti dislivelli piezometrici tra le falde dei due massicci [98]. Ciò, unitamente ad altre considerazioni relative all'assetto strutturale [84], ha confermato che le due strutture possono essere considerate idrogeologicamente autonome.

Tra l'altro, durante la suddetta fase, fu messo in evidenza che lungo il margine occidentale del monte Sirente la falda si mantiene a breve profondità dal piano di campagna [98]. Essa, pertanto, avrebbe potuto essere utilmente sfruttata per l'approvvigionamento idrico della piana delle Rocche.

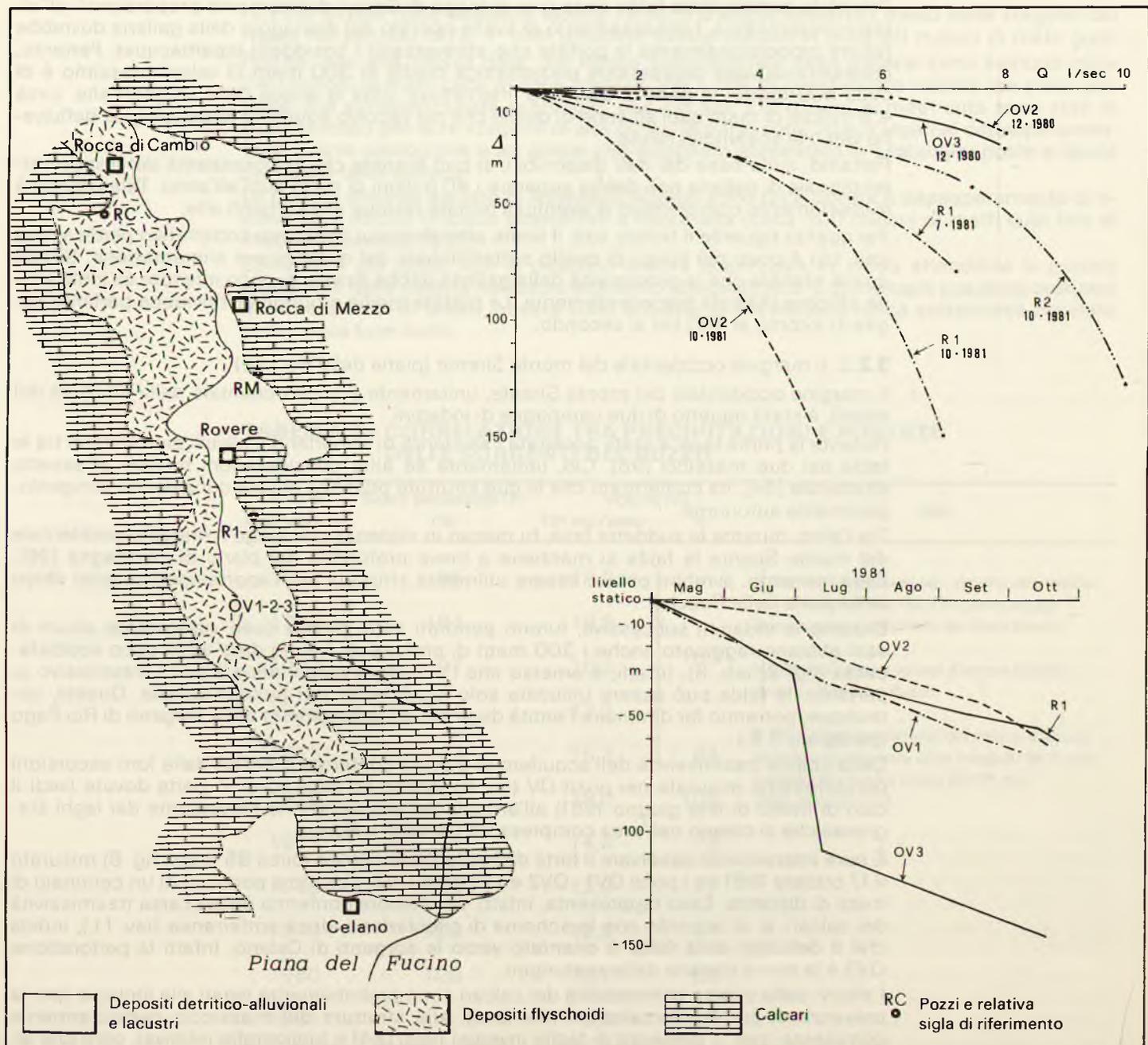
Durante le indagini successive, furono perforati sette pozzi i quali, nonostante alcuni di essi abbiano raggiunto anche i 300 metri di profondità, hanno dato esito poco soddisfacente (fig. 8; tab. 8). Infatti, è emerso che l'acquifero carbonatico è poco trasmissivo e, pertanto, la falda può essere utilizzata solo localmente, per piccole portate. Queste, comunque, potranno far diminuire l'entità degli attuali sollevamenti delle sorgenti di Rio Pago (paragrafo 3.9.).

Della scarsa trasmissività dell'acquifero si è avuta conferma indiretta dalle forti escursioni piezometriche misurate nei pozzi OV (fig. 8), anche se esse sono in parte dovute (vedi il calo di livello di fine giugno 1981) all'arresto dell'alimentazione proveniente dai laghi stagionali che si creano nell'area compresa tra Ovindoli e Rovere.

È pure interessante osservare il forte dislivello piezometrico (circa 85 metri; fig. 8) misurato il 17 ottobre 1981 tra i pozzi OV1 - OV2 ed il pozzo OV3, ubicato a poco più di un centinaio di metri di distanza. E esso rappresenta, infatti, un'ulteriore conferma della scarsa trasmissività dei calcari, e, in accordo con lo schema di circolazione idrica sotterranea (tav. f.t.), indica che il deflusso della falda è orientato verso le sorgenti di Celano. Infatti la perforazione OV3 è la meno lontana dalle scaturigini.

I motivi della scarsa permeabilità dei calcari sono probabilmente legati alla litologia (per la presenza di sottili intercalazioni marnose), alla struttura del massiccio particolarmente complessa (per la presenza di faglie inverse) (vedi [84] e bibliografia relativa), oltre che al-

Figura 8 - Principali risultati delle indagini eseguite nella Piana delle Rocche.



l'assenza di carsificazione. Attualmente, al fine di migliorare il rendimento dei pozzi, si stanno utilizzando apposite tecniche di stimolo (idrofratturazione).

Un ulteriore motivo di interesse è scaturito dalle prove di pompaggio eseguite in tempi diversi (fig. 8; tab. 8), con altezze di falda differenti. Infatti la redditività dei pozzi è risultata inferiore nel periodo di massima magra, in accordo con l'assenza di alimentazione proveniente dai laghi stagionali.

3.3. Monti della Maiella

L'unità idrogeologica dei monti della Maiella (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è delimitata, a sud, dall'accavallamento tettonico esistente lungo la direttrice Palena-Campo di Giove; ad ovest, dalla depressione di Caramanico, in senso lato, e, lungo gli altri bordi, dai sedimenti plio-pleistocenici della fascia costiera adriatica.

L'assetto strutturale è quello di una brachianticlinale asimmetrica vergente verso est. Nella parte settentrionale della depressione di Caramanico essa si immerge sotto la copertura terrigena mentre, più a sud, è troncata da una faglia diretta di grande rigetto.

Dal punto di vista idrogeologico il massiccio può essere suddiviso in una parte meridionale più permeabile (*facies* di piattaforma) ed in una settentrionale meno permeabile (*facies* di transizione).

Questa variazione di *facies*, pur marcando una certa differenziazione di comportamento nei riguardi dell'infiltrazione e delle modalità di circolazione idrica sotterranea, non è sempre uno «spartiacque sotterraneo», probabilmente perché i litotipi più permeabili dell'area meridionale esercitano un'azione di drenaggio su quelli settentrionali.

Nell'area settentrionale i limiti di alimentazione delle sorgenti basali sembrano essere legati preferenzialmente alla giacitura che gli «impermeabili» intercalari, propri della serie di transizione, hanno assunto per effetto della struttura anticlinale del massiccio; a sud, invece, è probabilmente la direttrice monte Amaro-Taranta Peligna che opera un parziale tamponamento sulla falda in rete facendo traboccare parte delle acque in corrispondenza dell'abitato di Taranta Peligna (sorgente Acque Vive).

TABELLA 8 – RISULTATI DELLE PROVE DI POMPAGGIO ESEGUITE IN POZZI UBICATI NEL SUBSTRATO CARBONATICO DELLA PIANA DELLE ROCCHIE (L'AQUILA)

Rif. alla fig. 8	Pozzi	Portata specifica				Note
		1ª prova (data)	1ª prova (mq/sec)	2ª prova (data)	2ª prova (mq/sec)	
OV1	Ovindoli 1	dic. 1980 (·)	4,8×10 ⁻⁵	–	–	Livello statico: – 15 m dal piano di campagna (p.c.)
OV2	Ovindoli 2	dic. 1980 (·)	2,4×10 ⁻³	ott. 1981	5,2×10 ⁻⁵	Livello statico 1ª prova: – 3 m dal p.c. Livello statico 2ª prova: – 46 m dal p.c.
OV3	Ovindoli 3	dic. 1980 (·)	6,4×10 ⁻⁴	sett. 1981	2,9×10 ⁻⁵	Livello statico 1ª prova: – 14 m dal p.c. Livello statico 2ª prova: – 138 m dal p.c.
R1	Rovere 1	lug. 1981	1,2×10 ⁻⁴	ott. 1981	9,4×10 ⁻⁵	Livello statico 2ª prova: – 56 m dal p.c.
R2	Rovere 2	ago. 1981	1,8×10 ⁻⁴	ott. 1981	9,6×10 ⁻⁵	Livello statico 2ª prova: – 58 m dal p.c.
RM	Rocca di Mezzo	lug. 1981	3,6×10 ⁻⁵	–	–	Livello statico: – 91 m dal p.c.
RC	Rocca di Cambio	sett. 1981	3,4×10 ⁻⁵	–	–	Livello statico: – 107 m dal p.c.

(·) prove eseguite simultaneamente sui tre pozzi

TABELLA 9 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DELLA MAIELLA**Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse**

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
26	Gruppo Lavino	120 ÷ 140	1,5	1,2	0,9	
27	La Morgia	960	0,4	0,2	0,1	
28	Gruppo Foro	280 ÷ 350	1,6	1,0	0,2	
29	Gruppo Verde	410	9,1	3,6	2,0	
30	Gruppo Acque Vive	450	0,5	0,4	0,2	

Nell'area settentrionale del massiccio, i punti di recapito più importanti della falda di base (tav. f.t.; tab. 9) sono rappresentati dalle sorgenti del Lavino (costituite da due grandi emergenze concentrate e da venute d'acqua diffuse nelle alluvioni) e dalle sorgenti del Foro (originariamente ubicate a qualche chilometro di distanza dal massiccio ed oggi parzialmente captate con una lunga galleria spinta fino al bacino di alimentazione).

Fuoriuscite d'acqua diffuse (dovute anche alla presenza di risorgenze) si trovano nell'alveo del fiume Orta dove, nel periodo di magra dell'anno 1978, sono stati misurati, complessivamente, oltre 800 litri d'acqua al secondo [73].

Nella parte meridionale le sorgenti più importanti sono quelle del Verde dove, al di fuori delle captazioni, sono visibili venute d'acqua diffuse nella potente conoide detritica. Pure interessanti sono le sorgenti Acque Vive (Taranta Peligna) caratterizzate, come le precedenti, dal versamento diretto di consistenti aliquote d'acqua nell'Aventino.

3.3.1. La sorgente La Morgia

Tra gli interventi di un certo interesse in corso di realizzazione sul massiccio della Maiella c'è la captazione della sorgente La Morgia.

Questa è ubicata nel vallone Santo Spirito (a sud-est del colle della Civita) (tav. f.t.) il quale, inciso nei calcari, è caratterizzato dalla presenza di fenomeni carsici, che si manifestano con infiltrazioni concentrate d'acqua e con successive riemergenze a quote più basse.

La sorgente in esame scaturisce da un condotto carsico che originariamente passava a pochi metri di distanza dalla parete sinistra del vallone, senza che le acque venissero a giorno. Esso, infatti, è stato intercettato attraverso l'apertura di un cunicolo artificiale.

Al fine di non toccare il delicato equilibrio idrogeologico esistente, la captazione è stata prevista tramite un semplice manufatto di raccolta delle acque ed una galleria di approccio che attraversa il solo manto detritico affiorante in loco.

Per quanto concerne la potenzialità della risorsa, dalle misure disponibili (circa quaranta, relative al periodo 1971 ÷ 1975 e 1978) risulta una portata minima di 99 litri al secondo (30 ottobre 1975) ed una massima di 404 litri al secondo; la media è di circa 193 litri al secondo.

Bisogna però considerare che le misure di portata eseguite nel fosso di Santo Spirito, a monte della sorgente, hanno messo in evidenza l'assorbimento di circa 61 litri al secondo in data 13 novembre 1975 (portata sorgiva pari a 108 litri al secondo) e di circa 106 litri al secondo nel mese di giugno 1978 (portata sorgiva pari a 216 litri al secondo).

Poiché detti quantitativi d'acqua vengono presumibilmente drenati dal canale carsico che alimenta la sorgente (così come è stato confermato anche dalle prove con fluoresceina), allo stato attuale delle conoscenze si deve ritenere che circa il 50% della portata sorgiva possa essere dovuto ad infiltrazioni dall'alveo.

Le analisi chimiche e batteriologiche non hanno evidenziato la presenza di sostanze inquinanti; sono state comunque previste delle opere di protezione igienica.

3.4. Monte Morrone

L'unità idrogeologica del Morrone (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è caratterizzata dal proseguimento del motivo strutturale (piega-faglia vergente verso nord-est), già riscontrato lungo il margine orientale dell'unità del Gran Sasso.

La serie stratigrafica affiorante è quasi tutta in *facies* di piattaforma carbonatica, con

esclusione della parte settentrionale (a nord di Roccacasale) dove sono presenti litotipi in *facies* di transizione.

I limiti dell'unità sono marcati, a nord-ovest, da depositi terrigeni poco permeabili; a nord-est, dall'accavallamento tettonico sul Miocene della depressione di Caramanico; a sud-ovest dai sedimenti fluvio-lacustri della piana di Sulmona e, a sud-est, dalla linea tettonica di Pacentro.

La falda di base trova recapito preferenziale nelle sorgenti del Giardino (tab. 10), probabilmente per l'esistenza di una grossa faglia che, essendo orientata trasversalmente rispetto alla direzione di deflusso delle acque [84], devia parte della circolazione idrica verso quel punto. Essa, comunque, lascia che aliquote d'acqua consistenti continuino a defluire verso la parte più bassa della struttura (rappresentata dalla stretta di Popoli).

In quest'ultima zona sono stati misurati, durante il periodo di magra dell'anno 1977, circa 700 litri al secondo di incremento di portata al netto dei deflussi sorgivi. Nella magra del 1978 l'ordine di grandezza dei deflussi in alveo (comprensivo della portata delle sorgenti note) è stato confermato (circa 1 metro cubo al secondo).

Nella stessa zona affiorano sorgenti solfuree, probabilmente legate all'approfondimento dei circuiti in corrispondenza della già menzionata «faglia trasversale».

Pure sul Sagittario, a monte della confluenza con l'Aterno, nella magra del 1977 sono stati misurati incrementi di portata per circa 2,4 metri cubi al secondo. La presenza di venute diffuse in alveo è stata successivamente confermata dalle misure eseguite nel 1979 e nel 1980 (rispettivamente in magra ed in piena).

È probabile che un'aliquota di queste acque sia legata ad apporti provenienti dalla struttura del Morrone.

3.5. Monte Porrara

L'unità idrogeologica del monte Porrara (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è costituita, dal punto di vista litologico, da depositi carbonatici in *facies* di piattaforma.

Essa è idrogeologicamente separata, dai monti della Maiella, dall'accavallamento tettonico Palena-Campo di Giove e, dalla struttura del Morrone, per mezzo della già menzionata faglia di Pacentro. Gli altri limiti sono marcati da depositi terrigeni praticamente impermeabili e dall'accavallamento tettonico esistente lungo la prosecuzione, verso nord-ovest, dell'alta valle del fosso La Vera.

La falda di base defluisce preferenzialmente verso la sorgente Capo di Fiume dell'Aventino (tab. 10).

Verso la stessa scaturigine confluiscono anche le acque di ruscellamento superficiale del fosso La Vera, le quali vengono assorbite dall'acquifero tramite l'inghiottitoio di Quarto

TABELLA 10 – UNITÀ IDROGEOLOGICHE DI MONTE MORRONE, MONTE PORRARA E MONTE ROTELLA

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
31	Giardino	280	2,4	1,5	0,9	
32	Gruppo Tre Monti	230 ÷ 270	–	–	1,0	Misura differenziale del 4-10-77
33	Capo di Fiume	880	2,7	1,2	0,6	Riceve le acque dell'inghiottitoio del fosso La Vera
34	Gruppo Acqua Chiara	320	–	–	2,1	Misura differenziale, nel fiume Sagittario, del 21-9-77 (alimentazione proveniente prevalentemente dalle unità carbonatiche)

Santa Chiara. Ciò è stato ipotizzato nel corso degli studi preliminari [84] ed è stato recentemente confermato da prove di colorazione. La parte settentrionale della falda del monte Porrara, il cui limite sud è stato definito attraverso apposite perforazioni [98], è tributaria dei depositi fluvio-lacustri della piana di Sulmona.

A tal proposito è interessante osservare che, oltre i già menzionati incrementi di portata (paragrafo 3.4.), sul Sagittario sono state misurate ulteriori venute diffuse in alveo a monte ed a valle della zona di confluenza col Gizio. Esse, nel periodo di magra dell'anno 1978, sono risultate pari a 1,2 metri cubi al secondo comprensivi delle portate sorgive del gruppo Acqua Chiara (tab. 10).

Ad est del massiccio carbonatico, nel punto più depresso della conca endoreica di Campo di Giove (circa 1.060 metri s.l.m.) affiora la sorgente Lago (20 ÷ 30 litri al secondo). Essa trae alimentazione dalla coltre detritica, costituita da elementi piuttosto grossolani, le cui acque si raccolgono dapprima in un laghetto per poi immettersi in alcuni inghiottitoi ubicati nello stesso detrito.

La trasmissività dell'acquifero è elevata, così come ha dimostrato la prova di pompaggio (tab. 11) eseguita su di un pozzo perforato, nel 1965, fino alla profondità di circa 30 metri dal piano di campagna (CG in fig. 9).

Lungo il bordo meridionale dello stesso monte Porrara, la falda del massiccio carbonatico è stata individuata a circa 50 metri dal piano di campagna [98] (circa 1.200 metri s.l.m.). Le prove di pompaggio, eseguite su due pozzi-pilota, hanno dato risultati non eccezionali (tab. 11; fig. 9) ma sufficienti a far prevedere di poter soddisfare in loco almeno parte delle necessità potabili della zona di Roccaraso.

Detti risultati, se confrontati con quelli della piana delle Rocche (paragrafo 3.2.2.), sembrano indicare che i pozzi eseguiti sul retro delle strutture carbonatiche, in zone che non siano di drenaggio preferenziale, difficilmente risultano molto produttivi. La maggiore produttività delle perforazioni della piana di Pescocostanzo, rispetto a quelle della piana delle Rocche, è probabilmente dovuta alla litologia più francamente calcarea dell'acquifero.

Dai diagrammi Q/Δ , riportati nella figura 9, risulta evidente l'esistenza di un primo tratto di curva che segue una legge diversa da quella della parte terminale. Il fenomeno è dovuto all'alimentazione proveniente dall'adiacente falda quaternaria, così come è stato confermato dal prosciugamento (avvenuto nel corso della perforazione del pozzo P1) di una piccola sorgente affiorante nel detrito e dalle ampie escursioni del livello di falda tra i periodi di piena e di magra (in analogia con quanto osservato nei pozzi di piana delle Rocche: paragrafo 3.2.2.).

3.6. Monte Rotella

L'unità idrogeologica di monte Rotella (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è costituita da una stretta fascia carbonatica compresa tra la struttura di monte Porrara (a nord-est) e la faglia Petto-

**TABELLA 11 – RISULTATI DI PROVE DI POMPAGGIO
ESEGUITE IN POZZI UBICATI NELL'AREA COMPRESA
TRA CAMPO DI GIOVE E PESCASSEROLI**

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note	
	max.	med.	min.			
Portata specifica (mq/sec)	-	$5,0 \times 10^{-2}$	-	Detriti	Pozzo CG in fig. 9	
	-	$4,5 \times 10^{-4}$	-		Calcari	Pozzo P1 in fig. 9
	-	$3,7 \times 10^{-4}$	-	Pozzo P2 in fig. 9		
	-	$3,5 \times 10^{-4}$	-	Pozzo P3 in fig. 9		
		$9,1 \times 10^{-4}$	$4,4 \times 10^{-4}$	$5,6 \times 10^{-5}$	Depositi detritico - alluvionali e lacustri	Pozzi R in fig. 9
		$2,4 \times 10^{-2}$	-	$7,2 \times 10^{-3}$	Calcari	Pozzi CS in fig. 9
	$6,3 \times 10^{-4}$	-	$4,7 \times 10^{-4}$	Detriti	Pozzi PS in fig. 9	

Figura 9 - Pozzi dell'area compresa tra Campo di Giove e Pescasseroli.

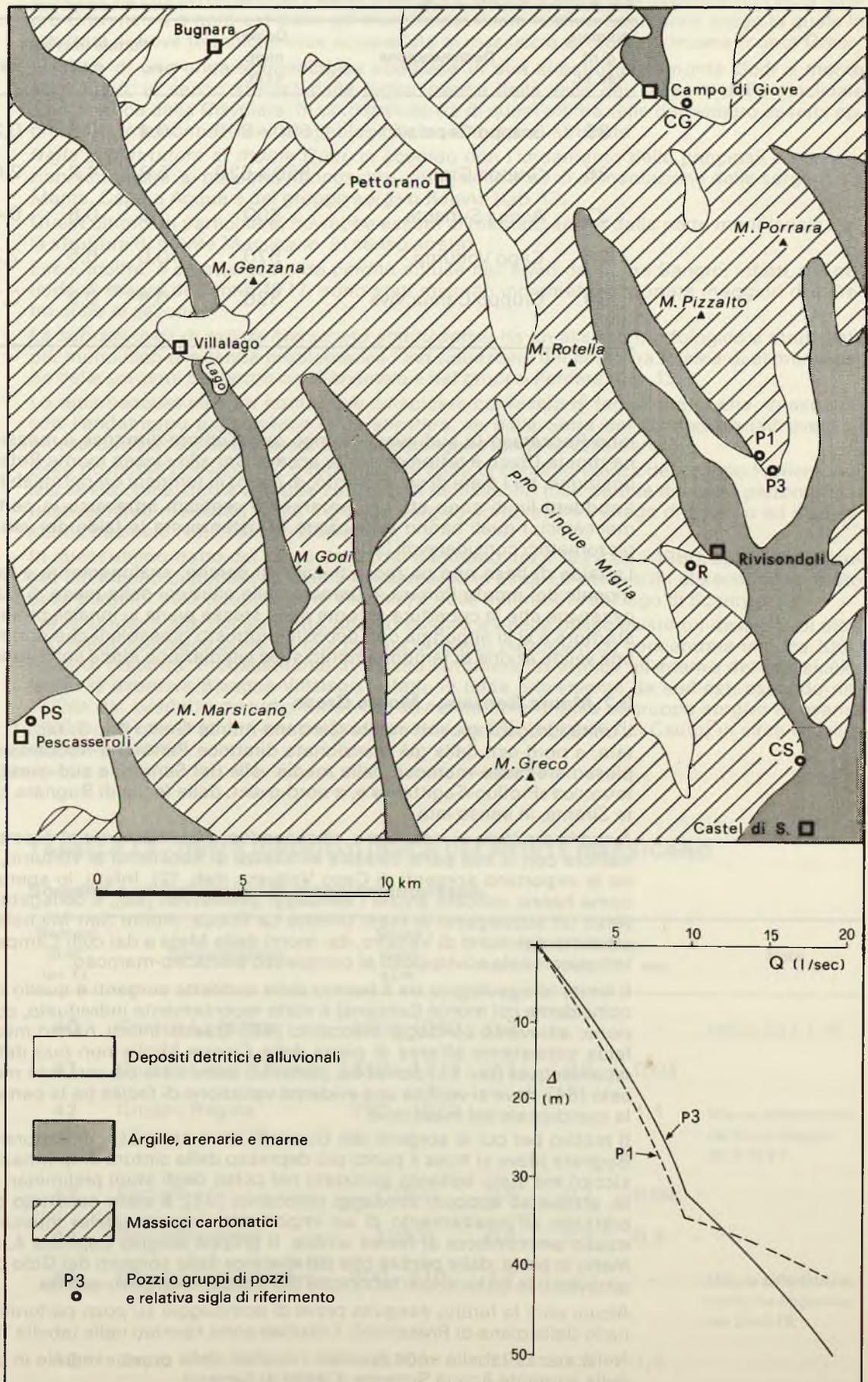


TABELLA 12 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE GENZANA - MONTE GRECO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
35	Gruppo Capolaia	690 ÷ 800	0,4	0,3	0,2	
36	Gruppo Gizio	560 ÷ 620	5,8	4,2	2,0	
37	Acqua Suriente	800	1,2	0,8	0,4	
38	Capo Volturmo	570	10,0	6,6	2,2	
39	Gruppo Canna Viva	330	0,6	0,3	0,1	Misure differenziali nel fiume Volturmo

rano-Roccaraso (a sud-ovest). Lungo quest'ultima direttrice il massiccio di monte Genzana-monte Greco è tettonicamente accavallato allo stesso monte Rotella con la chiara interposizione, tra i piani di scorrimento, di depositi terrigeni «impermeabili».

I suddetti limiti sono stati recentemente verificati attraverso la perforazione di sondaggi meccanici, i quali hanno evidenziato l'esistenza, tra le falde dei vari massicci, di dislivelli piezometrici considerevoli [98].

La falda di base non ha recapiti evidenti perché, analogamente a quella dell'area settentrionale del monte Porrara, è drenata dalle alluvioni della piana di Sulmona. Infatti, si può osservare che la copertura recente della stessa piana si innalza proprio a ridosso di queste strutture e vi si appoggia con depositi piuttosto grossolani che non riescono ad esercitare una valida azione di tamponamento sulla circolazione idrica sotterranea.

3.7. Monte Genzana - Monte Greco

L'unità idrogeologica di monte Genzana-monte Greco (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è delimitata, a nord-est, dalla già menzionata direttrice Pettorano-Roccaraso; a sud-est, dal complesso arenaceo-marnoso della media valle del Sangro; a sud-ovest, dall'importante linea tettonica «Profluo-Sagittario» e, a nord-ovest, dalla faglia di Bugnara che la separa dal monte Sirente, in senso lato.

A sud la struttura si restringe e, ribassandosi probabilmente al di sotto dei colli Campanari, riaffiora con la sua parte caudale all'altezza di Rocchetta al Volturmo, dove vengono a giorno le importanti sorgenti di Capo Volturmo (tab. 12). Infatti, lo sperone di Rocchetta, così come hanno indicato anche i sondaggi geoelettrici [88], è collegato a monte Greco attraverso un susseguirsi di *horst* (monte La Rocca, monte San Michele) e *graben*. È, invece, staccato dai monti di Venafro, dai monti della Meta e dai colli Campanari, i quali sono tutti tettonicamente sovrapposti al complesso arenaceo-marnoso.

Il limite idrogeologico tra il bacino delle suddette sorgenti e quello del Gizio (quest'ultimo coincidente col monte Genzana) è stato recentemente individuato, con buona approssimazione, attraverso sondaggi meccanici [98]. Questi, infatti, hanno messo in evidenza che la falda sottostante all'area di piana delle Cinque Miglia non può defluire verso il Gizio: lo «spatiacque» (tav. f.t.) dovrebbe, pertanto, coincidere col versante meridionale di colle d'Aceto [84], dove si verifica una evidente variazione di *facies* tra la parte settentrionale e quella meridionale del massiccio.

Il motivo per cui le sorgenti del Gizio affiorano nei pressi di Pettorano e non nella zona di Bugnara (dove si trova il punto più depresso della cintura «impermeabile» che cinge il massiccio) era stato soltanto ipotizzato nel corso degli studi preliminari [84]. Successivamente, attraverso appositi sondaggi meccanici [98], è stato accertato che esso è legato soprattutto all'innalzamento di un importante «impermeabile» intercalare correlabile con il «rosso ammonitico» di *facies* umbra. Il gruppo sorgivo Capolaia è, quindi, alimentato, almeno in parte, dalle perdite che dal «bacino» delle sorgenti del Gizio defluiscono verso nord attraverso le dislocazioni tettoniche del suddetto «impermeabile».

Alcuni anni fa furono eseguite prove di pompaggio su pozzi perforati nell'acquifero quaternario della piana di Rivisondoli. I risultati sono riportati nella tabella 11.

Nella stessa tabella sono riportati i risultati delle prove eseguite in pozzi ubicati nei pressi della sorgente Acqua Suriente (Castel di Sangro).

3.8. Monte Marsicano

L'unità idrogeologica di monte Marsicano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è costituita prevalentemente da calcari organogeni. Essa è delimitata a sud-ovest dalla direttrice tettonica Sangro-Giovenco e a nord-est dalla già menzionata «linea Profluo-Sagittario», lungo la quale la struttura si trova tettonicamente accavallata al massiccio di monte Genzana-monte Greco.

Si tratta di una unità idrogeologica suddivisa in due sub-strutture (monte Godi e monte Marsicano, in senso stretto) dalla faglia inversa della valle del Tasso e dalla sinclinale asimmetrica della Ciavolara. In corrispondenza di quest'ultima valle dovrebbero esserci apprezzabili interconnessioni idrogeologiche tra le due sub-strutture.

Nella sub-struttura di monte Godi, in accordo con l'andamento delle principali complicazioni tettoniche, si possono riconoscere i limiti delle aree di alimentazione delle sorgenti La Marca, Capo d'Acqua e del gruppo sorgivo Regina (tab. 13).

Quest'ultimo, in particolare, dovrebbe essere alimentato anche dalla parte meridionale della struttura di monte Marsicano, in senso stretto.

Esso, inoltre, è caratterizzato da perdite diffuse nell'alveo del fiume Sangro; infatti, nel periodo di magra dell'anno 1977, sono stati misurati incrementi di portata maggiori di 1 metro cubo al secondo.

La sub-struttura di monte Marsicano strictu sensu ha un assetto morfologico e strutturale più monolitico che rende problematica l'individuazione del limite tra le aree di alimentazione delle sorgenti del bordo nord-orientale e del gruppo Ferriera (tab. 13).

Lo «spartiacque» sembra comunque coincidere col fascio di faglie dirette che, in accordo con l'andamento appenninico della struttura, va dalla Serra del Campitello (ad ovest di monte Godi) a San Sebastiano, per poi proseguire lungo la valle Carrito.

Esso dovrebbe consentire il trabocco della falda in corrispondenza del gruppo Ferriera, pur lasciando che aliquote d'acqua consistenti defluiscano (con perdite di carico piezometrico relativamente modeste) verso il gruppo sorgivo compreso tra il lago di Scanno ed il sottostante bacino E.N.E.L. di San Domenico.

In quest'ultimo tratto del corso del fiume Sagittario, tra il 1977 ed il 1980, sono stati misurati incrementi di portata valutabili mediamente in circa 1,3 metri cubi al secondo, al netto delle sorgenti note (gruppo Fonti Vecchie) e delle infiltrazioni dal lago di Scanno.

Tra le sorgenti alte del suddetto gruppo sorgivo e quelle basse esiste un dislivello di oltre 100 metri, corrispondente ad una perdita di carico piezometrico concentrata in circa 1000 metri di distanza. Probabilmente lo stesso fenomeno si verifica all'interno del massiccio, lungo la direttrice Bisegna-Villalago. Infatti, la falda proveniente da sud-est, essendo rincollata dal suddetto disturbo tettonico, dovrebbe dare origine al gruppo sorgivo in esame (800 ÷ 910 metri s.l.m.) per poi portarsi a quota 510 (sorgenti del Cauto) in circa 6 chilometri di percorso.

TABELLA 13 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL MONTE MARSICANO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
40	Gruppo La Marca	950 ÷ 1060	0,2	-	-	Misura del 4-1-78
41	Gruppo Capo d'Acqua	1240 ÷ 1270	0,4	0,2	0,04	
42	Gruppo Regina	960 ÷ 1020	-	-	1,1	Misura differenziale, nel fiume Sangro, del 9-11-77
43	Ferriera	1030	0,5	0,2	0,04	
44	San Sebastiano	1030	0,6	0,4	0,3	
45	Gruppo Fonti Vecchie	800 ÷ 910	1,1	-	-	Misura differenziale, nel fiume Sagittario, del 24-2-78
46	Cauto	510	1,7	1,5	1,3	

Alle stesse sorgenti del Cauto giungono anche le acque che si infiltrano lungo le sponde del bacino E.N.E.L. di San Domenico, ubicato in calcari.

3.9. Monte Velino - Monte Giano - Monte Nuria

L'isolamento idrogeologico dell'unità di monte Velino - monte Giano - monte Nuria (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [31; 84] è assicurato, a nord-ovest, dalla «linea Antrodoco-Olevano»; a nord-est, dalla direttrice tettonica «alta valle dell'Aterno-Rocca di Cambio-Ovindoli», già citata in precedenza; a sud-ovest, dall'alta valle dell'Imele, dove i monti Carseolani risultano tettonicamente sovrapposti al monte Velino con l'interposizione del complesso arenaceo-marnoso; a sud-est, dalla piana del Fucino, la quale è impostata all'intersezione di direttrici tettoniche di importanza regionale aventi, alcune, caratteri di compressione (Rocca di Cambio-Ovindoli; alta valle dell'Imele; fossato di Rosa).

Detta unità rappresenta, quasi nella sua totalità, il bacino di alimentazione delle sorgenti Antrodoco, Peschiera e Canetra (tab. 14) ubicate nel bacino del fiume Velino.

Soltanto all'estrema punta meridionale (a sud di Ovindoli) la falda defluisce verso la conca del Fucino. Infatti le acque del blocco carbonatico dei Tre Monti sono drenate direttamente dalla coltre quaternaria della piana [84; 98].

Poco più a nord dei Tre Monti, forse per l'innalzamento delle dolomie, vengono a giorno le sorgenti di Rio Pago (tab. 14). I pozzi di captazione hanno evidenziato l'esistenza di una roccia calcarea molto trasmissiva (tab. 15).

Di particolare interesse è la situazione idrogeologica esistente lungo il margine sud-orientale della struttura di monte Giano [98]. Infatti, un sondaggio meccanico ha rinvenuto la falda oltre 150 metri al di sopra della piana di L'Aquila, senza che nel torrente Raio e nei suoi affluenti di sinistra siano stati misurati incrementi di portata.

**TABELLA 14 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DI MONTE VELINO - MONTE GIANO - MONTE NURIA**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
47	Gruppo Antrodoco	492 ÷ 508	-	-	2,7	Misura del 30-8-78
48	Gruppo Canetra	434 ÷ 470	-	-	6,7	Misura del 30-8-78
49	Gruppo Peschiera	410 ÷ 425	10,7	8,1	5,5	
50	Rio Pago	1035	0,2	0,1	0,01	

**TABELLA 15 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DI MONTE VELINO - MONTE GIANO - MONTE NURIA**

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mc/sec)	-	$5,6 \times 10^{-4}$	-	Depositi detritici	Pozzo ubicato nei pressi della sorgente Rio Pago
	$3,2 \times 10^{-1}$	$1,0 \times 10^{-1}$	$5,9 \times 10^{-3}$	Calcari	Pozzi ubicati nei pressi della sorgente Rio Pago

Il fenomeno è evidentemente legato alla scarsissima permeabilità dei litotipi affioranti lungo il suddetto margine carbonatico. Resta, comunque, aperta la possibilità di captare a quota alta acque che attualmente hanno il proprio recapito naturale a quota 500 (sorgenti del gruppo Antrodoco) e 410 circa (sorgenti del gruppo Peschiera).

3.10. Monte Cornacchia - Monti della Meta

Rispetto all'unità idrogeologica precedentemente descritta, quella di monte Cornacchia - monti della Meta (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è molto più complessa e articolata, sia dal punto di vista strutturale che idrogeologico.

I limiti sono marcati, a nord-est, dalla direttrice tettonica Sangro-Giovenco; ad est, dall'accavallamento tettonico dei monti della Meta sul complesso arenaceo-marnoso; a sud, dal sovrascorrimento dei monti di Venafro sui monti della Meta e, a sud-est, dalla valle Roveto.

Detta unità può essere suddivisa in almeno due sub-strutture (monte Fontecchia - monte Pianecchia e monte Cornacchia - monti della Meta), tra le quali gli interscambi idrici dovrebbero essere limitati.

Infatti lo «spartiacque» è marcato dal fossato di Rosa, dove sono visibili fenomeni di accavallamento tettonico della dorsale di monte Cornacchia sul margine sud-occidentale di monte Fontecchia, con l'interposizione di depositi arenaceo-marnosi.

All'interno della *sub-struttura di monte Fontecchia-monte Pianecchia* si può distinguere una parte settentrionale, che risulta idrogeologicamente separata dal resto dell'unità dalla faglia bordiera orientale del Fucino e dalla sovrapposizione del bordo occidentale della dorsale di colle Bernardo sui sedimenti terrigeni della valle Marrana.

Il punto più depresso dell'idrostruttura ricade nei pressi dell'abitato di Venere, dove la falda di base viene a giorno lungo un fronte acquifero piuttosto sparso che comprende le sorgenti del gruppo Restina (tab. 16).

Spostata a sud-est si trova la struttura del monte Fontecchia la quale, in accordo con l'andamento altimetrico del «colletto impermeabile», versa le proprie acque di falda nella piana del Fucino in un unico fronte acquifero che, intercettato preferenzialmente dal canale allacciante meridionale, si stende da Ortucchio a Trasacco.

Durante il periodo di magra dell'anno 1977 furono eseguite misure differenziali sul canale, a monte e a valle delle sorgenti precedentemente citate. Fu misurato un incremento di portata di poco inferiore ai 4 metri cubi al secondo (comprese le portate delle sorgenti note) il quale, confermando le ipotesi di base, diede l'avvio ad indagini di dettaglio (paragrafo 3.15) che hanno aperto nuove prospettive per la soluzione dei problemi di approvvigionamento idrico della piana del Fucino.

Nei pressi di Pescasseroli, lungo il margine sud-orientale di monte Fontecchia, sono stati perforati alcuni pozzi nella spessa coltre detritica pedemontana che alimenta il fiume Sangro. I risultati sono riportati nella tabella 11.

Nella sub-struttura di monte Cornacchia - monti della Meta sono compresi i monti Carseolani, la monoclinale di monte Cornacchia ed i monti della Meta, i quali ultimi sono strutturalmente rappresentati da un'ampia anticlinale che mette a nudo il proprio nucleo dolomitico.

Detta struttura è divisa, dalla valle Canneto, in una parte nord-occidentale, la cui falda di base è drenata dalle sorgenti del Fibreno (tab. 16) ed in una sud-orientale, le cui acque trovano recapito nella stessa valle Canneto (sorgenti Madonna di Canneto e Schioppaturo), nel rio Chiaro (a nord del lago La Selva) ed in altri gruppi sorgivi di discreta entità (tav. f.t. e tab. 16) posti lungo gli altri bordi del massiccio.

Le tre grandi sorgenti dell'area meridionale (Madonna di Canneto, Schioppaturo e Serrone) si trovano tutte a quota alta rispetto al punto più depresso dell'idrostruttura, coincidente con la fine del tratto intramontano del fiume Melfa (circa 450 metri s.l.m.).

Per le ultime due scaturigini ciò trova spiegazione nei fenomeni di compressione visibili da Settefrati a San Biagio Saracinisco [84].

Per la sorgente Madonna di Canneto l'esistenza di un punto di recapito a quota così elevata può essere messa anche in relazione con lo sbarramento esercitato sul deflusso della falda dalla direttrice che, tra la stessa sorgente e le falde meridionali di monte Miele (ad est di monte La Meta), pone a contatto litotipi di *facies* differenti; è comunque probabile che giochino un ruolo importante il possibile innalzamento del piano di sovrascorrimento della struttura oppure i fenomeni di compressione visibili anche all'interno della stessa struttura [84].

Prima di concludere questa veloce panoramica sui problemi idrogeologici dell'unità di monte Cornacchia-monti della Meta è interessante osservare che, nei monti Carseolani, esistono numerosi inghiottitoi (grotta dell'Ovito, Luppa, Verrecchie e Piccola Svizzera) con relative risorgenze (tab. 16) ubicate sul versante opposto della dorsale. Di un certo interesse sono pure le sorgenti create dalla galleria ferroviaria Colle di monte Bove-Sante Marie, la quale ha intercettato la falda dei calcari.

3.11. Monti Simbruini-Monti Ernici-Monte Cairo

L'unità idrogeologica dei monti Simbruini-monti Ernici-monte Cairo (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [31; 84] rientra quasi esclusivamente nel Lazio e la sua falda di base ha proprio in questa regione i principali recapiti.

In Abruzzo cadono soltanto le sorgenti della valle Roveto (tab. 31), utilizzate quasi esclusivamente per uso idroelettrico. All'uso potabile sono in parte riservate quelle di Verrecchie (bacino dell'Imele), del Liri e di Rio Sonno, dove attualmente sono in corso lavori di miglioramento delle opere di captazione esistenti (paragrafo 3.11.1).

3.11.1. La sorgente Rio Sonno

La sorgente Rio Sonno nasce nell'alta valle Roveto (in destra orografica del fiume Liri), lungo il margine nord-orientale dei monti Simbruini-Ernici.

Essa è legata al trabocco della falda di base del massiccio carbonatico in corrispondenza della linea di contatto con l'«impermeabile» argilloso-marnoso-arenaceo, il quale risulta tettonicamente sottoposto all'acquifero (fig. 10).

Detta falda, così come si avrà modo di osservare nel prosieguo del lavoro (paragrafo 4.2.), è mantenuta a quota elevata (tab. 31) dall'alto strutturale che ha messo a nudo il nucleo dolomitico triassico nella zona centrale della dorsale carbonatica (tra Vallepietra e monte La Monna) (tav. f.t.) oltre che dalle importanti complicazioni strutturali, di natura prevalentemente compressiva, che caratterizzano la stessa zona.

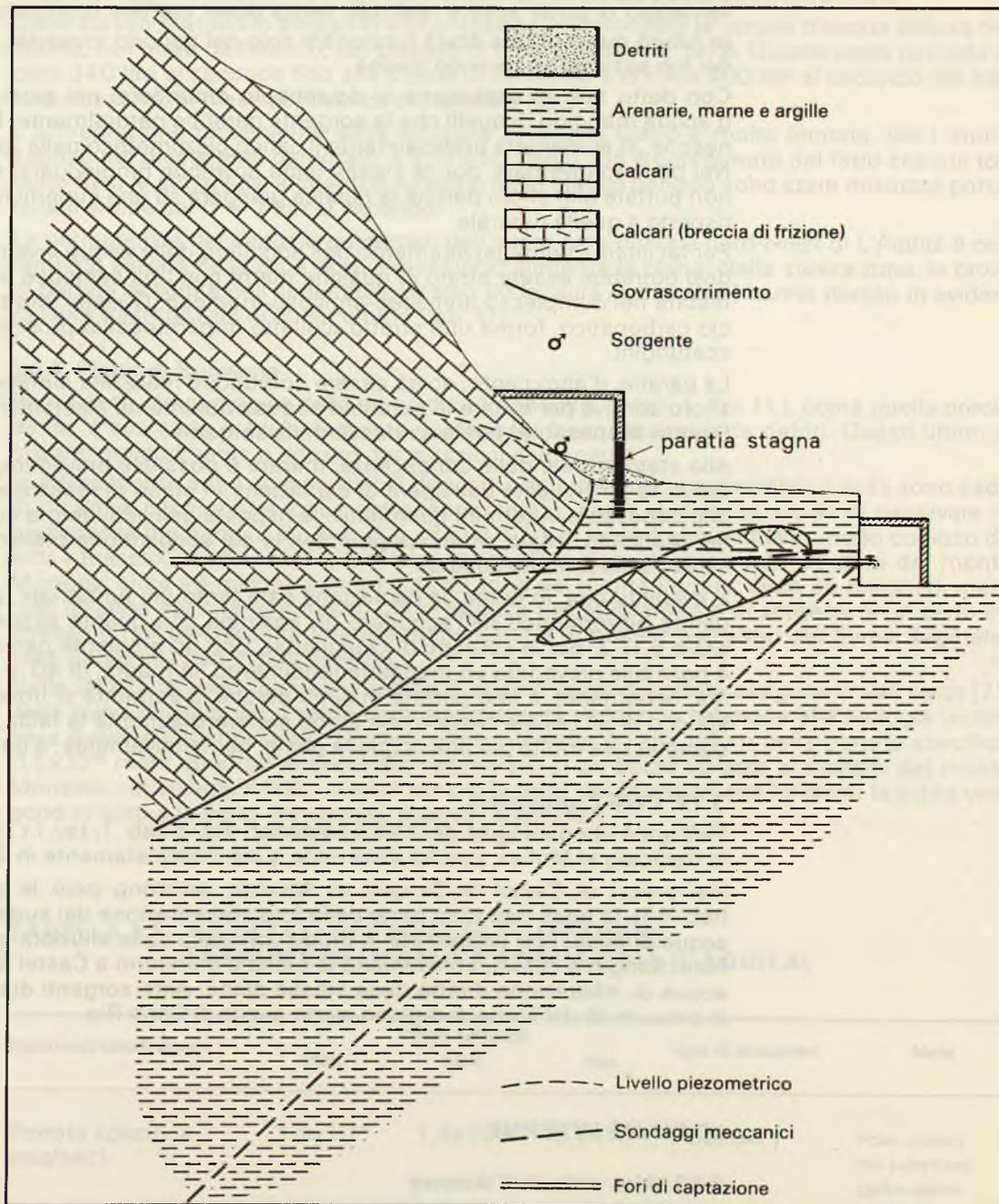
Il regime della sorgente è molto variabile, anche perché l'acquifero è caratterizzato dalla presenza di grandi condotti carsici. Infatti, si hanno punte di portata invernali che possono

TABELLA 16 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE CORNACCHIA - MONTI DELLA META

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
51	Gruppo Venere	660	0,7	-	-	} Misure differenziali, nel canale allacciante meridionale, del 20-3-78
52	Gruppo Ortucchio	660	1,5	-	-	
53	Gruppo Trasacco	660	1,8	-	-	
54	Gruppo Tornareccio	1070	-	-	0,16	Misura del 9-11-77
55	Gruppo Delle Donne	1080 ÷ 1150	0,6	-	-	Misura del 29-3-78
56	Gruppo Le Forme	1410	-	-	0,1	Misura del 31-8-78
57	Gruppo Molinello	720 ÷ 740	0,5	-	-	Misura del 3-2-78
58	Gruppo Serrone	700 ÷ 800	2,8	0,5	0,01	
59	Gruppo Madonna di Canneto	970 ÷ 1010	5,0	1,5	0,2	
60	Schioppaturo	460	1,4	0,6	0,1	
61	Gruppo Fibreno	290	18,9	9,4	3,5	
62	Risorgenza dell'Imele	920	1,4	-	-	Misura del 20-4-78
63	Galleria F.S. Sante Marie	790	0,03	-	-	Misura del 16-4-78
64	Galleria F.S. Colli di Monte Bove	790	0,18	-	-	Misura del 16-4-78
65	Risorgenza di Pietrasecca	870	1,4	-	-	Misura del 16-4-78

Figura 10 - Sezione idrogeologica schematica della sorgente Rio Sonno.



superare anche il metro cubo al secondo; al contrario, nel periodo di ² magra, le portate possono ridursi a poche decine di litri al secondo.

Ciò, ovviamente, ha creato non pochi problemi nella gestione della risorsa, soprattutto perché la maggiore disponibilità idrica si ha nel periodo di minore richiesta dell'utenza.

Poiché le caratteristiche della sorgente (fig. 10) sono tali da consentire la realizzazione di un tipo di captazione che modifichi l'attuale regime sorgivo [30], si è provveduto alla redazione del relativo progetto.

Infatti è stata prevista la creazione, all'interno del massiccio, di uno spessore supplementare di acquifero sfruttabile con la realizzazione di una galleria di captazione impostata a quota più bassa di 7 ÷ 8 metri rispetto all'attuale punto di trabocco della falda. La costruzione in galleria di un semplice tampone dotato di saracinesche (o di paratoie) avrebbe dovuto consentire di operare la già menzionata modulazione, aprendo opportunamente le stesse saracinesche soltanto nei periodi di maggiore richiesta dell'utenza. All'atto esecutivo, pur mantenendo l'idea progettuale iniziale, si è dovuta prevedere una variante perché non è stato possibile disattivare, neanche provvisoriamente, l'acquedotto esistente.

Tale variante consiste nella realizzazione, sempre a quota più bassa delle scaturigini, di più fori sub-orizzontali dotati di saracinesche. Questi infatti, rispetto alla galleria, presentano il vantaggio di poter essere realizzati senza dover mettere fuori servizio l'attuale captazione. In futuro quest'ultima dovrà funzionare solo nel periodo invernale, quando le saracinesche dei fori sottostanti saranno chiuse.

Con detto tipo di captazione si dovrebbero emungere, nei periodi di magra, quantitativi d'acqua maggiori di quelli che la sorgente darebbe naturalmente. Infatti, aprendo le saracinesche, si aumenterà artificialmente il carico piezometrico nella zona di sbocco della falda. Nel periodo invernale, poi, la stessa falda dovrebbe rimpinguarsi naturalmente, dando minori portate allo sfioro perché la ricarica giungerà su una superficie piezometrica depressa, rispetto a quella naturale.

Per facilitare l'immagazzinamento nell'acquifero delle acque invernali, l'attuale sbocco sorgivo potrebbe essere alzato di qualche metro con una semplice paratia stagna (fig. 10) attestata nel complesso arenaceo-argilloso-marnoso. Questo, infatti, al contatto col massiccio carbonatico, forma uno stretto «colletto impermeabile» proprio in corrispondenza delle scaturigini.

La paratia, d'altro canto, dovrà essere comunque realizzata almeno fino all'attuale quota di sfioro sorgivo per evitare le perdite d'acqua attualmente esistenti nella coltre detritica (8 ÷ 9 metri di spessore) posta a ridosso della sorgente.

Allo stato attuale delle conoscenze, mentre è possibile prevedere, dal punto di vista qualitativo, la funzionalità dell'opera di captazione in corso di realizzazione, non è invece possibile conoscere in termini quantitativi la risposta dell'acquifero a questo tipo di sollecitazione. Mancano, infatti, i dati sperimentali la cui acquisizione preventiva, nel caso in esame, sarebbe stata molto costosa.

È evidente che, in teoria, la captazione sarà tanto più funzionale quanto più basso è il gradiente piezometrico nell'acquifero (in analogia con quanto esposto nel successivo paragrafo 6.17.2. per le sorgenti di Quaglietta). Con un gradiente pari a 0,5% (paragrafo 4.2.1.) è possibile prevedere un maggiore rendimento, in magra, di 40 ÷ 50 litri al secondo. Questa, ovviamente, è una portata minima perché la sorgente si trova in corrispondenza dello sbocco di un canale carsico che drena preferenzialmente la falda, dando una trasmissività complessiva molto più alta di quella posta, cautelativamente, a base del calcolo.

3.12. Colli Campanari

Dell'unità idrogeologica dei colli Campanari (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] si parlerà nel capitolo dedicato al Molise, perché essa cade quasi completamente in detto territorio.

Nei pressi di Castel di Sangro, in Abruzzo, esistono però le sorgenti del gruppo Rio (tab. 44), le quali traggono parte della loro alimentazione dal suddetto massiccio. Infatti le acque di falda, non tamponate in modo completo dalle alluvioni (piuttosto grossolane) dei fiumi Sangro e Zittola, attraversano la piana e giungono a Castel di Sangro unitamente alle acque di infiltrazione diretta della stessa piana. Altre sorgenti di un certo interesse, poste in prossimità del limite di regione, sono quelle di Capo Rio.

LE PIANE INTERNE

3.13. Alta valle dell'Aterno

Nell'unità idrogeologica dell'alta valle dell'Aterno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) sono state comprese la piana di L'Aquila e la piana di Navelli, entrambe costituite in prevalenza da depositi fluvio-lacustri e detritici il cui grado di permeabilità complessivo non è elevato.

La piana di Navelli, in senso lato, è caratterizzata dalla presenza di falde idriche modeste. Le acque sotterranee trovano recapito preferenziale in parte nell'Aterno ed in parte nella sottostante falda del massiccio calcareo che alimenta le sorgenti del Pescara (paragrafo 3.2.). Alle stesse sorgenti giungono le acque di ruscellamento superficiale, che si immettono in modo concentrato nei grossi inghiottitoi presenti sul fondo delle conche endoreiche.

Ad est di L'Aquila, affiorano dai depositi quaternari le sorgenti del gruppo Tempera e Capo Vera (tav. f.t., tab. 6), le quali traggono alimentazione dal massiccio carbonatico retrostante. Dette acque confluiscono nel fosso Vera, dove si uniscono a quelle provenienti dall'imbocco meridionale della galleria del Gran Sasso.

Come si è già detto (paragrafo 3.2.), misure differenziali eseguite nella parte terminale del fosso Vera e sull'Aterno (fino all'altezza della sorgente Stiffe) sembrano indicare l'esistenza di diminuzioni di portata dell'ordine di qualche metro cubo d'acqua al secondo [74]. Questo, comunque, è un dato che va verificato con maggiore attenzione; infatti il valore indicato rientra nei limiti di approssimazione delle misure eseguite in piena, mentre durante le misure di magra non si è potuto tener conto di tutti i prelievi esistenti per uso irriguo.

A nord-ovest di L'Aquila affiorano altre sorgenti importanti (gruppo Vetoio: tav. f.t.; tab. 6), le quali traggono anch'esse origine dal massiccio carsico posto poco più a nord.

Dallo stesso massiccio traggono alimentazione preferenziale le venute d'acqua diffuse misurate, nell'alveo dell'Aterno, nel periodo di magra dell'anno 1978. Queste sono risultate di oltre 340 litri al secondo fino alla stretta di Amiterno e di circa 400 litri al secondo nel tratto successivo, fino alla confluenza col torrente Raio.

L'alimentazione proveniente dalla struttura di monte Giano è molto limitata, per i motivi esposti nel precedente paragrafo 3.9. D'altro canto, ciò è confermato dal fatto che sul torrente Raio e sui relativi affluenti di sinistra, nello stesso periodo sono state misurate portate dell'ordine dei $6 \div 7$ litri al secondo.

La permeabilità dei depositi quaternari dell'intera area posta a nord-ovest di L'Aquila è certamente elevata nella zona dove il massiccio alimenta la piana. Nella stessa zona, le prove di portata eseguite nell'acquifero calcareo (in località Acqua Oria) hanno messo in evidenza l'alta trasmissività di quest'ultimo (tab. 17).

3.14. Piana di Sulmona

Pure l'unità idrogeologica della piana di Sulmona (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), come quella precedente, è costituita prevalentemente da depositi fluvio-lacustri e da detriti. Questi ultimi si trovano generalmente a ridosso dei massicci carbonatici.

In affioramento sono spesso visibili depositi ciottolosi, molto permeabili, i quali sono sede di un'attiva circolazione idrica sotterranea. Infatti, come si è avuto modo di osservare in precedenza (paragrafi 3.2., 3.4., 3.5., 3.6. e 3.7.), la falda è alimentata in modo copioso da tutti i massicci carbonatici circostanti (circa 10 milioni di metri cubi all'anno dal monte Morrone; circa 45 milioni di metri cubi all'anno dal monte Porrara; circa 35 milioni di metri cubi all'anno dal monte Rotella). Ciò si traduce nell'affioramento di sorgenti di un certo interesse e nell'esistenza di importanti incrementi di portata nell'alveo del fiume Sagittario (vedi paragrafi citati in precedenza).

Nella tabella 18 sono riportati i risultati di alcune prove di portata eseguite in vari punti [71] della piana di Sulmona. I valori della trasmissività variano in relazione alla litologia incontrata durante le perforazioni. Di particolare interesse è l'alto valore della portata specifica ($1,5 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo) riscontrato in un pozzo ubicato ai margini del monte Morrone; ciò spiega, infatti, i motivi per cui le falde dei massicci che bordano la piana vengono in tutto o in parte drenate dai depositi quaternari.

TABELLA 17 - RISULTATI DI PROVE DI POMPAGGIO ESEGUITE IN LOCALITÀ ACQUA ORIA (L'AQUILA)

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$1,9 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$6,7 \times 10^{-3}$	Calcari	Pozzi ubicati nel substrato carbonatico: struttura del Gran Sasso

TABELLA 18 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI SULMONA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$1,5 \times 10^{-2}$	$4,5 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	Depositi detritici grossolani, ghiaie e limi	

3.15. Piana del Fucino

La piana del Fucino (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), nella quale affluisce il fiume Giovenco unitamente ad altri corsi d'acqua minori aventi regime torrentizio, è priva di emissari naturali.

Per tale motivo fu sede di un lago la cui superficie superava i 160 chilometri quadrati.

Già negli anni compresi tra il 41 e il 52 d.C. l'imperatore Claudio, al fine di recuperare i terreni all'agricoltura, fece costruire una galleria lunga circa 5.700 metri per scaricare le acque del lago nella vicina valle del Liri.

L'opera ridusse la superficie interessata dal lago a 50 ÷ 60 chilometri quadrati e funzionò per quasi mille anni. Successivamente la galleria si ostruì per assenza di manutenzione e la piana fu di nuovo sommersa dalle acque.

Nel 1876 il principe Torlonia portò a termine i nuovi lavori di bonifica costruendo, tra l'altro, un nuovo emissario (portata: 40 metri cubi al secondo), poco più basso e più lungo (circa 6.300 metri di sviluppo totale) di quello dell'imperatore Claudio.

Nel 1942 fu completato un nuovo emissario, il quale segue un tracciato diverso dai primi due; è lungo circa 6.250 metri ed ha una portata di 20 metri cubi al secondo. Allo sbocco fu realizzata una centrale idroelettrica.

Il recupero all'agricoltura di circa 16.000 ettari di terreno pose dei problemi per l'irrigazione dell'intero territorio il quale, con la costituzione degli enti di riforma avvenuta nel 1951, fu espropriato all'amministrazione Torlonia ed assegnato all'Ente Fucino.

Detto ente, oltre a perseguire altre vie per il recupero dei quantitativi d'acqua necessari per l'irrigazione, tentò di utilizzare anche le acque sotterranee. Per tale motivo, nel corso degli anni ha perforato oltre 200 pozzi a varie profondità (nei depositi quaternari della piana), ottenendo solo in qualche caso risultati soddisfacenti (tab. 19 e fig. 11).

I motivi di tali risultati sono evidentemente legati alla natura dell'acquifero costituito, specie nella parte centrale della piana, da depositi argillo-limosi di origine palustre.

Come si può osservare nella figura 11, le aree produttive sono ubicate ai margini dei massicci carbonatici dove prevalgono i depositi detritico-alluvionali grossolani.

I migliori risultati sono stati ottenuti lungo il margine settentrionale perché, in accordo con lo schema idrogeologico del monte Velino e del monte Sirente (tav. f.t.; paragrafi 3.2. e 3.9.), esistono porzioni delle citate strutture carbonatiche che versano le proprie acque sotterranee nella coltre quaternaria del Fucino.

Tra le zone indicate come produttive, è interessante osservare che i risultati meno soddisfacenti si sono avuti lungo il margine nord-orientale della piana (a sud-est di Celano) perché la struttura del Sirente, in quell'area, non alimenta la falda quaternaria [84; 98] (tav. f.t.; paragrafo 3.2.).

Lungo il margine meridionale, la scarsa produttività di alcuni pozzi prova l'esistenza di un'efficace azione di tamponamento sulla circolazione idrica del monte Fontecchia; ciò giustifica le copiose venute d'acqua segnalate nel canale allacciante meridionale [84] (paragrafo 3.10.).

Nei piani Palentini, la falda superficiale è probabilmente drenata dai sottostanti calcari, così come sembrano dimostrare le stratigrafie di alcuni pozzi sterili. Le acque sotterranee, pertanto, hanno come recapito preferenziale le sorgenti del Fibreno.

Nel 1976 fu affrontato lo studio dei massicci carbonatici che cingono la piana del Fucino [84; 88] e fu condotta successivamente una campagna di indagini geognostiche finalizzata alla verifica di alcuni punti chiave per la ricostruzione dello schema di circolazione idrica sotterranea e della geometria degli acquiferi [98] (paragrafi 3.2., 3.9., 3.10.).

Si passò, poi, alla fase conclusiva (paragrafo 3.15.1.), che ha consentito di quantizzare le risorse disponibili e di progettare le opere di captazione.

3.15.1. Principali risultati delle indagini

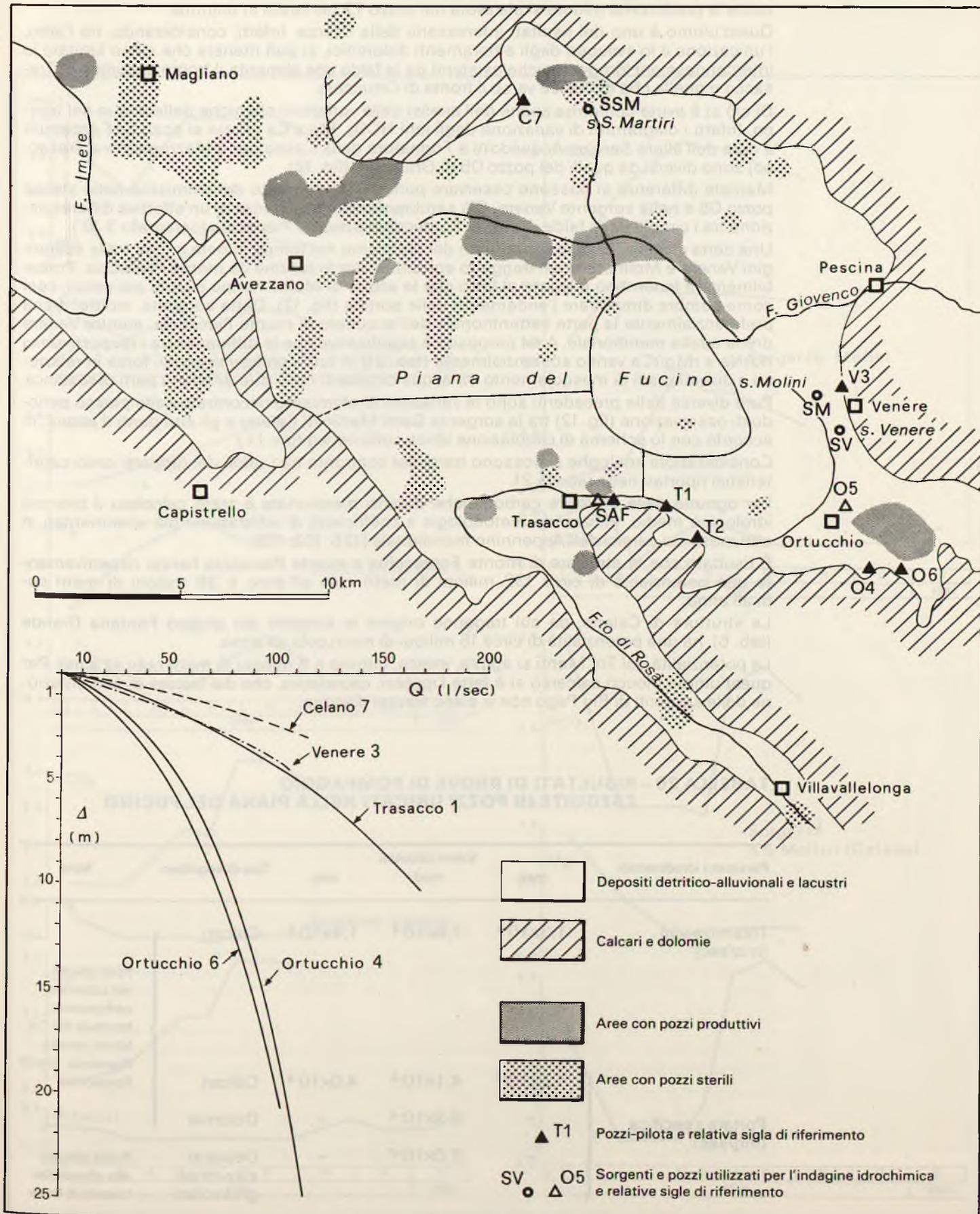
Dalle prospezioni geoelettriche è, innanzitutto, emerso che il substrato carbonatico si approfondisce anche a breve distanza dai margini della piana. In particolare è stata confer-

TABELLA 19 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DEL FUCINO

Produttività dei pozzi dell'acquifero quaternario

Pozzi sterili %	Pozzi produttivi e relative portate artesiane				Note
	1 ÷ 5 l/sec %	6 ÷ 10 l/sec %	11 ÷ 20 l/sec %	21 ÷ 50 l/sec %	
47	25	13	11	4	Percentuali calcolate su oltre 200 pozzi

Figura 11 - Unità idrogeologica della Piana del Fucino.



mata l'esistenza di una «fossa» profonda oltre 1.400 metri nell'area nord-orientale (a sud-est di Celano), in accordo con i risultati delle indagini preliminari [88].

I pozzi-pilota, per ovi motivi, sono stati tutti perforati sui carbonati affioranti. I risultati delle prove di pompaggio sono sintetizzati nella tabella 20 e nella figura 11. Si può osservare come la produttività minore si sia avuta nel pozzo T2 perforato in dolomie.

Quest'ultimo è uno dei risultati interessanti della ricerca. Infatti, considerando, tra l'altro, l'ubicazione e lo sviluppo degli affioramenti dolomitici, si può ritenere che siano limitate le interconnessioni idrogeologiche esistenti tra la falda che alimenta il fronte acquifero di Trascacco e quella che defluisce verso il fronte di Ortucchio.

Di ciò si è avuta conferma anche dall'analisi delle variazioni chimiche delle acque nel tempo. Infatti i diagrammi di variazione degli ioni HCO_3 , Mg e Ca relativi ai pozzi SAF (costruiti a cura dell'allora Servizio Acquedotti e Fognature della Cassa per il Mezzogiorno a Trascacco) sono diversi da quelli del pozzo 05 di Ortucchio (fig. 12).

Marcate differenze si possono osservare pure tra l'andamento del chimismo nello stesso pozzo 05 e nella sorgente Venere. Ciò sembra provare l'esistenza di un'effettiva differenziazione tra i circuiti delle falde di monte Fontecchia e monte Pianecchia (paragrafo 3.10.).

Una certa diversità di comportamento del chimismo nel tempo si nota anche tra le scaturigini Venere e Molini, le quali traggono entrambe alimentazione da monte Pianecchia. Probabilmente il fenomeno è legato al fatto che le acque di Molini hanno circuiti più veloci, così come sembra dimostrare l'andamento delle portate (fig. 12). Detta sorgente, inoltre, drena preferenzialmente la parte settentrionale dell'acquifero di monte Pianecchia, mentre Venere drena quella meridionale. A tal proposito è significativo che le differenze tra i rapporti ionici rK/rNa e rMg/rCa varino sostanzialmente (tab. 21) in tutti i prelievi eseguiti, forse in relazione a diversi gradi di mescolamento tra acque circolanti nelle due differenti parti di «bacino».

Pure diverse dalle precedenti sono le variazioni di chimismo riscontrate nello stesso periodo di osservazione (fig. 12) tra la sorgente Santi Martiri di Celano e gli altri punti d'acqua, in accordo con lo schema di circolazione idrica sotterranea (tav. f.t.).

Considerazioni analoghe si possono trarre dal confronto tra i valori dei rapporti ionici caratteristici riportati nella tabella 21.

Per ognuna delle strutture carbonatiche innanzi menzionate è stato calcolato il bilancio idrologico medio, utilizzando metodologie e coefficienti di infiltrazione già sperimentati in altri massicci carsici dell'Appennino meridionale [126; 102; 113].

È risultato che le strutture di monte Fontecchia e monte Pianecchia hanno rispettivamente una potenzialità di circa 132 milioni di metri cubi all'anno e 38 milioni di metri cubi all'anno.

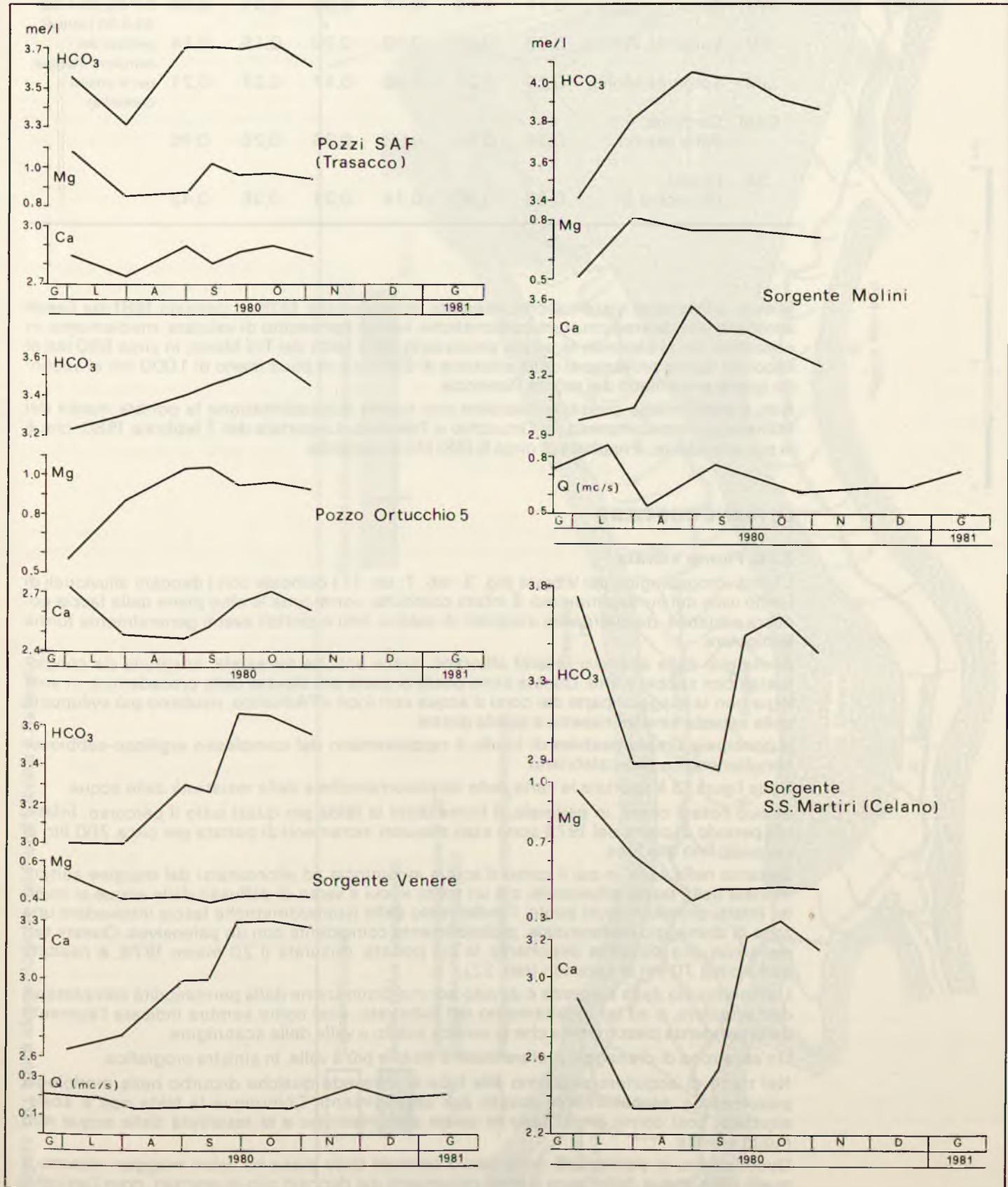
La struttura di Celano, da cui traggono origine le sorgenti del gruppo Fontana Grande (tab. 6), ha una potenzialità di circa 15 milioni di metri cubi all'anno.

La potenzialità dei Tre Monti si aggira, invece, intorno a 8 milioni di metri cubi all'anno. Per quest'ultimo blocco calcareo si è fatta l'ipotesi, cautelativa, che dal bacino di alimentazione delle sorgenti di Rio Pago non vi siano travasi d'acqua.

**TABELLA 20 – RISULTATI DI PROVE DI POMPAGGIO
ESEGUITE IN POZZI UBICATI NELLA PIANA DEL FUCINO**

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$1,3 \times 10^{-1}$	$7,6 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	Calcari	Pozzi ubicati nel substrato carbonatico: strutture dei Tre Monti, monte Pianecchia, monte Fontecchia
Portata specifica (mq/sec)	$1,3 \times 10^{-1}$	$4,1 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-3}$	Calcari	
	-	$6,3 \times 10^{-4}$	-	Dolomie	
	-	$2,0 \times 10^{-2}$	-	Depositi alluvionali grossolani	Pozzo ubicato allo sbocco del fossato di Rosa

Figura 12 - Chimismo delle acque sotterranee dei massicci carbonatici che bordano la Piana del Fucino.



**TABELLA 21 – RAPPORTI IONICI DI MAGGIORE INTERESSE
RELATIVI A PUNTI D'ACQUA DELLA CONCA DEL FUCINO**

Rif. alla fig. 11	Denominazione	rK/rNa			rMg/rCa			Note
		2.7.80	30.7.80	30.8.80	2.7.80	30.7.80	30.8.80	
SAF	Pozzi Trasacco	0,11	0,13	0,17	0,38	0,31	0,30	2-7-80, 30-7-80, 30-8-80 (date di prelievo dei campioni d'acqua per le analisi chimiche)
SV	Sorgente Venere	0,33	0,17	0,10	0,20	0,15	0,14	
SM	Sorgente Molini	0,23	0,27	0,08	0,17	0,27	0,21	
SSM	Sorgente Santi Martiri	0,38	0,50	0,03	0,33	0,26	0,16	
O5	Pozzo Ortucchio 5	0,50	0,30	0,14	0,21	0,35	0,42	

Misure differenziali sistematiche, eseguite dal novembre 1979 al gennaio 1981 sui canali antistanti alle diverse strutture carbonatiche, hanno consentito di valutare, mediamente, in circa 350 litri al secondo le acque provenienti dalla falda dei Tre Monti; in circa 550 litri al secondo quelle provenienti dalla struttura di Celano e in poco meno di 1.000 litri al secondo quelle provenienti dal monte Pianecchia.

Non è stato invece possibile calcolare con buona approssimazione la portata media del fronte acquifero compreso tra Ortucchio e Trasacco. La portata del 7 febbraio 1980, che è la più attendibile, è risultata di circa 5.000 litri al secondo.

LE PIANE COSTIERE

3.16. Fiume Vibrata

L'unità idrogeologica del Vibrata (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con i depositi alluvionali di fondo valle del fiume omonimo. È infatti costituita, come tutte le altre pianie della fascia costiera adriatica, da alternanze irregolari di sabbie, limi e ciottoli aventi generalmente forma lenticolare.

Ai margini delle alluvioni recenti affiorano quelle antiche terrazze, costituite da conglomerati con sabbie e limi. Queste sono poste a quota più elevata delle precedenti e, in analogia con la maggior parte dei corsi d'acqua con foce all'Adriatico, risultano più sviluppate sulla sponda sinistra rispetto a quella destra.

Il principale «impermeabile» di fondo è rappresentato dal complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico plio-calabriano.

Nella figura 13 è riportata la carta delle isopiezometriche e della resistività delle acque.

Si può notare come, in generale, il fiume drena la falda per quasi tutto il percorso. Infatti, nel periodo di piena del 1979 sono stati misurati incrementi di portata per circa 700 litri al secondo fino alla foce.

Soltanto nella zona in cui il corso d'acqua incomincia ad allontanarsi dal margine settentrionale della fascia alluvionale, c'è un tratto in cui il verso di deflusso delle acque si inverte. Infatti, proprio in quel punto, l'andamento delle isopiezometriche lascia intravedere una zona di drenaggio preferenziale, probabilmente coincidente con un paleoalveo. Questa termina con una sorgente importante la cui portata, misurata il 20 marzo 1979, è risultata pari a circa 70 litri al secondo (tab. 22).

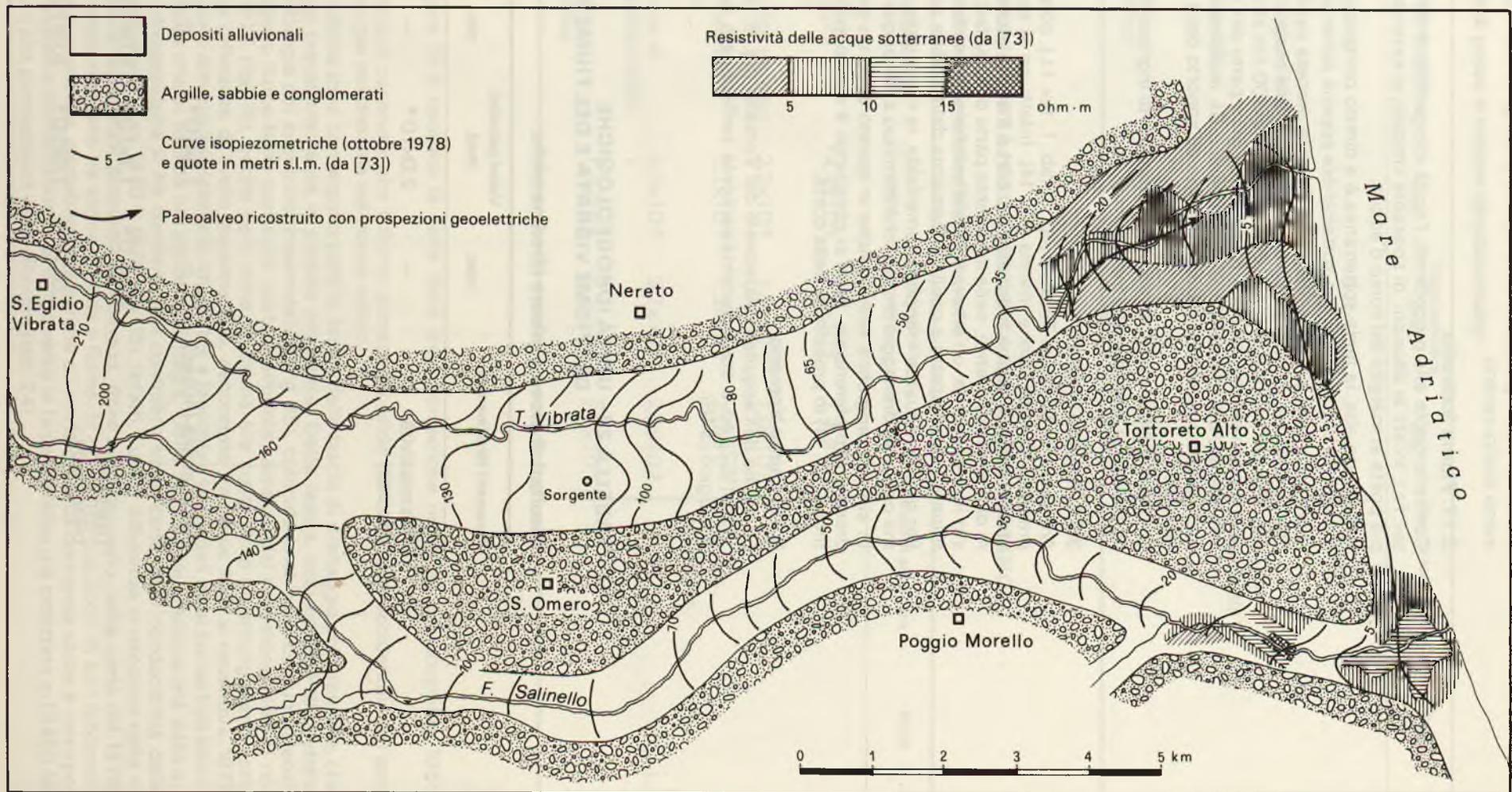
L'affioramento della sorgente è dovuto ad una diminuzione della permeabilità complessiva dell'acquifero, o ad un innalzamento del substrato, così come sembra indicare l'aumento della pendenza piezometrica che si verifica subito a valle della scaturigine.

Un'altra zona di drenaggio preferenziale è visibile più a valle, in sinistra orografica.

Nel tratto di acquifero prossimo alla foce si intravede qualche disturbo nella morfologia piezometrica, probabilmente dovuto agli emungimenti. Comunque la falda non è sovrassfruttata, così come dimostrano le quote piezometriche e la resistività delle acque non molto elevata.

Quest'ultima, in particolare, nella fascia centrale della piana ha valori maggiori rispetto a quelli delle acque delle fasce laterali provenienti dai depositi plio-quadernari, dove l'arricchi-

Figura 13 - Unità idrogeologiche dei Fiumi Vibrata e Salinello.



mento in sali è probabilmente dovuto a tempi di transito lunghi ed alla presenza di sedimenti marini recenti.

3.17. Fiume Salinello

Contrariamente alla precedente, l'unità idrogeologica del Salinello è piccola (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.). Infatti le alluvioni, di spessore limitato, si estendono per una fascia non molto ampia posta ai margini del corso d'acqua.

Nella parte alta, la falda sotterranea è a diretto contatto con quella del Vibrata, dalla quale è divisa da uno «spartiacque sotterraneo» appena accennato (fig. 13).

Nella parte bassa, essa viene generalmente drenata dal fiume, così come è dimostrato anche dagli incrementi di portata misurati sia nella magra del 1978 (circa 240 litri al secondo), che nel periodo di piena del 1979 (circa 300 litri al secondo). Poiché la fascia alluvionale è poco estesa, bisogna ritenere che gran parte dell'alimentazione debba provenire lateralmente, dai depositi plio-pleistocenici. Gli incrementi di portata, comunque, sono in parte legati a scarichi urbani ed in parte all'apporto delle piccole sorgenti affioranti nel Calabriano.

Anche in questo caso non esistono problemi di ingressione marina.

La pendenza piezometrica media è dell'1%.

3.18. Fiume Tordino

Anche per la falda del Tordino (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), come per le precedenti, non esistono problemi di ingressione marina (fig. 14). Infatti, se si esclude un tratto costiero molto ristretto posto in destra orografica del corso d'acqua (dove la resistività scende sotto il valore di 5 ohm per metro), nella rimanente parte di acquifero si ripropone lo stesso schema visto in precedenza: un'ampia fascia alluvionale prossima al fiume contiene una falda meno mineralizzata rispetto a quella proveniente dalle colline adiacenti.

Per quanto riguarda i rapporti fiume-falda, la carta delle isopiezometriche indica che il fiume opera un drenaggio pressoché continuo sulle acque sotterranee.

In sinistra orografica esiste anche in questo caso un paleoalveo marcato da una zona di drenaggio preferenziale. Esso si congiunge a quello evidenziato dalle prospezioni geoelettriche (fig. 14) in prossimità della costa.

3.19. Fiume Vomano

Lo studio dell'acquifero alluvionale del Vomano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è stato eseguito nel 1970 [182] ed è stato successivamente perfezionato con la realizzazione di un modello analogico [348].

TABELLA 22 – UNITÀ IDROGEOLOGICHE DEL FIUME VIBRATA E DEL FIUME SALINELLO

Risultati di prove e misure Idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mc/sec)	–	$2,0 \times 10^{-3}$	–	Depositi alluvionali	Dalle alluvioni del fiume Vibrata scaturisce una sorgente (Tav. f.t.) la cui portata, misurata il 20-3-79, è risultata pari a 70 l/sec circa
Permeabilità (m/sec)	–	$1,5 \times 10^{-4}$	–		
Gradiente piezometrico	$2,9 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-3}$		
	$2,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-3}$	Falda del fiume Salinello	

TABELLA 23 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME TORDINO**Risultati di prove e misure idrodinamiche**

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	–	$5,3 \times 10^{-3}$	–	} Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	–	$5,0 \times 10^{-4}$	–		
Portata specifica (mq/sec)	$5,6 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-5}$		
Gradiente piezometrico	$1,0 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$		

TABELLA 24 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME VOMANO**Risultati di prove e misure idrodinamiche**

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$4,4 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	} Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,9 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$		
Portata specifica (mq/sec)	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,3 \times 10^{-2}$	$7,0 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$4,9 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-2}$		
Gradiente piezometrico	$1,0 \times 10^{-2}$	$5,7 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-3}$		

Nella figura 15 è riportata la carta delle isopiezometriche realizzata nel novembre 1969 [182].

In essa si può osservare che il fiume alimenta la falda nel tratto sud-occidentale del proprio corso, per poi drenarla nel tronco vallivo.

In quest'ultima zona convergono pure le acque della fascia di drenaggio preferenziale, che si sviluppa prevalentemente in sinistra orografica. Detta fascia, così come è dimostrato dalla morfologia del substrato impermeabile (fig. 15), coincide anch'essa con un paleoalveo. I rapporti fiume-falda non sono sostanzialmente cambiati dal novembre 1969 al novembre 1978 (fig. 15), anche nella zona prossima alla costa dove gli emungimenti sono elevati. Le differenze di livello piezometrico, riscontrate tra aprile 1961 e novembre 1978 (fig. 15), sono almeno parzialmente imputabili a fenomeni stagionali ed al sovrasfruttamento della falda che si verifica nel periodo di magra. Della sostanziale stazionarietà della situazione idrogeologica si ha conferma dal confronto tra le carte della conducibilità delle acque relative agli anni 1970 e 1978 (fig. 15). Infatti, l'unica differenza si riscontra nella ristretta fascia alluvionale prossima al Vomano, dove si evidenziano, nella carta del 1978, maggiori mescolamenti tra acque di falda e fiume. In ogni caso non sono in atto fenomeni di ingressione marina, probabilmente perché all'aumento della domanda idrica è corrisposta una maggiore alimentazione dal fiume verso la falda (peraltro già ipotizzata in [348]) facilitata dall'alta permeabilità delle alluvioni (tab. 24).

Figura 14 - Unità idrogeologica del Fiume Tordino.

70

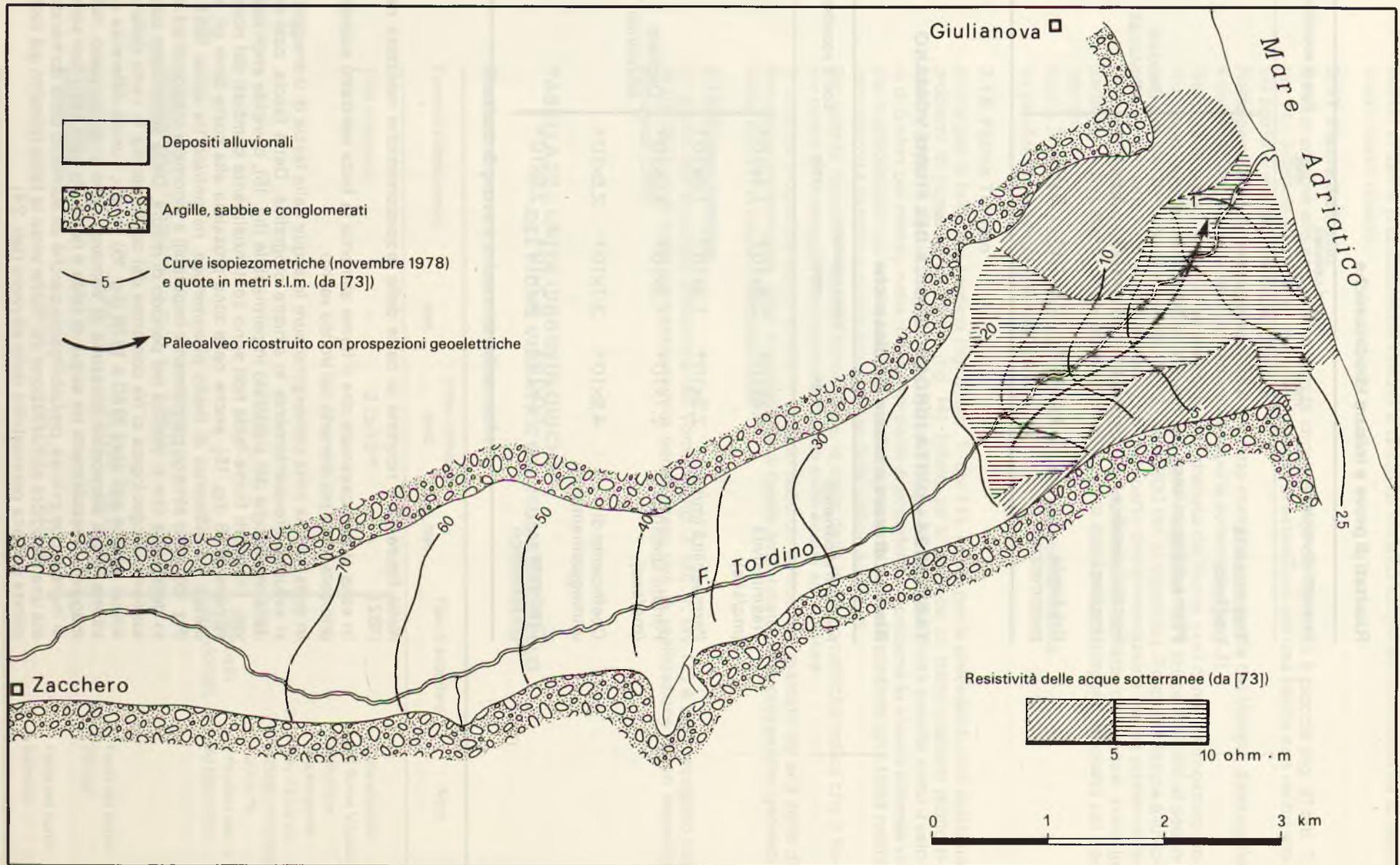
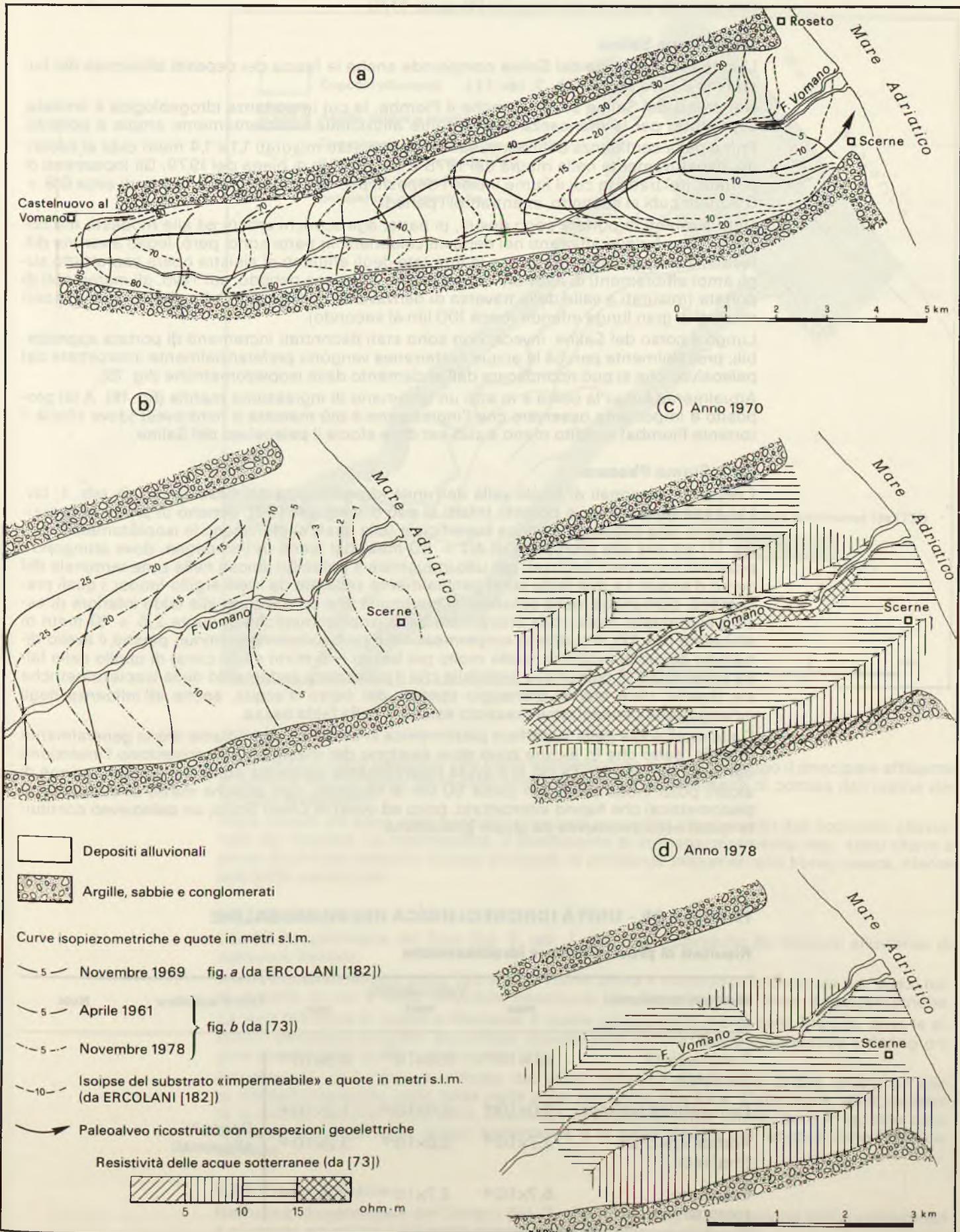


Figura 15 - Unità idrogeologica del Fiume Vomano.



Bisogna, inoltre, considerare che gli emungimenti dalla falda hanno assorbito le portate di cinque sorgenti (circa 200 litri al secondo), ubicate nella zona prossima alla costa e risultate asciutte al controllo eseguito l'8 aprile 1978.

3.20. Fiume Saline

L'unità idrogeologica del Saline comprende anche la fascia dei depositi alluvionali dei fiumi Fino e Tavo (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.).

Nei pressi del Saline si versa anche il Piomba, la cui importanza idrogeologica è limitata, soprattutto per la mancanza di una coltre alluvionale sufficientemente ampia e potente.

Prima della confluenza col Saline, sul Fino sono stati misurati 1,1 e 1,4 metri cubi al secondo, rispettivamente nella magra del 1978 e nel periodo di piena del 1979. Gli incrementi di portata, nel tratto in cui il fiume incide i depositi plio-calabrianici, sono risultati di circa $0,8 \div 0,9$ metri cubi al secondo, in entrambi i periodi.

Detti aumenti di portata sono dovuti, in parte, agli scarichi urbani ed alle modeste ma numerose scaturigini affioranti nei depositi calabrianici; in parte sono, però, legati a venute diffuse in alveo ed al drenaggio che la fitta rete degli affluenti di sinistra opera soprattutto sugli ampi affioramenti di alluvioni terrazzate. Nello stesso periodo, sul Tavo, gli incrementi di portata (misurati a valle della traversa di derivazione delle acque della diga di Penne) sono risultati di gran lunga inferiori (circa 100 litri al secondo).

Lungo il corso del Saline, invece, non sono stati riscontrati incrementi di portata apprezzabili, probabilmente perché le acque sotterranee vengono preferenzialmente intercettate dal paleoalveo che si può riconoscere dall'andamento delle isopiezometriche (fig. 16).

Attualmente lungo la costa è in atto un fenomeno di ingressione marina (fig. 16). A tal proposito è importante osservare che l'ingressione è più marcata a nord-ovest (dove sfocia il torrente Piomba) e molto meno a sud-est dove sfocia il paleoalveo del Saline.

3.21. Fiume Pescara

I depositi alluvionali di fondo valle dell'unità idrogeologica del Pescara (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) sono molto ampi e potenti. Infatti si può distinguere [73], almeno in prima approssimazione, una circolazione idrica superficiale (alla quale si riferiscono le isopiezometriche di fig. 17) ed una alla profondità di $40 \div 50$ metri dal piano di campagna, dove attingono i pozzi più importanti (utilizzati per uso industriale e potabile) ubicati nella zona terminale del corso d'acqua. Le due falde sono generalmente separate da livelli argillo-limosi, i quali presentano, comunque, delle soluzioni di continuità che consentono alla falda inferiore di essere alimentata. Nella zona interessata dalle isopiezometriche di quota $2,5 \div 10$ metri di altitudine (fig. 17), il suddetto «impermeabile» è probabilmente continuo perché il livello dinamico dei pozzi profondi risulta molto più basso (-5 metri s.l.m. circa) di quello della falda superficiale. È comunque probabile che il particolare andamento delle isopiezometriche sia dovuto, oltre che al drenaggio operato dal corso d'acqua, anche all'influenza degli emungimenti concentrati e massicci esistenti nella falda bassa.

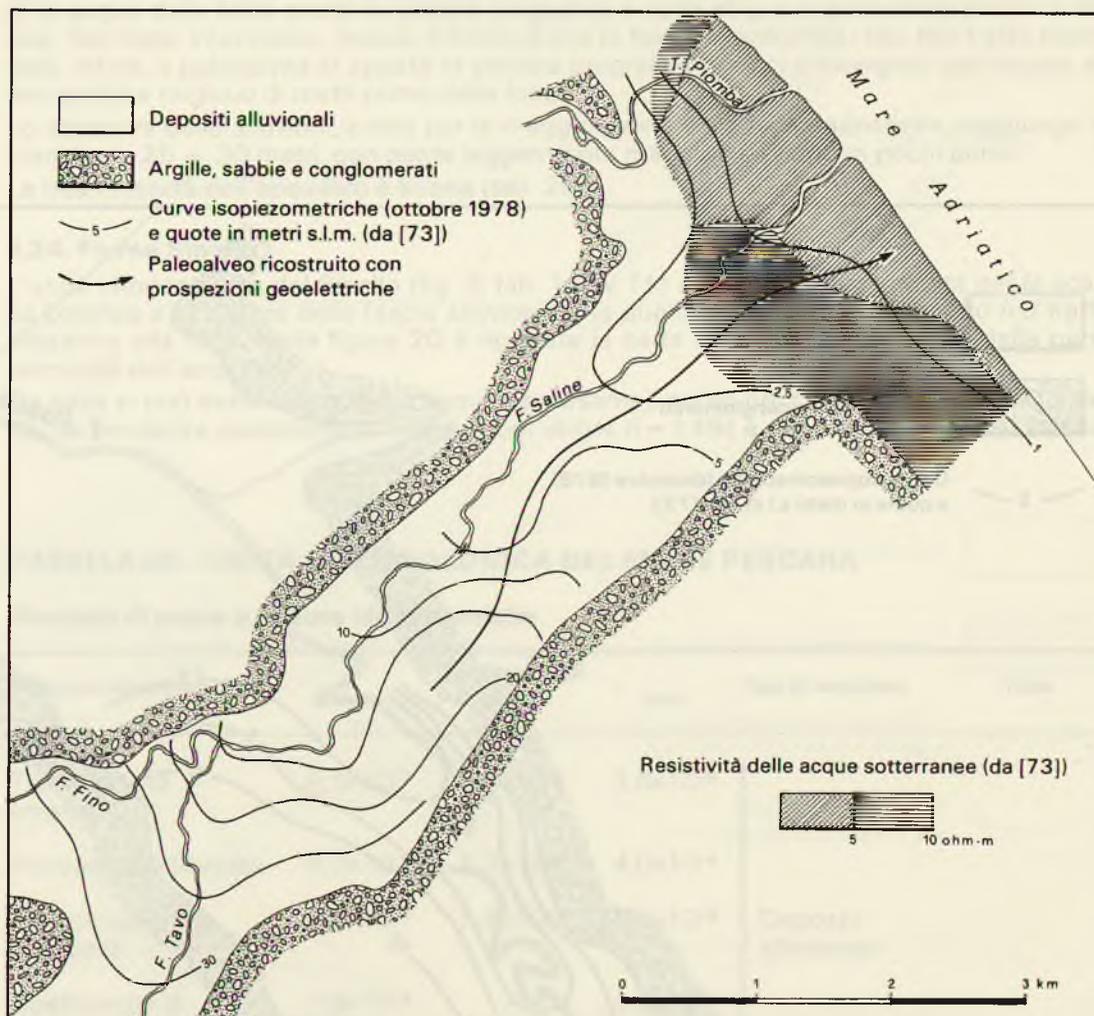
Dalla morfologia della superficie piezometrica si evidenzia che il fiume drena generalmente la falda, salvo che in alcune zone dove esistono dei meandri che consentono l'inversione dei flussi sotterranei. Di ciò si è avuta recentemente conferma attraverso la perforazione di alcuni pozzi molto produttivi (circa 50 litri al secondo, con qualche metro di depressione piezometrica) che hanno intercettato, poco ad ovest di Chieti Scalo, un paleoalveo costituito quasi esclusivamente da ghiaie grossolane.

TABELLA 25 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME SALINE

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$9,0 \times 10^{-3}$	$6,5 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	} Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$9,0 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$	$1,2 \times 10^{-4}$		
Portata specifica (mq/sec)	$7,7 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$	$3,8 \times 10^{-3}$		
Gradiente piezometrico	$6,7 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$		

Figura 16 - Unità idrogeologica del Fiume Saline.



Così come è stato verificato nell'unità idrogeologica del Saline, lungo il principale affluente di sinistra (fiume Nora) sono stati misurati, in magra, incrementi di portata dell'ordine dei 100 litri al secondo.

Nella tabella 26 sono stati riportati i principali parametri idrodinamici dell'acquifero alluvionale del Pescara. La trasmissività, il coefficiente di immagazzinamento, ecc. sono riferiti a prove di portata eseguite in pozzi profondi; le pendenze piezometriche sono, invece, riferite alla falda superficiale.

3.22. Fiume Foro

L'unità idrogeologica del Foro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita da depositi alluvionali di spessore limitato.

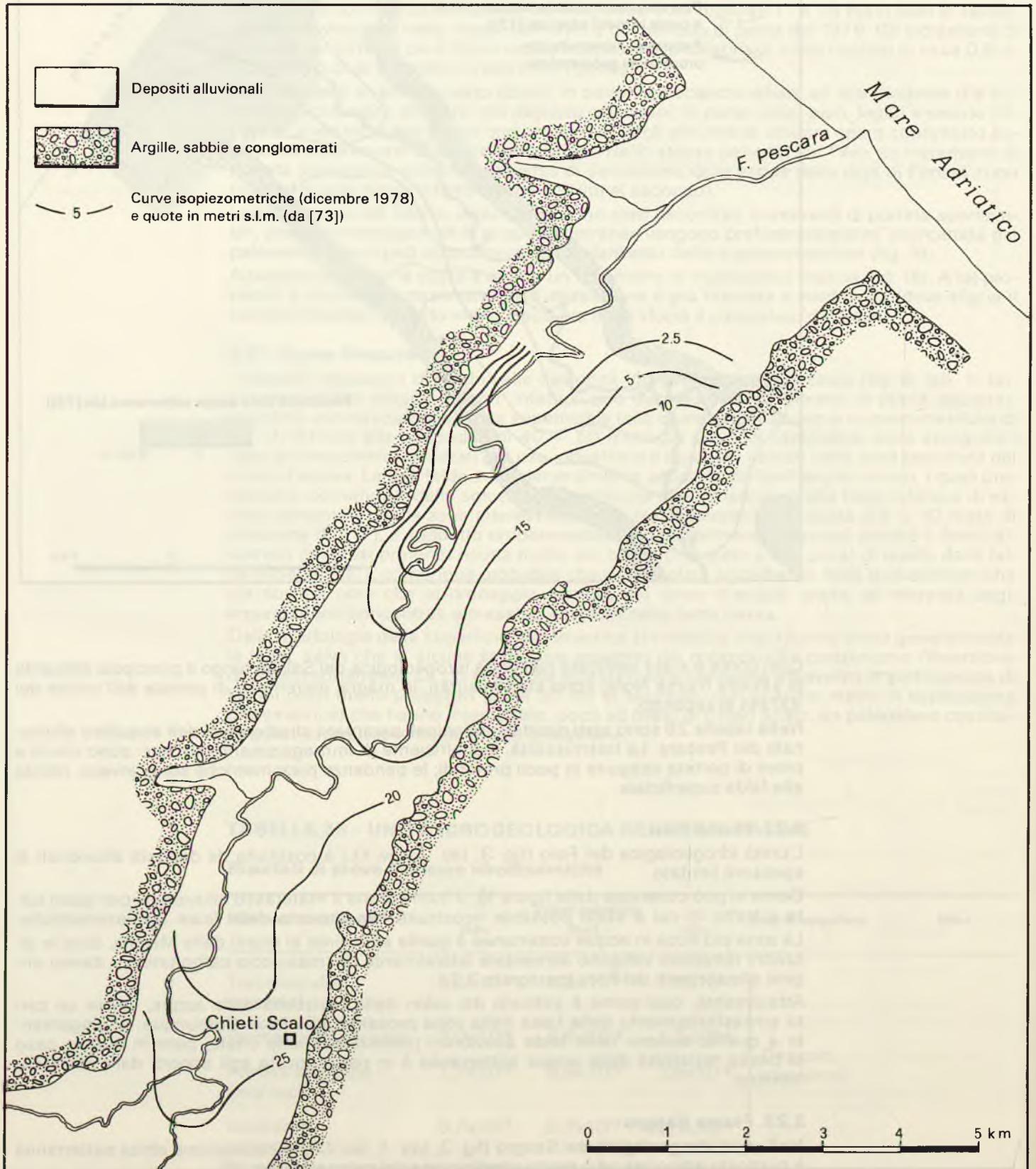
Come si può osservare dalla figura 18, il fiume drena il materasso alluvionale per quasi tutto il tratto in cui è stato possibile ricostruire l'andamento delle linee isopiezometriche. La zona più ricca in acque sotterranee è quella adiacente ai monti della Maiella, dove le alluvioni terrazzate vengono alimentate lateralmente dal massiccio carbonatico e danno origine alle sorgenti del Foro (paragrafo 3.3.).

Attualmente, così come è indicato dai valori della resistività delle acque, esiste un certo sovrasfruttamento della falda nella zona prossima alla foce. Comunque, analogamente a quanto avviene nelle falde alluvionali precedentemente citate, pure in questo caso la bassa resistività delle acque sotterranee è in parte dovuta agli apporti dalle falde calabrianne.

3.23. Fiume Sangro

Nell'unità idrogeologica del Sangro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) la circolazione idrica sotterranea è piuttosto articolata ed è molto condizionata dai paleoalvei (fig. 19).

Figura 17 - Unità idrogeologica del Fiume Pescara.



Infatti, dalla confluenza dell'Aventino e per tutto il tratto in cui il corso d'acqua si mantiene in prossimità del margine nord-occidentale della piana, si può osservare come il fiume drena le acque della falda posta in sinistra orografica e ceda acqua al paleoalveo posto in destra. Nel tratto intermedio, invece, il fiume drena la falda da entrambi i lati. Nel tratto terminale, infine, il paleoalveo si sposta in sinistra orografica per poi convergere sull'attuale alveo qualche migliaio di metri prima della foce.

Lo spessore delle alluvioni, come per la maggior parte delle piane adriatiche, raggiunge al massimo i $25 \div 30$ metri, con punte leggermente maggiori soltanto in pochi punti.

La trasmissività dell'acquifero è buona (tab. 28).

3.24. Fiume Sinello

L'unità idrogeologica del Sinello (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è di importanza limitata per la scarsa potenza e ampiezza della fascia alluvionale, la quale tende ad allargarsi solo nel tratto prossimo alla foce. Nella figura 20 è riportata la carta delle isopiezometriche della parte terminale dell'acquifero.

Da essa si può osservare come il fiume rappresenti il punto principale di recapito della falda. La pendenza piezometrica media, il cui valore ($i = 1,4\%$) è più elevato di quello media-

TABELLA 26 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME PESCARA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trasmissività (mq/sec)	$9,5 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$	Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$9,0 \times 10^{-4}$	$5,7 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-4}$		
Portata specifica (mq/sec)	$6,3 \times 10^{-3}$	$5,8 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$7,6 \times 10^{-2}$	–	$3,3 \times 10^{-3}$		
Gradiente piezometrico	$2,5 \times 10^{-2}$	$3,8 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$		

TABELLA 27 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME FORO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trasmissività (mq/sec)	$1,7 \times 10^{-2}$	–	$1,3 \times 10^{-2}$	Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$8,1 \times 10^{-4}$	–	$7,4 \times 10^{-4}$		
Portata specifica (mq/sec)	$7,2 \times 10^{-3}$	–	$4,6 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	–	$1,5 \times 10^{-2}$	–		
Gradiente piezometrico	$1,7 \times 10^{-2}$	$8,2 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$		

Figura 18 - Unità idrogeologica del Fiume Foro.

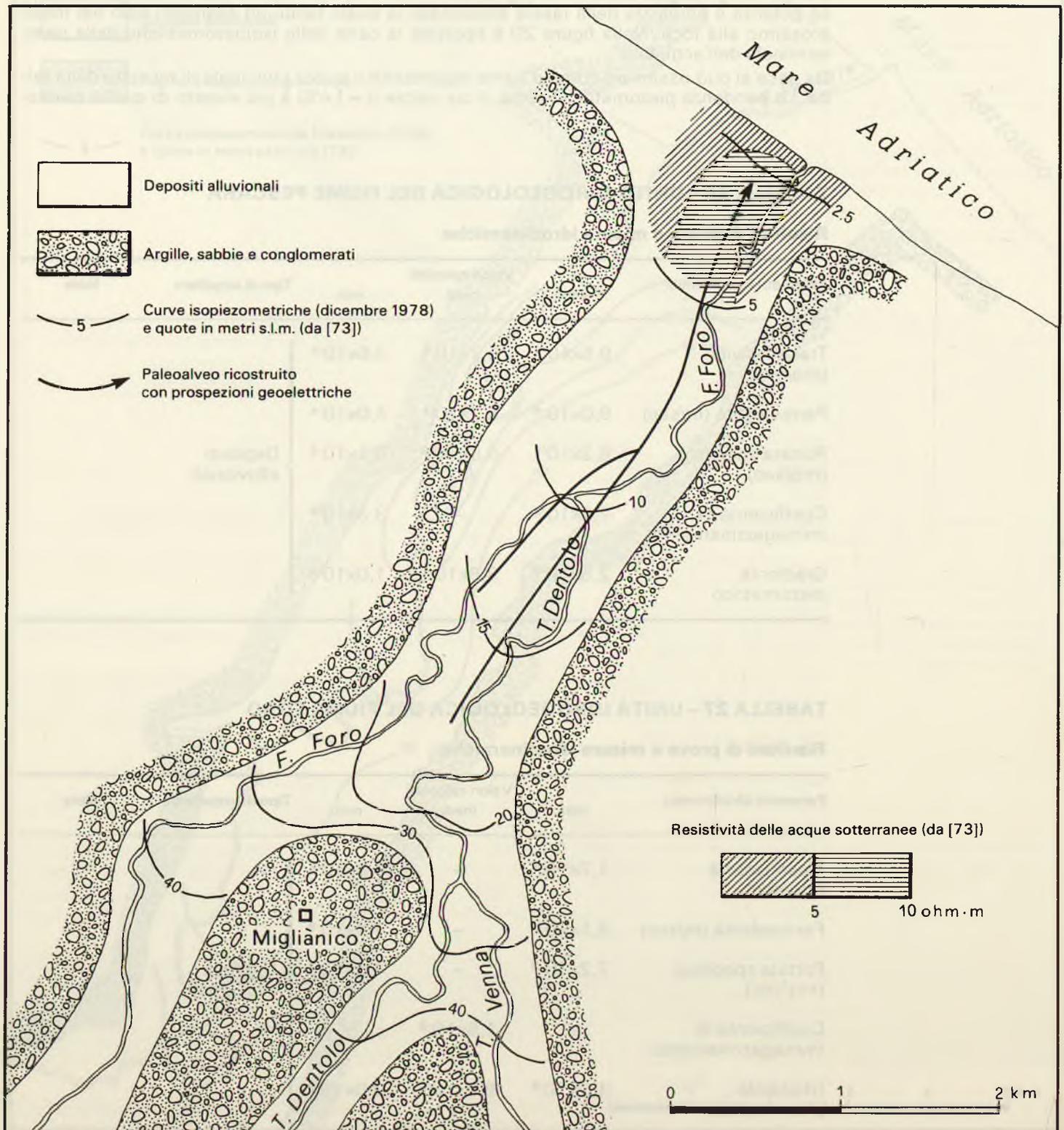


Figura 19 - Unità idrogeologica del Fiume Sangro.

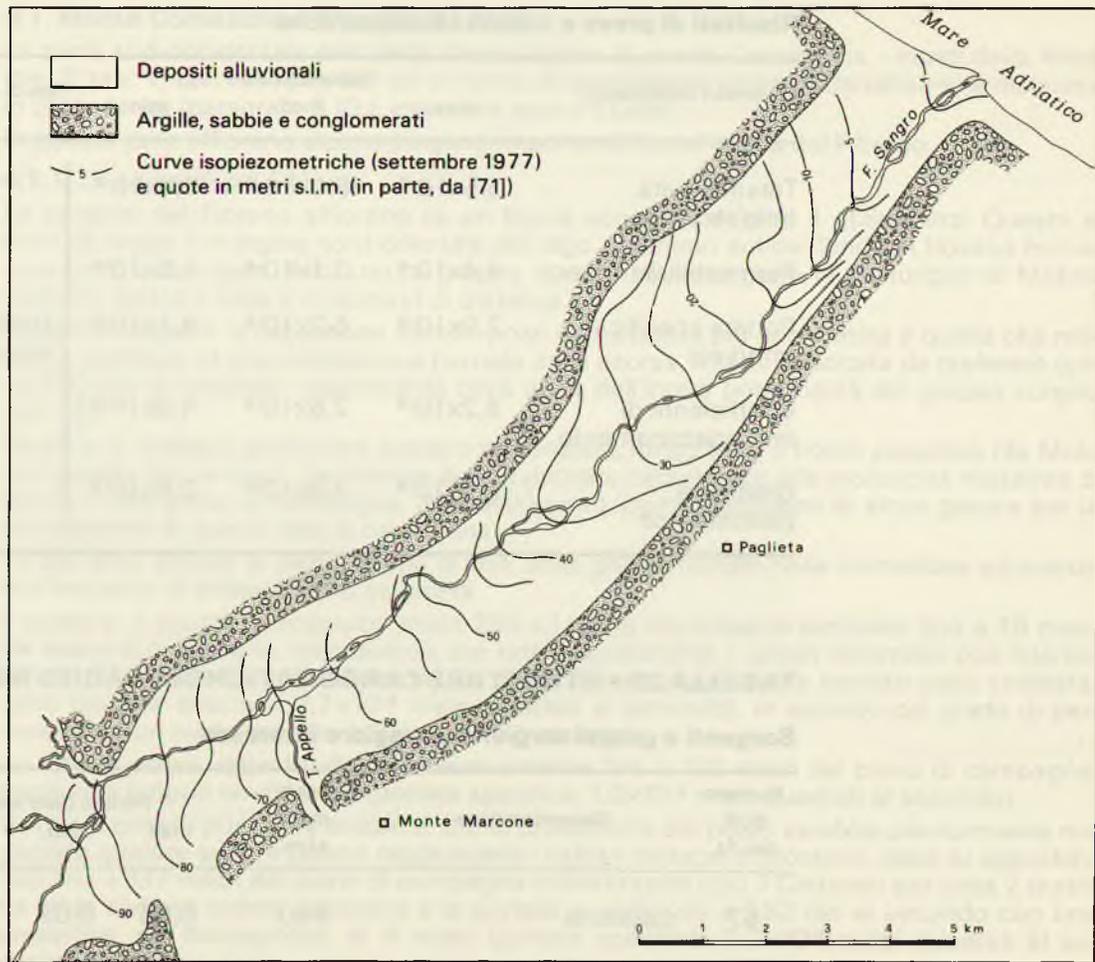


Figura 20 - Unità idrogeologica del Fiume Sinello.

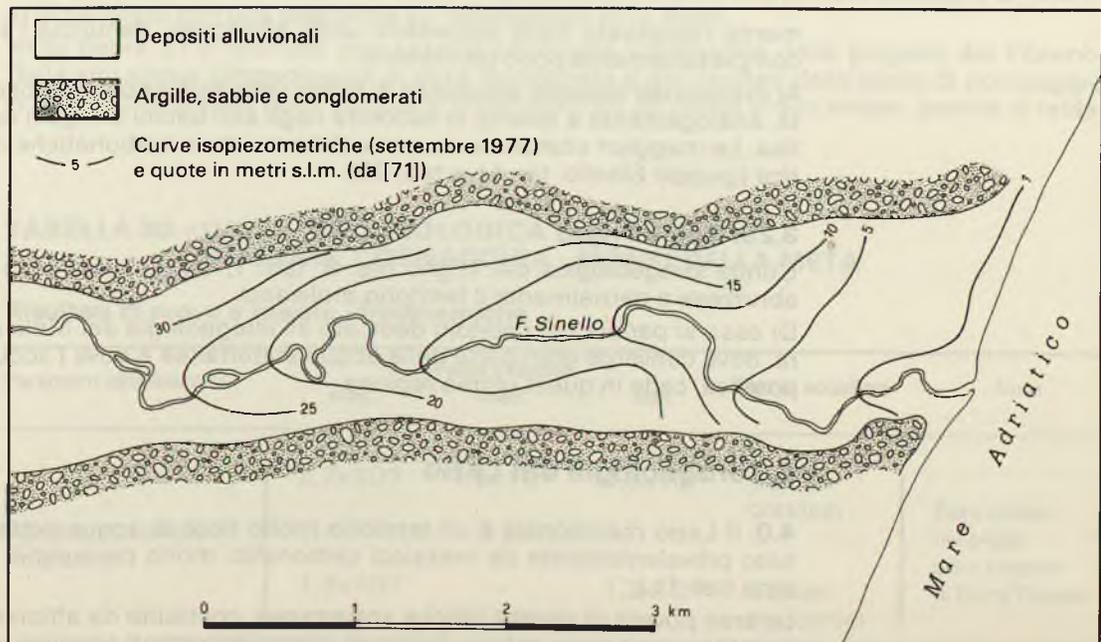


TABELLA 28 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME SANGRO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$5,5 \times 10^{-2}$	$5,0 \times 10^{-3}$	$3,0 \times 10^{-3}$	Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$4,4 \times 10^{-4}$	$3,1 \times 10^{-4}$	$1,8 \times 10^{-4}$		
Portata specifica (mq/sec)	$7,9 \times 10^{-3}$	$6,2 \times 10^{-3}$	$4,1 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$6,2 \times 10^{-2}$	$2,6 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-3}$		
Gradiente piezometrico	$6,2 \times 10^{-3}$	$4,8 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-3}$		

TABELLA 29 – STRUTTURE CARBONATICHE IN FACIES MOLISANO-SANNITICA

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
67	Cavallina	840	0,05	0,02	0,01	Bacino dell'Aventino
68	Gruppo Capo Vallone	1100 ÷ 1200	0,08	0,06	0,01	
69	Surienze	1000	0,20	0,10	0,06	Bacino del Sangro
70	Gruppo Sinello	850 ÷ 890	0,30	0,06	0,00	Bacino del Sinello

mente riscontrato nelle precedenti unità alluvionali, denuncia l'esistenza di un acquifero complessivamente poco permeabile.

Ai margini dei depositi alluvionali di fondo valle esistono numerose sorgenti di piccola entità, analogamente a quanto si riscontra negli altri bacini terrigeni della fascia costiera adriatica. Le maggiori scaturiscono, però, dalle strutture carbonatiche in *facies molisano-sannitica* (gruppo Sinello: tav. f.t. e tab. 29).

3.25. Fiume Trigno

L'unità idrogeologica del Trigno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) interessa parzialmente il territorio abruzzese e parzialmente il territorio molisano.

Di essa si parlerà nel capitolo dedicato all'idrogeologia del Molise perché la fascia costiera, dove converge gran parte delle acque sotterranee e dove l'acquifero ha la sua maggiore potenza, cade in quest'ultima regione.

4. Idrogeologia del Lazio

4.0. Il Lazio meridionale è un territorio molto ricco di acque sotterranee in quanto è costituito prevalentemente da massicci carbonatici molto permeabili per fratturazione e carsismo (tav. f.t.).

Le aree povere di risorse idriche sotterranee, costituite da affioramenti argilloso-marnoso-arenacei, sono poco estese. Esistono invece importanti acquiferi vulcanici e di pianura.

I MASSICCI CARBONATICI

4.1. Monte Cornacchia - Monti della Meta

La parte sud-occidentale dell'unità idrogeologica di monte Cornacchia - monti della Meta (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84], del cui schema di circolazione idrica sotterranea si è discusso in precedenza (paragrafo 3.10.), interessa anche il Lazio.

In questa zona affiorano alcune sorgenti importanti tra cui quella del Fibreno.

4.1.1. Le sorgenti del Fibreno

Le sorgenti del Fibreno affiorano su un fronte acquifero di oltre 1 chilometro. Questo si estende lungo il margine nord-orientale del lago omonimo sul cui fondo si trovano numerose polle subacquee. Allo stesso gruppo sorgivo appartengono le scaturigini di Mulino Carpello, poste a circa 2 chilometri di distanza.

Per dette sorgenti la captazione tramite pozzi è risultata la più economica e quella che meglio si adattava ad una utilizzazione parziale della risorsa. Infatti, la portata da prelevare (circa 650 litri al secondo) rappresenta circa il 7% dell'intera potenzialità del gruppo sorgivo (tab. 16).

Peraltro, le indagini geofisiche avevano evidenziato, lungo tutto il fronte acquifero (da Mulino Carpello fino al lago), l'esistenza di un substrato carbonatico alla profondità massima di 80 metri dal piano di campagna. Non esistevano, quindi, problemi di alcun genere per la realizzazione di questo tipo di captazione.

Fu pertanto avviata la perforazione di due pozzi pilota, ubicati nelle immediate adiacenze dell'impianto di sollevamento esistente.

Il pozzo n. 1 (quota boccapozzo: metri 295 s.l.m.) fu inizialmente perforato fino a 78 metri dal piano di campagna, incontrando, per tutta la profondità, i calcari dolomitici con intercalazioni marnose affioranti (Miocene). La prova di pompaggio diede risultati poco soddisfacenti (portata specifica: $1,7 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo), in accordo col grado di permeabilità non molto elevato dell'acquifero miocenico.

Lo stesso pozzo, approfondito successivamente fino a 120 metri dal piano di campagna, migliorò il proprio rendimento (portata specifica: $1,0 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo).

Poiché a questo punto era evidente che la produttività del pozzo sarebbe ulteriormente migliorata qualora avesse potuto raggiungere i calcari cretacei sottostanti, esso fu approfondito fino a 137 metri dal piano di campagna interessando così il Cretaceo per circa 2 metri. La falda divenne subito artesianiana e la portata si stabilizzò a 292 litri al secondo con una pressione, sul boccapozzo, di 11 metri (portata specifica: $2,7 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo).

Analogamente il pozzo n. 2 (quota boccapozzo: 302 metri s.l.m.), che alla profondità di 80 metri dava solo 25 litri al secondo, con 19 metri di depressione piezometrica (portata specifica: $1,3 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo), fu approfondito fino a 172 metri dal piano di campagna. La portata, anche in questo caso artesianiana, si portò a 173 litri al secondo, con una pressione sul boccapozzo di 6,5 metri.

I risultati delle prove di pompaggio, eseguite su tutti i pozzi, sono sintetizzati nella tabella 30. Particolarmente interessante è il risultato del pozzo n. 3 (quota boccapozzo: metri 295 s.l.m.) il quale, spinto fino a 164 metri di profondità, ha dato una portata artesianiana di 330 litri al secondo con una pressione sul boccapozzo di 12 metri.

Nella figura 21 è riportata una sezione geologica schematica delle sorgenti del Fibreno. Dalla situazione idrogeologica in essa evidenziata e dai risultati delle prove di pompaggio si evince che le varie polle sorgive si rinvergono su un fronte molto ampio, perché la falda,

TABELLA 30 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE CORNACCHIA - MONTI DELLA META

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$2,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-3}$	Calcari cretacei	Pozzi ubicati nei pressi delle sorgenti di Posta Fibreno
	$1,7 \times 10^{-3}$	-	$1,3 \times 10^{-3}$	Calcari miocenici	

contenuta nell'acquifero cretaceo, viene a giorno con difficoltà attraverso fratture preferenziali apertesi nei calcari miocenici. Infatti, nell'ultimo tratto del suo percorso perde molti metri di carico piezometrico.

4.2. Monti Simbruini - Monti Ernici - Monte Cairo

La grande dorsale dei monti Simbruini - monti Ernici - monte Cairo (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) rappresenta un'unica unità idrogeologica [31; 84], i cui limiti coincidono, a nord-ovest, con la faglia regionale «Antrodoco-Olevano»; a nord-est, col fronte di sovrascorrimento del massiccio sul *flysch* della valle Roveto, in senso lato (da Carsoli ad Atina); a sud-ovest, col margine orientale della valle Latina e, nell'area meridionale, con l'importante direttrice tettonica del Rio Secco e del basso corso del Rapido [82; 117].

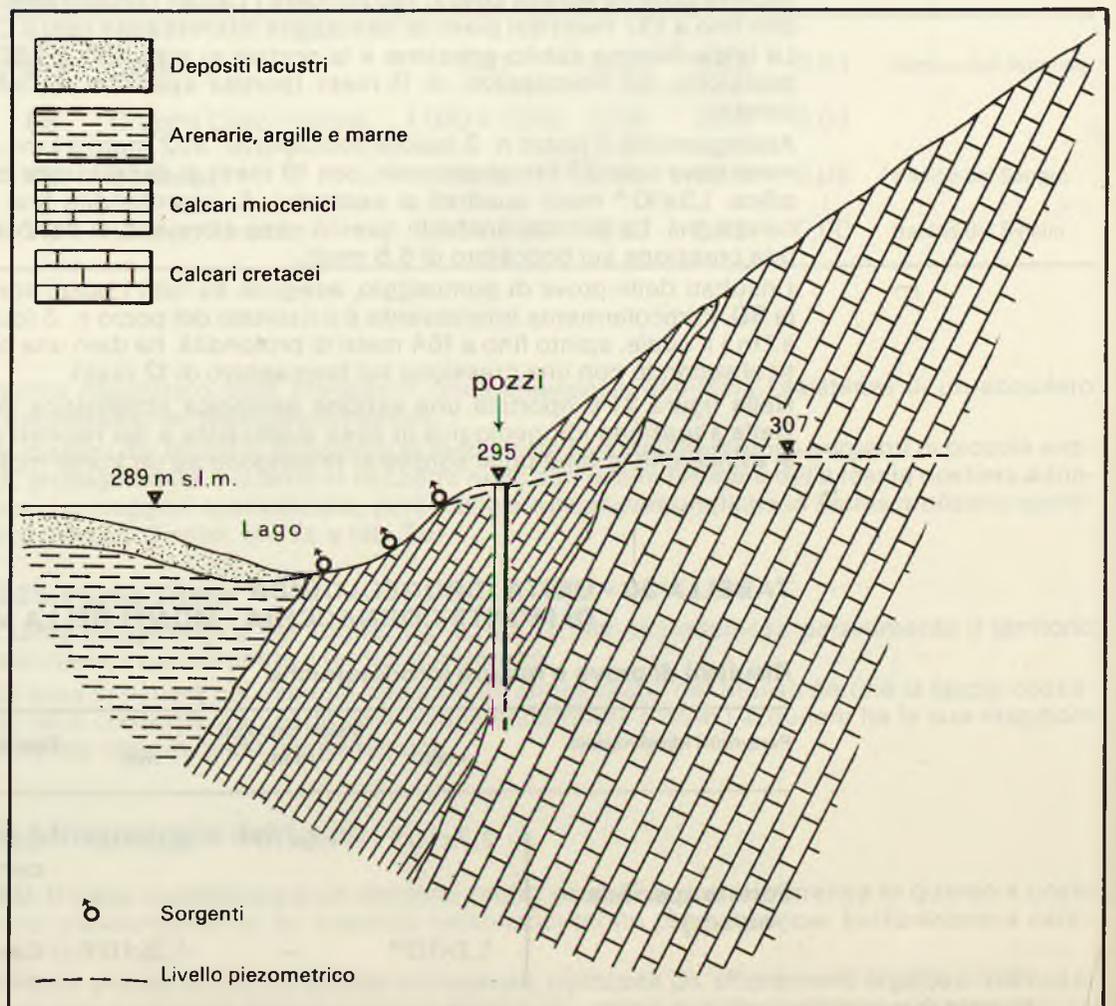
In detta unità affiora quasi ovunque il complesso calcareo, con esclusione degli alti strutturali di Vallepietra-Filettino e Guarcino-Trisulti, dove lo stesso complesso si rinviene tettonicamente sovrapposto a quello dolomitico.

L'unità in esame può essere suddivisa in una parte nord-occidentale, la cui falda in rete defluisce preferenzialmente verso le sorgenti dell'Acqua Marcia (tab. 31), in una sud-orientale, la cui falda defluisce preferenzialmente verso le sorgenti del Gari, ed in una intermedia, tettonicamente molto disturbata, nella quale, proprio in relazione alla complessità della tettonica, la circolazione idrica sotterranea si fraziona in una serie di falde (tra loro idraulicamente interconnesse) le quali trovano recapito a varie altitudini.

Pure qui si ripete, anche se in modo più complesso, lo schema di circolazione idrica sotterranea (con più «serbatoi» funzionanti in serie) già descritto per i precedenti massicci e verificato nei monti del Gran Sasso (paragrafo 3.2.).

Infatti, esiste una prima direttrice tettonica, sub-parallela al margine nord-orientale del massiccio carbonatico, la quale mantiene la falda a quota molto alta (tra i 1.020 metri s.l.m. delle sorgenti Verrecchie ed i 750 metri del gruppo Zompo lo Schioppo) con «spar-

Figura 21 - Sezione idrogeologica schematica della sorgente del Fibreno.



**TABELLA 31 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DEI MONTI SIMBRUINI - MONTI ERNICI - MONTE CAIRO**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
71	Verrecchie	1020	1,2	0,2	0,07	
72	Liri	950	3,0	1,0	0,3	
73	Capo di Rio	980	0,4	0,1	0,03	
74	Rio Sonno	950	> 1,0	0,14	0,06	
75	Gruppo Rianza	900	0,5	-	0,3	
76	La Sponga	840	0,5	0,35	0,2	
77	Gruppo Zompo lo Schioppo	750 ÷ 820	4,4	1,1	0,1	
78	Mulino Rio	730	1,2	-	-	Misura del 17-3-78
79	Gruppo Simbrivio	830 ÷ 1130	2,0	0,8	0,5	
80	Gruppo Riglioso	1090 ÷ 1170	0,25	-	-	Misura del 4-4-78
81	Pertuso	680	5,3	1,6	0,7	
82	Gruppo lenne	540	1,0	-	-	Misura del 9-3-79
83	Gruppo Ponte Tartare	570 ÷ 750	3,0	1,0	0,5	
84	Gruppo Cosa	860 ÷ 1140	-	0,4	-	
85	Gruppo Capo Fiume	680 ÷ 710	2,0	0,45	0,2	
86	Gruppo Capo d'Acqua	650	-	0,1	-	
87	Gruppo Acqua Marcia	320	8,1	5,0	3,4	
88	Tufano	280	1,9	0,7	0,01	
89	Gruppo Le Monache	230	0,5	0,2	0,02	
90	Gruppo Monte Radicino	220 ÷ 230	0,2	0,1	0,07	
91	Gruppo Laghetto	140	0,34	0,2	0,1	
92	Bucone	140	8,00	2,2	0,04	
93	Capo d'Acqua d'Aquino	110	2,4	0,9	0,0	
94	Gruppo Gari	30	27,2	17,7	13,0	Misure riferite alla sezione «Mastronardi». A valle esistono incrementi di portata nell'alveo del fiume Gari (superiori a 6 mc/sec nel periodo da aprile 1979 a dicembre 1980)

tiacque» tra le varie scaturigini legati alle linee di maggiore tettonizzazione aventi andamento antiappenninico.

Detta direttrice tettonica coincide con la faglia di Macchia Coramata e col suo prolungamento lungo la «linea di Fioio», la quale viene interpretata come una linea di sovrascorrimento, così come è indicato anche dalle scaglie visibili sul versante sud-orientale di monte Cotento.

Questo «spartiacque» è superabile nella sua parte più settentrionale, dove è notevole il dislivello tra sorgenti alte (oltre 1.000 metri s.l.m.) e basse (gruppo dell'Acqua Marcia). Detta caratteristica va però scemando da nord-ovest verso sud-est, via via che ci si immette nella valle di Fioio dove, lungo il versante sud-occidentale dei monti Tarino e Cotento, l'innalzamento delle dolomie contribuisce a mantenere la falda a quota più alta di quella delle sorgenti della valle Roveto (paragrafo 4.2.1.).

Quest'ultima falda trabocca solo parzialmente in corrispondenza delle sorgenti del Simbrivio e dell'Aniene, per poi continuare il proprio corso nelle dolomie. In corrispondenza del fronte Vallepietra-Filettino essa rincolla per effetto della spinta cataclasizzazione delle stesse dolomie, per essere poi gradualmente drenata dai calcari e giungere così alla sorgente Pertuso, posta all'incrocio di due importanti direttrici tettoniche.

A sud della faglia di valle Granara (a sud-est di monte Cotento), la falda che alimenta il gruppo sorgivo dello Schioppo è mantenuta a quota elevata (tab. 31) dall'effetto tampone della zona di cataclasizzazione, che accompagna il sovrascorrimento del Cretacico sul Giura calcareo-dolomitico, lungo l'allineamento Filettino-monte Ortara.

Detto allineamento si comporta da vero e proprio «spartiacque», sia perché le dolomie si presentano molto tettonizzate e sia perché, a sud-ovest, la falda si mantiene ancora alta per l'innalzamento dolomitico che, delimitato dall'importante faglia Pertuso-Guarcino, dà origine alle sorgenti del fiume Cosa ed a quelle ubicate nell'alveo del fiume Aniene (a valle di Ponte Tartare).

Da questo punto in poi, fino ai travertini di Subiaco, l'Aniene riceve l'apporto di sorgenti (tav. f.t.; tab. 31) e venute d'acqua diffuse [84], che drenano la falda di base dei monti Affilani e quella dell'area compresa tra il fiume stesso e la prosecuzione verso nord-ovest dei motivi di compressione ad andamento appenninico già osservati tra il Simbrivio e l'Aniene. Questi ultimi, infatti, dovrebbero segnare il limite meridionale dell'area di alimentazione del fronte acquifero dell'Acqua Marcia.

La genesi delle sorgenti del fiume Cosa è identica a quella delle sorgenti di Vallepietra e Filettino, mentre le sorgenti di Capo Fiume (alimentate dal complesso dolomitico di monte La Monna) nascono laddove la fascia cataclastica del contatto tettonico dolomie-calcari si abbassa di quota. Anche in questo caso si ripete, dunque, quanto ipotizzato per l'alto strutturale dolomitico di Vallepietra-Filettino, perché le acque sotterranee, pur traboccando a varie quote, proseguono il proprio percorso verso le sorgenti meridionali della struttura (tav. f.t.).

L'importante faglia del fiume Cosa segna probabilmente il limite orientale dell'area di alimentazione delle sorgenti e della falda dei travertini di Anagni e Ferentino. Le acque sotterranee, comunque, superano in parte detto limite per proseguire poi il loro deflusso verso sud-est. Si giustifica così l'alto indice di variabilità caratteristico del regime della sorgente Tufano e di quelle del gruppo di monte Radicino (tab. 31), le quali rappresentano, in queste condizioni idrodinamiche, lo sfioro alto di una falda che ha il proprio punto principale di recapito nelle sorgenti del Gari, ad una quota di circa 30 metri sul livello del mare.

Più a sud della «linea del Cosa» esistono altri ostacoli al normale deflusso della falda verso Cassino. Uno è legato alla discontinuità tettonica della valle del Melfa (avente caratteri di trascorrenza); un altro corrisponde all'innalzamento del complesso dolomitico in corrispondenza di monte Cairo.

I suddetti ostacoli provocano il trabocco della falda in corrispondenza delle sorgenti Capo d'Acqua d'Aquino e Bucone. Queste ultime, in particolare, sono frutto del mescolamento di acque a deflusso relativamente veloce ed acque che hanno subito un approfondimento di circuito, probabilmente in corrispondenza del *graben* del Liri (tra Sora e Fontana Liri).

Non è, comunque, da escludere che la genesi delle anzidette scaturigini sia influenzata dall'esistenza di precedenti vie preferenziali di recapito. Infatti, anteriormente al verificarsi dei fenomeni che portarono allo svuotamento del «lago Lirino» e, di conseguenza, all'abbassamento della «soglia di permeabilità», lo schema di circolazione idrica sotterranea del massiccio carbonatico dovrebbe essere stato diverso da quello attuale.

È quindi probabile che l'originario punto basso di recapito della falda dell'idrostruttura fosse ubicato in corrispondenza della sorgente Capo d'Acqua d'Aquino e che la struttura posta a nord-ovest dell'allineamento Sora-Fontana Liri liberasse gran parte delle proprie acque in corrispondenza di detto allineamento. Avrebbe, così, avuto origine quell'importante deposito di travertini che oggi contribuisce a mantenere la continuità idrogeologica tra i monti Ernici ed il monte Cairo.

Che detta continuità sia legata anche alla presenza dei travertini è provato, innanzitutto, dai

**TABELLA 32 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DEI MONTI SIMBRUINI - MONTI ERNICI - MONTE CAIRO**

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$2,3 \times 10^{-2}$	$7,4 \times 10^{-3}$	$5,9 \times 10^{-6}$	Depositi alluvionali e travertini	Pozzi ubicati nella valle del Liri, tra Sora e Fontana Liri
Permeabilità (m/sec)	-	$2,6 \times 10^{-4}$	-		
Portata specifica (mq/sec)	$5,3 \times 10^{-2}$	-	$2,0 \times 10^{-3}$	Calcari	Pozzi ubicati nei pressi della sorgente Capo d'Acqua d'Aquino
	$1,4 \times 10^{-1}$	$5,1 \times 10^{-2}$	$9,0 \times 10^{-3}$		

livelli di falda i quali, nel pacco travertinoso, sono compatibili con quelli del massiccio (paragrafo 4.2.1.). Gli stessi depositi, inoltre, presentano valori della trasmissività (tab. 32) che giustificano in qualche caso l'attraversamento diretto delle acque ed in qualche caso l'approfondimento parziale o totale dei circuiti nel sottostante *graben* carbonatico (in accordo con l'ipotesi di circolazione idrica sotterranea, avanzata in precedenza a proposito della sorgente Bucone).

Nei pressi della sorgente Capo d'Acqua d'Aquino sono stati perforati due pozzi, finalizzati alla verifica delle possibilità esistenti per la realizzazione di una captazione che potesse ovviare agli inconvenienti legati all'altissima variabilità delle portate sorgive (tab. 31). I risultati sono stati soddisfacenti (tab. 32).

La trasmissività dei calcari è risultata molto elevata anche nel substrato della Piana di Casino, dove sono in corso le perforazioni dei pozzi-pilota per la captazione parziale (circa 6.000 litri al secondo) delle sorgenti del Gari. Le prove di portata hanno dato i risultati riportati nella tabella 32.

Così come è avvenuto per le sorgenti del Fibreno, anche in questo caso è stato quasi sempre necessario attraversare il Miocene carbonatico (poco permeabile) prima di ottenere, nel Cretacico, altissime produttività.

Pure interessanti sono stati i risultati conseguiti con le indagini geochimiche e isotopiche eseguite su alcune sorgenti del margine sud-orientale del massiccio.

Infatti, dal confronto tra i valori del $\delta^{18}O$, relativi alle sorgenti Tufano e gruppo monte Radicino, con quelli di alcuni punti d'acqua della valle del Sacco e del margine nord-orientale della piana Pontina, è stato possibile escludere [23] l'esistenza di qualsiasi interconnessione idrogeologica tra le falde delle strutture carbonatiche dei Simbruini e dei Lepini [311].

In corrispondenza del *graben* Sora-Fontana Liri, è stata provata la coesistenza di circuiti lenti con altri più veloci. Infatti a parità di valori di $\delta^{18}O$ (- 7,4 in media, nel periodo marzo 1979 ÷ marzo 1980), che indicano l'esistenza di un unico bacino di alimentazione, nella polla di acqua sulfurea delle sorgenti Bucone sono state misurate 8 unità di Tritio (U.T.) (circuiti lenti e, in tal caso, profondo), mentre in quella non sulfurea le U.T. sono risultate 21 (circuiti a ricambio più veloce).

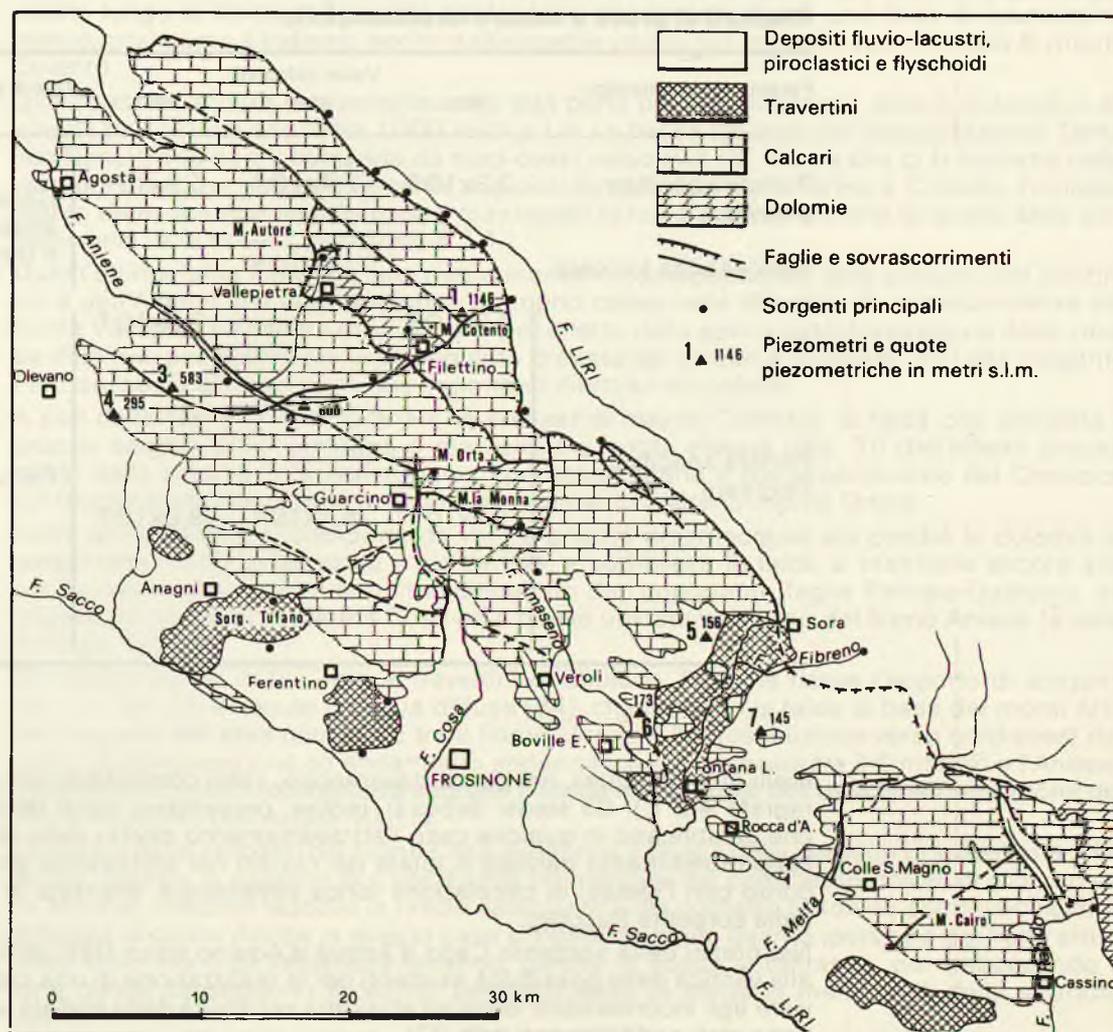
4.2.1. Principali risultati delle indagini

Lo schema di circolazione idrica sotterranea [84] descritto nel precedente paragrafo 4.2. è stato confermato dai risultati di alcuni sondaggi meccanici (fig. 22).

Gli elementi più interessanti sono emersi nella parte centro-settentrionale dell'unità idrogeologica.

Il sondaggio n. 1 ha rinvenuto la falda ad una quota compatibile con quella di trabocco delle sorgenti dell'alta valle del Liri. Il gradiente piezometrico è risultato pari a 0,5% circa.

Figura 22 - Principali risultati delle indagini eseguite nell'unità idrogeologica dei Monti Simbruini - Ernici - Cairo.



I sondaggi n. 2 e 3 hanno dimostrato che anche i blocchi carbonatici posti a sud dell'Aniene possono essere considerati tributari delle sorgenti ubicate lungo lo stesso corso d'acqua. Invece, nella struttura posta a sud dei monti Affilani, la piezometrica si livella a quota bassa (sondaggio n. 4), compatibile soltanto con quella di emergenza della sorgente Tufano (tab. 31). È da notare, a tal proposito, che il dislivello piezometrico esistente tra i sondaggi n. 3 e 4 è di circa 300 metri, nonostante si trovino a distanza di 4 chilometri l'uno dall'altro. Tra lo stesso sondaggio n. 4 e la sorgente precedente, il dislivello piezometrico si riduce ad appena circa 5 metri mentre la distanza tra i due punti è di oltre 15 chilometri.

Il sondaggio n. 7, infine, ha evidenziato che, anche a sud-est dei travertini di Sora-Fontana Liri, la falda si mantiene a quota più alta di quella di emergenza della sorgente Bucone (tab. 31). Le polle non mineralizzate della stessa sorgente possono, pertanto, trarre alimentazione dall'area posta tra il Liri ed il Melfa, in accordo con lo schema di circolazione idrica sotterranea indicato nella tavola fuori testo [84].

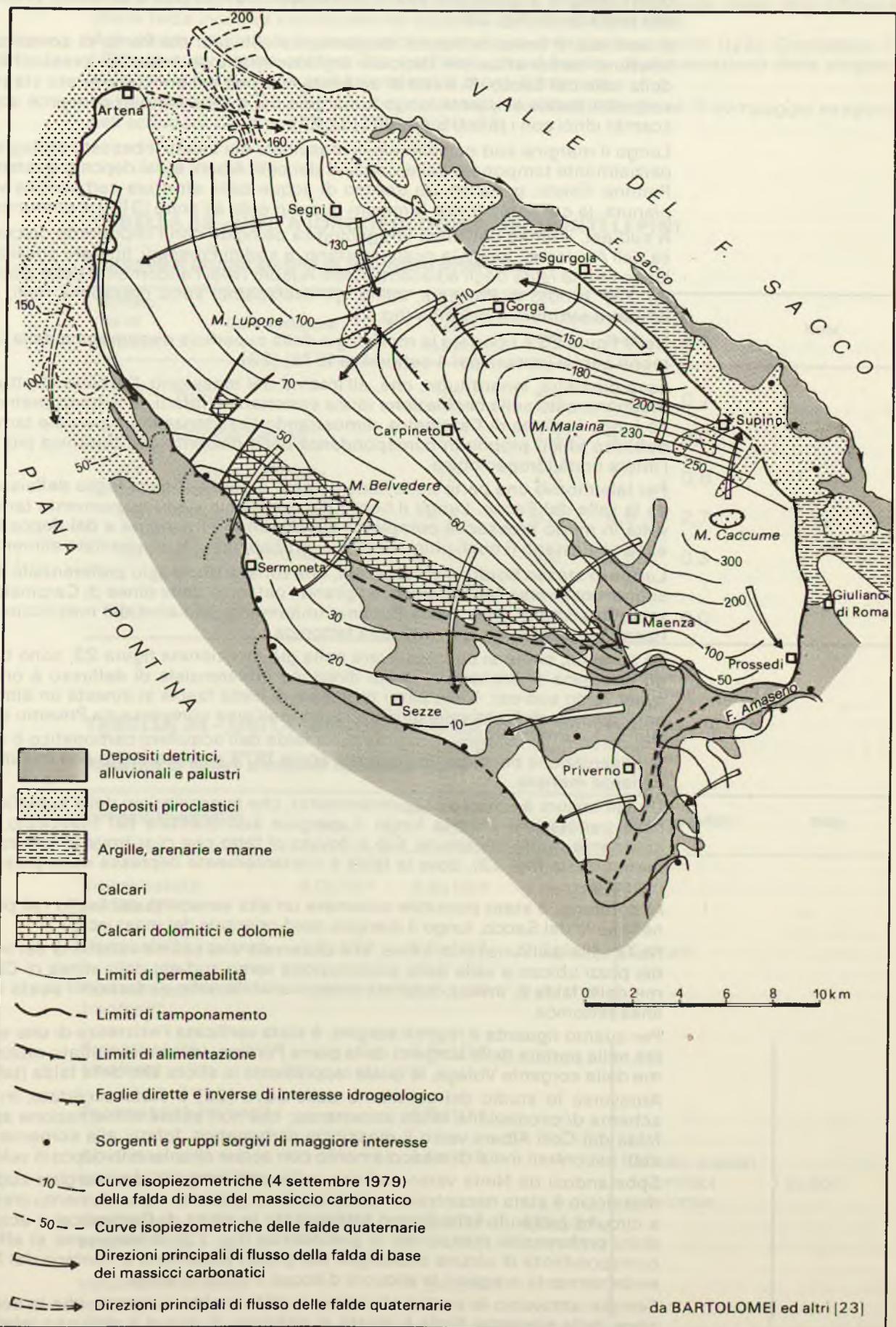
4.3. Monti Lepini

L'unità idrogeologica dei monti Lepini (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 93; 23] presenta, ai propri margini, situazioni strutturali, stratigrafiche e idrogeologiche sostanzialmente diverse da zona a zona.

Il limite nord-occidentale è marcato, in affioramento, dalle vulcaniti dei colli Albani.

Esso, nella zona di Artena-Colleferro (alta valle del Sacco), può essere considerato stagno. Infatti la falda dei depositi quaternari, tamponata alla base dal «flysch di Frosinone», defluisce verso il fiume Sacco; invece la falda del massiccio defluisce in senso opposto e con una quota piezometrica che, nei pressi di Artena, si trova almeno 130 metri più in basso della precedente (fig. 23) [23].

Figura 23 - Unità idrogeologica dei Monti Lepini.



Nella zona compresa tra Ardena e Cori, invece, possono esserci solo scambi di entità trascurabile tra falda dei calcari e falda quaternaria. Infatti, quest'ultima defluisce anch'essa quasi sempre a quota più alta e, comunque, con direzione di flusso pressoché parallela alla precedente (fig. 23).

A nord-est, il limite dell'unità idrogeologica coincide col fronte di sovrascorrimento della struttura carbonatica sui depositi argilloso-marnoso-arenacei, pressoché impermeabili, della valle del Sacco. Si tratta di un limite che può essere considerato stagno, perché l'assetto strutturale esistente lungo il margine del massiccio non consente apprezzabili interscambi idrici con i monti Simbruini [31; 84].

Lungo il margine sud-occidentale, il massiccio dei Lepini, ribassato da faglie dirette, è solo parzialmente tamponato dalle vulcaniti dei colli Albani e dai depositi quaternari della piana Pontina. Esiste, pertanto, un travaso di acque dalla struttura carbonatica verso le falde di pianura, la cui entità (circa 5 milioni di metri cubi all'anno [313]) è comunque trascurabile.

A sud-est, il limite dell'unità idrogeologica coincide con l'importante discontinuità tettonica dell'Amaseno, lungo la quale esistono, a sud di Prossedi, limitate possibilità di scambio idrico con la falda degli adiacenti monti Ausoni (vedi l'andamento delle isopiezometriche in fig. 23). A nord di Prossedi, infine, gli interscambi sono pressoché nulli, in accordo con l'assetto strutturale dell'area (fig. 2).

Nella figura 23 è riportata la morfologia della superficie piezometrica della falda di base dei monti Lepini (misura del 4 settembre 1979) [23].

Essa dimostra, innanzitutto, che, all'interno del massiccio, l'assetto strutturale influisce in modo marcato sulla circolazione idrica sotterranea. Infatti, le isopiezometriche si infittiscono lungo la «linea di Carpineto», dimostrando l'esistenza di un parziale tamponamento del deflusso idrico proprio in corrispondenza della discontinuità tettonica più importante dell'intera unità idrogeologica.

Per tale motivo una parte della falda ubicata a nord-est della faglia defluisce dapprima verso la valle del Sacco. Lungo il bordo del massiccio viene nuovamente tamponata (questa volta in modo pressoché completo) dal «flysch di Frosinone» e dai depositi piroclastici ad esso sovrastanti (i quali ultimi ricevono, probabilmente, una limitata alimentazione).

Lungo lo stesso bordo si crea, quindi, una zona di drenaggio preferenziale. Le acque defluiscono, così, verso Montelánico, aggirano l'ostacolo della «linea di Carpineto» e convergono verso le sorgenti della piana Pontina, unitamente alle altre del massiccio ed a quelle che hanno attraversato la discontinuità tettonica.

Le sorgenti, come si può osservare nella già menzionata figura 23, sono tutte ubicate lungo una zona di drenaggio, la cui direzione preferenziale di deflusso è orientata da nord-ovest verso sud-est. Nella parte terminale di detta fascia si innesta un altro dreno, ubicato nel substrato dell'alta valle dell'Amaseno (nell'area compresa tra Priverno e Maenza).

Nel corso delle indagini, il regime della falda dell'acquifero carbonatico è stato tenuto sotto osservazione per circa un anno (da aprile 1979 a marzo 1980) con misure di livello aventi cadenza mensile.

Da tali misure è emerso [23], innanzitutto, che le oscillazioni della superficie piezometrica, nelle perforazioni ubicate lungo il margine sud-orientale del massiccio, sono complessivamente molto contenute. Ciò è dovuto al fatto che ci si trova in una zona di drenaggio preferenziale (fig. 23), dove la falda è costantemente depressa dalla presenza degli sbocchi sorgivi.

Al contrario, è stato possibile osservare un'alta variabilità del livello nei piezometri ubicati nella valle del Sacco, lungo il margine nord-orientale del massiccio.

Nella valle dell'Amaseno, infine, si è osservata una scarsa variabilità dei livelli piezometrici nei pozzi ubicati a valle della prosecuzione verso sud-est della «linea di Carpineto». Il regime della falda è, invece, risultato molto variabile nelle perforazioni poste a monte di detta linea tettonica.

Per quanto riguarda il regime sorgivo, è stata verificata l'esistenza di una sostanziale stabilità nella portata delle sorgenti della piana Pontina. Invece, è risultato molto variabile il regime della sorgente Volaga, la quale rappresenta lo sfioro alto della falda (tab. 33).

Attraverso lo studio del chimismo delle acque [23] è stato accertato, in accordo con lo schema di circolazione idrica sotterranea, che non esiste alimentazione apprezzabile dalla falda dei Colli Albani verso il massiccio carbonatico. Infatti, alla sorgente Ninfa non sono stati riscontrati indizi di mescolamento con acque circolanti in depositi vulcanici.

Spostandosi da Ninfa verso sud-est, nelle altre sorgenti del margine sud-occidentale del massiccio è stata riscontrata l'esistenza di un grado di mescolamento crescente tra acque a circuito profondo (che hanno attraversato la «linea di Carpineto») e acque circolanti nei dreni preferenziali menzionati in precedenza (fig. 23). Il fenomeno si affievolisce solo in corrispondenza di alcune scaturigini dei gruppi Sardellane e Fontana del Muro, dove sono evidentemente maggiori le aliquote d'acqua a circuito breve.

Sempre attraverso le analisi chimiche, è stato inoltre accertato che la scarsa mineralizzazione della sorgente Ninfa è legata al trabocco di acque a deflusso relativamente veloce

circolanti in zone di drenaggio preferenziale (fig. 23); la marcata mineralizzazione delle altre sorgenti, in accordo con le ipotesi formulate nel corso degli studi preliminari [84], si deve invece ricondurre a meccanismi di mobilitazione di acque profonde, legati alla difficoltà che la falda incontra soprattutto nel superare la «linea di Carpineto».

Agli stessi risultati si è giunti anche tramite le indagini isotopiche ([22]; Gonfiantini in [75]), le quali hanno confermato, tra l'altro, che il bacino di alimentazione delle sorgenti della piana Pontina non può estendersi ai monti Simbruini.

Nella tabella 34 sono stati riportati, in sintesi, i risultati delle prove di pompaggio eseguite nell'acquifero dei monti Lepini [16; 144; 40; 23].

TABELLA 33 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI LEPINI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
95	Ninfa	30	4,3	2,2	0,7	
96	Gruppo Cavata	10	7,9	4,7	3,0	
97	Gruppo Cavatella	10	2,4	1,1	0,6	
98	Gruppo Sardellane	3	8,0	4,5	2,7	
99	Gruppo Fontana del Muro	4	3,0	1,6	0,3	
100	Volaga	40	0,4	0,2	0,0	

TABELLA 34 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI LEPINI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$6,0 \times 10^{-1}$	$9,6 \times 10^{-2}$	$9,0 \times 10^{-5}$	Calcarei	
Permeabilità (m/sec)	$1,2 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$9,3 \times 10^{-5}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,6 \times 10^{-2}$	$5,8 \times 10^{-3}$	$2,6 \times 10^{-5}$		
Trammissività (mq/sec)	-	$3,6 \times 10^{-2}$	-	Calcarei, calcari dolomitici e dolomie	da [93]
Permeabilità (m/sec)	-	$4,5 \times 10^{-4}$	-		
Coefficiente di immagazzinamento	-	$4,0 \times 10^{-2}$	-		
Gradiente piezometrico	$3,7 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-3}$		
Velocità della falda (m/sec)	-	$1,5 \times 10^{-4}$	-		

L'ampio campo di variabilità riscontrato nei valori della trasmissività dei calcari è da attribuire, soprattutto, all'ubicazione dei pozzi. Infatti, l'acquifero è risultato poco trasmissivo nelle zone di «spartiacque» (per esempio, nell'alta valle dell'Amaseno) e molto trasmissivo in quelle di drenaggio preferenziale.

Nella stessa tabella sono stati riportati i parametri idrodinamici medi dell'acquifero dei Lepini, calcolati in base alle misure sistematiche dei livelli di falda e delle portate sorgive [93].

La conoscenza dei suddetti parametri ha già consentito di avanzare ragionevoli ipotesi [23] circa la possibilità di sopperire almeno parzialmente (attraverso l'uso del massiccio carbonatico come serbatoio naturale di compenso) al deficit esistente, nella piana Pontina, tra disponibilità idriche e fabbisogni. Attualmente è in corso di avanzata elaborazione un apposito modello matematico.

4.3.1. Alta valle dell'Amaseno

L'alta valle dell'Amaseno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è caratterizzata da ampi affioramenti di depositi detritico-alluvionali e lacustri, i quali tamponano parzialmente la falda di base delle strutture carsiche con cui si trovano a contatto. Il substrato carbonatico sul quale poggiano detti sedimenti rappresenta, come si è già detto, lo «spartiacque sotterraneo» tra le unità idrogeologiche dei monti Lepini e Ausoni.

Se si esclude la sorgente Volaga (tab. 33), tutte le maggiori scaturigini sono ubicate in sinistra orografica del corso d'acqua e traggono alimentazione dalla struttura dei monti Ausoni. Esse rappresentano lo sfioro alto di una falda che ha recapiti preferenziali nelle piane Pontina e di Fondi.

Il regime idrologico di queste sorgenti è molto variabile [23]. A titolo di esempio, si fa presente che il coefficiente di variabilità (indice di Meinzer) di Fiumicello oscilla intorno al 200% e che quello della sorgente Capo d'Acqua d'Amaseno si mantiene su valori del 500%, contro il 55% in media delle scaturigini della piana Pontina.

Ciò si traduce in una grande disponibilità idrica nel periodo invernale ed in una scarsissima disponibilità in quello irriguo, quando la richiesta dell'utenza è maggiore.

Per ovviare a tale inconveniente e per reperire i quantitativi d'acqua necessari, soprattutto per gli usi irrigui della valle, sono state condotte apposite indagini.

Queste hanno messo in evidenza (confermando peraltro indirettamente il ruolo di «spartiacque» precedentemente menzionato) che l'acquifero carbonatico, anche nelle aree sorgive, è in generale poco trasmissivo (tab. 35) (con esclusione della zona di drenaggio preferenziale compresa tra Priverno e Maenza) [23].

È stata, pertanto, scartata la possibilità di utilizzare l'acquifero come serbatoio naturale di compenso tramite captazioni per pozzi.

Gli studi sono stati, quindi, indirizzati alla comprensione dei fenomeni [23] che consentono l'affioramento di sorgenti con portate considerevoli (tab. 33 e 36) in zone così poco trasmissive. È stato evidenziato che l'ubicazione delle principali scaturigini è legata alla presenza di canali carsici apertisi in un acquifero complessivamente non molto permeabile. Si tratta di un reticolo paleocarsico il quale, trovandosi attualmente in falda, la drena e convoglia le acque sotterranee preferenzialmente nei punti in cui la tettonica recente ha messo a giorno condotti a deflusso preferenziale (il cui andamento, nel tratto terminale, è spesso sub-verticale).

TABELLA 35 – RISULTATI DELLE PROVE DI POMPAGGIO ESEGUITE IN POZZI UBICATI NEL SUBSTRATO CARBONATICO DELL'ALTA VALLE DEL FIUME AMASENO

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$2,0 \times 10^{-3}$	$5,4 \times 10^{-4}$	$1,3 \times 10^{-4}$	Calcari	Non si è tenuto conto delle prove eseguite nei pozzi ubicati nella zona di drenaggio preferenziale compresa tra Priverno e Maenza

Attualmente, pertanto, ci si sta orientando verso un tipo di captazione diverso dall'usuale. Si prevede, infatti, di scendere sotto i livelli minimi di falda con scavi molto ampi, che allarghino possibilmente i condotti carsici nel loro tratto terminale. Nei periodi di magra, quando la falda è bassa, le acque potranno essere in ogni caso emunte.

Ciò consentirà ugualmente l'utilizzazione dell'acquifero come serbatoio naturale di compenso, perché il sovrasfruttamento nel periodo irriguo comporterà un abbassamento temporaneo del livello di falda con la conseguenza di evitare, almeno in parte, che la ricarica invernale provochi gli attuali copiosi trabocchi d'acqua nei periodi di piena.

A titolo di esempio, si cita l'esperienza fatta [23] in corrispondenza della sorgente Serrapane, ubicata a nord dell'abitato di Amaseno.

Questa scaturisce da un condotto carsico sub-verticale, dal quale le acque riescono a traboccare soltanto nel periodo di piena, mentre in magra si livellano al di sotto del piano di campagna. Le pompe, calate in magra all'interno del condotto, hanno consentito di emungere una portata di 90 litri al secondo, con 4,3 metri di abbassamento del livello piezometrico; al contrario, un pozzo perforato a qualche decina di metri di distanza (Amaseno 2, in [23]) ha dato soltanto 2 litri al secondo, con 15 metri di depressione piezometrica.

Nonostante si preveda di utilizzare l'acquifero nei termini innanzi descritti, le sorgenti dovrebbero ugualmente far traboccare parte delle loro acque nei periodi di piena.

Dette acque, secondo le previsioni, potranno essere immesse in falda lungo l'allineamento Priverno-Maenza (dove l'acquifero è molto ricettivo) per l'alimentazione artificiale della falda dei monti Lepini.

Le prove di iniezione [23] hanno consentito di accertare che in ogni pozzo possono essere immessi non meno di 80 litri al secondo. Poiché la velocità della falda è stata valutata (in quell'area) pari a circa 65 metri al giorno, è stato previsto che il 60 ÷ 70% delle portate immesse debba giungere alle sorgenti dei gruppi Sardellane e Fontana del Muro dopo circa tre mesi.

Questo dato, anche se dovrà essere affinato nell'ambito del modello matematico citato nel precedente paragrafo 4.3., è importante perché permette di affermare che l'ipotesi della rialimentazione della falda dei Lepini può trovare pratica attuazione.

Infatti, poiché l'acquifero che alimenta le sorgenti alte dell'Amaseno dovrà essere usato come serbatoio di compenso, queste ultime dovrebbero dare portate irrisorie o nulle nei primi mesi successivi al periodo irriguo. L'inizio delle operazioni di alimentazione artificiale dovrebbe, quindi, slittare in modo che le prime acque giungano alle sorgenti all'inizio della successiva stagione irrigua.

D'altro canto, bisogna pure considerare che i tempi di transito reali delle acque in falda dovrebbero essere più lunghi dei tre mesi ipotizzati in precedenza. Infatti, nel periodo irriguo, i pozzi di alimentazione saranno utilizzati per l'emungimento di acque dalla falda, con il conseguente abbassamento dell'attuale livello piezometrico in tutta l'area interessata dalla rialimentazione.

Comunque, indipendentemente dai tempi di transito, potrebbe risultare conveniente immettere in falda il maggiore quantitativo di acqua possibile. Infatti, non si deve trascurare che le acque sorgive dell'alto Amaseno sono scarsamente mineralizzate [23] e che, pertanto, la loro iniezione nella falda basale dei Lepini comporterà un miglioramento della qualità chimica delle acque alle sorgenti dei gruppi Sardellane e Fontana del Muro.

È evidente che, qualora se ne sentisse la necessità, si potrebbe alimentare artificialmente la falda anche con le acque dell'Amaseno opportunamente trattate.

Si potrebbe, infine, considerare l'opportunità di drenare, dai monti Lepini, una certa aliquota di acque poco mineralizzate direttamente dalla zona di «alto idrostrutturale» posta a nord-est della «linea di Carpineto». Tra l'altro, si avrebbe il vantaggio di diminuire la pressione piezometrica che sembra essere ([84; 23]; paragrafo 4.3.) la principale causa della mobilizzazione di acque di fondo ad alto grado di mineralizzazione.

Ovviamente, quest'ultima è un'ipotesi di lavoro che va vagliata in tutti i suoi aspetti attraverso idonee indagini.

4.4. Monti Ausoni

L'unità idrogeologica dei monti Ausoni (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 99] è costituita essenzialmente da calcari con intercalazioni di calcari dolomitici e, talora, di dolomie.

Il limite nord-occidentale coincide con la già menzionata discontinuità tettonica dell'Amaseno.

Il limite settentrionale è ancora più netto del precedente, essendo rappresentato dall'accavallamento tettonico della struttura carbonatica sulle «argille varicolori» e sui depositi argilloso-arenacei del «*flysch* di Frosinone». In questa zona, la falda del massiccio è tamponata in modo pressoché completo; essa trabocca nella zona di San Giovanni in Carico (sorgenti del gruppo Forma Casale) ed in corrispondenza della sorgente Obaco (tab. 36), dove confluiscono anche le acque di ruscellamento che si immettono nell'inghiottitoio della conca di Pastena.

TABELLA 36 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI AUSONI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
101	Gruppo Serrapane	110	0,7	0,3	0,0	
102	Gruppo Fontana degli Ammalati	90÷110	2,1	0,6	0,1	
103	Gruppo Capo d'Acqua	70÷90	5,1	0,8	0,0	
104	Gruppo Fiumicello	40	4,2	1,5	0,0	
105	Gruppo Fontana di Sopra	40	0,7	0,3	0,03	
106	Gruppo Bagnoli	20	0,5	0,2	0,0	
107	Gruppo Marutte	5	0,3	0,2	0,1	
108	Gruppo Strada Consolare	5	0,8	0,4	0,2	
109	Gruppo Feronia	2	4,8	2,9	1,6	
110	Gruppo Torre Gregoriana	0,3	0,1	-	-	Misura delle polle ubicate sul livello del mare eseguita il 2-2-78
111	Gruppo Mola Bisleti	3	3,0	0,9	0,3	
112	Gruppo Portella	5	0,6	0,2	0,04	
113	Villa San Vito	20	2,0	0,6	0,01	
114	S. Magno	20	2,3	0,4	0,02	
115	Gruppo San Giovanni e Lagurio	5	-	0,3	-	Misura dell'1-6-81
116	Gruppo Settecannelle	5	1,8	0,65	0,04	
117	Gruppo Gegni	10	0,2	0,1	0,04	
118	Obaco	120	5,0	0,3	0,0	
119	Gruppo Forma Casale	110÷170	0,2	0,1	0,02	

Ad est, tra San Giovanni in Carico e Pico, il limite dell'unità idrogeologica è marcato ancora dall'accavallamento tettonico menzionato in precedenza. A sud di Pico, invece, il limite coincide con la linea tettonica di Itri, lungo la quale si verifica l'innalzamento del Giura calcareo-dolomitico.

A sud-est, l'accavallamento tettonico di monte Vele divide l'unità in esame da quella del monte Grande, mentre lungo gli altri bordi il limite è rappresentato dai depositi quaternari delle piane Pontina e di Fondi. Tali depositi si rinvengono sovrapposti all'acquifero carbonatico ribassato per faglie. L'ubicazione dei punti di trabocco della falda di base è quasi sempre legata all'andamento plano-altimetrico del suddetto limite.

All'interno dell'unità idrogeologica non è sempre possibile distinguere bacini di alimentazione autonomi per le singole sorgenti o gruppi sorgivi. Sono, invece, presenti delle importanti discontinuità tettoniche, che regolano la circolazione idrica sotterranea, imponendo

alla falda determinate direzioni e versi di deflusso preferenziali, ovvero ostacolando e rendendo difficili gli interscambi tra aree limitrofe dello stesso massiccio.

Lungo la direttrice che va da Priverno Scalo alla piana di Vallecorsa e da qui alla Starza (a sud di Pastena) [84], la falda è ostacolata nel suo deflusso verso i quadranti meridionali, per cui trabocca in corrispondenza delle sorgenti dell'alto Amaseno (tab. 36; paragrafo 4.3.1.) e delle sorgenti della valle del Liri menzionate in precedenza.

Ovviamente, poiché le suddette scaturigini rappresentano lo sfioro alto della falda degli Ausoni, sono caratterizzate da un regime ad elevata variabilità, peraltro accentuato (come si è già avuto modo di osservare) dalla presenza di un'importante fenomenologia carsica.

La summenzionata direttrice coincide con un'importante discontinuità strutturale, che marca una divisione piuttosto netta tra l'area settentrionale del massiccio, con andamento preferenziale delle fratture appenninico, e l'area meridionale caratterizzata dalla presenza di faglie antiappenniniche, aventi spesso chiari caratteri di trascorrenza.

Detta discontinuità non ha, però, caratteristiche tali da giustificare un completo tamponamento della falda verso nord. Ne deriva che parte delle acque riescono a superare l'ostacolo ed a defluire verso i recapiti preferenziali rappresentati dalle sorgenti della piana di Fondi e del bordo orientale della piana Pontina.

Tra questi due ultimi gruppi sorgivi esiste un'importante faglia trascorrente (monte Calvo-monte Cervaro), che dovrebbe rappresentare la principale causa del deflusso preferenziale delle acque verso la piana Pontina. Anche le caratteristiche idrogeologiche di questa faglia non sono tali da giustificare un'azione di tamponamento completo sul deflusso della falda.

Riassumendo e schematizzando, si può dunque affermare che le sorgenti dei margini nord-occidentale e nord-orientale della piana di Fondi hanno un'area di alimentazione propria, rappresentata dalla porzione di massiccio carbonatico posta a sud-est delle linee tettoniche di monte Calvo-monte Cervaro e piana di Vallecorsa-La Starza. Poiché detti «spartiacque» non sono a tenuta stagna, le stesse sorgenti ricevono ulteriore alimentazione dal resto del massiccio, dove la falda si mantiene generalmente a quota più alta.

All'interno degli Ausoni esistono ancora altre direttrici tettoniche di interesse idrogeologico, tra le quali si ricorda l'importante faglia che delimita a nord-ovest la piana di Fondi e che prosegue fino alla Starza. Essa rappresenta lo «spartiacque sotterraneo» tra i «bacini» delle sorgenti del gruppo Settecannelle e la San Magno [84; 99].

Le indagini eseguite recentemente sono state finalizzate alla verifica dello schema di circolazione idrica sotterranea.

Il primo riscontro è stato effettuato con il rilievo aereo all'infrarosso termico della costa carbonatica della zona di Terracina, dove è stata evidenziata la presenza di sorgenti sottomarine [88; 99] caratterizzate da un limitato contrasto termico.

Ciò, sia pure indirettamente, ha confermato quanto esposto in precedenza, perché lo spuntone carbonatico di Terracina avrebbe dovuto rappresentare, per ovvie ragioni [84], il punto di recapito preferenziale della falda dei monti Ausoni. L'assenza di sorgenti importanti ha indicato che, in un acquifero litologicamente omogeneo, quale è quello in esame, devono effettivamente esistere delle complicazioni strutturali che consentono alle acque di defluire preferenzialmente verso le sorgenti del gruppo Feronia, ubicate nella piana Pontina ad oltre 5 chilometri di distanza da Terracina.

Analogamente è stata spiegata l'ubicazione della sorgente del gruppo Mola Bisleti (tab. 36), le cui acque vengono intercettate [84], durante il loro deflusso da nord-est verso sud-ovest, dal fascio di faglie ad andamento appenninico esistente a nord-est di Terracina.

Altre conferme circa la validità dello schema di circolazione idrica sotterranea sono venute dallo studio del chimismo delle acque [90].

Tra l'altro, è emerso che in alcune sorgenti si verificano mescolamenti con acque profonde per l'azione di sbarramento esercitata da alcune faglie poste a tergo delle stesse scaturigini.

Pure di alto interesse è risultato lo studio degli isotopi delle acque ($\delta^{18}\text{O}$, D, T) [90]. Infatti, è stato possibile avere conferma dell'ubicazione dei bacini di alimentazione di alcune sorgenti, di mescolamenti esistenti tra acque provenienti da parti diverse del massiccio, ecc. In particolare è emerso che gli eventuali travasi d'acqua dall'adiacente struttura degli Aurunci, attraverso la faglia di Itri, sono trascurabili.

L'acquisizione delle suddette conoscenze ha consentito di raggiungere il fine ultimo degli studi, rappresentato dal soddisfacimento dei fabbisogni idrici della piana di Fondi. Infatti, è stato possibile fornire tutti gli elementi necessari per la progettazione di opere di captazione della falda, atte ad utilizzare il massiccio carbonatico come serbatoio naturale di compenso. Si potrà così sopperire alla carenza d'acqua, attualmente esistente nel periodo irriguo, dovuta soprattutto all'alto indice di variabilità [99] della maggior parte delle sorgenti.

Nella progettazione delle opere suddette è stata posta particolare attenzione all'ubicazione dei pozzi di captazione [99] in modo da evitare, nei limiti del possibile, che la perturbazione indotta in falda dagli emungimenti giunga alle sorgenti prima della fine del pe-

riodo irriguo. Laddove ciò non è stato possibile, è stato valutato il presumibile calo di portata sorgiva, in modo da integrare opportunamente la potenzialità complessiva dei singoli campi-pozzi.

4.5. Monte Grande

Analogamente a quanto si è fatto per il massiccio degli Ausoni, anche l'unità di monte Grande (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 99] è stata oggetto di studi finalizzati alla soluzione dei problemi idrici della piana di Fondi.

Essa, contrariamente alla precedente, presenta in affioramento anche altri litotipi meno permeabili dei calcari, quali le dolomie basali, nonché marne calcaree, calcari marnosi e calcari con noduli di selce.

Il limite settentrionale e quello orientale di questa unità sono marcati rispettivamente dall'accavallamento tettonico di monte Vele e dalla faglia di Itri.

I limiti sud-occidentale e sud-orientale coincidono con la linea di costa, mentre lungo il margine nord-occidentale, dove affiorano le sorgenti più copiose (tab. 37), si rinvencono i depositi quaternari della piana di Fondi sovrapposti all'acquifero carbonatico ribassato da faglie dirette.

All'interno del massiccio la circolazione idrica sotterranea è condizionata dall'azione combinata della tettonica e della litologia. Si possono, infatti, distinguere direttrici molto nette, lungo le quali risultano a contatto, e variamente dislocati, blocchi carbonatici con caratteristiche litologiche e idrogeologiche diverse.

Gli sfiori della falda di base dell'unità in esame sono tutti ubicati a livello del mare, o a quote di poco superiori. Si può, pertanto, ipotizzare che all'interno del massiccio, tra i bacini sotterranei che nella tavola fuori testo sono indicati come tributari dei vari gruppi sorgivi, non debbano esistere sostanziali dislivelli piezometrici. Pertanto, si può ritenere che, nell'attuale equilibrio idrogeologico, gli interscambi idrici tra gli stessi bacini siano trascurabili.

È importante sottolineare che i blocchi carbonatici costituiti da litotipi a minore permeabilità relativa affiorano proprio lungo la fascia costiera. Essi, pertanto, facilitati anche dall'azione di parziale sbarramento esercitata dalle faglie, rendono difficili le perdite d'acqua verso il mare e facilitano il deflusso della falda verso il fronte acquifero di Vetere (tab. 37).

Il rilievo aereo all'infrarosso termico [88; 99], eseguito lungo il tratto di costa compreso tra Sperlonga e Formia, ha confermato le suddette ipotesi, perché ha consentito di individuare solo poche sorgenti a bassissimo contrasto termico.

Attraverso le analisi chimiche [90] è emerso, tra l'altro, che la sorgente Sette Acque, posta a breve distanza dal margine occidentale di monte Grande, si distingue dalle altre del gruppo Vetere per un parziale approfondimento dei circuiti. Ciò sembra verificarsi in corrispondenza della faglia che la separa dal massiccio.

Anche nel caso in esame le indagini isotopiche [90] hanno sostanzialmente confermato la validità dello schema di circolazione idrica sotterranea proposto.

4.6. Monti Aurunci occidentali

L'unità idrogeologica dei monti Aurunci occidentali (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] coincide con la struttura carbonatica posta ad est della faglia di Itri e con i blocchi di monte Leucio e

TABELLA 37 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE GRANDE

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
120	Gruppo Vetere	5	2,4	1,1	0,4	
121	Gruppo Lago San Puoto	1	0,8	0,4	0,15	
122	Gruppo Angoli	1	0,5	0,3	0,2	
123	Gruppo Sant'Agostino	5	0,2	0,05	0,01	
124	Gruppo Santa Maria di Conca	1	0,3	0,2	0,1	

TABELLA 38 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI AURUNCI OCCIDENTALI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
125	Mazzoccolo	15	1,5	0,6	0,1	
126	Capo d'Acqua di Spigno	60	4,2	1,2	0,4	
127	Gruppo Caldaia	80	2,8	0,45	0,0	
128	Gruppo Le Bocche	70	4,6	1,2	0,1	

monte d'Oro, il quale ultimo versa le proprie acque sotterranee direttamente nel fiume Liri, attraverso la stretta fascia alluvionale che lo divide da esso.

I limiti settentrionale e orientale dell'unità sono marcati dall'accavallamento tettonico del massiccio sui sedimenti argilloso-marnoso-arenacei delle valli del Liri e dell'Ausente. A sud, invece, il contatto tra la struttura carbonatica e i depositi terrigeni avviene per faglia diretta.

Lungo lo stesso margine meridionale il massiccio viene a contatto con sedimenti molto permeabili, costituiti da puddinghe plioceniche e da depositi detritico-alluvionali piuttosto grossolani.

All'interno dell'unità è possibile distinguere più «bacini» idrogeologici, i cui limiti coincidono con importanti direttrici tettoniche, le quali portano in affioramento il Giura calcareo-dolomitico.

La falda dell'area settentrionale (tav. f.t.) alimenta le sorgenti Caldaia e Le Bocche e viene in parte drenata dalle alluvioni della Forma Quesa (affluente del Liri). Si tratta di sorgenti dal regime molto variabile, la cui portata media complessiva è maggiore di 1,6 metri cubi al secondo (tab. 38).

Le acque dell'area sud-orientale hanno il proprio punto di recapito preferenziale nella sorgente Capo d'Acqua di Spigno, la quale nasce alla base di uno stretto «colletto impermeabile».

La falda dell'area sud-occidentale, infine, converge verso il gruppo sorgivo Mazzoccolo, le cui scaturigini vengono a giorno nella già menzionata coltre plio-quadernaria. Attraverso la stessa coltre, gran parte della potenzialità della struttura giunge a mare nell'area compresa tra Vendicio e la periferia orientale di Formia.

Con il rilievo aereo all'infrarosso termico, eseguito lungo il suddetto tratto di costa (fig. 24), è stata in effetti segnalata l'esistenza di un'importante anomalia termica associabile solo in parte a fenomeni di inquinamento [88].

Tramite le analisi chimiche non sono state riscontrate differenze sostanziali nella composizione delle sorgenti precedentemente menzionate.

Le analisi isotopiche, eseguite nel periodo marzo 1979-marzo 1980, indicano le acque della sorgente Capo d'Acqua di Spigno come le più vecchie (22 U.T., in media). I circuiti di Mazzoccolo e Le Bocche, invece, sono complessivamente più veloci (30 U.T., in media). Probabilmente ciò è legato ad una maggiore presenza, nel «bacino» di alimentazione di Capo d'Acqua, di rocce dolomitiche poco trasmissive.

Per quanto concerne i valori del $\delta^{18}O$, utilizzando il gradiente calcolato da Gonfiantini in [75] (-5,8 metri s.l.m.; -0,15‰ ogni 100 metri di altitudine), si trovano le seguenti quote medie di infiltrazione delle acque: Le Bocche ($\delta^{18}O = -6,9$ in media) = circa 700 metri; Capo d'Acqua di Spigno ($\delta^{18}O = -7,2$ in media) = circa 900 metri; Mazzoccolo ($\delta^{18}O = -7,1$ in media) = circa 800 metri. Detti valori sono sostanzialmente in accordo con le quote medie dei rispettivi bacini di alimentazione (tav. f.t.).

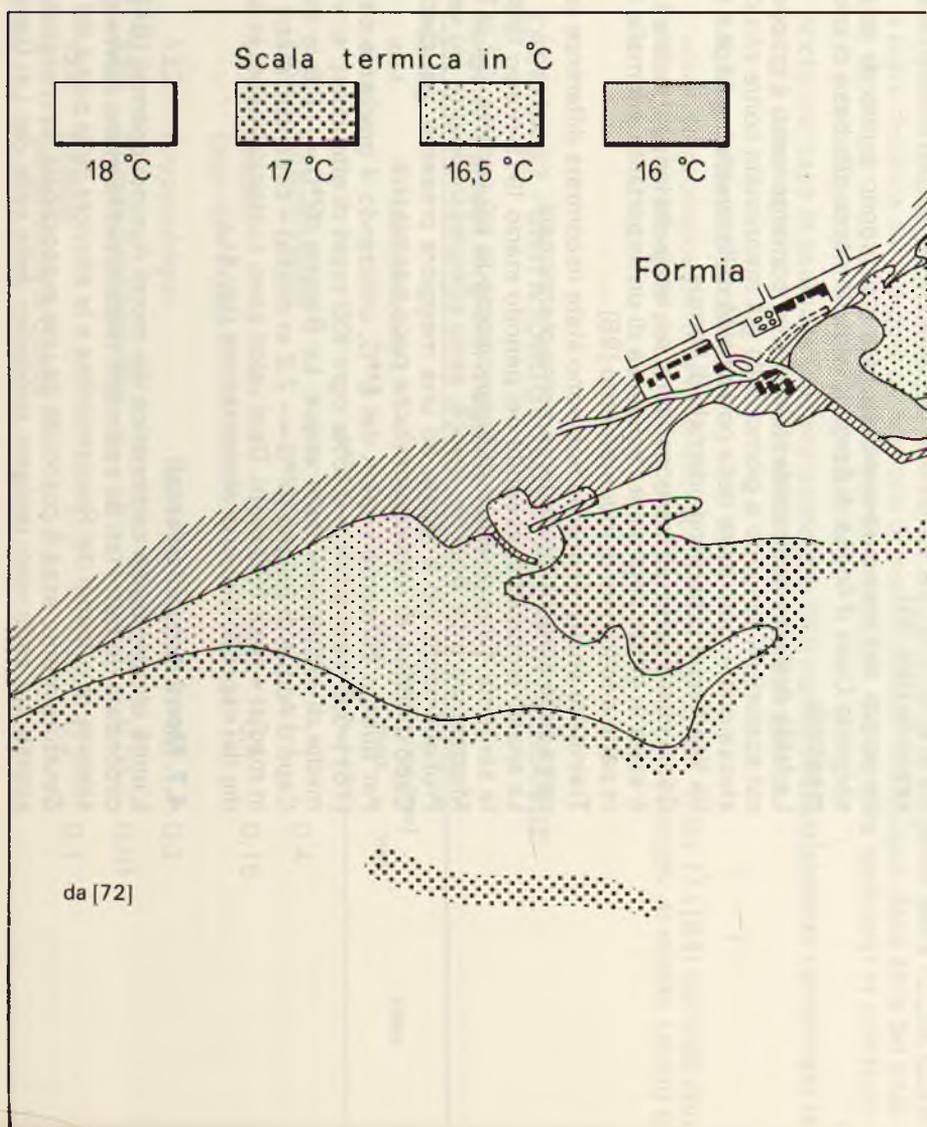
4.7. Monti Aurunci orientali

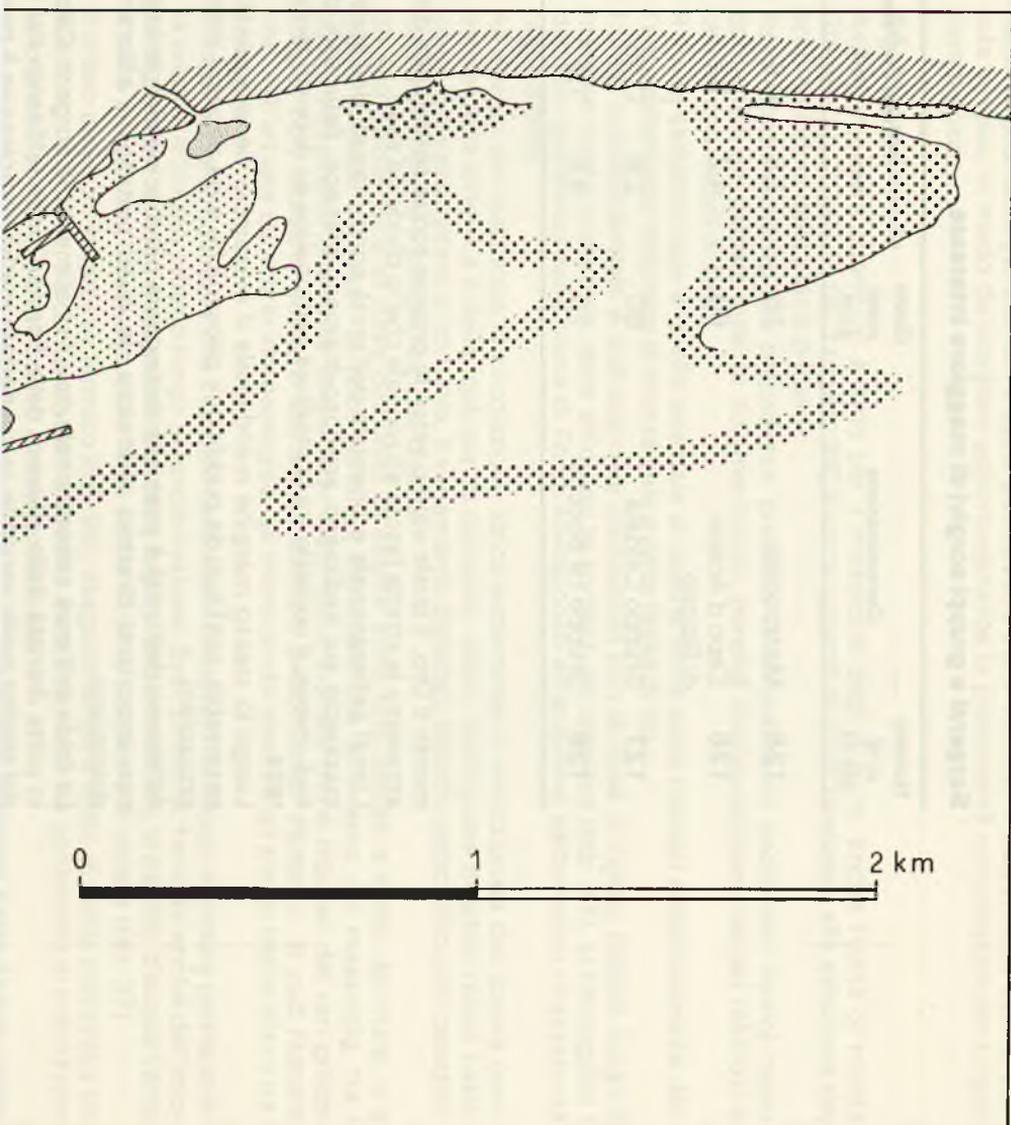
L'unità idrogeologica carbonatica dei monti Aurunci orientali [84] (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è circondata da tutti i lati da sedimenti relativamente meno permeabili quali il «flysch di Frosinone», le vulcaniti del Roccamonfina e le alluvioni della piana del Garigliano.

Strutturalmente essa è costituita da una monoclinale, immergente verso sud-ovest, sovrascorsa sui sedimenti terrigeni miocenici della valle del Liri-Garigliano. L'accavallamento

Figura 24 - Carta delle isoterme della zona di Formia.

94





tettonico, molto ben visibile nei pressi di San Giorgio a Liri (lungo la strada per Formia [84]), è stato recentemente confermato dai risultati di alcune perforazioni eseguite, nella stessa zona, per ricerche idriche.

Dall'intera unità si può considerare idrogeologicamente isolata la dorsale di monte Paolino, la cui falda di base alimenta le alluvioni del Liri dove, peraltro, la piezometrica affiora in una piccola depressione della piana.

Il fenomeno si ripete in proporzioni maggiori in corrispondenza della sorgente Lago di San Giorgio (tab. 39), dove affiora la piezometrica della falda alluvionale, la quale riceve alimentazione preferenzialmente dalla monoclinale di monte Maio [84].

Di ciò si è avuta conferma dai risultati delle analisi isotopiche eseguite, anche in questo caso, nel periodo marzo 1979-marzo 1980.

Infatti il valore del $\delta^{18}O$ (- 7,0, in media) indica un bacino di alimentazione ad una quota di poco superiore ai 700 metri di altitudine, mentre il contenuto naturale in tritio (25 U.T.) indica l'esistenza di un circuito più lento di quello riscontrato nelle sorgenti della vicina Forma Quesa (paragrafo 4.6.).

In considerazione dell'assetto strutturale del massiccio e dell'andamento della «cintura impermeabile», le acque defluiscono dalla struttura carbonatica verso la piana con orientamento sud-est - nord-ovest.

Nella coltre alluvionale sono, poi, intercettate da un paleoalveo del Liri (probabilmente ubicato sulla congiungente i due grandi meandri posti ad est e ad ovest dell'abitato di San Giorgio), la cui presenza è stata recentemente confermata dai risultati di alcune perforazioni appositamente programmate.

Infine, defluiscono da ovest verso est senza subire mescolamenti apprezzabili con la falda di pianura.

Il bacino di alimentazione, all'interno del massiccio, è delimitato dalla faglia Vallemaio-San Lorenzo, ad est, e dalla faglia coincidente col versante meridionale di monte Pennino, a sud.

La rimanente parte di massiccio distribuisce le acque della falda di base lungo il fronte acquifero che dalla sorgente Mola Salomone giunge fino a Suio; esistono perdite consistenti in alveo e nelle alluvioni del Garigliano.

Sia le acque del bordo orientale di detto fronte, sia quelle del bordo meridionale si riscaldano gradualmente man mano che ci si avvicina all'edificio vulcanico del Roccamonfina.

4.8. Monti di Venafro

L'unità idrogeologica dei monti di Venafro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) cade in territorio laziale soltanto nella sua parte centro-occidentale.

La falda di base di tale area defluisce in parte verso le sorgenti di Venafro (Molise) ed in parte verso le sorgenti del Peccia (Campania). Soltanto quella della fascia dolomitica affiorante lungo il margine nord-occidentale del massiccio alimenta sorgenti ubicate nel Lazio (gruppo rio Secco e gruppo fiume Rapido).

Dello schema idrogeologico relativo alla suddetta unità carbonatica si parlerà nel capitolo dedicato all'idrogeologia della regione Molise.

TABELLA 39 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI AURUNCI ORIENTALI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
129	Lago San Giorgio	40	1,2	0,7	0,4	
130	Mola Salomone	10	0,7	0,3	0,2	
131	Caselle	10	0,3	-	-	Misura delle polle ubicate sopra il livello del fiume Garigliano eseguita il 21-2-1978
132	Gruppo Suio	10	1,8	0,9	0,1	

LE PIANE INTERNE

4.9. Piana di Rieti

L'unità idrogeologica della piana di Rieti, posta nella zona di confluenza dei fiumi Velino, Salto e Turano, è stata già oggetto di uno studio di dettaglio [271] dal quale sono stati tratti gli elementi riportati nella figura 25.

L'acquifero è costituito essenzialmente da travertini e da depositi fluvio-lacustri recenti, a litologia prevalentemente argillo-sabbiosa.

Ai margini affiorano litotipi argilloso-sabbioso-conglomeratici plio-pleistocenici (anch'essi di origine lacustre) e le formazioni carbonatiche calcareo-marnose e marnose della serie umbra (Trias-Miocene).

Ai bordi della piana affiorano sorgenti importanti, alimentate dai massicci carbonatici, tra le quali si ricordano quelle di Santa Susanna, la cui portata è di circa 5 metri cubi al secondo.

Dalle isopiezometriche riportate nella figura 25 si può osservare che il fiume Velino alimenta la falda quaternaria per quasi tutto il suo percorso nella piana.

In destra orografica le acque convergono verso il lago di Ripa Sottile ed il lago Lungo.

In sinistra orografica le acque vengono, invece, convogliate verso una zona di drenaggio preferenziale molto evidente, nella quale confluiscono anche quelle provenienti dal fiume Turano. La falda è poi drenata dal canale Maraone e, nella zona di Repasto, direttamente dal Velino.

Un'ulteriore alimentazione proviene dalle fasce detritiche pedemontane e dai conglomerati plio-pleistocenici.

La pendenza piezometrica media è circa lo 0,25% con punte massime e minime rispettivamente dello 0,4% e dello 0,1%.

4.10. Valle del Sacco

Col nome di unità idrogeologica della valle del Sacco è stata indicata l'area compresa tra Valmontone e Frosinone, limitata a nord-est ed a sud-ovest rispettivamente dai monti Simbruini-Ernici e dai monti Lepini (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.).

Essa è stata oggetto di uno studio di dettaglio [69] dal quale sono stati tratti gli elementi riportati nella figura 26.

L'acquifero è costituito prevalentemente da tufi e piroclastiti sciolte nella zona nord-occidentale mentre, nell'area sud-orientale, prevalgono i travertini e le alluvioni (tav. f.t.).

Lungo il corso del fiume Sacco, ad est di Sgurgola, affiora una piccola struttura carbonatica, la quale è strutturalmente e idrogeologicamente isolata da entrambi i massicci affioranti ai margini della valle. Di ciò si è avuta conferma anche dai risultati delle analisi isotopiche [75]; infatti, è stato accertato che le acque di falda sono strettamente legate all'alimentazione locale perché i valori del $\delta^{18}O$ (-6,2/-6,6) corrispondono a quelli dei pozzi della piana (-6,4).

La placca di travertini affiorante a sud di Ferentino è parzialmente alimentata dal massiccio carbonatico di monte Radicino con acque sulfuree provenienti dalla circolazione idrica di base del retrostante massiccio dei Simbruini-Ernici.

A nord-ovest di Ferentino, staccati dai sedimenti terrigeni che fungono da «impermeabile» di fondo all'intera unità idrogeologica, affiorano i travertini della conca di Tufano, i quali vengono anch'essi alimentati lateralmente dal massiccio carbonatico.

In entrambi i casi, proprio grazie alla suddetta alimentazione, lungo il margine meridionale degli affioramenti travertinosi scaturiscono sorgenti di un certo interesse (tav. f.t.; tab. 31).

Spostandosi ancora verso nord-ovest è visibile un'altra placca di travertini, la quale testimonia uno spostamento, parziale o totale, del punto di recapito delle acque che oggi alimentano la sorgente Tufano.

In tutta l'area posta ad ovest di Tufano si possono distinguere due falde, tra loro idraulicamente interconnesse, delle quali è stata ricostruita la morfologia della superficie piezometrica in base alle misure del febbraio 1977 [69].

Nella figura 26 è riportato l'andamento piezometrico della falda inferiore la quale, oltre che dal già menzionato massiccio dei Simbruini-Ernici, è alimentata lateralmente dai colli Albani.

Essa presenta zone di intenso sfruttamento. La principale è quella ubicata nei pressi di Colleferro dove il livello idrodinamico si trova circa 50 metri al di sotto della quota dell'alveo del fiume Sacco.

Nella stessa zona la falda superficiale ha un andamento che si adatta alla morfologia dei luoghi.

Nei travertini di Tufano, invece, la falda si può considerare unica. Oltre che dal fiume Sacco, essa è drenata dall'alveo del fosso Tufano.

Figura 25 - Unità idrogeologica della Piana di Rieti.

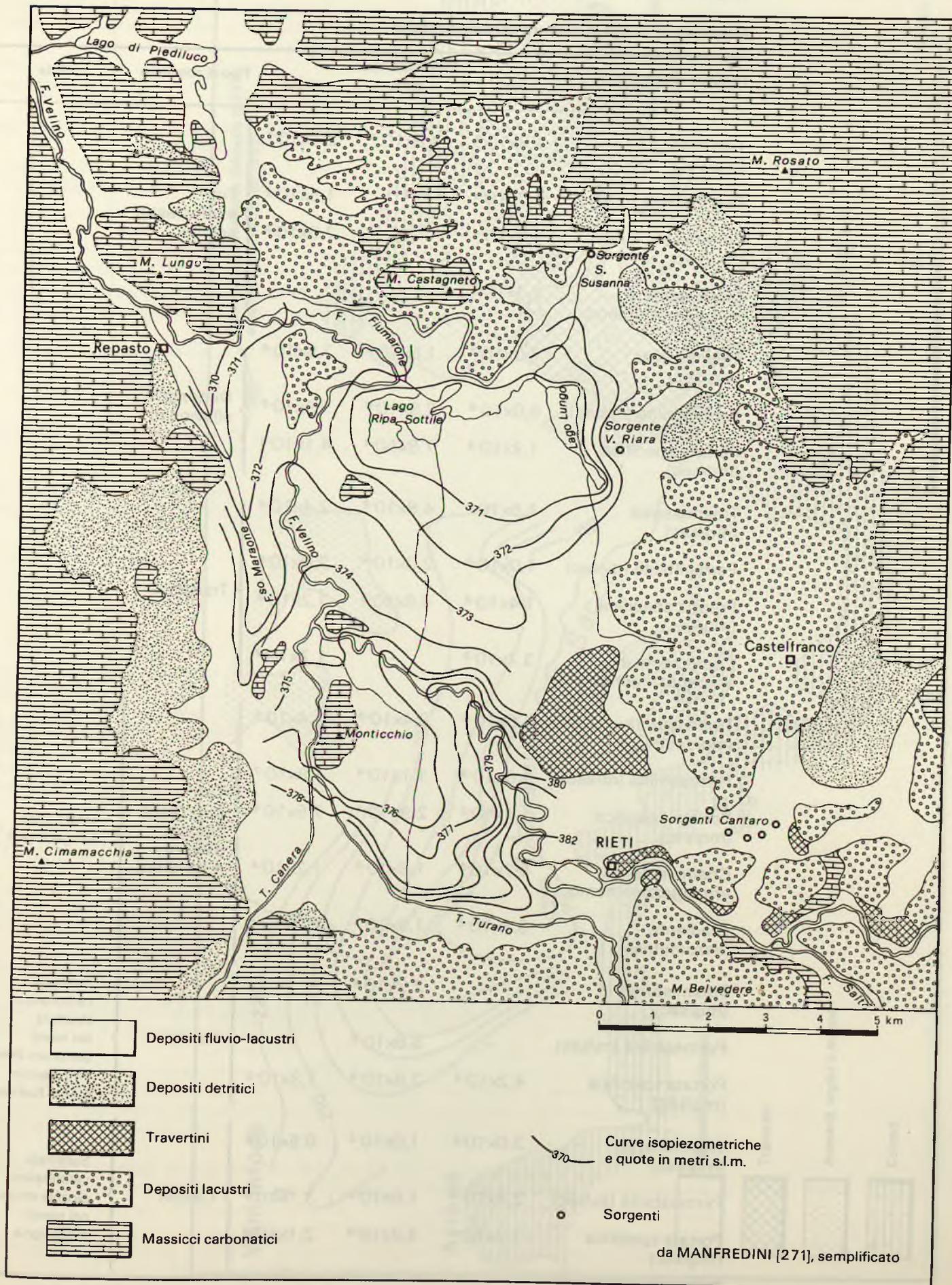
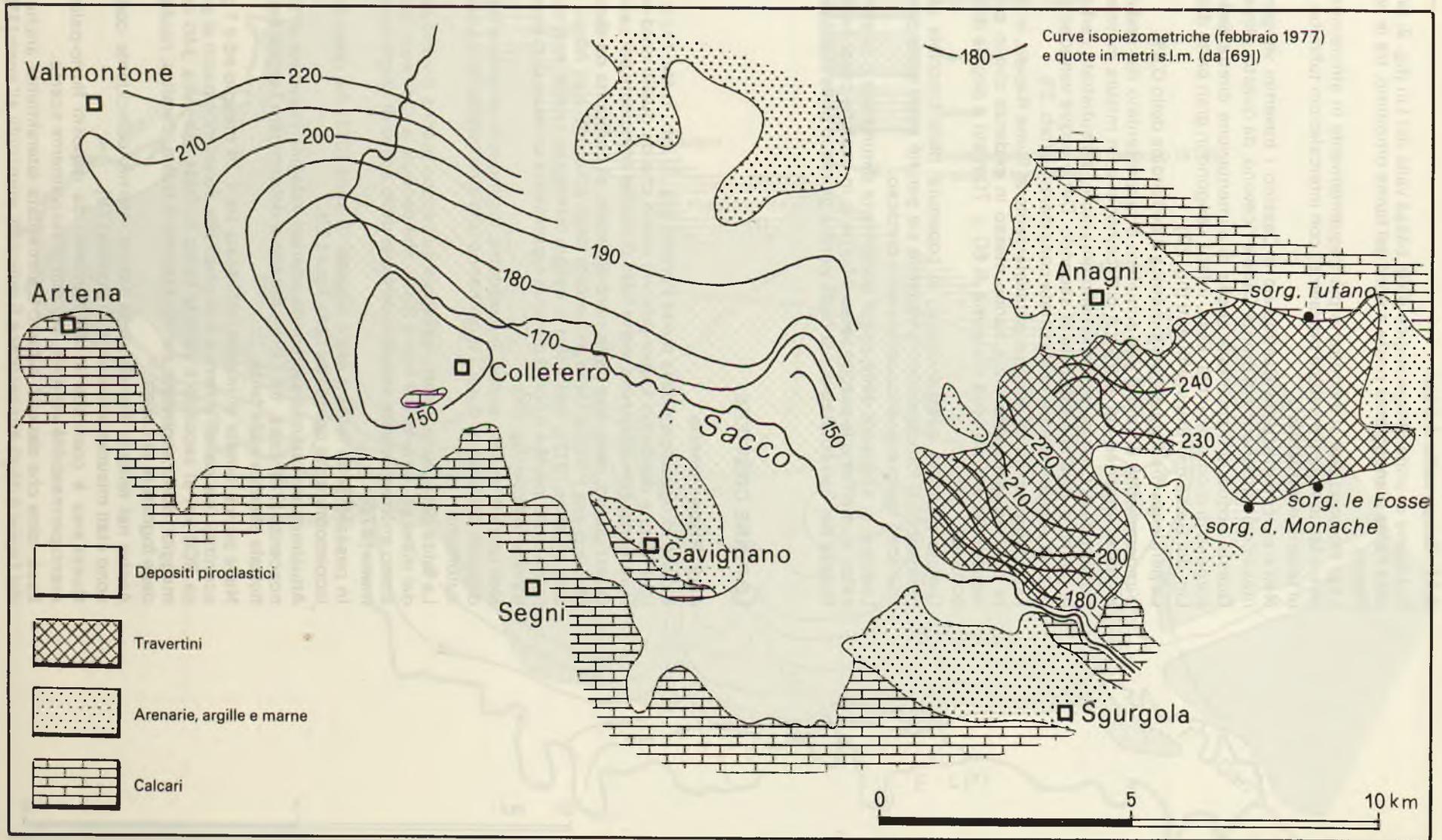


TABELLA 40 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA VALLE DEL FIUME SACCO
Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$1,8 \times 10^{-3}$	$4,9 \times 10^{-4}$	$2,4 \times 10^{-5}$	Tufi e piroclastiti sciolte	
Permeabilità (m/sec)	$1,7 \times 10^{-6}$	–	$1,5 \times 10^{-6}$		
Portata specifica (mq/sec)	$2,0 \times 10^{-4}$	–	$7,5 \times 10^{-5}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$1,7 \times 10^{-2}$	–	–		
Trammissività (mq/sec)	$7,0 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	$7,9 \times 10^{-5}$	Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$6,0 \times 10^{-6}$	$2,9 \times 10^{-6}$	$1,9 \times 10^{-7}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,2 \times 10^{-3}$	$7,8 \times 10^{-4}$	$4,1 \times 10^{-4}$		
Trammissività (mq/sec)	$1,5 \times 10^{-2}$	$4,9 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-3}$	Travertini	
Permeabilità (m/sec)	$1,0 \times 10^{-3}$	$2,0 \times 10^{-4}$	$3,0 \times 10^{-6}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,4 \times 10^{-2}$	$4,8 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$3,7 \times 10^{-2}$	–	$1,2 \times 10^{-4}$		
Trammissività (mq/sec)	$1,5 \times 10^{-2}$	$2,4 \times 10^{-3}$	$2,4 \times 10^{-5}$	Tufi, piroclastiti sciolte, alluvioni e travertini	Intera unità idrogeologica
Permeabilità (m/sec)	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-4}$	$1,9 \times 10^{-7}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,4 \times 10^{-2}$	$2,9 \times 10^{-3}$	$7,5 \times 10^{-5}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$3,7 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,2 \times 10^{-4}$		
Gradiente piezometrico	$3,3 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$		
Trammissività (mq/sec)	–	$2,3 \times 10^{-3}$	–	Calcari	Substrato carbonatico: struttura dei monti Simbruini-Ernici, tra Tufano e monte Radicino
Permeabilità (m/sec)	–	$5,8 \times 10^{-5}$	–		
Portata specifica (mq/sec)	$4,2 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$		
Trammissività (mq/sec)	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$6,5 \times 10^{-5}$	Calcari	Substrato carbonatico: piccola struttura nei pressi di Sgurgola
Permeabilità (m/sec)	$2,4 \times 10^{-5}$	$1,5 \times 10^{-5}$	$3,1 \times 10^{-6}$		
Portata specifica (mq/sec)	$7,2 \times 10^{-4}$	$4,9 \times 10^{-4}$	$2,1 \times 10^{-4}$		

Figura 26 - Unità idrogeologica della Valle del Fiume Sacco.



4.11. Bassa valle del Liri

Col nome di unità idrogeologica della bassa valle del Liri (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è stata indicata l'area pianeggiante posta a nord del fiume omonimo, tra le confluenze del Melfa e del Peccia.

I tipi litologici che si incontrano più frequentemente in affioramento sono costituiti da depositi lacustri (limi e sabbie prevalenti) con intercalazioni tufitiche, da travertini e da alluvioni recenti e terrazzate.

Nell'area compresa tra Castrocielo e Cassino i travertini vengono a diretto contatto col massiccio carbonatico di monte Cairo e ricevono, da questo, alimentazione.

Queste acque, unitamente a quelle di alimentazione diretta della piana, danno origine a sorgenti di modesta entità. Esse, infatti, vengono in gran parte drenate in modo diffuso dal Liri, dai Gari e dai relativi affluenti (fig. 27).

La pendenza media della piezometrica è dell'ordine dello 0,4%.

L'impermeabile di fondo dell'acquifero è rappresentato dai sedimenti argilloso-marnoso-arenacei appartenenti al «*flysch* di Frosinone» e, in misura minore, dalle «argille varicolori».

Nella zona di Cassino esiste un'alimentazione, dal substrato carbonatico verso la falda della piana, di diversi metri cubi al secondo. Dette acque vengono subito drenate dai Gari, il quale subisce incrementi di portata considerevoli (tab. 31).

I sondaggi ed i pozzi eseguiti parallelamente al fiume Rapido, in prossimità della confluenza col Gari (paragrafo 4.2.), hanno messo in evidenza che in quella zona la coltre fluvio-lacustre ha una potenza massima di 60 ÷ 70 metri e poggia direttamente sulla serie carbonatica.

Questa presenta quasi ovunque, in copertura, delle breccie calcaree mioceniche poco permeabili. Il loro spessore è variabile sia perché sono state parzialmente erose, sia perché sono trasgressive sul sottostante cretaceo.

Laddove lo spessore della coltre quaternaria diminuisce o si annulla ed il substrato si innalza, aumentano le perdite verso il fiume e, in qualche caso, (vedi subito a valle della confluenza del Gari col Rapido) la falda viene a giorno in polle copiose e concentrate.

LE PIANE COSTIERE

4.12. Piana Pontina

L'unità idrogeologica della piana Pontina (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è ben definita da tutti i lati (dal mare e dai monti Lepini-Ausoni) meno che da quello nord-occidentale, dove il limite, puramente convenzionale, viene fatto di norma coincidere col canale delle Acque Alte.

Quest'ultimo, nella sua parte nord-orientale, si comporta da «limite di alimentazione» perché la piana Pontina viene alimentata dagli adiacenti colli Albani (circa 25 milioni di metri cubi all'anno [313]). Nel tratto di canale terminale, invece, non esistono travasi dall'una all'altra unità perché il corso d'acqua rappresenta un asse di drenaggio preferenziale per entrambe le falde (fig. 28).

Nell'unità in esame si può, innanzitutto, distinguere un'ampia fascia costiera costituita da depositi sabbiosi di duna, i quali hanno una circolazione idrica che può essere considerata autonoma.

La falda delle dune, infatti, galleggia sull'acqua marina e viene drenata in parte dai laghi e dal mare ed in parte dal fiume Sisto, che delimita a sud-ovest la depressione Pontina. Esistono anche modeste sorgenti derivanti dallo scavo di lunghi cunicoli drenanti di epoca romana [272].

In passato detta falda è stata oggetto di studi [313] dai quali è stata tratta la carta delle isopiezometriche riprodotta nella figura 28.

Attualmente si stanno svolgendo ulteriori indagini finalizzate all'approfondimento delle conoscenze [79]. Esse, tra l'altro, mirano a determinare l'entità del drenaggio che il reticolo fluviale esercita sulla falda.

Nella prima tornata di misure, effettuata tra il 26 maggio ed il 1 giugno 1981, sono stati riscontrati (nei canali interni e marginali alle dune) incrementi di portata per un totale di circa 800 litri al secondo e perdite verso la falda per circa 340 litri al secondo. Le perdite maggiori sono segnalate sul rio Martino il quale, peraltro, risulta inquinato dagli scarichi delle fognature di Latina.

Anche nel reticolo fluviale della fascia interna, coincidente con la depressione Pontina, sono stati misurati incrementi di portata [79].

Quest'area è costituita in affioramento da depositi fluvio-palustri (argille, limi, sabbie) aventi permeabilità variabile, ma complessivamente scarsa.

Essa, oltre che dai colli Albani, è alimentata lateralmente anche dai massicci carbonatici dei Lepini e degli Ausoni (circa 5 milioni di metri cubi all'anno [313]).

Figura 27 - Unità idrogeologica della Bassa Valle del Fiume Liri.

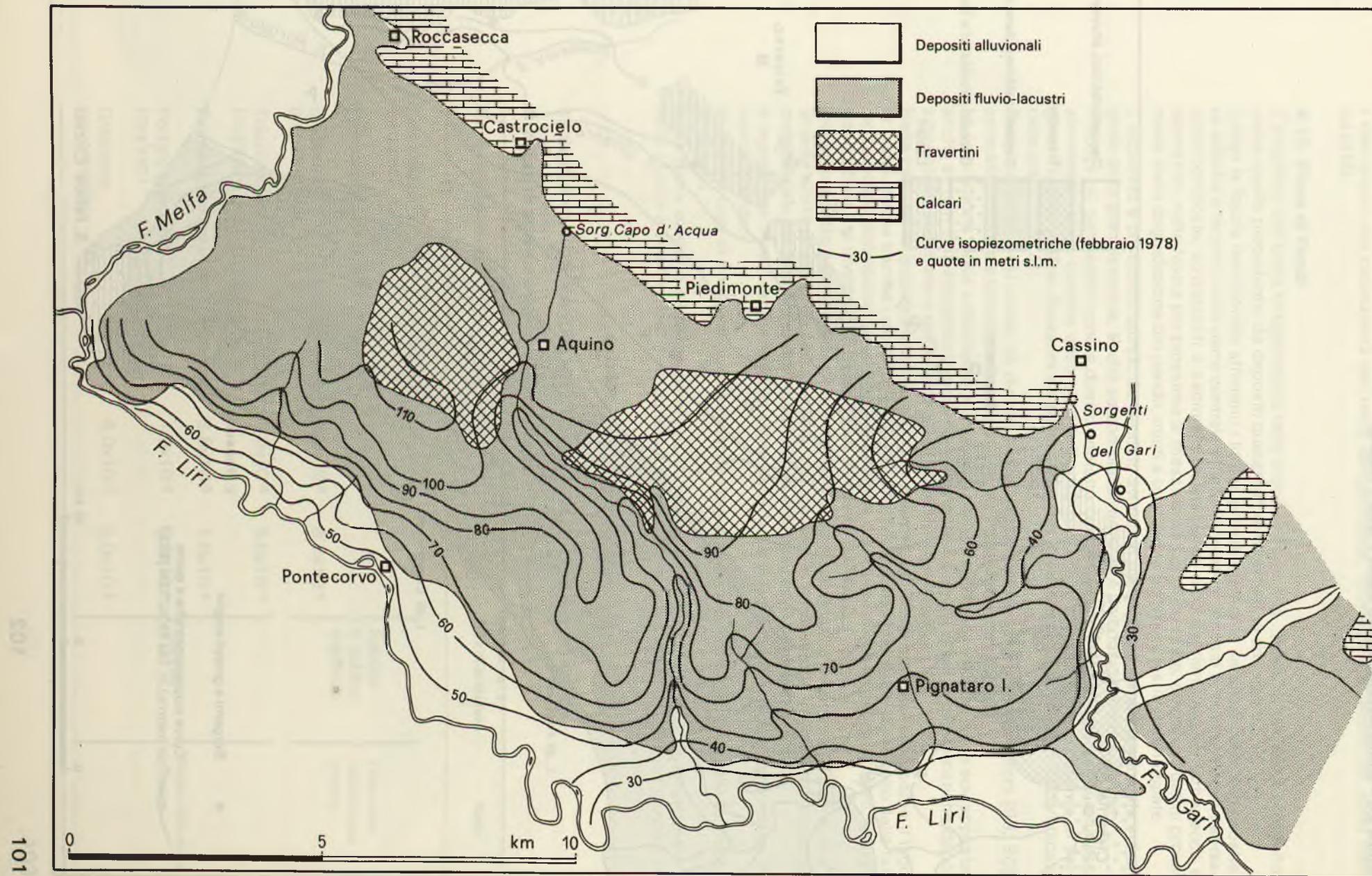
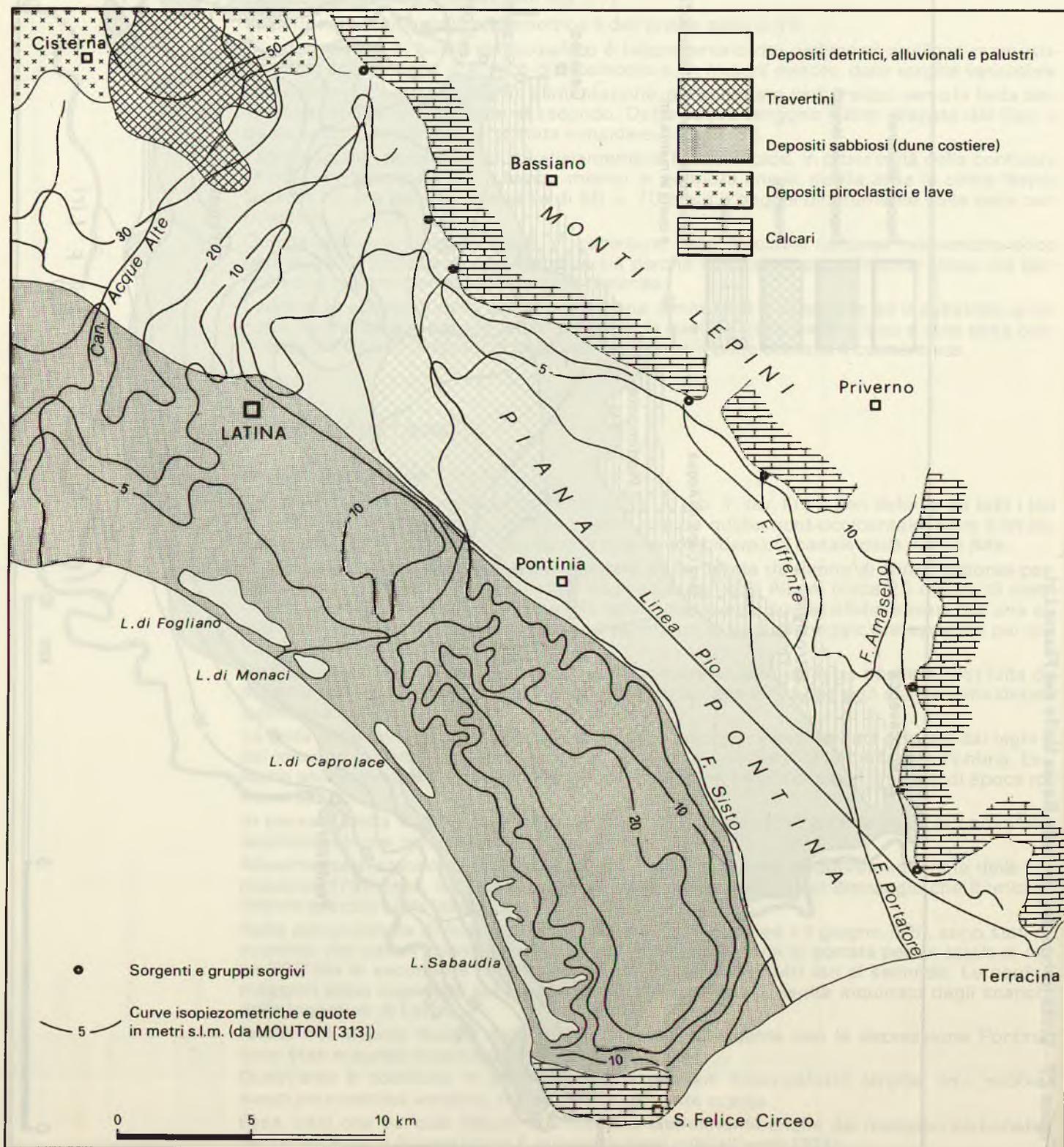


Figura 28 - Unità idrogeologica della Piana Pontina.



I dati relativi ai parametri idrodinamici dell'acquifero sono riportati nella tabella 41. I dati relativi alla potenzialità dell'unità idrogeologica, riportati nella tabella 88, sono tratti da [313].

4.13. Piana di Fondi

L'acquifero dell'unità idrogeologica della piana di Fondi (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituito, come quello precedente, da depositi quaternari di varia natura ed origine.

Lungo la fascia meridionale affiorano i litotipi prevalentemente sabbiosi delle dune costiere antiche e recenti; nella parte centrale affiorano invece i depositi di colmata delle depressioni bonificate, sovrastanti a sedimenti di ambiente palustre (limi, argille, torbe, ecc.) e salmastro; nella fascia più prossima ai massicci carbonatici, infine, affiorano i detriti provenienti dalla degradazione dei pendii, misti a terra rossa ed a piroclastiti rimaneggiate.

L'acquifero è costituito, quindi, da depositi aventi un grado di permeabilità variabile in funzione della granulometria, anche se complessivamente è da considerare non elevato.

I litotipi più permeabili sono a diretto contatto coi massicci carbonatici e traggono da essi alimentazione. In qualche caso questa è cospicua, così come dimostra l'esistenza di sorgenti importanti (San Giovanni e Lagurio: 290 litri al secondo a fine maggio 1981) ubicate nella piana (tab. 36).

Dette sorgenti, così come ha dimostrato lo studio del massiccio degli Ausoni [99; 90], sono alimentate sia lateralmente che attraverso il substrato carbonatico.

La circolazione idrica sotterranea, come nella piana Pontina, avviene per falde sovrapposte, anche se non è obiettivamente possibile distinguerle tra loro, e per le caratteristiche deposizionali dei sedimenti e per l'esistenza di flussi di «drenanza».

Nella carta delle isopiezometriche, riportata nella figura 29, si può osservare come il lago di Fondi, anche tramite i canali affluenti, rappresenti il punto principale di recapito della falda. Le acque defluiscono poi verso mare tramite due canali emissari nei quali, però, le direzioni di flusso si invertono in coincidenza con l'alta marea.

Anche in questo caso la falda delle dune può essere considerata autonoma al pari di quella della costa pontina. Le acque, infatti, defluiscono in parte verso l'interno (con recapito preferenziale nel lago di Fondi e relativi canali emissari) ed in parte verso mare.

Il lago di San Puoto rappresenta lo sfioro della falda di base del massiccio carbonatico di monte Grande.

Anche nel lago di Fondi vengono segnalate sorgenti subacquee, alimentate dalla falda degli Ausoni.

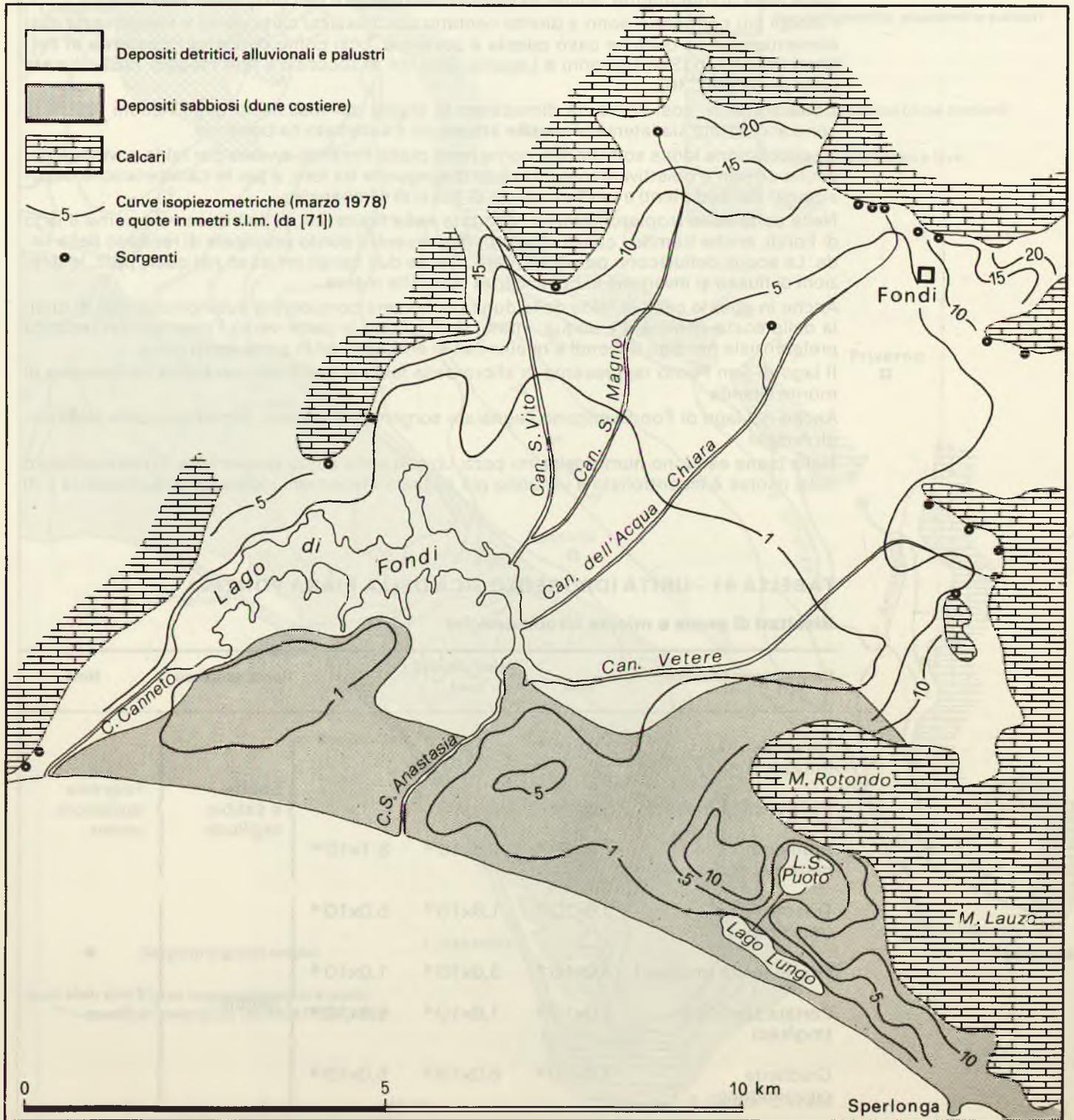
Nella piana esistono numerosissimi pozzi ubicati nella coltre quaternaria. Lo sfruttamento delle risorse è incontrollato e vengono già segnalati fenomeni localizzati di subsidenza e di

TABELLA 41 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA PONTINA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$1,0 \times 10^{-3}$	—	—	Sabbie e sabbie argillose	Falda della depressione pontina
Permeabilità (m/sec)	$5,0 \times 10^{-6}$	—	—		
Gradiente piezometrico	$2,9 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$8,1 \times 10^{-4}$		
Trammissività (mq/sec)	$3,6 \times 10^{-3}$	$1,8 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	Sabbie	Falda della duna costiera
Permeabilità (mq/sec)	$7,0 \times 10^{-5}$	$3,6 \times 10^{-5}$	$1,0 \times 10^{-5}$		
Portata specifica (mq/sec)	$3,0 \times 10^{-3}$	$1,6 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-4}$		
Gradiente piezometrico	$7,0 \times 10^{-3}$	$6,0 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-3}$		

Figura 29 - Unità idrogeologica della Piana di Fondi.



ingressione marina. Quest'ultima è chiaramente facilitata anche dalla presenza del lago di Fondi.

Il problema è stato affrontato studiando la possibilità di diminuire le utenze della falda di pianura, incrementando parallelamente i prelievi dai massicci carbonatici limitrofi (paragrafi 4.4. e 4.5.). I risultati delle prove di pompaggio eseguite sui pozzi perforati nel substrato carbonatico della piana sono riportati nella tabella 42.

4.14. Piana del Garigliano

L'unità idrogeologica della piana del Garigliano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è attraversata dal fiume omonimo, il quale rappresenta il confine tra il Lazio e la Campania.

La parte posta in destra orografica del corso d'acqua, ubicata nel Lazio, è quella che dal punto di vista idrogeologico si presenta meno interessante.

Infatti, essendo delimitata a nord dai depositi torbiditici «impermeabili» della valle dell'Ausente, può contare quasi esclusivamente sulle aliquote d'acqua di infiltrazione diretta.

D'altro canto, anche l'alimentazione che riceve lateralmente dalla struttura carbonatica degli Aurunci orientali viene subito intercettata dal Garigliano.

Al contrario, l'area ricadente nel territorio campano è molto più ricca di acque sotterranee, perché è alimentata sia dal Roccamonfina che dal massiccio di monte Massico [321; 84]. Dell'idrogeologia della piana del Garigliano, pertanto, si parlerà nel capitolo dedicato alla Campania.

LE AREE VULCANICHE

4.15. Versante meridionale dei colli Albani

L'apparato vulcanico dei colli Albani (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) risulta costituito da un accumulo di prodotti piroclastici e lavici, i quali si estendono anche al di sotto dei depositi quaternari della depressione pontina e della fascia costiera.

In analogia con quanto si riscontra negli altri edifici vulcanici, la geometria dei vari tipi litologici a diversa permeabilità relativa è molto complessa (per ovi motivi legati alla sedimentazione). Ciò si ripercuote sulla circolazione idrica sotterranea, la quale risulta pertanto molto articolata, nonostante l'apparente omogeneità riscontrabile nella morfologia della superficie piezometrica (fig. 30). Infatti, le acque vengono drenate preferenzialmente, non solo laddove esistono i litotipi più permeabili, ma soprattutto laddove questi hanno colmato vecchie incisioni vallive.

I dreni principali sono pertanto rappresentati dalle colate laviche la cui importanza è stata già evidenziata in studi precedenti [14; 16; 269; 272].

A tal proposito, è di particolare interesse la zona di Carano, dove sono state individuate più colate laviche sovrapposte in una paleovalle (vedi la morfologia del basamento «impermeabile» in fig. 30) incisa nelle argille sabbiose del Pleistocene inferiore. In tale zona è visibile, peraltro, un'area di drenaggio preferenziale con recapito delle acque nel fiume Astura.

Risultati pure interessanti sono stati ottenuti nei pressi di Ardea, dove è stata individuata una colata ampia circa 500 metri e lunga non meno di 3 chilometri. Anche in questa zona l'andamento delle isopiezometriche denuncia l'esistenza di un dreno preferenziale (fig. 30).

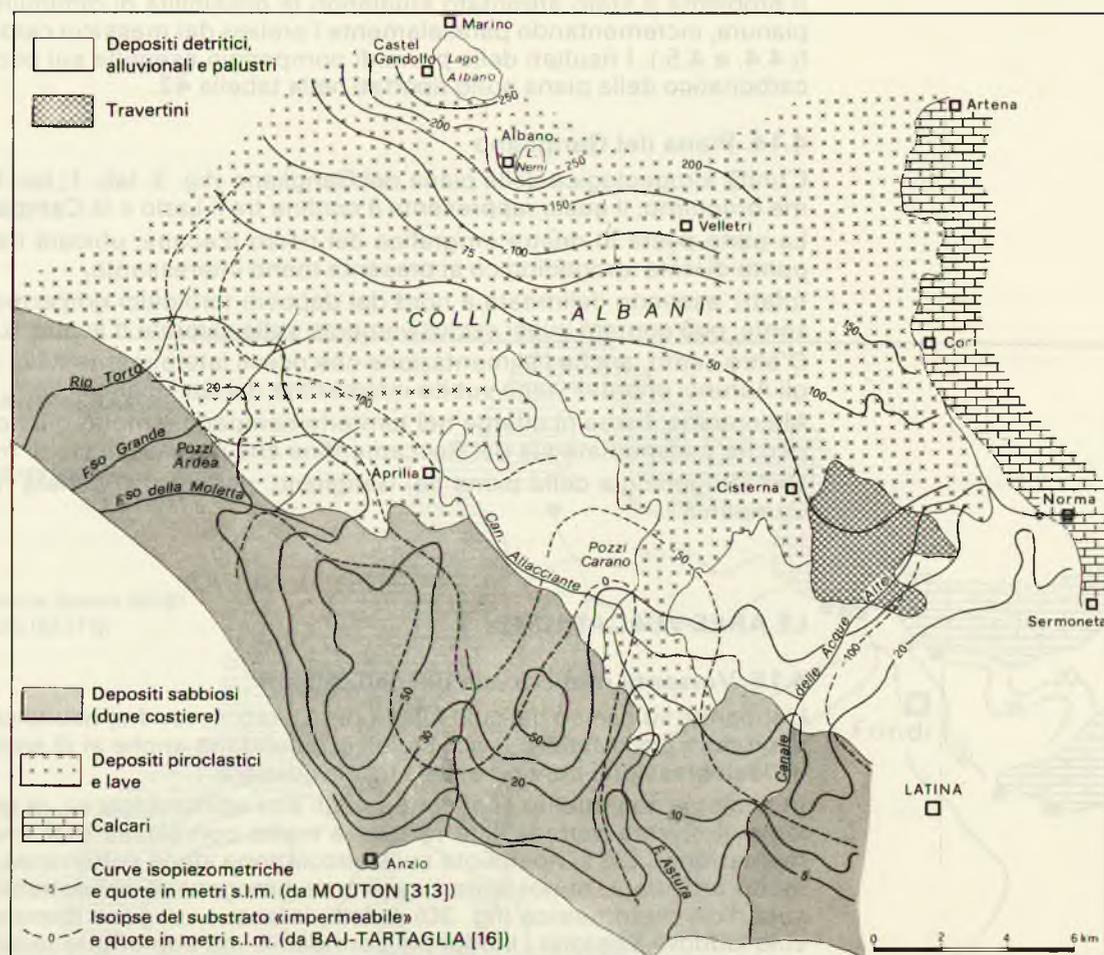
Così come è stato osservato nelle piane Pontina e di Fondi, anche la fascia costiera dell'area albana è caratterizzata dalla presenza di depositi sabbiosi dunari.

TABELLA 42 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI FONDI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	2,6x10 ⁻³	-	-	Depositi detritici	Substrato carbonatico: struttura dei monti Ausoni
	1,0x10 ⁻²	5,5x10 ⁻³	1,1x10 ⁻³	Calcari	

Figura 30 - Unità idrogeologica dei Colli Albani.



In questo caso, però, la falda delle dune non è completamente autonoma. Infatti, nella zona nord-occidentale, riceve alimentazione dai depositi vulcanici e versa tutte le acque in mare o nei corsi d'acqua.

La potenzialità globale della falda del versante meridionale dei colli Albani, riportata nella tabella 88, è stata tratta da [313].

Attualmente sono in corso indagini finalizzate ad una più approfondita conoscenza dell'idrogeologia del suddetto territorio. In particolare si sta cercando di definire, tramite la realizzazione di un modello matematico, la potenzialità e le modalità di utilizzazione ottimale delle risorse idriche sotterranee.

Tra i risultati di maggiore interesse ottenuti fino ad oggi si deve segnalare il rinvenimento, nei corsi d'acqua, di incrementi di portata considerevoli [79], i quali rappresentano la potenzialità residua della falda, al netto delle perdite verso mare (circa 10 milioni di metri cubi all'anno [313]) e delle attuali utilizzazioni.

Sul canale Acque alte ed in particolare sul canale allacciante (suo affluente di destra), nel corso delle misure effettuate tra il 26 maggio ed il 1 giugno 1981, sono state riscontrate venute d'acqua diffuse in alveo per un totale di circa 1,6 metri cubi al secondo. Nel fiume Astura sono stati misurati altri 1.000 litri al secondo circa, mentre gli incrementi nei fossi compresi tra l'Astura e Tor Vaianica sono risultati pari a circa 1,7 metri cubi al secondo.

5. Idrogeologia del Molise

5.0. Come si è già osservato nelle altre zone del versante adriatico, anche nel Molise è possibile distinguere tre fasce di territorio (con orientamento nord-ovest/sud-est) (tav. f.t.), ognuna delle quali, nei riguardi della circolazione idrica sotterranea, ha un comportamento sostanzialmente diverso. Nella fascia interna sono presenti i massicci carbonatici, i quali danno il maggior contributo di acque sorgive.

La fascia intermedia è, invece, caratterizzata dall'affioramento di rocce poco permeabili costituite prevalentemente da argille, arenarie e marne. Anche le piccole strutture carbonatiche, quivi esistenti, hanno una permeabilità ridotta soprattutto per la presenza di calcari marnosi, marne, diaspri, ecc.; le sorgenti maggiori hanno una potenzialità che difficilmente raggiunge la decina di litri al secondo.

Lungo la fascia costiera affiorano i sedimenti argilloso-sabbioso-conglomeratici di età plio-quadernaria e i depositi alluvionali recenti. Questi ultimi riempiono i fondo-valle e rappresentano gli acquiferi più produttivi. Nelle aree di collina sono numerosissime le sorgenti, quasi tutte di portata inferiore ad 1 litro al secondo.

I MASSICCI CARBONATICI

5.1. Monti della Meta e monte Greco

In Molise affiorano le estreme propaggini sud-orientali delle unità di monte Cornacchia-monti della Meta (paragrafo 3.10.) e di monte Genzana-monte Greco (paragrafo 3.7.).

Dalla prima unità vengono a giorno, in territorio molisano, sorgenti per poche centinaia di litri al secondo (tav. f.t.; tab. 16).

Dalla seconda, invece, traggono alimentazione le importanti sorgenti di Capo Volturno (tav. f.t.; tab. 12), la cui portata è dell'ordine dei 6,6 metri cubi al secondo.

Il bacino di alimentazione di dette scaturigini cade quasi esclusivamente in territorio abruzzese (tav. f.t.). Esse traboccano in corrispondenza del piccolo blocco carbonatico di Rocchetta al Volturno, il quale, come si è osservato in precedenza (paragrafo 3.7.), sembra essere collegato alla struttura del monte Greco.

Le acque di tali sorgenti hanno dato origine, in passato, a depositi di travertini, la cui potenza raggiunge i 200 ÷ 250 metri. Questi, attualmente, tamponano solo parzialmente l'acquifero carbonatico. Infatti vengono alimentati lateralmente con acque che, unitamente a quelle di infiltrazione diretta, raggiungono il fiume Volturno.

Misure differenziali eseguite con cadenza mensile, da gennaio 1979 fino a gennaio 1982, indicano, in corrispondenza degli affioramenti travertinosi, incrementi di portata che mediamente superano i 300 litri al secondo.

5.2. Colli Campanari

L'unità idrogeologica dei colli Campanari (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), tettonicamente accavallata a depositi argilloso-marnoso-arenacei [84], è una delle più interessanti tra le piccole strutture carbonatiche in *facies* «Molisano-sannitica».

È costituita da un'alternanza di calcari, calcari marnosi, calcari con selce e marne, la cui permeabilità, sostanzialmente diversa da litotipo a litotipo, condiziona in modo marcato la circolazione idrica sotterranea. Infatti esistono numerose piccole sorgenti.

Uno dei punti principali di recapito della falda (tab. 44) è il gruppo sorgivo Acquarulo.

Un altro recapito importante è rappresentato dalle sorgenti del fiume Zittola (gruppo Pantano), dove la falda è drenata in parte dal corso d'acqua ed in parte dalle alluvioni della pianura di Castel di Sangro.

TABELLA 43 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI COLLI ALBANI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	8,8×10 ⁻¹	4,9×10 ⁻¹	1,8×10 ⁻¹	Lave	Zone di drenaggio preferenziale
	3,0×10 ⁻²	4,1×10 ⁻³	2,1×10 ⁻⁴	Tufi e piroclastiti sciolte	
	2,0×10 ⁻²	9,2×10 ⁻³	3,3×10 ⁻³	Travertini	
	3,7×10 ⁻³	2,1×10 ⁻³	7,3×10 ⁻⁴	Sabbie	Duna costiera

TABELLA 44 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI COLLI CAMPANARI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
133	Gruppo Rio	800	0,18	–	–	Misura del 31-3-78
134	Gruppo Pantano	870	0,4	–	–	Misura del 22-3-78
135	Gruppo Acquarulo	570	0,5	–	–	Misura del 24-2-78

TABELLA 45 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE CAPRARO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
136	Verrino	850	0,4	0,15	0,03	

In corrispondenza di quest'ultimo abitato si trovano le ultime sorgenti importanti (gruppo Rio) le quali traggono alimentazione anche dalle acque di infiltrazione diretta della piana.

5.3. Monte Capraro

L'unità idrogeologica di monte Capraro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è caratterizzata, come la precedente, da una fitta alternanza di litotipi a diversa permeabilità relativa.

La sorgente principale è quella del Verrino (tab. 45). Le altre hanno tutte portate inferiori e sono dislocate a varie quote.

Tra queste ultime sono da segnalare quelle ubicate nella parte meridionale della struttura, a nord-ovest di Chiauci (tra ponte San Mauro e Carovilli, a 820 ± 1.000 metri s.l.m.), la cui portata complessiva è risultata pari a circa 100 litri al secondo nel corso delle misure eseguite il 17 marzo 1978.

Piccole scaturigini si trovano pure nel bacino del Vandra, dove versano le loro acque anche altre strutture carbonatiche (tav. f.t.). Le misure eseguite sul corso d'acqua da gennaio 1979 a dicembre 1981, poco a valle dell'abitato di Vandra, hanno messo in evidenza l'esistenza di portate sorgive con minimi dell'ordine dei 200 litri al secondo.

Il fenomeno del progressivo incremento delle portate è visibile nella maggior parte dei fiumi del Molise, laddove i corsi d'acqua incidono le strutture carbonatiche in *facies* Molisano-sannitica.

5.4. Monte Totila

L'unità idrogeologica di monte Totila (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è costituita anch'essa da un'alternanza di litotipi a diversa «permeabilità relativa», appartenenti all'unità di Frosolone, derivante dalla deformazione del bacino Molisano.

Rispetto alle precedenti strutture presenta una maggiore percentuale di termini carbonatici in affioramento, ragion per cui costituisce, unitamente al Matese ed ai monti di Venafro, uno dei principali serbatoi di acque sotterranee del Molise.

Le frequenti intercalazioni di litotipi poco permeabili, in complessi idrogeologici permeabili in grande, fanno sì che la falda trabocchi anche a quote alte.

Una soluzione di continuità di interesse idrogeologico è la direttrice che congiunge il versante meridionale di monte Totila, in senso stretto, con Macchiagodena. Essa, infatti, coincide, per gran parte della sua lunghezza, con l'innalzamento di un «impermeabile intercalare» costituito da diaspri e marne immergenti verso nord-est.

Detta direttrice costituisce il limite sud-occidentale di un'area la cui falda di base trabocca in vari punti (tav. f.t.; tab. 46) a quote oscillanti intorno agli 800 metri di altitudine.

Le sorgenti più importanti di questa zona sono quelle del Pincio, dove un pozzo-pilota, recentemente perforato a monte dell'area sorgiva, ha dato una portata specifica di $4,2 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo. Il principale punto di trabocco a quota alta della falda coincide, invece, con la grotta di Frosolone, dove un pozzo di recente perforazione ha rinvenuto, a monte della sorgente, il livello piezometrico a breve profondità dal piano di campagna.

Le acque sotterranee che non trovano recapito in corrispondenza delle sorgenti, ubicate preferenzialmente lungo i margini del massiccio, defluiscono verso la fascia centrale (tav. f.t.) perdendo carico piezometrico.

Il limite sud-occidentale di quest'ultima fascia è marcato dalla direttrice Miranda-Santa Maria del Molise, dove la falda, parzialmente tamponata, trabocca nei pressi di Carpinone a quota pressoché coincidente con quella delle sorgenti di Santa Maria del Molise (circa 600 metri s.l.m.).

In corrispondenza della stessa discontinuità essa perde circa 100 metri di carico piezometrico in modo concentrato. Ciò sembra essere confermato dal confronto tra le quote di sfioro delle sorgenti Sant'Anastasio e del gruppo di Carpinone (tab. 46), oltre che dal rinvenimento della falda (a quota alta rispetto alla Piana di Pesche) nella galleria della nuova strada Isernia-Valle del Trigno.

A sud-ovest dello «spartiacque» Miranda-Santa Maria del Molise, esistono ancora scaturigini importanti, tra le quali si ricorda il gruppo San Martino (tab. 46).

Prima di concludere questo breve paragrafo sull'idrogeologia della struttura di monte Totila, è importante segnalare che, nel periodo compreso tra il mese di ottobre 1979 ed il mese di gennaio 1982, sono state eseguite misure differenziali di portata sul fiume Carpino. Queste hanno consentito di accertare l'esistenza di incrementi di portata per alcune centinaia di litri al secondo tra l'uscita dalla piana di Sassano e lo sbocco nella piana di Pesche.

TABELLA 46 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE TOTILA

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
137	Capo Savone	760	0,3	0,1	0,0	
138	Sant'Onofrio	800	0,3	0,16	0,08	
139	Gruppo Pincio	760÷830	0,8	0,3	0,1	
140	Gruppo Acqua Nera	780	0,25	0,06	0,0	
141	Grotta di Frosolone	900	0,3	0,1	0,0	
142	Gruppo Castalde	700	0,9	0,4	0,07	
143	Gruppo Fonte Ciccone	740	0,07	0,04	0,01	
144	Fonte La Gatta	670	0,06	–	–	Misura del 21-2-78
145	Gruppo Carpinone	610÷620	0,35	0,14	0,1	
146	Gruppo Santa Maria del Molise	600÷620	0,7	0,35	0,1	
147	Sant'Anastasio	500	0,25	0,12	0,01	
148	Fonte Pantaniello	510	0,04	–	–	Misura del 21-2-78
149	Gruppo San Martino	450	0,35	–	–	Misura del 16-2-78
150	Gruppo Pettoranello	500	0,3	0,1	0,05	
151	Galleria stradale di Pesche	~ 600	0,12	0,08	0,03	Portate non stabilizzate

5.5. Monti di Venafro

L'unità idrogeologica dei monti di Venafro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [117; 96] è costituita essenzialmente da una successione calcarea e calcareo-dolomitica, poggiate stratigraficamente su dolomie triassiche il cui spessore non supera i 700 metri.

Il limite settentrionale è marcato dalla sovrapposizione tettonica del massiccio sui monti della Meta, con l'interposizione di depositi terrigeni.

Pure lungo il limite sud-occidentale c'è un chiaro accavallamento su sedimenti terrigeni. Detto assetto strutturale, in un primo tempo verificato con sondaggi meccanici nella sola valle del Rio Secco [82], è stato recentemente confermato nella zona di San Vittore (Pescatore in [96]) in accordo con le ipotesi di base [82].

A sud, l'acquifero è delimitato da depositi torbiditici (nella zona di Rocca d'Evandro) e dalle vulcaniti del Roccamonfina (nella zona di Mignano Montelungo-Presenzano). Da queste ultime la struttura carbonatica trae una limitata alimentazione (paragrafo 6.38.).

Ad est, i motivi dell'isolamento dai monti del Matese non sono visibili in affioramento. È comunque certa l'esistenza di una «discontinuità idrogeologica», perché le falde dei due massicci defluiscono l'una con verso opposto all'altra e traboccano sui bordi opposti della piana di Venafro, a quote pressoché identiche.

Pertanto, nell'ipotesi che i due corpi idrici si incontrino nel substrato carbonatico, gli eventuali interscambi dovrebbero essere limitati (specie se si considera che lungo i margini del Matese affiorano le dolomie triassiche).

All'interno del massiccio è possibile distinguere una zona nord-occidentale, quasi esclusivamente dolomitica, la cui falda di base trova recapito nelle sorgenti del rio Secco e del Rapido (tab. 47).

La suddetta zona è limitata, ad est (tav. f.t.), da una direttrice lungo la quale le dolomie si rinvennero allo stato farinoso. Le stesse dolomie, inoltre, affiorano a quote generalmente comprese tra i 900 ed i 1.100 metri di altitudine e, poiché il loro spessore non dovrebbe superare i 700 metri, anche il substrato di sovrascorrimento del massiccio (trovandosi a quota alta) dovrebbe svolgere un ruolo importante nell'isolamento idrogeologico della zona.

Il principale punto di recapito della falda di base della rimanente parte dell'unità idrogeologica coincide con le sorgenti del Peccia (tab. 47), dove confluiscono (paragrafo 6.38.), in parte, anche le acque del già menzionato versante settentrionale del Roccamonfina.

Queste, oltre che dall'area centro-meridionale della struttura, traggono alimentazione anche da quella nord-orientale. Infatti, le acque di falda, tamponate in modo incompleto dall'innalzamento delle dolomie lungo la direttrice Venafro-Acquafondata, traboccano solo in parte in corrispondenza delle sorgenti San Bartolomeo e Capo d'Acqua di Pozzilli.

A sud-ovest di Venafro, le direzioni preferenziali di deflusso della falda sono state verificate attraverso un'apposita campagna di indagini geognostiche [117].

TABELLA 47 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI VENAFRO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
152	Gruppo Rio Secco	80 ÷ 370	0,4	0,25	0,1	
153	Gruppo Fiume Rapido	100 ÷ 500	2,0	1,0	0,4	
154	Capo d'Acqua del Rapido	620	0,9	0,13	0,0	
155	Capo d'Acqua di Cassino	190	0,1	0,06	0,02	
156	Gruppo Sorgentina	200 ÷ 220	0,3	0,1	0,03	
157	Capo d'Acqua di Pozzilli	210	1,6	0,5	0,0	
158	San Bartolomeo	170	2,0	1,3	1,0	
159	Gruppo Peccia	30	9,3	5,2	4,5	

TABELLA 48 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI VENAFRO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$5,5 \times 10^{-1}$	–	–	Calcarei	Pozzo Vallecupa
Permeabilità (m/sec)	$9,7 \times 10^{-2}$	–	–		
Portata specifica (mq/sec)	$6,8 \times 10^{-2}$	–	–		
Trammissività (mq/sec)	–	$1,4 \times 10^{-2}$	–	Dolomie	Pozzo San Pietro Infine
Permeabilità (m/sec)	–	$8,2 \times 10^{-3}$	–		
Portata specifica (mq/sec)	–	$6,4 \times 10^{-3}$	–		
Portata specifica	–	–	$1,6 \times 10^{-3}$	Dolomie	Pozzi San Bartolomeo (acquedotto di Venafro)

Anche sul ruolo di parziale tamponamento esercitato dalle dolomie sulla circolazione idrica sotterranea sono state acquisite prove nel corso di apposite indagini (tab. 48) [96]. Ciò ha consentito di accertare che nella zona di Vallecupa, dove una stretta fascia calcarea risulta delimitata da ampi affioramenti dolomitici, esiste un dreno preferenziale per le acque che, dalla parte nord-orientale della struttura, defluiscono verso il Peccia.

5.6. Monti del Matese

L'unità idrogeologica dei monti del Matese (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [126; 84] è delimitata a nord-ovest ed a sud-ovest dai depositi alluvionali e terrigeni dell'alta e media valle del Volturno. A nord, il limite è marcato dalla serie carbonatica dell'unità di Frosolone. A nord-est e ad est, infine, il massiccio viene a contatto con litotipi a minore permeabilità relativa appartenenti al margine esterno del «bacino Lagonegrese».

La successione stratigrafica è quella tipica della «piattaforma carbonatica abruzzese-campana», con una serie prevalentemente calcarea sovrapposta stratigraficamente alle dolomie triassiche.

Una prima area idrogeologicamente isolata è quella delimitata, a sud, dall'accavallamento tettonico Monteroduni-Colle di Mezzo [84].

Le sorgenti più importanti di questa parte di massiccio (Dei Natali e San Lazzaro) affiorano a quote pressoché identiche (tab. 49). All'alimentazione di entrambe, oltre le strutture carbonatiche retrostanti, dovrebbero contribuire le acque dei sedimenti fluvio-lacustri (piuttosto grossolani) affioranti a sud-ovest di Isernia.

La sorgente Dei Natali, in particolare, nasce da un blocco carbonatico morfologicamente isolato, la cui falda viene drenata in modo diffuso anche dalle alluvioni del Vandra. Detto blocco è collegato al massiccio principale, ed in particolare al monte Patalecchia, da un sifone carbonatico sottoposto ai sedimenti fluvio-lacustri dell'alta valle del fiume Cavaliere; dovrebbe essere, invece, «isolato» dalla struttura di monte Totila, in accordo coi risultati di indagini geoelettriche recentemente eseguite.

Ancora a nord-ovest, è possibile distinguere altre due aree, la cui circolazione idrica sotterranea può essere considerata autonoma rispetto a quella della rimanente parte del massiccio.

La prima coincide con la monoclinale di monte Gallo, la quale versa gran parte delle proprie acque direttamente nel fiume Volturno attraverso un fronte acquifero molto sparso, la cui portata, in magra, è stata valutata in oltre 1 metro cubo al secondo [84]. La seconda corrisponde alla dorsale di Ciorlano, la cui falda ha il principale punto di recapito nella sorgente Torcino.

La sub-struttura di monte Gallo è isolata, a sud-ovest, dalla grossa faglia che innalza il Trias dolomitico ed a sud-est, dalla complessa situazione strutturale esistente nella zona di Letino [88]. Per quella di Ciorlano, l'esclusione di rapporti idrogeologici col resto del massiccio è da attribuire principalmente all'interposizione dei depositi terrigeni della valle del Sava, probabilmente sottoposti all'acquifero carbonatico [88].

Nella parte centro-meridionale dell'unità idrogeologica si può distinguere il grande blocco, a litologia prevalentemente dolomitica, compreso tra il lago Matese, la conca di Letino e le faglie di Prata Sannita e del vallone dell'Inferno. Esso coincide con l'area di alimentazione delle sorgenti del gruppo Ielo, di Maretto (tab. 49) e del gruppo sorgivo Capo Lete, la cui falda è mantenuta a quota elevata dalle dolomie triassiche affioranti fin oltre i 1.200 metri di altitudine.

A proposito del gruppo Ielo è importante segnalare che le misure di portata differenziali eseguite sul Lete, a monte ed a valle della zona sorgiva, indicano l'esistenza di un incre-

TABELLA 49 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DEL MATESE

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
160	Dei Natali	290	1,1	0,5	0,1	
161	Gruppo San Cosimo	320 ÷ 350	0,3	0,15	0,07	
162	San Lazzaro	250	1,5	0,8	0,3	
163	Caprionero	250	0,3	–	–	Misura dell'11-2-78
164	Seggia d'Orlando	200	0,3	0,2	0,1	Esistono perdite nel fiume Volturno per oltre 1 mc/sec
165	Torcino	170	0,8	0,6	0,4	
166	Moliniello	150	0,2	0,1	0,07	
167	Gruppo Ielo	160	2,0	1,1	0,8	
168	Gruppo Prata Superiore	210 ÷ 330	0,2	0,1	0,02	
169	Gruppo Capo le Mandre	850	2,6	0,5	0,05	
170	Gruppo Capo Lete	1000 ÷ 1020	0,42	–	–	Misura del 10-2-78
171	Gruppo Lago Matese	1000 ÷ 1200	0,6	0,2	0,07	
172	Gruppo Maiella	500	2,3	1,5	0,7	
173	Pietre Cadute	490	1,9	1,4	0,8	
174	Rio Freddo	510	3,2	1,7	0,6	
175	Torano	200	3,6	2,3	1,6	
176	Maretto	170	1,9	1,2	0,8	
177	Gruppo Grassano	60	7,3	4,7	2,2	
178	Gruppo Terme	60	–	–	0,22	Misura del 12-10-78
179	Gruppo Laghetto Tre Colori	60	0,6	0,4	0,2	

mento di portata medio di circa 300 litri al secondo, al netto delle portate sorgive riportate nella tabella 49.

La falda dell'area, posta a nord dell'importante direttrice tettonica che congiunge il lago Matese con la conca di Letino, trabocca a quota alta nei pressi dell'abitato di Gallo (gruppo sorgivo Capo Le Mandre). Essa alimenta, inoltre, le sorgenti del Biferno, poste a quota più bassa.

Grazie al parziale tamponamento operato dalla faglia diretta che delimita il versante meridionale di monte Crocelle (a sud di Boiano), la falda si mantiene ad un'altezza compatibile con la quota di trabocco della sorgente Rio Freddo e degrada (lungo la faglia di bordo del massiccio) verso la sorgente Pietrecadute con un gradiente molto acclive.

Questo è probabilmente legato ai motivi di compressione messi in luce dai sondaggi geognostici [124] eseguiti per la costruzione della galleria di valico del Matese dell'acquedotto campano.

Il limite sud-orientale dell'area di alimentazione delle sorgenti del Biferno coincide con la naturale prosecuzione, verso nord-est, dell'importante faglia del vallone dell'Inferno. Si tratta di un limite che lascia traboccare a Boiano solo una parte della potenzialità idrica della struttura di monte Miletto, in senso lato, la cui falda, infatti, ha il suo recapito preferenziale in corrispondenza delle sorgenti di Grassano (tav. f.t.).

La faglia del vallone dell'Inferno, avendo troncato un grosso condotto carsico, consente l'emergenza della falda in corrispondenza della sorgente Torano, la cui piezometrica è mantenuta a quota alta dalle dolomie affioranti a sud-est della scaturigine, tra Piedimonte Matese e Calvisi.

Dette dolomie rappresentano, quindi, l'ultimo ostacolo importante che la falda incontra nel suo deflusso verso le sorgenti di Grassano.

L'alta mineralizzazione complessiva di queste ultime acque dovrebbe essere legata alla mobilizzazione di acque di fondo nel sifone carbonatico esistente in corrispondenza della valle del Tiverno, oltre che al restringimento della sezione dell'acquifero affiorante. Lo stesso tipo di fenomeno, probabilmente giustificato dalla presenza di un'importante faglia inversa orientata nord-sud [84], dovrebbe spiegare il maggior grado di mineralizzazione delle sorgenti delle terme di Telesse rispetto alle acque del gruppo sorgivo Grassano.

Prima di concludere è importante segnalare che, oltre le portate delle sorgenti (tab. 49), il 12 ottobre 1978 sono stati misurati, nei travertini di Telesse, incrementi di portata per circa 1.600 litri al secondo.

5.7. Monte Moschiatturo

La parte settentrionale dell'unità idrogeologica di monte Moschiatturo (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) cade in territorio molisano. Poiché si tratta della zona meno produttiva, di detta struttura carbonatica si parlerà nel capitolo dedicato alla Campania.

LE PIANE INTERNE

5.8. Piana di Boiano

L'unità idrogeologica della piana di Boiano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita da depositi fluvio-lacustri prevalentemente marnoso-argillosi e sabbiosi. Solo in adiacenza al massiccio carbonatico del Matese e lungo gli alvei principali, sono presenti grossi ciottoli poligenici. Si tratta, quindi, di un acquifero poco produttivo (di interesse esclusivamente locale) il quale ha, peraltro, uno spessore limitato.

Esso, oltre che dagli apporti zenitali diretti, viene alimentato lateralmente solo in aree molto ristrette. Queste coincidono, a nord-ovest, con la conoide dalla quale fuoriescono le sorgenti di Santa Maria del Molise (tab. 46) e, a sud-ovest, con la fascia detritica del fronte acquifero di Boiano.

Nel periodo invernale la falda viene normalmente drenata dal torrente Rio, che attraversa la piana per tutta la sua lunghezza. Nei periodi di magra, invece, la piezometrica si livella al di sotto del letto del corso d'acqua.

5.9. Piana di Venafro

L'unità idrogeologica della piana di Venafro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.), delimitata dalle strutture carbonatiche dei monti di Venafro e del Matese, è costituita da depositi fluvio-lacustri e da travertini. Si tratta in prevalenza di sabbie, limi e ghiaie, la cui produttività è complessivamente scarsa.

I suddetti depositi poggiano in parte su sedimenti terrigeni in *facies* di *flysch* ed in parte direttamente sui massicci carbonatici, dai quali traggono alimentazione lateralmente e dal basso.

All'interno dell'acquifero è possibile distinguere più falde sovrapposte. Quella superficiale viene alimentata direttamente dalle acque zenitali e, in parte, dal fiume Volturno. Le altre,

più produttive, sono alimentate preferenzialmente dal massiccio dei monti di Venafro. In pratica non è possibile scindere tra loro le varie falde, sia perché esse sono interconnesse da fenomeni di «drenanza», sia perché le caratteristiche litologiche e sedimentologiche dell'acquifero non lasciano spazio all'ipotesi di più circolazioni idriche completamente separate.

Nella figura 31 è riportata la carta delle isopiezometriche della falda.

Si possono osservare due zone di drenaggio preferenziale coincidenti una con l'asse del rio San Bartolomeo e l'altra con un probabile paleoalveo del fiume Volturno.

Quest'ultimo corso d'acqua viene alimentato dalla falda fino all'altezza della dorsale di monte Gallo. Poi, fino a Torcino, le sue acque vengono drenate dalla falda di pianura la quale, a sua volta, trova recapito nella parte bassa del Rio San Bartolomeo.

Lungo il margine carbonatico che va da Rocca Pipirozzi fino a sud-est di Sesto Campano, l'andamento delle curve isopiezometriche non denuncia l'esistenza di interscambi apprezzabili tra la falda delle alluvioni e quella della struttura carbonatica. Quest'ultima, peraltro, si trova a quota leggermente più bassa della precedente e defluisce preferenzialmente verso ovest (sorgenti del Peccia: tav. f.t.).

La falda dei monti di Venafro alimenta, invece, la piana lungo il margine compreso tra Rocca Pipirozzi e Santa Maria Oliveto.

L'alimentazione è particolarmente copiosa in quest'ultima zona, dove sono risultati molto produttivi alcuni pozzi perforati nel detrito cementato. È importante segnalare che il suddetto detrito tende a diminuire di spessore man mano che ci si allontana dal massiccio; pertanto le perdite effettive d'acqua verso la falda della piana sono limitate. L'alta variabilità delle portate della sorgente Capo d'Acqua di Pozzilli non è, quindi, legata alle caratteristiche della soglia di permeabilità, bensì al tipo di circolazione idrica sotterranea esistente nel massiccio (paragrafo 5.5.) [117] ed al fatto che la sorgente stessa rappresenta sostanzialmente lo sfioro alto della falda dei monti di Venafro.

LE PIANE COSTIERE

5.10. Fiume Trigno

L'unità idrogeologica del fiume Trigno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con i depositi alluvionali recenti di fondo valle del fiume omonimo. Si tratta di sedimenti sabbioso-ghiaiosi e limosi in alternanze irregolari.

In analogia con quanto verificato negli altri corsi d'acqua con foce nell'Adriatico, anche in questo caso risulta evidente una migrazione dell'alveo da nord-ovest verso sud-est. In sinistra orografica, infatti, affiorano vari ordini di terrazzi fluviali posti a quota più alta delle alluvioni attuali. Il tutto poggia sulle argille calabriane, le quali costituiscono l'«impermeabile» di fondo dell'intera unità idrogeologica.

Il fiume drena la falda per tutto il suo percorso. Un'altra zona di drenaggio preferenziale, visibile in sinistra orografica, coincide in parte col canale Formale del Mulino e, probabilmente, con un paleoalveo del Trigno (fig. 32).

Come si può osservare nella tab. 51, la trasmissività dell'acquifero non è elevata.

TABELLA 50 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI VENAFRO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica	$1,0 \times 10^{-2}$	$2,5 \times 10^{-3}$	$7,1 \times 10^{-4}$	Depositi alluvionali e travertini	Area antistante la sorgente Capo d'Acqua di Pozzilli
	$1,3 \times 10^{-1}$	$8,6 \times 10^{-2}$	$4,3 \times 10^{-2}$	Depositi detritici cementati	
Gradiente piezometrico	$1,2 \times 10^{-2}$	$5,6 \times 10^{-3}$	$2,5 \times 10^{-3}$	Depositi alluvionali e travertini	

Figura 31 - Unità idrogeologica della Piana di Venafro.

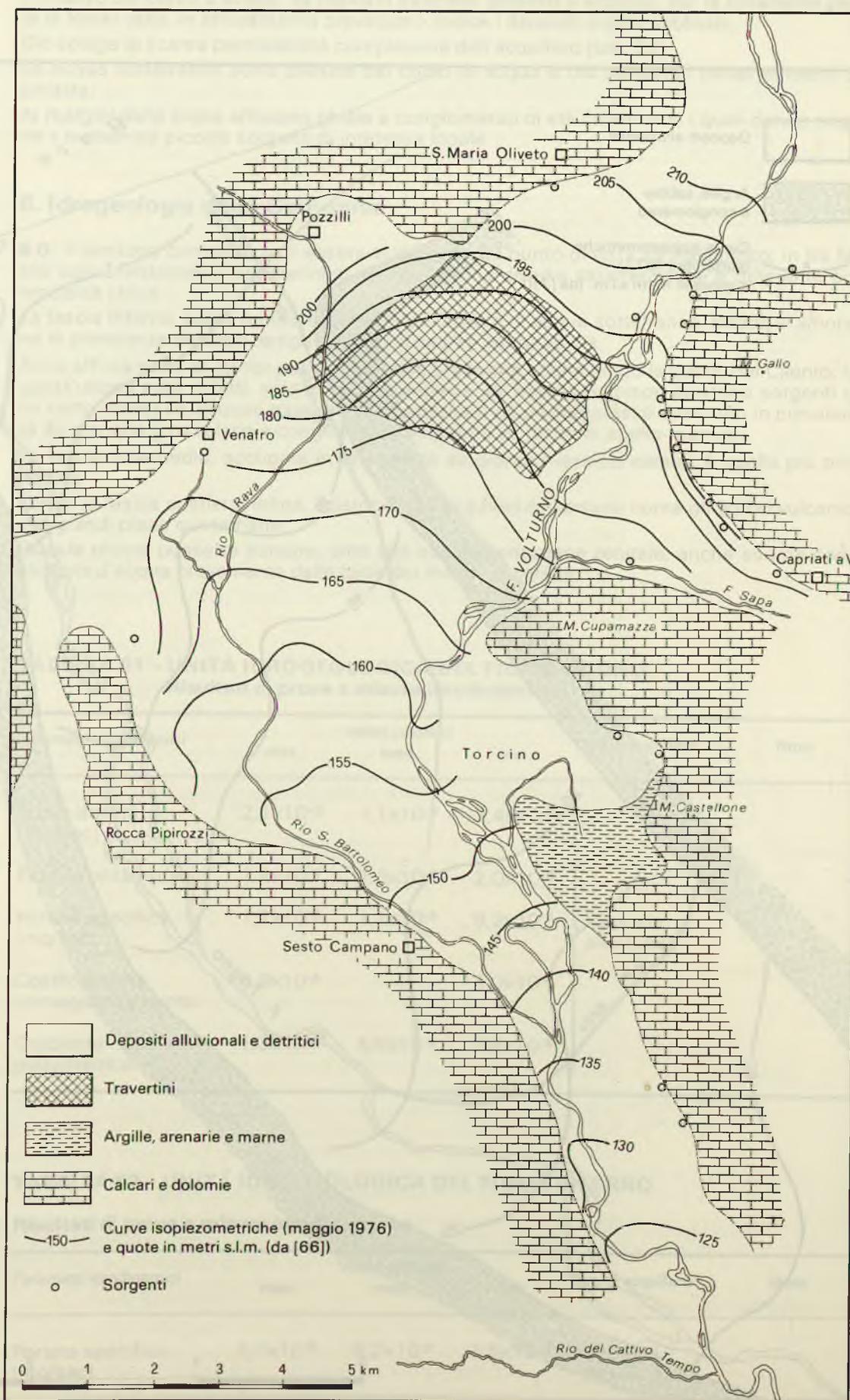
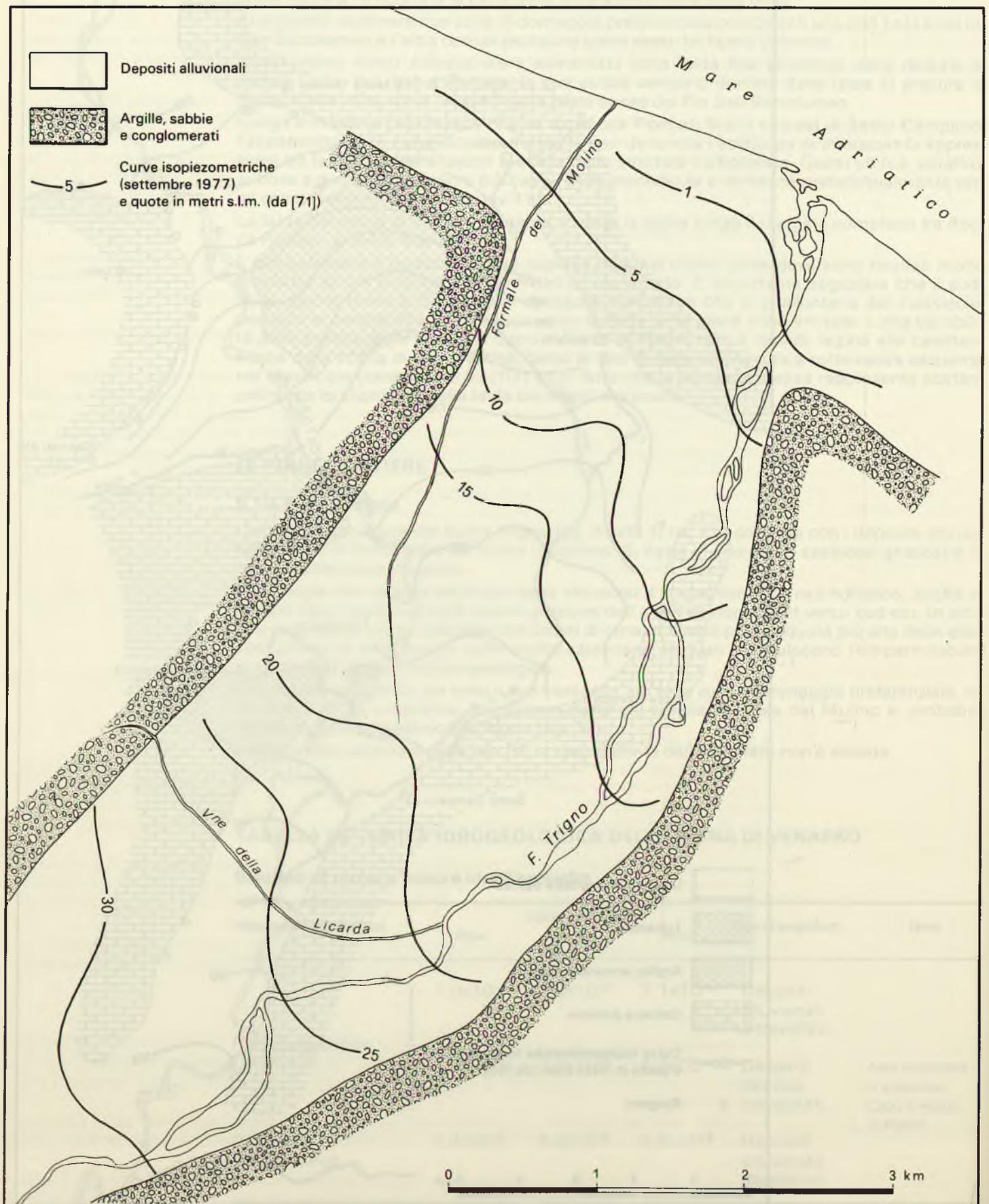


Figura 32 - Unità idrogeologica del Fiume Trigno.



5.11. Fiume Biferno

L'unità idrogeologica del fiume Biferno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita, nelle immediate vicinanze del corso d'acqua, da depositi sabbiosi, ghiaiosi e argillosi. Per la rimanente parte di fondo valle, in affioramento prevalgono invece i depositi argillo-sabbiosi.

Ciò spiega la scarsa permeabilità complessiva dell'acquifero (tab. 52).

Le acque sotterranee sono drenate dal corso di acqua e dai numerosi canali affluenti di sinistra.

Ai margini della piana affiorano ghiaie e conglomerati di età calabriana, i quali danno origine a numerose piccole sorgenti di interesse locale.

6. Idrogeologia della Campania

6.0. Il territorio campano può essere suddiviso, dal punto di vista idrogeologico, in tre fasce con orientamento appenninico, aventi ognuna diverse caratteristiche e differente potenzialità idrica.

La fascia interna, posta a nord-ovest, è la più povera di acque sotterranee. Infatti, vi affiorano in prevalenza depositi terrigeni dotati di scarsa permeabilità.

Ampi affioramenti di litotipi poco permeabili si trovano anche lungo la costa, nel Cilento. In quest'ultima area, infatti, solo in corrispondenza del monte Gelbison esistono sorgenti di un certo interesse, le quali traggono alimentazione da un complesso costituito in prevalenza da arenarie grossolane e conglomerati poggianti su depositi argillo-marnosi.

La fascia intermedia, occupata in prevalenza da grandi massicci carsici, è quella più produttiva.

Lungo la fascia costiera, infine, esistono altri acquiferi importanti come gli edifici vulcanici e le grandi pianure quaternarie.

Queste ultime possono contare, oltre che sull'alimentazione zenitale, anche su una certa aliquota d'acqua proveniente dalle falde dei massicci carsici.

TABELLA 51 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME TRIGNO
Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$2,1 \times 10^{-3}$	$1,1 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-4}$	Depositi alluvionali	
Permeabilità (m/sec)	$1,4 \times 10^{-4}$	$7,3 \times 10^{-5}$	$2,0 \times 10^{-5}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,7 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$	$8,2 \times 10^{-4}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$3,9 \times 10^{-3}$	–	$3,0 \times 10^{-3}$		
Gradiente piezometrico	$1,0 \times 10^{-2}$	$4,6 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$		

TABELLA 52 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL FIUME BIFERNO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$1,7 \times 10^{-3}$	$8,2 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-4}$	Depositi alluvionali	

I MASSICCI CARBONATICI

6.1. Monti di Venafro

Le sorgenti del Peccia (tab. 47), le più importanti dell'unità idrogeologica dei monti di Venafro, cadono in territorio campano.

Dalla falda che alimenta queste scaturigini, grazie alle conoscenze acquisite sullo schema di circolazione idrica sotterranea del massiccio [82; 117; 88; 96], è stata prevista la captazione di 3,5 metri cubi al secondo a quota alta [96], tramite la galleria di valico dell'acquedotto della Campania occidentale. Si avrà così il vantaggio di evitare la costruzione di oltre 6 chilometri di condotte adduttrici e circa 130 metri di sollevamento delle acque, con un risparmio complessivo valutato in circa 40 miliardi di lire.

Nella figura 33 è riportato lo schema idrogeologico dei monti di Venafro, con il tracciato della galleria.

Nel tratto compreso tra San Vittore e Vallecupa, le acque saranno captate a gravità. In base ad una serie di ipotesi di carattere idrogeologico [96], la portata media emungibile è stata valutata in circa 1 metro cubo al secondo. È stata, inoltre, delimitata l'area che presumibilmente sarà interessata dal drenaggio della galleria (fig. 33).

Nella zona di Vallecupa, indicata nel precedente paragrafo 5.5. come l'area di drenaggio preferenziale di tutta la falda proveniente dalla porzione di massiccio posta a nord della galleria, è stata prevista la captazione di circa 2,1 metri cubi al secondo di acqua tramite pozzi. Questi ultimi saranno perforati all'interno della stessa galleria di trasporto, la quale risulta ubicata soltanto qualche metro al di sopra del livello piezometrico.

Ulteriori 400 litri al secondo saranno captati, sempre tramite pozzi, nel tratto di galleria compreso tra Vallecupa e Presenzano.

Nel futuro equilibrio idrogeologico, in accordo con gli obiettivi della captazione, le uniche sorgenti che risentiranno in modo marcato degli emungimenti in galleria sono quelle del Peccia.

Con i bacini delle altre scaturigini non dovrebbero esservi interferenze. Infatti, è stato calcolato [96] che l'influenza sulla sorgente San Bartolomeo di Venafro (la più vicina alla galleria) sarà trascurabile anche nell'ipotesi che l'infiltrazione efficace nel massiccio risulti nulla per un intero anno.

Sulla base dei dati acquisiti attraverso le indagini è stato pure calcolato in circa 30×10^6 metri cubi il volume d'acqua che potrà essere depauperato, fino al raggiungimento del nuovo equilibrio idrogeologico, per effetto dell'abbassamento della piezometrica.

La minore altezza media di quest'ultima dovrebbe, peraltro, incidere positivamente sul regime delle sorgenti. Basti considerare che aumentano i tempi di percolazione delle acque in falda e che queste giungono, poi, su una superficie piezometrica posta, mediamente, a quota più bassa di quella attuale. Ne deriva, per la legge di Darcy, una diversa risposta delle sorgenti che si dovrebbe tradurre in una migliore distribuzione delle portate tra periodi di magra e di piena.

Per quanto riguarda l'aspetto ambientale, infine, la captazione non potrà apportare modificazioni di rilievo. Essa, infatti, intercetta una falda che attualmente sta ad una profondità media di oltre 300 metri dal piano di campagna.

6.2. Monti del Matese

I monti del Matese (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) interessano anche la regione Campania.

Tra le sorgenti di maggiore rilievo si ricordano quelle di Torano e Maretto, le quali hanno bacini idrogeologici diversi (anche se contigui), separati, forse in modo non completo, dalla discontinuità tettonica del vallone dell'Inferno.

La diversa alimentazione risulta evidente anche dal confronto tra gli idrogrammi di efflusso [124]. Infatti, nei diagrammi della sorgente Torano, in concomitanza con gli eventi piovosi di maggiore intensità, si possono riconoscere brusche intumescenze dovute alla presenza di acque a percorso breve ed, in particolare, alla verificata interdipendenza con la conca del lago Matese tramite l'inghiottitoio dello Scennerato. Invece, i tempi di risposta dell'acquifero che alimenta la sorgente Maretto sono più lunghi, probabilmente perché la roccia serbatoio, essendo prevalentemente dolomitica (e, quindi, poco carsificata), opera una migliore modulazione sul deflusso idrico sotterraneo.

Sugli stessi diagrammi di efflusso è, inoltre, possibile osservare che, nonostante l'esistenza dei picchi di piena, l'esaurimento della sorgente Torano «in regime non influenzato» è lento. Ciò è in accordo con lo schema di circolazione idrica sotterranea descritto nel precedente paragrafo 5.6. (tav. f.t.), in quanto lascia presupporre l'esistenza di una falda di base molto estesa.

Le acque della sorgente Maretto (fig. 34) sgorgano in una depressione della «soglia di permeabilità» costituita, in superficie, da depositi detritico-alluvionali e, in profondità, da sedimenti argilloso-arenacei trasgressivi sull'acquifero carbonatico. L'opera di captazione è costituita da un semplice bottino di presa addossato alla parete calcarea e da una paratia se-

Figura 33 - Unità idrogeologica dei Monti di Venafro e galleria di Monte Sammucro - Monte Cesima.

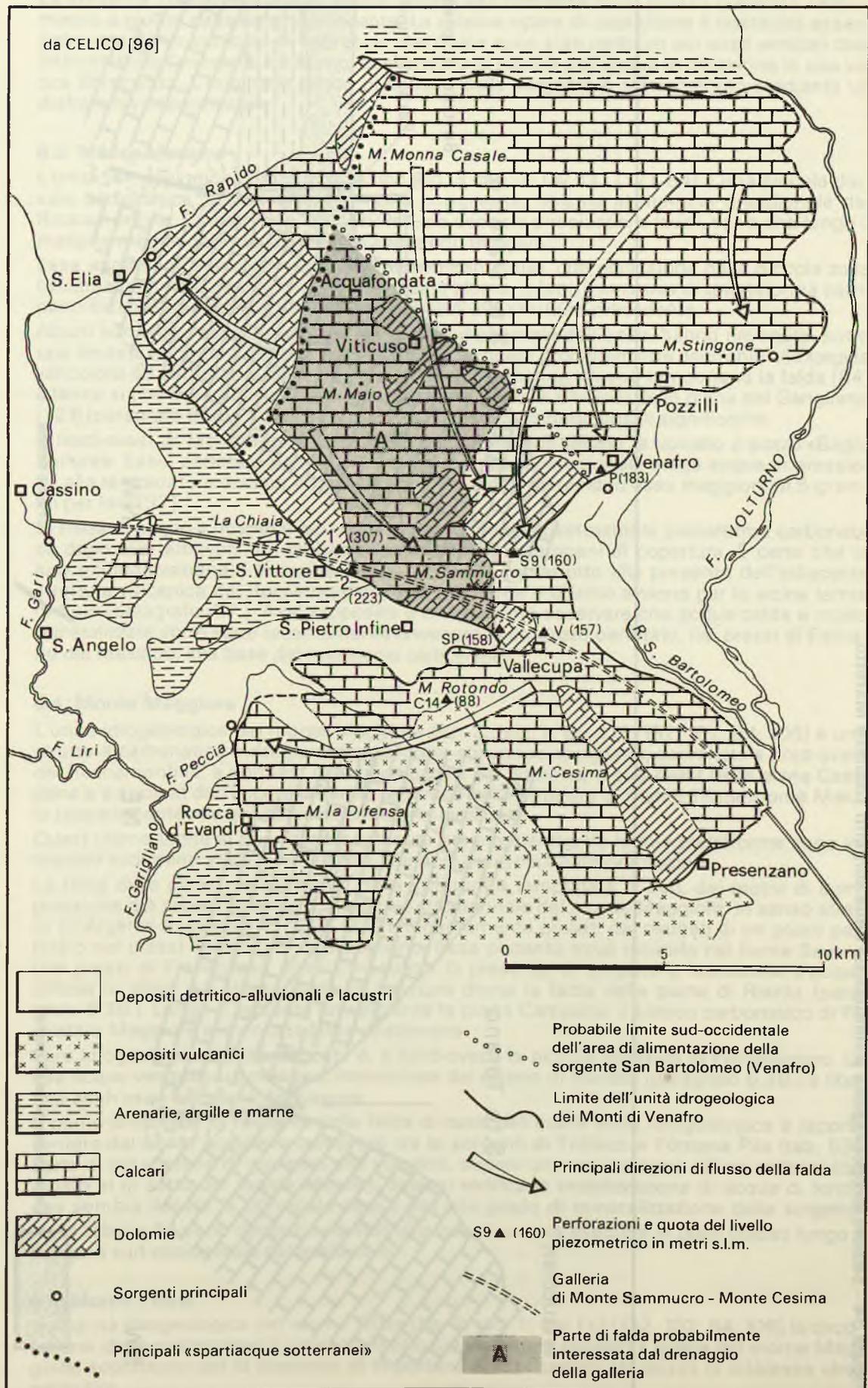
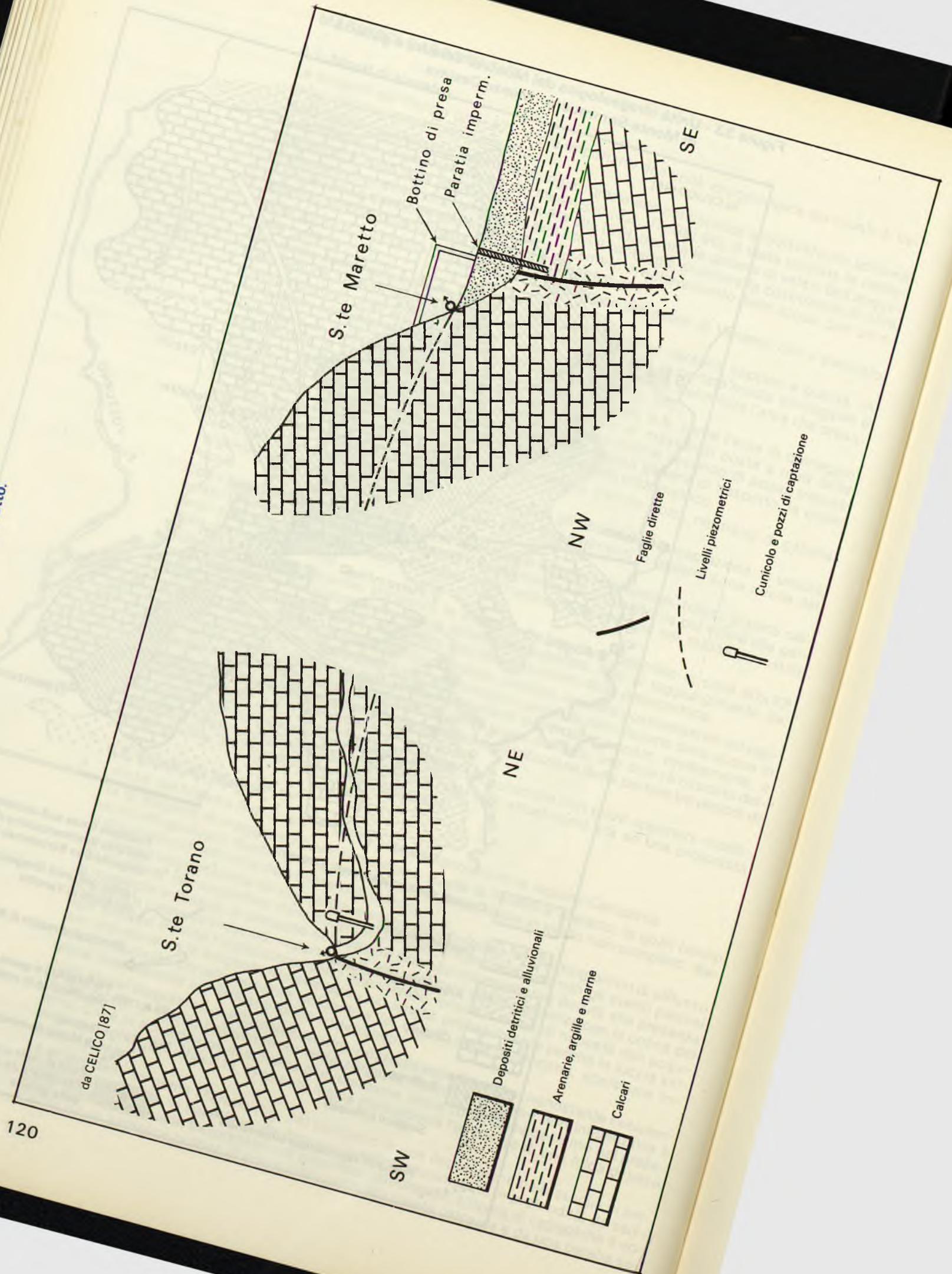


Figura 34 - Sezioni idrogeologiche schematiche delle sorgenti Torano e Maretto.



micircolare di pali affiancati che, attestata nelle argille, ha il compito precipuo di ridurre le perdite nei depositi quaternari.

La sorgente Torano (fig. 34) è, invece, legata alla presenza di un grosso condotto carsico messo a giorno dalla tettonica recente. La relativa opera di captazione è costituita essenzialmente da un cunicolo di approccio, nel quale sono stati perforati dei pozzi verticali che, intercettando l'anzidetto condotto, consentono la risalita dell'acqua in pressione in una vasca di raccolta. L'originario punto di sbocco della sorgente è stato ostruito mediante un diaframma impermeabile.

6.3. Monte Massico

L'unità idrogeologica di monte Massico (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [321; 84] è una piccola dorsale carbonatica, strutturalmente molto complessa, ubicata al margine meridionale del Roccamonfina. È circondata, da tutti i lati, da depositi piroclastici e lavici, salvo che lungo il margine meridionale, dove affiorano sedimenti terrigeni.

Essa appartiene alla «piattaforma abruzzese-campana», con esclusione della piccola zolla calcarea posta a nord di Mondragone. Quest'ultima, infatti, è *in facies* di «piattaforma campano-lucana» ed è tettonicamente sovrapposta alla struttura precedente.

Alcuni sondaggi, eseguiti lungo il margine sud-orientale dell'unità, hanno rinvenuto, sotto una limitata copertura piroclastica, sedimenti terrigeni probabilmente ascrivibili alle «argille varicolori» ed al *flysch* di copertura della serie carbonatica. Questi tamponano la falda [84] e fanno sì che essa defluisca preferenzialmente verso le alluvioni della piana del Garigliano [321] (paragrafo 6.33.). La struttura, infatti, è priva di sorgenti basali significative.

A nord-ovest di Mondragone, a circa tre chilometri dall'abitato, è ubicato il pozzo «Bagni Sulfurei». Esso, perforato per circa 40 metri in depositi alluvionali, eroga acque in pressione alla temperatura di circa 40 gradi centigradi e con un residuo fisso maggiore di 5 grammi per litro [37].

Si tratta di acque a ricambio lento che provengono dalla sottostante piattaforma carbonatica dopo aver attraversato, probabilmente, i depositi terrigeni di copertura. È certo che la loro mineralizzazione e termalità sia da attribuire soprattutto alla presenza dell'adiacente struttura vulcanica del Roccamonfina, analogamente a quanto avviene per le vicine terme di Suio (paragrafo 4.7.). A tal proposito è interessante osservare che acque calde e molto mineralizzate sono state recentemente rinvenute in un pozzo perforato, nei pressi di Falciano del Massico, alla base del massiccio carbonatico.

6.4. Monte Maggiore

L'unità idrogeologica del monte Maggiore (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [132; 102; 84; 106] è una struttura carbonatica *in facies* di «piattaforma abruzzese-campana», delimitata a nord-ovest dal Roccamonfina, a nord-est dalla media valle del Volturno, a sud-ovest dalla piana Campana e a sud-est dall'accavallamento tettonico della struttura di monte Tifata-monte Maiulo (appartenente alla «piattaforma campano-lucana»).

Quest'ultimo limite si può ritenere a tenuta stagna, perché tra le due piattaforme sono interposti sedimenti argilloso-marnoso-arenacei pressoché «impermeabili».

La falda della parte settentrionale della struttura è tamponata, a sud, dai motivi di compressione già segnalati lungo il margine settentrionale del monte Maggiore, in senso stretto (D'Argenio-Pescatore in [102]; [21]) e recentemente provati dai risultati di un pozzo perforato nei pressi dell'abitato di Statigliano. Essa pertanto trova recapito nel fiume Savone (nei pressi di Francolise), dove si riscontra la presenza di sorgenti e fuoriuscite d'acqua diffuse in alveo. La stessa parte di struttura drena la falda della piana di Riardo (paragrafo 6.38.). Lungo il versante prospiciente la piana Campana, il blocco carbonatico di Pignataro Maggiore alimenta la falda quaternaria.

Pure idrogeologicamente staccata è, a nord-ovest, la piccola struttura di Pietravairano. Le sue acque vengono, comunque, intercettate dal «dreno di Riardo» (paragrafo 6.38.) e liberate anch'esse nell'alveo del Savone.

Il punto principale di recapito della falda di base dell'intera unità idrogeologica è rappresentato dal fronte acquifero compreso tra le sorgenti di Triflisco e Fontana Pila (tab. 53). Parte di essa, prima di giungere alle sorgenti, supera un vero e proprio sifone carbonatico (posto al di sotto del monte Maiulo), dove si verifica la mobilizzazione di acque di fondo che sembra essere la principale causa dell'alto grado di mineralizzazione delle sorgenti. Nella tabella 54 sono riportati i risultati di prove di portata eseguite in pozzi ubicati lungo il margine sud-occidentale del massiccio.

6.5. Monte Tifata

Nell'unità idrogeologica del monte Tifata (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [132; 102; 84; 106] la circolazione idrica sotterranea si presenta molto più frazionata rispetto a quella del monte Maggiore, soprattutto per la presenza di importanti complicazioni strutturali di interesse idrogeologico.

TABELLA 53 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE MAGGIORE

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
180	Fontana Pila	30	2,0	1,0	0,6	
181	Triflisco	20	4,2	2,8	2,0	

TABELLA 54 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE MAGGIORE

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	–	$3,0 \times 10^{-2}$	–	Calcarei	Zona di Triflisco
Permeabilità (m/sec)	–	$1,0 \times 10^{-4}$	–		
Portata specifica (mq/sec)	$6,4 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	–		
Trammissività (mq/sec)	$3,0 \times 10^{-3}$	–	$1,0 \times 10^{-5}$	Travertini	
Permeabilità (m/sec)	$5,0 \times 10^{-5}$	–	$6,0 \times 10^{-8}$		
Portata specifica	$2,6 \times 10^{-3}$	–	$1,4 \times 10^{-5}$		

A questa unità, compresa tra la valle di Maddaloni a sud ed il Volturno a nord, sono stati associati i monti Friente e Maiulo che, pur appartenendo morfologicamente al gruppo del monte Maggiore, risultano da questo idrogeologicamente isolati, perché rappresentano le scaglie più avanzate del già menzionato accavallamento tettonico tra le piattaforme interna ed esterna.

L'esistenza di una struttura a scaglie (con l'interposizione di depositi terrigeni tra i piani di scorrimento) è stata verificata in tutta la zona posta a cavallo del fiume Volturno, tramite sondaggi meccanici [102].

È stata, quindi, accertata la presenza di una soluzione di continuità idrogeologica tra le falde delle strutture carbonatiche poste a sud-est del Volturno e di quelle poste a nord-ovest.

Per dette falde è stata confermata l'esistenza di circuiti diversi, anche attraverso studi idrochimici [106].

All'interno del massiccio esistono numerose direttrici tettoniche importanti, che dividono l'unità in più zolle idrogeologicamente separate [102] (tav. f.t.). Tra queste si ricorda la faglia inversa che porta le dolomie del versante orientale del monte Tifata, in senso stretto, a sovrapporsi alla rimanente parte della struttura.

A tal proposito è importante segnalare che alcuni sondaggi meccanici recentemente eseguiti (Pescatore, relazione inedita) hanno consentito di accertare che il monte Tifata è completamente sovrascorso sulle «argille varicolori».

Poiché il substrato di sovrascorrimento si trova spesso a quota più alta rispetto ai margini del massiccio, è evidente l'azione di condizionamento che esso esercita sulla circolazione idrica sotterranea.

Nella tabella 55 e 56 sono riportati, rispettivamente, i dati relativi alle principali sorgenti e quelli relativi a prove di pompaggio eseguite su pozzi perforati ai margini ed all'interno dell'unità idrogeologica.

6.6. Monte Moschiature

L'unità idrogeologica del monte Moschiature (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è costituita da una alternanza di litotipi a diversa «permeabilità relativa» (calcari, calcari marnosi, marne, calcari con selce, ecc.), appartenenti alle unità stratigrafico-strutturali derivanti dalla deformazione del «bacino Lagonegrese». Così come è stato confermato anche dalle indagini geoelettriche [88], essa è tettonicamente sovrapposta all'adiacente unità del Matese lungo l'allineamento Guardiaregia-Pietraroia. Dal punto di vista idrogeologico ciò si traduce in un completo isolamento tra i due acquiferi carbonatici, e per le diverse caratteristiche litologiche delle rispettive serie stratigrafiche e per l'interposizione dei sedimenti terrigeni del *flysch* di Pietraroia. L'unità in esame, come si può osservare anche dalla tabella 57, è caratterizzata

TABELLA 55 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE TIFATA

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
182	Gruppo Santa Sofia	30	1,0	0,8	0,6	

TABELLA 56 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE TIFATA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$3,0 \times 10^{-1}$	$5,0 \times 10^{-2}$	$3,0 \times 10^{-3}$	} Calcari	
Permeabilità (m/sec)	$2,0 \times 10^{-3}$	$3,4 \times 10^{-4}$	$1,0 \times 10^{-5}$		
Portata specifica (mq/sec)	$1,5 \times 10^{-1}$	$2,7 \times 10^{-2}$	$9,6 \times 10^{-4}$		

TABELLA 57 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE MOSCHIATURE

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
183	Acqua Spasa	1090	0,1	0,02	0,01	
184	Gruppo Sassinoro	520 ÷ 590	0,06	–	–	Misura del 14-3-78
185	Sorgenza	500	0,18	0,03	<0,01	
186	Le Grotte	550	0,18	0,03	0,01	
187	Fontana Sant'Elmo	750	0,27	–	–	Misura del 26-1-78
188	Fontana La Grotta	940	0,16	–	–	Misura del 26-1-78
189	Gruppo Lenta	800 ÷ 880	0,2	0,05	0,01	

dalla mancanza di grosse sorgenti basali perché la già menzionata alternanza di litotipi a permeabilità variabile suddivide le acque di infiltrazione in più falde emergenti a varie quote.

6.7. Monte Camposauro

L'unità idrogeologica del monte Camposauro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [131; 134; 84] è costituita da una piccola zolla carbonatica limitata da tutti i lati, meno che al margine settentrionale, da depositi argilloso-marnoso-arenacei che ne tamponano la falda di base.

Attraverso la spessa coltre detritica affiorante lungo il suddetto margine settentrionale, le acque sotterranee si disperdono in modo più o meno diffuso nei depositi alluvionali del fiume Calore. Infatti, misure differenziali eseguite sul corso d'acqua in periodo di magra indicano l'esistenza di incrementi di portata, tra Paupisi e Telese, per circa 1 metro cubo al secondo. Gran parte di detto volume d'acqua proviene certamente dalla falda di base del monte Camposauro, così come è dimostrato dal bilancio idrologico [131; 134] (tab. 88) e dall'assenza di grandi sorgenti.

6.8. Monte Taburno

L'unità idrogeologica del monte Taburno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [131; 134; 84] è anch'essa una piccola struttura carbonatica, tettonicamente accavallata alla precedente lungo la valle di Prata.

In passato, detta unità è stata oggetto di studi [131; 134] che hanno consentito di accertare l'esistenza di perdite d'acqua diffuse verso il fiume Isclero, attraverso la spessa coltre detritica del versante meridionale.

Recentemente, la suddetta fascia detritica è stata studiata in dettaglio, al fine di verificare le conclusioni precedenti e di quantizzare le risorse idriche ancora disponibili al di fuori di quelle delle sorgenti del Fizzo (tab. 58).

Le misure di portata differenziali eseguite nel 1980 sui corsi d'acqua hanno indicato, tra la confluenza del Tesa col Carmignano e l'Isclero all'altezza di Moiano (fig. 35), un aumento di portata di circa 160 litri al secondo in magra e di circa 520 litri al secondo in periodo di piena. Se si considera che gli incrementi del periodo di magra sono sottovalutati perché esistono prese per uso irriguo, si può considerare un afflusso sorgivo diffuso di almeno 250 ÷ 300 litri al secondo, in media, comprensivo dei superi delle sorgenti Fizzo (non più di una decina di litri al secondo misurati in magra e circa 70 litri al secondo misurati in piena).

I sondaggi meccanici eseguiti in riva destra del fiume Isclero, a nord-ovest di Pastorano (fig. 35), hanno rinvenuto una coltre detritico-piroclastica di spessore variabile tra i 130 ed i 30 metri circa. Essa poggia direttamente su un substrato calcareo il quale, quando è stato raggiunto dalle perforazioni, è risultato sterile ed ha dato luogo a perdite della falda o a notevoli abbassamenti del suo livello statico (de Riso, relazione inedita).

Poiché si è avuto il ripristino del suddetto livello solo dopo aver isolato la copertura terrigena dal substrato, de Riso ritiene che quest'ultimo non appartenga all'unità del monte Taburno, bensì all'adiacente unità dei monti di Durazzano, la cui falda di base trova recapito a 30 metri di altitudine circa (paragrafo 6.9.) [113].

Tale interpretazione trova riscontro nell'assetto strutturale dell'area interessata dalle indagini e nell'ubicazione dei pozzi. Uno di essi, infatti, è posto ad appena 400 metri di distanza dal monte Porrito, che rappresenta l'estrema propaggine nord-orientale dei monti di Durazzano (fig. 35).

A quanto sopra esposto si possono aggiungere altre considerazioni che giustificano il deficit esistente tra la potenzialità globale del monte Taburno [134] e le uscite misurabili, siano esse concentrate o diffuse.

Infatti, attraverso la coltre detritica pedemontana, esiste continuità idrogeologica tra la struttura del Taburno e quella dei monti di Durazzano. Quest'ultima drena, quindi, parte della falda dei detriti.

TABELLA 58 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL MONTE TABURNO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
190	Gruppo Fizzo	250	0,6	0,4	0,3	

Figura 35 - Margine sud-occidentale dell'unità idrogeologica del Monte Taburno.

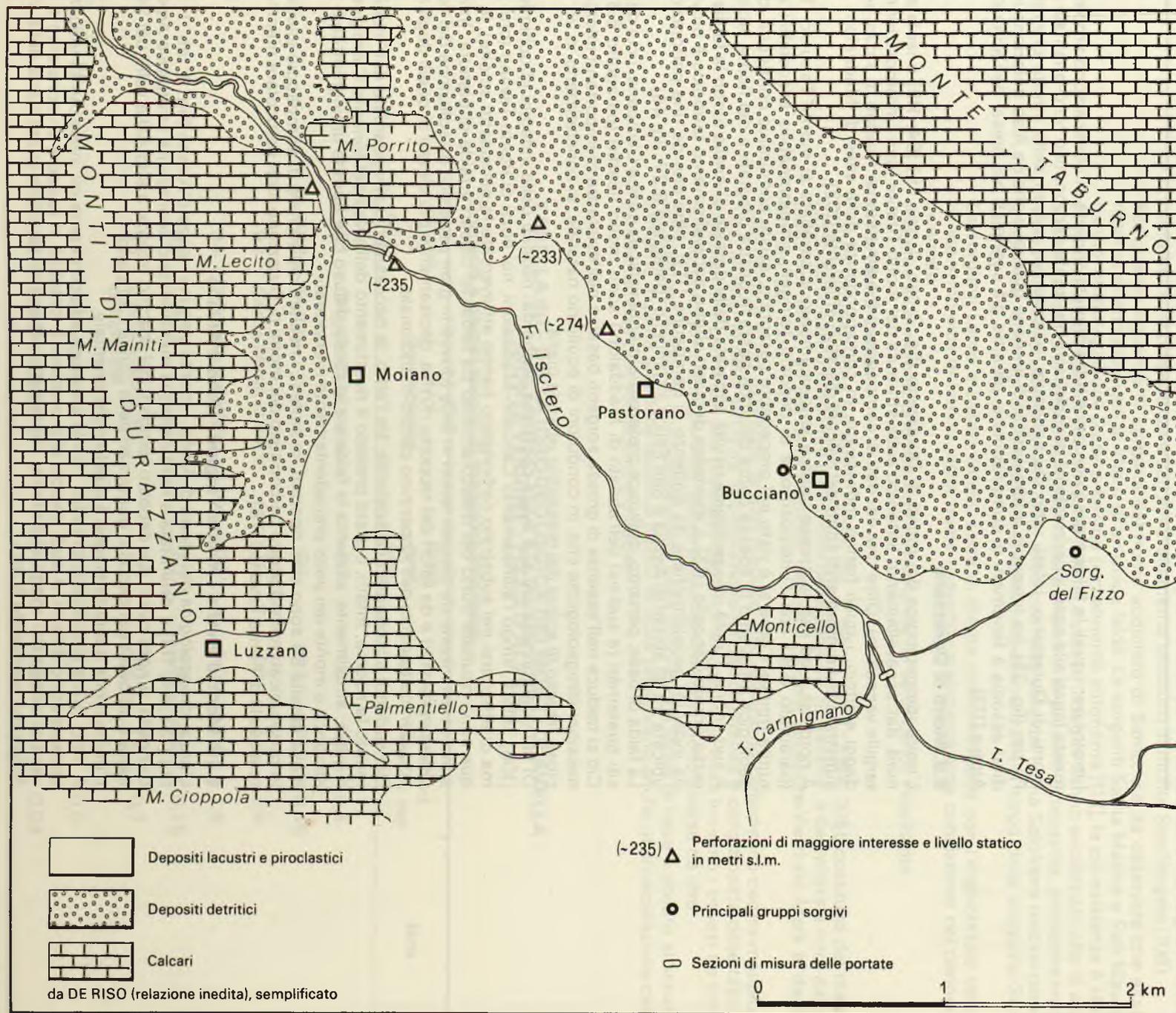


TABELLA 59 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI DURAZZANO**Risultati di prove e misure idrodinamiche**

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$5,6 \times 10^{-1}$	$6,0 \times 10^{-2}$	$0,8 \times 10^{-2}$	} Calcari	
Permeabilità (m/sec)	$1,8 \times 10^{-2}$	$5,9 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-4}$		

I motivi per i quali la falda stessa non viene tutta drenata a quota più bassa sono probabilmente legati alla scarsa permeabilità complessiva del fronte carbonatico nord-orientale dei monti di Durazzano. Infatti, uno dei sondaggi, ubicato nei calcari della stretta di monte Porrito (fig. 35), ha rinvenuto intercalazioni di arenarie quarzose che de Riso (relazione inedita) associa a fenomeni di compressione, peraltro già segnalati nei pressi dell'abitato di Arpaia [113].

6.9. Monti di Durazzano

L'unità idrogeologica dei monti di Durazzano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 113] è isolata, a nord, dall'accavallamento tettonico sulla struttura dei monti Tifatini (con l'interposizione di «argille varicolori»). Oltre che dai dati di campagna, ciò è emerso dai risultati di alcuni sondaggi elettrici, i quali hanno individuato, in corrispondenza della valle di Maddaloni, un substrato conduttore al di sotto del calcare resistivo affiorante [102].

A nord-est e ad est, la stessa unità è tettonicamente accavallata al monte Taburno [113] (paragrafo 6.8.) con l'interposizione di depositi terrigeni «impermeabili» associabili alle «unità Irpine». Come si è visto nel precedente paragrafo, esiste comunque continuità idrogeologica attraverso la spessa coltre detritica posta in destra orografica del fiume Isclero.

A sud, infine, l'unità idrogeologica risulta separata dalla dorsale di Avella lungo la faglia inversa Arpaia-Cancello [113]. L'esistenza di quest'ultimo accavallamento tettonico è provata da indagini geoelettriche e da evidenze di campagna [113], oltre che da una perforazione ubicata tra gli abitati di Arpaia e San Felice a Cancello (paragrafo 6.27; fig. 49).

La falda di base, pertanto, defluisce preferenzialmente verso la conca Campana, i cui depositi quaternari (a sud-est dell'abitato di Maddaloni) sono molto ricettivi (paragrafo 6.34.). Ciò si traduce nell'assenza di grosse sorgenti basali e nell'esistenza di importanti interconnessioni idrogeologiche che, in condizioni di equilibrio naturale, si concretizzano in un copioso travaso di acque dal massiccio verso la piana.

Di tali interconnessioni si è avuta conferma anche dai risultati delle indagini idrochimiche [106]. Infatti, lungo l'allineamento Cancello-Maddaloni, nei pozzi di Ponte Tavano (che prima di attestarsi nel substrato carbonatico hanno attraversato le piroclastiti sciolte), le acque sono risultate frutto del mescolamento tra falda dei calcari e falda di pianura. Infatti, sono caratterizzate da discreti tenori in SiO_2 (dovuti in gran parte alla dissoluzione del vetro delle piroclastiti) e da valori del rapporto $r\text{K}/r\text{Na}$, decisamente più elevati di quelli degli altri acquiferi carbonatici dell'Appennino centro-meridionale.

Dai suddetti accertamenti è scaturita, tra l'altro, la necessità di salvaguardare dall'inquinamento la risorsa. Infatti, è stato previsto il rivestimento dell'alveo del torrente Carmignano il quale, attualmente, alimenta la falda sia in modo diffuso che tramite un inghiottitoio posto poco a monte dei pozzi precedentemente menzionati.

Nella tabella 59 sono stati riportati, in sintesi, i risultati delle prove di pompaggio eseguite in pozzi ubicati nel substrato carbonatico dei monti di Durazzano, con particolare riferimento a quelli di Ponte Tavano [176].

6.10. Monti d'Avella - Monte Vergine - Pizzo d'Alvano

L'unità idrogeologica dei monti di Avella - monte Vergine - pizzo d'Alvano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [133; 84; 113] è delimitata a nord dalla già menzionata discontinuità strutturale Arpaia-Cancello, a nord-ovest dai depositi terrigeni del «bacino Iripino», a sud dalla valle del Solofrana e ad ovest dai depositi quaternari della conca Campana.

L'unico limite a tenuta stagna è quello nord-orientale.

A nord esiste continuità idraulica con la struttura adiacente, ma gli interscambi idrici sotterranei sono difficili. A sud, invece, alla continuità idraulica si associa un consistente travaso di acque dai monti di Solofra, soprattutto attraverso la coltre quaternaria della valle Solofrana (paragrafo 6.30.).

Ad ovest, infine, esiste alimentazione verso le falde quaternarie; in prima approssimazione, i travasi possono essere considerati trascurabili rispetto alla potenzialità globale della struttura.

All'interno dell'unità idrogeologica, la faglia inversa Monteforte Irpino-Baiano [133; 132] e la sua naturale prosecuzione nella dorsale di Avella (fino ad Arpaia) sembrano delimitare un'area di alimentazione comune alle sorgenti Mofito e Calabricito, oltre che al gruppo di Sarno (tab. 60).

Ne consegue che la parte occidentale della dorsale di Avella, la quale alimenta le sorgenti di Cancellò, trae una certa aliquota di acque anche da monte Vergine, in senso stretto. L'alta mineralizzazione che caratterizza queste ultime scaturigini è preferenzialmente legata all'approfondimento dei circuiti, per la complessa situazione strutturale esistente in corrispondenza della collina di Cancellò [113], oltre che per la presenza della faglia inversa menzionata in precedenza e dell'accavallamento tettonico di monte Sant'Angelo [106].

Per quanto riguarda le sorgenti del fronte acquifero di Sarno, c'è da osservare che esse rappresentano più punti di sfioro di un'unica falda. Le sorgenti Santa Marina e San Mauro hanno, comunque, una parte di bacino parzialmente autonoma [113], la cui esistenza è stata verificata da indagini idrochimiche [106]. Le stesse indagini hanno evidenziato che le acque di queste due ultime sorgenti circolano anche in prodotti piroclastici, probabilmente nelle valli di Siano e Bracigliano [106], oltre che nella valle del fiume Solofrana (vedasi paragrafo 6.30. e, in fig. 35, l'andamento delle isopiezometriche a tergo della sorgente San Mauro).

Le sorgenti Lauro e Labso, infine, sono in diretta comunicazione con l'inghiottitoio della conca endoreica di Forino, dalla quale ricevono un'alimentazione consistente nel periodo invernale.

Assieme all'alimentazione ricevono, ovviamente, un certo carico inquinante.

6.11. Monti Lattari

L'unità idrogeologica dei monti Lattari (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 105], costituita dal massiccio carbonatico omonimo e dai rilievi della penisola Sorrentina, è delimitata a nord dalla piana del Sarno, ad est dalla direttrice tettonica Nocera Superiore-Vietri sul Mare e, dagli altri lati, dal mare.

Così come è stato osservato in altri massicci dell'Appennino carbonatico centro-meridionale, all'interno della struttura la circolazione idrica sotterranea è condizionata dalle fasce cataclastiche connesse alle principali direttrici tettoniche, le quali limitano i travasi tra corpi idrici contigui aventi, peraltro, quote piezometriche non molto diverse tra loro.

Un ulteriore motivo di condizionamento della circolazione idrica di base è dovuto all'innalzamento a quota alta delle dolomie basali, le quali presentano anche un'intercalazione calcareo-marnosa pressoché «impermeabile».

TABELLA 60 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI AVELLA - MONTE VERGINE - PIZZO D'ALVANO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
191	Gruppo Calabricito	30	1,6	0,8	0,4	
192	Mofito	30	0,9	0,5	0,15	
193	Santa Maria la Foce	30	7,6	3,8	2,4	
194	Mercato e Palazzo	30	5,2	3,0	1,6	
195	Cerola	30	0,9	0,5	0,15	
196	Santa Marina di Lavorate	30	3,0	1,8	0,7	
197	San Mauro	30	0,8	0,3	0,0	
198	Lauro e Labso	190÷200	0,2	-	0,04	

È, infine, probabile che nel settore orientale, dove la struttura è più rialzata, il deflusso della falda sia condizionato anche dal sollevamento del substrato di sovrascorrimento, costituito dalle unità provenienti dalla deformazione del «bacino Lagonegrese».

Dagli studi eseguiti [84; 88; 105] è emerso che la monoclinale di monte Pertuso (delimitata ad ovest dall'importante disturbo tettonico Pagani-Ravello) può essere considerata idrogeologicamente autonoma. Il punto più depresso di questa idrostruttura è rappresentato dal tratto di costa compreso tra Vietri sul Mare e Ravello; i motivi strutturali e stratigrafici esposti in precedenza consentono, però, alla falda di mantenersi a quota alta all'interno del massiccio e fanno sì che essa defluisca preferenzialmente nella copertura recente della piana del Sarno e della valle Solofrana, nel tratto compreso tra Nocera Superiore e Pagani.

Un'altra sub-struttura che può essere considerata idrogeologicamente autonoma, è quella di monte Cervigliano, delimitata a sud-ovest dalla faglia che congiunge Castellammare di Stabia a Vettica Minore. Anche in questo caso si ripete lo schema di circolazione idrica sotterranea visto in precedenza per monte Pertuso; infatti, la falda defluisce preferenzialmente verso nord, probabilmente perché a sud è tamponata dall'innalzamento dei calcari dolomitici liassici e da fenomeni di compressione, alcuni già segnalati in prossimità di monte Cervigliano (Sgrosso, in [84] e [105]).

Il terzo «bacino» sotterraneo individuabile è quello di monte Faito. Questo, delimitato a sud-ovest dalla faglia Positano-Vico Equense, dà origine a qualche sorgente sottomarina lungo la costa meridionale ed all'importante gruppo sorgivo di Castellammare di Stabia a nord. Anche in questo caso, il deflusso preferenziale verso nord sembra essere dovuto alla quota di affioramento del Lias, lungo il versante meridionale, ed alle fasce cataclastiche legate ad altri fenomeni compressivi, alcuni già segnalati a monte Faito (vedasi bibliografia in [84] e [105]).

Continuando verso sud-ovest, si rinvengono modesti affioramenti carbonatici, il più importante dei quali (monte Comune, posto in adiacenza a monte Faito) è tributario di piccole sorgenti sottomarine.

Infine, l'accavallamento tettonico di monte San Costanzo sull'«impermeabile» arenaceo affiorante nei pressi di Punta Campanella, nonché i sovrascorrimenti segnalati a Capri (vedasi bibliografia in [84] e [105]) indicano l'esistenza di una serie di scaglie tettoniche con intercalazioni terrigene, che rendono l'isola di Capri idrogeologicamente indipendente. Essa, comunque, è praticamente priva di risorse idriche sotterranee, soprattutto per l'esiguità della superficie utile all'infiltrazione, che non consente l'instaurarsi di un equilibrio stabile tra acqua dolce e acqua marina.

Il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea ha trovato conferma nei risultati del rilievo aereo all'infrarosso termico della fascia costiera [72; 88; 105], il quale ha evidenziato l'esistenza di perdite limitate verso mare; infatti, gli sbocchi sottomarini sono pochi e caratterizzati da uno scarso contrasto termico.

D'altro canto, la ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica, lungo il margine nord-occidentale del massiccio, ha confermato l'esistenza di cospicui travasi di acque verso le falde di pianura (fig. 36), con zone di alimentazione e di drenaggio direttamente collegate alle modalità di circolazione idrica sotterranea esistenti nella struttura retrostante [105].

Un'ulteriore conferma indiretta dell'esistenza di una zona di circolazione preferenziale delle acque sotterranee, lungo la suddetta fascia pedemontana, si è avuta dai risultati di numerose prove di portata eseguite in pozzi ubicati nel substrato carbonatico, tra gli abitati di Gragnano e Pagani (tab. 61).

A tal proposito, è importante segnalare che, in corrispondenza della conoide detritica di Gragnano, esiste una zona di alimentazione preferenziale della falda quaternaria (fig. 36). L'alto gradiente piezometrico ivi riscontrabile non è legato alla minore permeabilità del mezzo acquifero, bensì alla notevole quantità di acqua affluente. A tal proposito basti considerare che, dai soli pozzi della Cassa esistenti in loco, vengono emunte diverse centinaia

TABELLA 61 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI LATTARI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$8,6 \times 10^{-1}$	$2,4 \times 10^{-1}$	$2,2 \times 10^{-2}$	Calcari	

Figura 36 - Morfologia della superficie piezometrica lungo il margine nord-occidentale dei Monti Lattari.

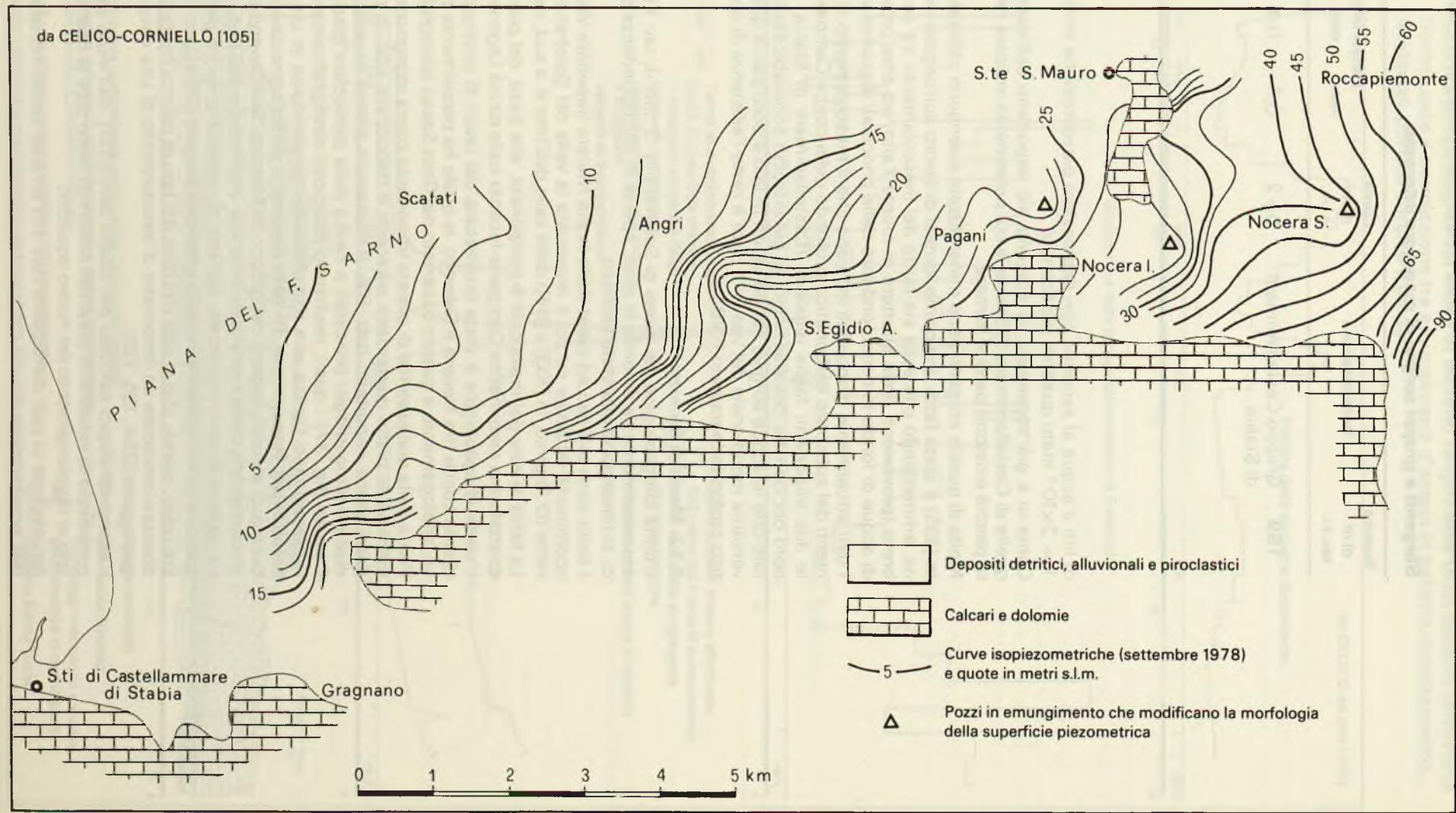


TABELLA 62 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI LATTARI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
199	Gruppo Castellammare di Stabia	0 ÷ 2	0,7	0,4	0,3	Misure riferite alle sole polle misurabili (potenzialità totale valutata: circa 125x10 ⁶ mc/a)

di litri d'acqua al secondo con depressioni piezometriche minime [105] (portata specifica: $1 \div 3 \times 10^{-1}$ metri quadrati al secondo).

Come si è già accennato, le sorgenti più importanti dell'intera unità idrogeologica sono quelle di Castellammare di Stabia la cui potenzialità indicata nella tabella 62 è sottovalutata perché esistono perdite in mare.

Molte di queste sorgenti sono mineralizzate e vengono utilizzate a fini terapeutici.

In [105] è stata fatta una prima ipotesi di lavoro sull'origine della suddetta mineralizzazione, ammettendo che essa sia frutto del mescolamento tra acque a circuito relativamente breve (provenienti dalla struttura di monte Faito) ed altre provenienti dalla mobilitazione di acque di fondo in corrispondenza delle principali discontinuità strutturali del massiccio.

I dati attualmente disponibili indicano che il mescolamento si ha anche con acque provenienti dal substrato carbonatico profondo della conca Campana, probabilmente attraverso le due importanti faglie regionali (Castellammare di Stabia - Vettica Minore e margine nord-occidentale del massiccio) al cui incrocio sono ubicate le scaturigini. Basti considerare che le acque sorgive hanno tenori in litio e boro pari a quelli riscontrati nella falda del versante meridionale del Vesuvio, dove è certa l'esistenza di apporti dal substrato carbonatico profondo (paragrafo 6.40.).

6.12. Monti di Salerno

L'unità idrogeologica dei monti di Salerno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [135; 103; 84] è costituita essenzialmente da dolomie le quali, specie in corrispondenza dei principali disturbi tettonici, si rinvencono allo stato farinoso.

I limiti sono marcati ad ovest dalla faglia Nocera Superiore-Vietri sul Mare, a nord dalla discontinuità tettonica su cui è impostata la valle del Solofrana, ad est dalla faglia trascorrente (D'Argenio, in [103] e [84]) della valle dell'Irno e, a sud, dal mare.

La falda in rete del massiccio è tamponata, alla base, dal piano di sovrascorrimento della «piattaforma carbonatica Campano-lucana» sulle «unità Lagonegresi» (fig. 37).

L'unità idrogeologica è stata interessata dai lavori di costruzione della galleria ferroviaria «Santa Lucia» (tra Nocera e Salerno), la quale ha parzialmente drenato la falda a quota bassa, analogamente a quanto osservato nel Gran Sasso (paragrafo 3.2.).

Prima della realizzazione di questa importante opera ingegneristica, la sua falda di base alimentava le piane quaternarie adiacenti e traboccava solo in parte per dare origine a sorgenti anche importanti (tab. 63). Il massiccio poteva essere considerato suddiviso in tre «bacini» idrogeologici principali a causa della particolare giacitura dei calcari marnosi del Carnico (fig. 37) i quali, risultando interposti stratigraficamente nelle dolomie triassiche, rappresentano l'unica vera discontinuità idrogeologica in un acquifero mediamente permeabile per fessurazione. Di detti «bacini», il primo coincideva con l'area settentrionale tributaria di alcune sorgenti del gruppo di Mercato San Severino e gli altri due con le aree di alimentazione delle scaturigini delle valli del Bonea e dell'Irno.

La galleria è stata impostata, dal lato di Salerno, a quota più bassa di circa 100 metri rispetto a quella di trabocco delle principali sorgenti [254].

Era ovvio, quindi, che in una struttura del tipo «a catino» come quella dei monti di Salerno si dovesse innescare un fenomeno di svuotamento di una cospicua parte delle riserve idrogeologiche [254; 135; 103].

I bilanci idrologici calcolati per dodici anni [103], dall'inizio dei lavori fino al 1976, hanno consentito di valutare in circa 100 milioni di metri cubi le riserve d'acqua andate a deflusso fino al raggiungimento del nuovo equilibrio.

Attualmente si può distinguere (tav. f.t.) un'area settentrionale che, delimitata a sud-ovest dall'innalzamento del già menzionato complesso calcareo-marnoso del Carnico, non ha ri-

Figura 37 - Sezione idrogeologica dei Monti di Salerno lungo l'asse della galleria ferroviaria Santa Lucia e correlazione tra emungimenti d'acqua in galleria, avanzamento dei lavori, portate sorgive e piogge.

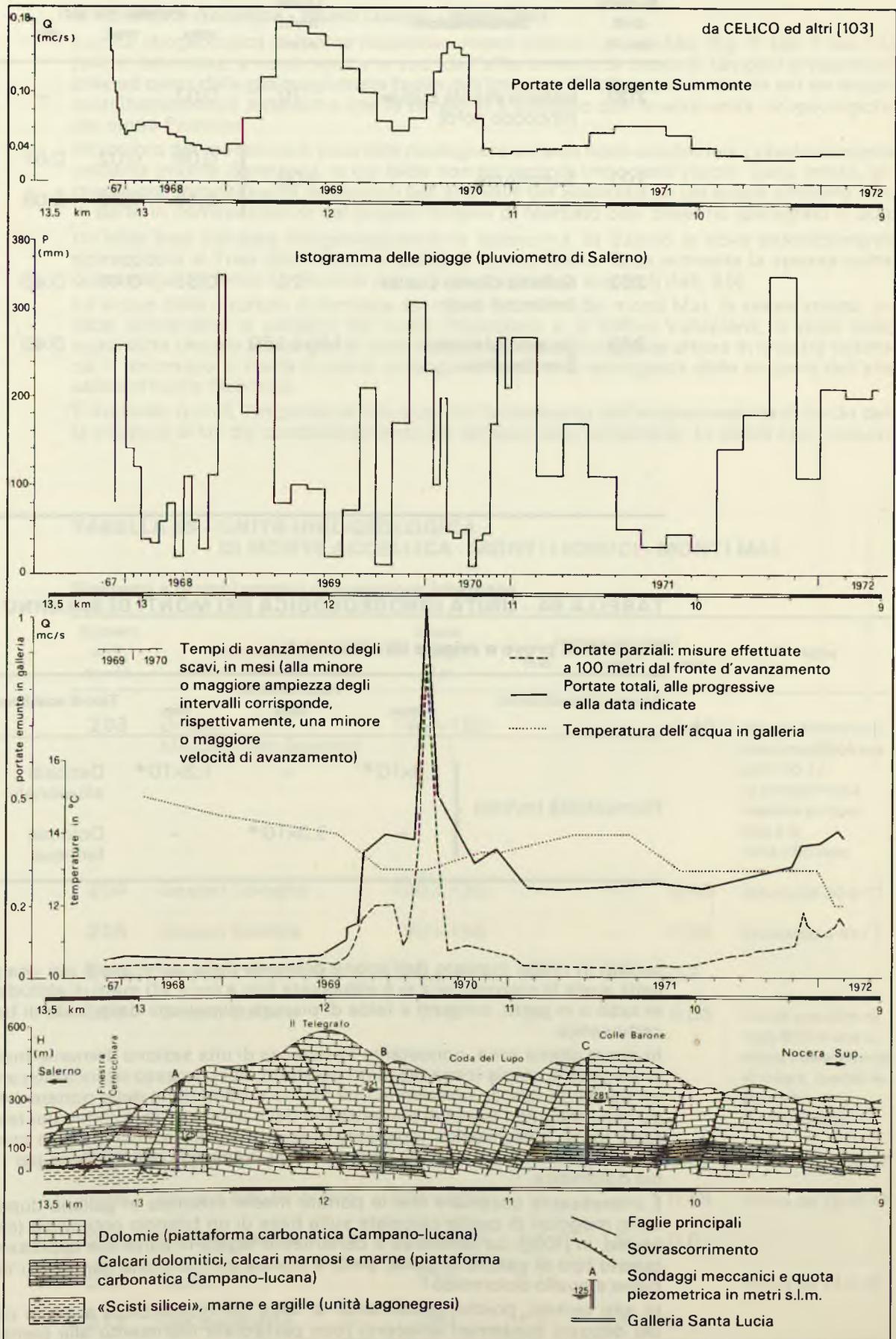


TABELLA 63 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI SALERNO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
200	Galleria «Santa Lucia» (imbocco nord)	70	0,07	-	-	Misura del 9-2-79
201	Summonte	100	0,06 0,45	0,02 0,20	0,01 0,08	Misure riferite al periodo 1977 ÷ 1980 Misure antecedenti alla costruzione della galleria
202	Galleria «Santa Lucia» (imbocco sud)	20	0,55	0,45	0,40	Misure riferite al periodo 1976 ÷ 1980
203	Gruppo Mercato San Severino	140 ÷ 150	-	-	0,40	Misura differenziale, nel fiume Solofrana, del 1-10-77; la portata media riferibile all'alimentazione dei monti di Salerno è di circa 150 l/sec

TABELLA 64 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DI SALERNO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Permeabilità (m/sec)	1,8x10 ⁻⁵	-	1,3x10 ⁻⁶	Depositi alluvionali	da [255]
	-	3,3x10 ⁻⁶	-	Dolomie farinose	

sentito in modo marcato dell'azione drenante della galleria; c'è poi una parte meridionale nella quale la piezometrica si è abbassata fino a circa 20 metri di altitudine, prosciugando, in tutto o in parte, sorgenti e falde di pianura alimentate dalla falda di base della struttura carbonatica.

In quest'ultima zona, nonostante l'esistenza di una sezione drenante molto lunga (circa 10 chilometri) e ampia (circa 80 metri quadrati), nel processo ricarica/discarica si è instaurato un equilibrio tale da consentire una buona modulazione delle portate emunte. Ciò si spiega con i maggiori tempi di percolazione delle acque nelle dolomie poste al di sopra dell'attuale livello piezometrico (spessore medio pari a circa 400 metri) e con l'intasamento riscontrato, a distanza di anni, nelle opere di drenaggio della galleria per l'accumulo di sabbia dolomitica.

È interessante osservare che le portate medie misurate in galleria dopo il 1976 (tab. 63) sono maggiori di quelle calcolate sulla base di un bilancio potenziale (circa 350 litri al secondo, in [103]). La differenza è certamente legata in parte alle approssimazioni proprie di questo tipo di calcoli; in parte, però, è dovuta all'inversione dei travasi tra l'acquifero delle pianure e quello dolomitico.

In altri termini, poiché attualmente la falda del massiccio è a quota più bassa di quella dei depositi quaternari adiacenti (con particolare riferimento alla piana di Nocera Superiore)

riore - Cava dei Tirreni), riceve da questi ultimi una certa alimentazione. D'altro canto ciò risulta possibile anche dal confronto tra i valori della permeabilità dei due acquiferi (tab. 64) [253].

6.13. Monte Accellica - Monti Licinici - Monti Mai

L'unità idrogeologica di monte Accellica - monti Licinici - monti Mai (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è delimitata, a nord-ovest e a sud, dall'affioramento di depositi terrigeni «impermeabili»; ad ovest dalla già menzionata faglia dell'Irno-alto Solofrana; a nord e ad est da importanti discontinuità tettoniche che la pongono a contatto con le altre unità idrogeologiche dei monti Picentini.

All'interno del massiccio è possibile distinguere un'area nord-occidentale prevalentemente calcarea (monte Garofano), la cui falda non ha recapiti importanti visibili. Essa, infatti, alimenta preferenzialmente le alluvioni dell'alta valle del Solofrana, le cui acque affiorano solo in parte in corrispondenza del gruppo sorgivo di Mercato San Severino (paragrafo 6.30.).

Un'altra area calcarea idrogeologicamente autonoma, in quanto si trova tettonicamente sovrapposta al Trias dolomitico, è quella di monte Stella. Essa alimenta la spessa coltre quaternaria del fosso La Sordina e le piccole sorgenti ivi esistenti (tab. 65).

Le acque della struttura dolomitica dei monti Licinici e dei monti Mai, in senso stretto, invece, alimentano le sorgenti del fiume Prepezzano e di Giffoni Vallepiiana, le quali sono quasi tutte ubicate ai margini di zone in cui la «serie Lagonegrese» affiora in finestra tettonica. Il fenomeno si ripete in modo analogo nelle zone di emergenza delle sorgenti dell'alta valle del fiume Picentino.

È evidente, quindi, l'importanza che assume l'andamento dell'«impermeabile» di fondo della struttura ai fini del condizionamento dei deflussi idrici sotterranei. In alcuni casi, comun-

**TABELLA 65 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DI MONTE ACCELLICA - MONTI LICINICI - MONTI MAI**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
203	Gruppo Mercato San Severino	140 ÷ 150	-	-	0,40	Misura differenziale, nel fiume Solofrana, dell'1-10-77; la portata media riferibile ai monti Mai è di circa 250 l/sec
204	Gruppo Cologna	120 ÷ 130	-	-	0,40	Misura del 30-9-77
205	Gruppo Sordina	90 ÷ 150	-	-	0,04	Misura del 4-10-77
206	Gruppo Prepezzano	180 ÷ 360	0,7	0,4	0,2	
207	Gruppo Calavre	210	0,4	-	0,06	Fronte acquifero di circa 600 m che si riduce notevolmente in magra, quando le polle alte si esauriscono
208	Cappuccini	180	-	-	0,08	Misura del 26-10-77
209	Gruppo Alto Picentino	320 ÷ 850	-	-	0,48	Misura del 26-10-77
210	Gruppo Ausino	550 ÷ 580	1,7	1,0	0,6	
211	Lappe	570	0,16	-	-	Misura del 23-3-35
212	San Benedetto	180	1,3	0,7	0,4	

que, la genesi delle sorgenti è legata alla giacitura dei già menzionati calcari marnosi del Carnico interposti nel complesso dolomitico.

La circolazione idrica sotterranea risulta meno articolata e meno frazionata nell'area orientale (monte Accellica).

Quivi, a parte qualche scaturigine posta a quota alta, la falda alimenta preferenzialmente le sorgenti dell'Ausino (ubicata nella conca di Acerno) e la sorgente di San Benedetto (tab. 65).

Quest'ultimo gruppo sorgivo sgorga da uno spuntone calcareo posto a circa 6 chilometri di distanza dal massiccio e collegato ad esso da un sifone carbonatico ricoperto dal Miocene «impermeabile». Tale assetto strutturale giustifica l'alto grado di mineralizzazione delle sorgenti, ed in particolare delle polle più basse («Acqua Fetente»), perché rende possibile la mobilizzazione di acque di fondo a ricambio lento.

6.13.1. Le sorgenti dell'Ausino

Le sorgenti dell'Ausino (tab. 65) (Ausino, Ausinetto, Avella e Olevano) traggono alimentazione, lateralmente e dal basso, dalla struttura prevalentemente dolomitica del monte Accellica (paragrafo 6.13.) [84] e vengono a giorno nella spessa coltre fluvio-lacustre di Acerno.

Quest'ultima è costituita da un'alternanza di depositi sabbioso-limosi e conglomeratici in grossi banchi e poggia direttamente sulle dolomie farinose del massiccio. Lo spessore in affioramento supera i 150 metri, ma si riduce a 15 ÷ 20 metri nei pressi della sorgente Olevano ed a 40 ÷ 50 metri nei pressi delle altre scaturigini.

I motivi per i quali le acque affiorano preferenzialmente in questa zona e non più a sud, lungo l'alveo del Tusciano, sono probabilmente legati all'innalzamento del substrato di sovrascorrimento del massiccio (unità Lagonegresi), il quale affiora fino a circa 1.000 metri di quota nella vicina finestra tettonica di Campagna. Ciò, d'altro canto, spiega anche l'estrema tettonizzazione delle dolomie, le quali si trovano allo stato farinoso.

L'area interessata dagli affioramenti sorgivi è stata oggetto di indagini geognostiche di dettaglio eseguite (de Riso, relazione inedita) sulla base della problematica scaturita dagli studi preliminari [84]. Dette indagini, infatti, sono state indirizzate in particolar modo alla verifica delle condizioni di affioramento e dell'ubicazione [84; 110] del bacino di alimentazione dell'importante fronte acquifero segnalato [84] dopo le misure differenziali eseguite nell'alveo del fiume Tusciano nel periodo di magra dell'anno 1977.

Nella figura 38 si può osservare che il sondaggio n. 10, ubicato nelle dolomie del monte Cervialto (tributario delle sorgenti di Caposele) [101; 84], è risultato sterile. È stato, pertanto, confermato che il fronte acquifero citato in precedenza è alimentato dalla struttura del monte Polveracchio [84], anche perché nel sondaggio n. 9 la falda è stata rinvenuta più in alto dell'alveo del Tusciano.

Inoltre i sondaggi n. 4 e 7, ubicati nelle dolomie della struttura dell'Accellica, hanno rinvenuto la falda a quota compatibile con quella della sorgente Olevano confermando, così, anche l'ubicazione del bacino di alimentazione di quest'ultima.

Le misure di portata differenziali eseguite sul Tusciano con cadenza settimanale, dal novembre 1980 al dicembre 1981, hanno consentito di accertare l'esistenza di un incremento di portata medio di circa 1.500 litri al secondo tra le sezioni di misura riportate nella figura 38. È da notare che detta portata non è tutta dovuta al trabocco di acque sotterranee, in quanto le misure sono risultate chiaramente disturbate dalle piogge. La portata media sorgiva è stata valutata in circa 800 litri al secondo (tab. 68; fig. 38).

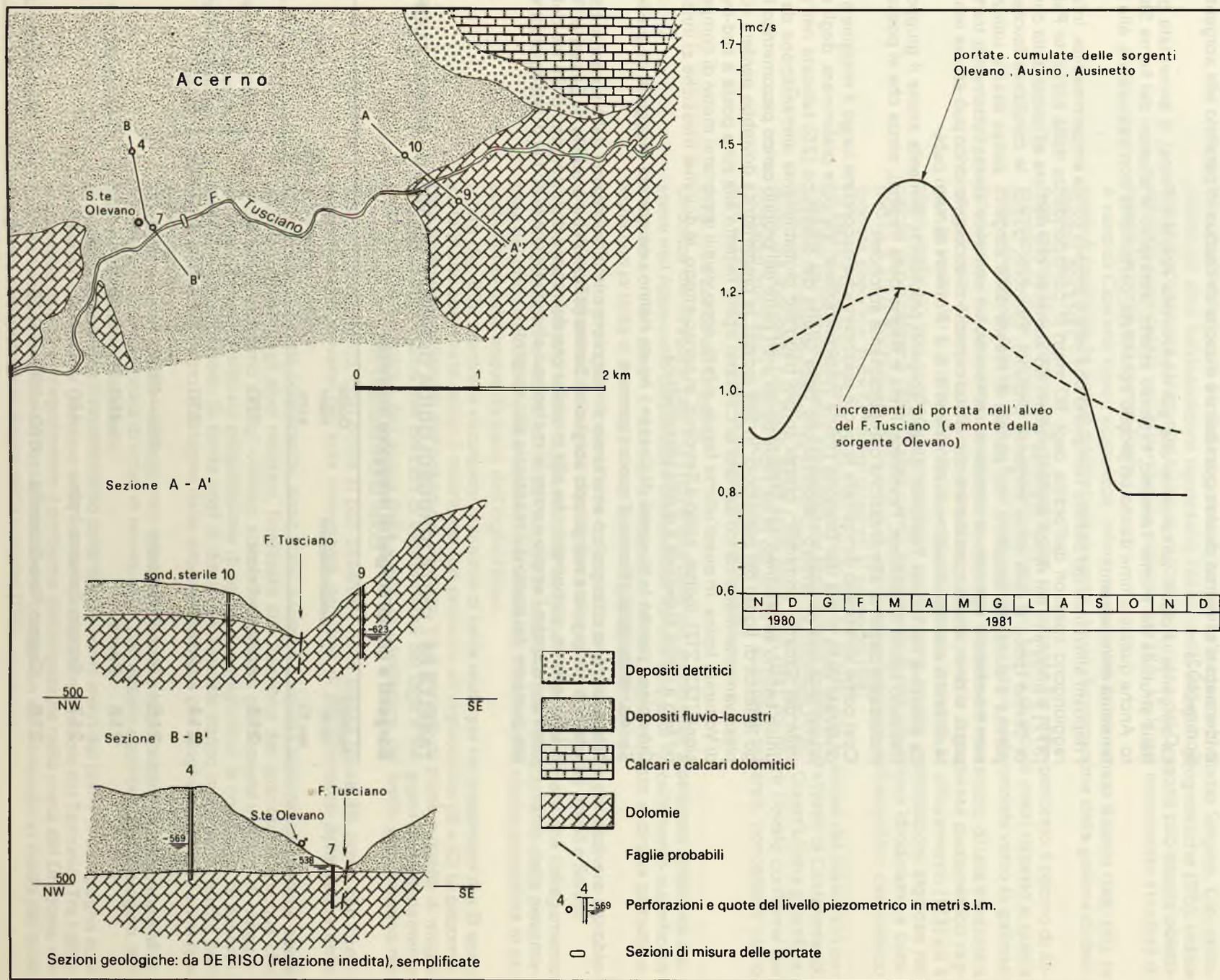
6.14. Monte Terminio - Monte Tuoro

L'unità idrogeologica del monte Terminio - monte Tuoro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [123; 84] è delimitata, a nord-ovest e a nord-est, da importanti faglie che pongono a contatto il massiccio carbonatico con i litotipi scarsamente permeabili delle unità terrigene «Irpine» e «Sicilidi». Il tamponamento operato sulla falda di base del massiccio dai suddetti «impermeabili» è pressoché completo.

A sud-ovest, l'unità idrogeologica è delimitata dalla faglia del fiume Sabato, lungo la quale sono trascurabili le perdite verso la falda dell'adiacente struttura carbonatica dei monti di Solofra. Basti osservare che a sud-ovest della faglia (in corrispondenza dell'abitato di Solofra) la piezometrica si mantiene più bassa di circa 140 metri [88] rispetto alle sorgenti Acquaro-Pelosi (tab. 66) e che a nord-est della stessa faglia essa supera una quota di 650 metri circa, nei pressi dell'inghiottitoio della Bocca del Dragone (Vulturara Irpina) [115]. Vi sono quindi, in corrispondenza del *graben* del Sabato, perdite di carico di entità considerevole, che fanno escludere l'esistenza di travasi di acqua importanti da nord-est verso sud-ovest.

A sud, infine, il limite dell'unità è marcato dal contatto tettonico tra la serie prevalentemente calcarea affiorante nel monte Terminio e le dolomie del monte Accellica. Anche in questo caso l'andamento dello «spartiacque» sotterraneo è evidente. Infatti, esiste una netta differenza di permeabilità tra le dolomie, che si rinvergono generalmente allo stato farino-

Figura 38 - Principali risultati delle indagini eseguite nella zona di Acerno.



so, ed i calcari caratterizzati dalla presenza di un fenomeno carsico molto evoluto [123]. A ciò bisogna aggiungere la possibilità che sotto le dolomie del monte Accellica risulti rialzato il substrato «impermeabile» costituito dalle «unità Lagonegresi».

All'interno del massiccio carbonatico [84] è possibile distinguere una prima struttura (monte Tuoro), la cui falda alimenta dapprima le sorgenti di Sorbo Serpico-Salza Irpina, per poi defluire in parte verso la sorgente Urciuoli (tab. 66). Detta interpretazione trova conferma in considerazioni di carattere strutturale [84], nei livelli piezometrici riscontrati in alcuni sondaggi meccanici eseguiti alle falde del monte Cerreto e negli studi idrologici che hanno evidenziato «l'esistenza di altre possibili vie d'uscita dell'acqua in parallelo alle sorgenti di Sorbo» [402].

La sorgente Urciuoli, unitamente alla già menzionata Acquaro-Pelosi, è alimentata pure dalla struttura del monte Terminio, in senso stretto, attraverso le alluvioni del fiume Sabato. Anche queste ultime danno un proprio contributo, certamente non trascurabile, alla potenzialità delle sorgenti.

I depositi alluvionali del Sabato riempiono una vera e propria conca «impermeabile». Infatti, raggiungono spessori dell'ordine degli 80 metri in corrispondenza della sorgente Pelosi [377] e poggiano sul *flysch* argilloso-marnoso-arenaceo che riaffiora all'uscita della conca di Serino (poco a valle della sorgente Urciuoli). Esistono, quindi, le condizioni favorevoli perché il suddetto acquifero, nei periodi di magra delle sorgenti, possa essere utilizzato come serbatoio naturale di compenso attraverso un semplice sovrasfruttamento tramite pozzi; si deve, infatti, considerare che la sua capacità di accumulo idrico può essere valutata, in prima approssimazione, in non meno di $6 \div 7$ milioni di metri cubi.

La struttura del monte Terminio, oltre le sorgenti precedenti, alimenta anche il gruppo di Cassano Irpino (Pollentina, Peschiera, Prete e Bagno della Regina), senza che si possano individuare bacini di alimentazione completamente autonomi.

Così come sembrano dimostrare le quote piezometriche riscontrate lungo il margine sud-orientale della piana del Dragone [115] e l'interpretazione, sia pure preliminare, degli elementi acquisiti attraverso l'esplorazione della Grotta del Sambuco [25] (ubicata nell'alta valle del Sabato), entrambi i gruppi sorgivi traggono probabilmente alimentazione da un unico bacino sotterraneo, la cui falda perde gran parte del proprio carico piezometrico lungo le fasce di bordo del massiccio. In tale ipotesi, la piezometrica dovrebbe perdere complessivamente meno carico dal lato di Cassano Irpino rispetto alla zona posta a sud-ovest di Volturara Irpina. In quest'ultima fascia, infatti, sono visibili importanti motivi di compressione [123; 212]; inoltre, sotto il Terminio, in senso stretto, le dolomie triassiche si innalzano fino a quota superiore a quella piezometrica.

Ciò spiega perché le sorgenti di Cassano Irpino hanno una portata maggiore di quelle di Serino, nonostante affiorino a quota superiore.

Tale situazione stratigrafico-strutturale si ripercuote anche sul regime delle sorgenti. Esso, infatti, è più regolare nel gruppo sorgivo di Serino [97] rispetto a quello di Cassano [123; 91]. È evidente, comunque, che alla modulazione del regime delle sorgenti di Serino debba contribuire anche l'ampio e potente materasso alluvionale che le acque di falda percorrono per giungere dal bordo del massiccio alle sorgenti.

TABELLA 66 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE TERMINIO - MONTE TUORO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
213	Acquaro-Pelosi	380	1,6	0,8	0,1	Esiste alimentazione da parte delle alluvioni del fiume Sabato
214	Urciuoli	330	1,7	1,2	1,0	
215	Gruppo Sauceto	460 ÷ 480	-	0,2	-	
216	Beardo	450	0,48	-	-	Misura del 27-1-33
217	Gruppo Cassano Irpino	480	4,8	3,1	1,7	
218	Gruppo Raio-Scorzella	670 ÷ 980	0,15	-	-	Misura del 28-12-77

Lo stesso assetto stratigrafico-strutturale e le condizioni di affioramento delle acque potrebbero essere alcune delle cause dei risultati della prova di colorazione eseguita dall'inghiottitoio della piana del Dragone con fluoresceina [114]. Infatti, il campione di carbone attivo prelevato alle sorgenti di Cassano Irpino, dopo sette giorni di immersione in acqua, ha dato reazione positiva; invece alle sorgenti Acquaro-Pelosi i risultati sono stati negativi. L'esito della prova dovrebbe essere stato condizionato anche dall'ostruzione, peraltro rimossa dal terremoto del 23 novembre 1980 (paragrafo 6.14.1.), del condotto carsico collegato all'inghiottitoio della Bocca del Dragone.

Il risultato delle prove è stato negativo anche per la sorgente di Sorbo Serpico. Ciò, unitamente ad altre considerazioni riguardanti l'esito delle indagini geognostiche [115], indica che la discontinuità strutturale su cui è impostata la piana del Dragone può essere obiettivamente considerata uno «spatiacque sotterraneo» [84] tra le già menzionate strutture di monte Terminio e di monte Tuoro.

A nord di Cassano Irpino scaturisce, infine, la sorgente «sotterranea» Beardo (tab. 66), la quale è costituita da acque intercettate durante i lavori di costruzione della galleria di derivazione dell'ENEL.

A tal proposito è interessante osservare che, nonostante sia stato perforato il bacino di alimentazione delle sorgenti di Cassano a quota più bassa di alcuni metri rispetto a quella delle emergenze stesse, non si è verificato alcun drenaggio preferenziale verso la galleria.

Il fenomeno è dovuto in parte all'esistenza, lungo il bordo del massiccio, di una struttura a scaglie che ostacola il deflusso della falda, facendo sì che il gradiente piezometrico raggiunga valori del $5 \div 6\%$ [88]. Questo tipo di struttura è visibile in affioramento [123] ed è stato verificato con sondaggi meccanici, i quali hanno trovato intercalazioni argillose nei calcari di piattaforma [88]. D'altro canto, l'esistenza di una situazione idrodinamica complessa è stata confermata dalle prove di pompaggio eseguite nell'acquifero carbonatico (portata specifica: $5,6 \times 10^{-5}$ metri quadrati al secondo) [88].

Lo stesso fenomeno è probabilmente dovuto anche al fatto che le acque del massiccio potrebbero giungere in galleria attraverso vie preferenziali apertesesi nel «*flysch* di Castelvetere», costituito prevalentemente da grossi banchi di arenarie fratturate. Quest'ultima giustificazione, già ipotizzata nel corso degli studi preliminari [84], ha finora trovato conferma nei sondaggi meccanici, i quali non hanno rinvenuto il substrato calcareo, nonostante siano stati approfonditi fin sotto la galleria dell'ENEL [88]).

6.14.1. La conca del Dragone

La conca del Dragone (tav. f.t.) [115] è una delle più ampie aree a deflusso endoreico esistenti nell'Appennino carbonatico meridionale. Le sue acque di ruscellamento superficiale vengono smaltite da un unico inghiottitoio (Bocca del Dragone) posto in diretta comunicazione con la falda di base del monte Terminio (paragrafo 6.14.).

Lo studio idrogeologico di quest'area è stato affrontato soprattutto per risolvere il problema dell'inquinamento della falda che alimenta le sorgenti di Cassano Irpino e Serino.

Il principale risultato finora raggiunto [115] consiste nell'aver accertato che l'allagamento invernale della zona valliva non è da mettere in relazione con l'affioramento della piezometrica del massiccio, così come ritenuto in precedenza, bensì con le scarse possibilità di assorbimento delle acque da parte dell'inghiottitoio.

Infatti (fig. 39), mentre le escursioni massime di falda misurate nei piezometri A e D sono state molto contenute (circa 2 metri), nei fori prossimi all'inghiottitoio (B e C) la piezometrica ha avuto oscillazioni dell'ordine dei 21 metri, tra il periodo di piena e quello di magra dell'anno 1980. Inoltre, nel periodo di svuotamento del lago e nei giorni immediatamente precedenti la comparsa dell'acqua nella piana, le oscillazioni del livello piezometrico nei sondaggi B e C sono risultate molto veloci.

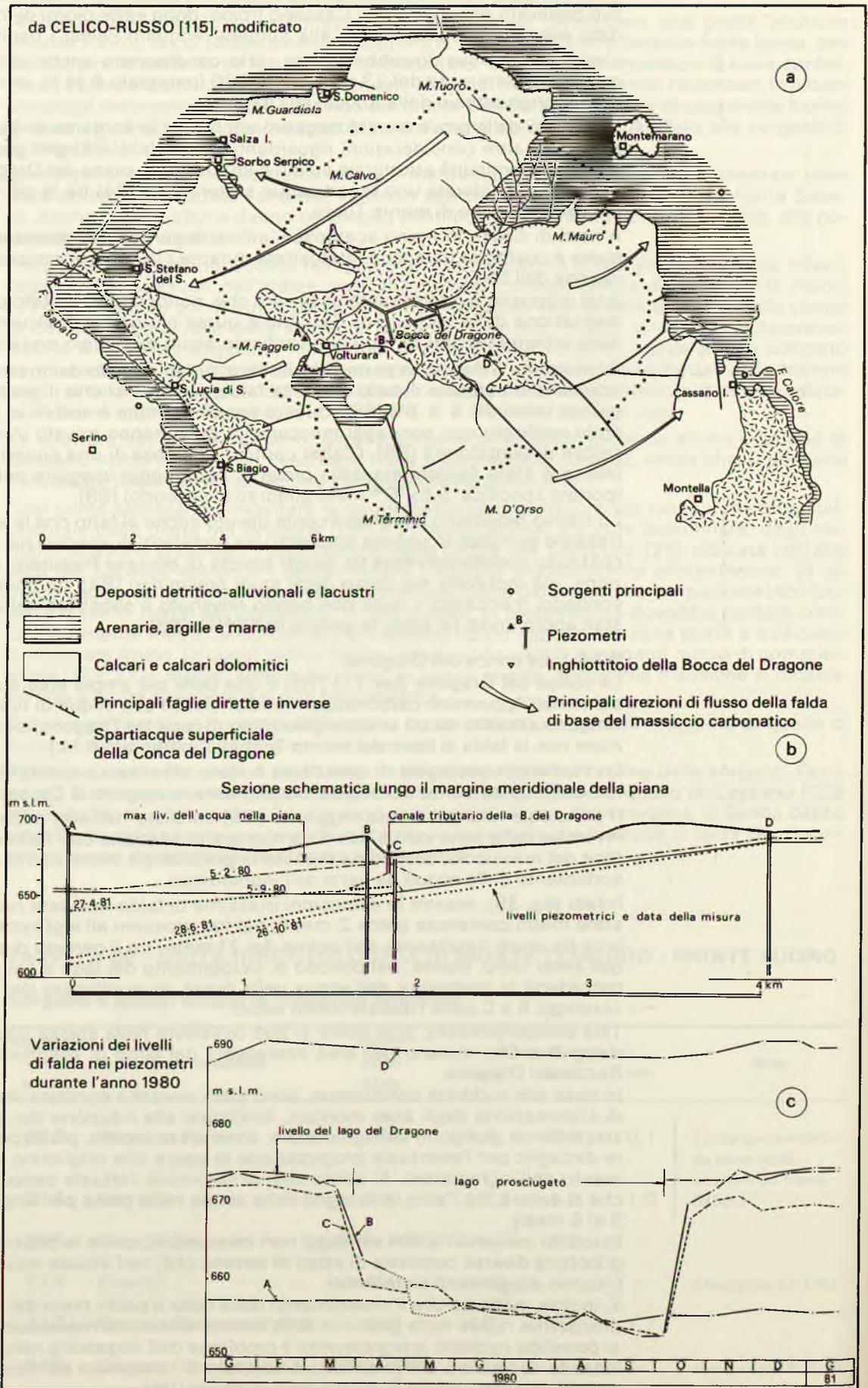
Tale comportamento, così come si può osservare nella stessa figura 39, prova che i sondaggi B e C si trovano nell'area interessata dal cono di assorbimento delle acque della Bocca del Dragone.

In base alle suddette conoscenze, sono state avviate a concreta realizzazione alcune opere di sistemazione degli alvei montani, finalizzate alla riduzione dei quantitativi d'acqua che attualmente giungono all'inghiottitoio; sono state, inoltre, predisposte indagini di maggiore dettaglio per l'eventuale progettazione di opere che migliorino le condizioni di assorbimento dell'inghiottitoio. Si conta così di diminuire l'attuale carico inquinante, anche perché si eviterà, tra l'altro, il ristagno delle acque nella piana per lunghi periodi dell'anno (dai 5 ai 6 mesi).

Esistono oviamente altri vantaggi non trascurabili, come la possibilità di recuperare all'agricoltura diverse centinaia di ettari di terreno che, nell'attuale equilibrio idrogeologico, subiscono allagamenti sistematici.

È, inoltre, evidente che il rinvenimento della falda a pochi metri dal piano di campagna apre prospettive nuove nella gestione delle risorse idriche del massiccio del Terminio. Tra l'altro, si potrebbe risolvere integralmente il problema dell'irrigazione nella piana del Dragone, utilizzando l'acquifero come serbatoio naturale di compenso ed incidendo in modo del tutto marginale sulle portate di magra delle sorgenti [115].

Figura 39 - Schema idrogeologico della Conca del Dragone e correlazione tra il livello del «lago» ed i livelli di falda misurati nei piezometri.



Prima di concludere questa breve rassegna dei problemi idrogeologici della piana del Dragone, si deve sottolineare che, per effetto del terremoto del 23 novembre 1980, l'assorbimento delle acque attraverso l'inghiottitoio è migliorato. Infatti, durante l'ultimo inverno sono stati osservati, in corrispondenza dell'inghiottitoio stesso, grossi vortici mai visti in precedenza (Liotti, comunicazione personale).

Il fenomeno è probabilmente legato alla rimozione di una o più ostruzioni precedentemente esistenti nel condotto carsico collegato con l'inghiottitoio.

Ciò sembra essere confermato dai livelli di falda misurati nel piezometro A (fig. 39), il quale è probabilmente ubicato nella zona di drenaggio legata al condotto. Infatti, da gennaio 1980 a marzo 1981 le oscillazioni piezometriche sono state dell'ordine dei 2 metri; da aprile a giugno 1981 si è avuto un abbassamento di falda di oltre 40 metri (fig. 39/b); il livello più basso si è avuto il 26 ottobre 1981 (fig. 39/b) e fino a maggio 1982 le oscillazioni di livello sono state ancora una volta dell'ordine dei 2 ÷ 3 metri.

Tutta la fenomenologia osservata ha confermato la validità delle conclusioni dello studio precedentemente eseguito [115]. L'avvenuta riapertura del condotto consentirà, probabilmente, di evitare o di ridurre al minimo gli interventi inizialmente previsti per migliorare la capacità di assorbimento dell'inghiottitoio e dell'intero sistema carsico.

Per quanto concerne gli equilibri idrogeologici, è evidente che essi sono parzialmente cambiati rispetto al periodo anteriore al terremoto. Tra l'altro, è possibile che le acque dell'inghiottitoio e quelle sotterranee del margine meridionale della conca del Dragone, che prima giungevano preferenzialmente alle sorgenti di Cassano Irpino [114; 115], ora defluiscano più facilmente verso Serino.

6.14.2. Effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle sorgenti di Cassano Irpino e Serino

In occasione del terremoto del 23 novembre 1980, alle sorgenti di Cassano Irpino e Serino (ubicate a breve distanza dall'epicentro) si sono verificati importanti incrementi di portata (fig. 40 e 41) [91; 92], peraltro riscontrati in molte altre sorgenti della Campania.

La risalita anticipata dell'idrogramma delle sorgenti di Cassano Irpino (fig. 40), rispetto alla data del sismo, è in gran parte legata alle precipitazioni. Ciò è risultato evidente [91] dal confronto tra gli andamenti delle piogge e della curva delle portate relativi agli anni 1980-1981 (periodo a cavallo del terremoto) e 1964-1965 (anno in cui si è avuta la punta di portata più prossima alla fine del periodo di esaurimento).

Anche gli incrementi di portata posteriori al 27 novembre 1980 dovrebbero essere in parte dovuti alle precipitazioni [91], mentre il tratto di curva compreso tra i giorni 23 e 27 è chiaramente influenzato dagli effetti del terremoto.

Quanto osservato per le sorgenti di Cassano Irpino risulta confermato dal comportamento delle sorgenti di Serino (fig. 41). Infatti, dal grafico delle portate della sorgente Urciuoli sono molto chiare e l'influenza delle piogge anteriori al 23 novembre 1980 e la risalita della curva per effetto del terremoto.

Inoltre, dal confronto tra gli andamenti dei livelli piezometrici misurati in vari anni nel pozzo Pelosi 2 (ubicato in corrispondenza della sorgente omonima), risulta evidente come la risposta dell'acquifero alle precipitazioni sia tanto più veloce quanto maggiore è il livello piezometrico di partenza [92].

Sulla base di quanto osservato in merito al significato dei vari tratti dell'idrogramma 1980-1981 delle sorgenti di Cassano Irpino, è stato possibile ricostruirne il probabile andamento (in assenza di perturbazioni) per i primi mesi successivi al terremoto [91].

Per differenza tra le portate misurate e quelle ricostruite è stato valutato in circa 9 ÷ 10 milioni di metri cubi il volume d'acqua che, a tutto marzo 1981, era defluito in più dalle sorgenti per effetto del terremoto.

In base ai dati disponibili, è stato pure possibile constatare che, nello stesso mese di marzo 1981, all'interno dell'acquifero persisteva ancora uno stato di perturbazione.

Nella figura 40 [92] sono indicati, unitamente alle portate cumulate delle sorgenti di Cassano Irpino, i livelli di falda misurati fino a marzo 1981 in un piezometro ubicato nei calcari della conca del Dragone.

Dalla repentina caduta del livello di falda, verificatasi tra il 29 dicembre 1980 ed il 5 gennaio 1981, si può dedurre che il precedente innalzamento della piezometrica era anomalo (fig. 40/a).

Dalla figura 40/b, dove sono riportati in ascissa le portate sorgive e in ordinata i livelli piezometrici, si evince che i punti relativi al periodo di esaurimento (tra il 5 aprile ed il 5 ottobre 1980) seguono sostanzialmente una legge lineare. Successivamente, dopo una fase di transizione (tra il 5 ottobre ed il 10 novembre 1980), i punti si dispongono secondo un'altra legge corrispondente ad un regime disturbato.

Infine, la posizione dei punti relativi alle misure eseguite tra la fine di dicembre 1980 ed il 4 marzo 1981 indica che le sorgenti stavano liberando portate superiori a quelle che avrebbero dovuto dare per effetto della sola pressione piezometrica; il fenomeno aveva comunque la tendenza ad esaurirsi.

Figura 40 - Correlazione tra le portate cumulate delle sorgenti di Cassano Irpino, i livelli della falda del Monte Terminio e le precipitazioni misurate a Cassano Irpino.

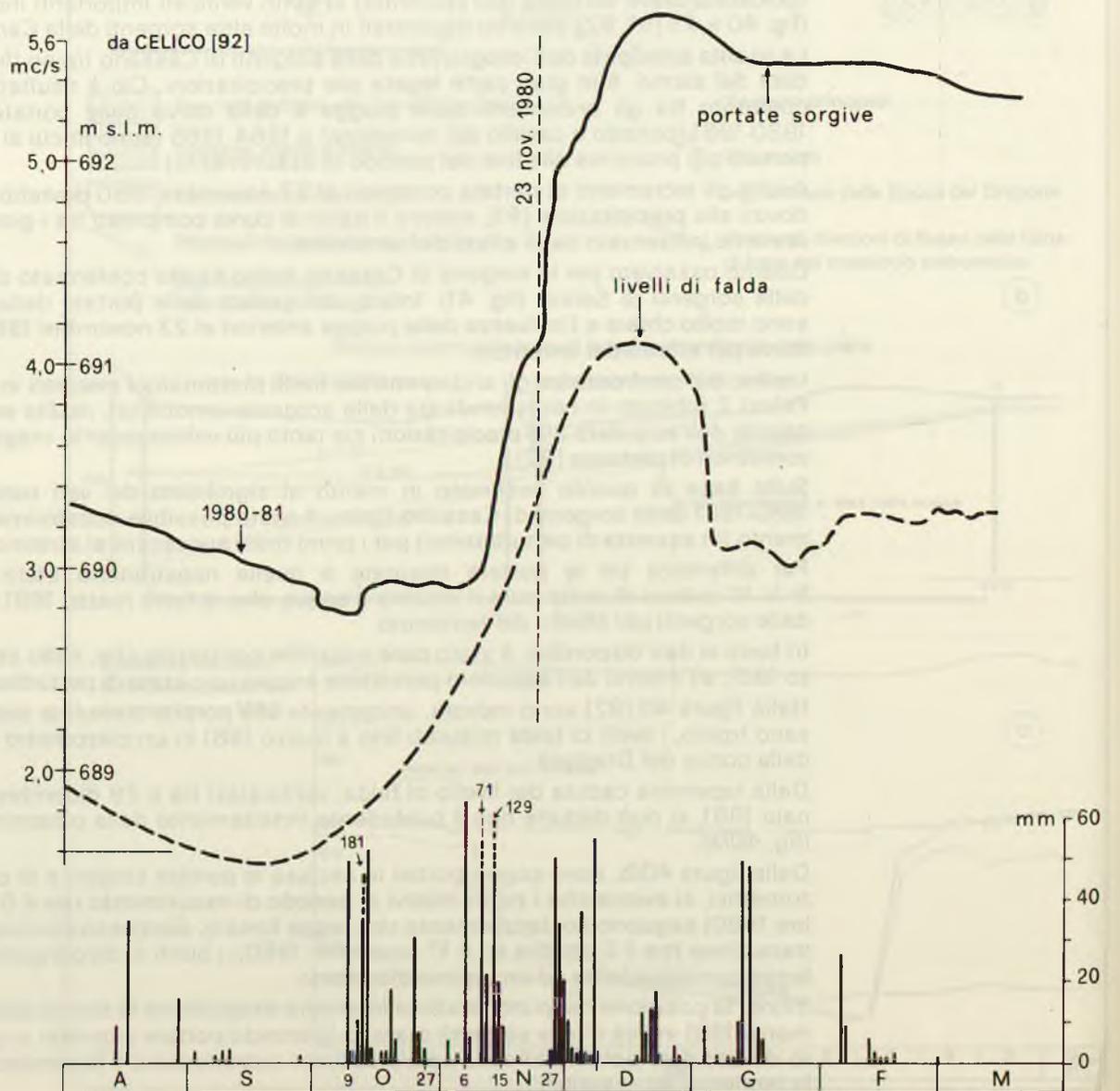
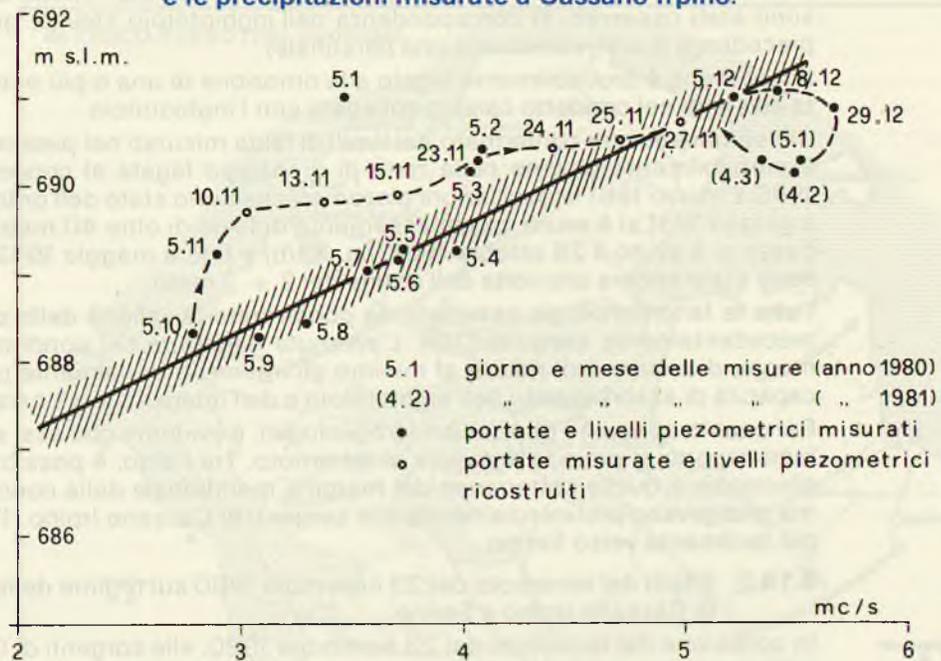
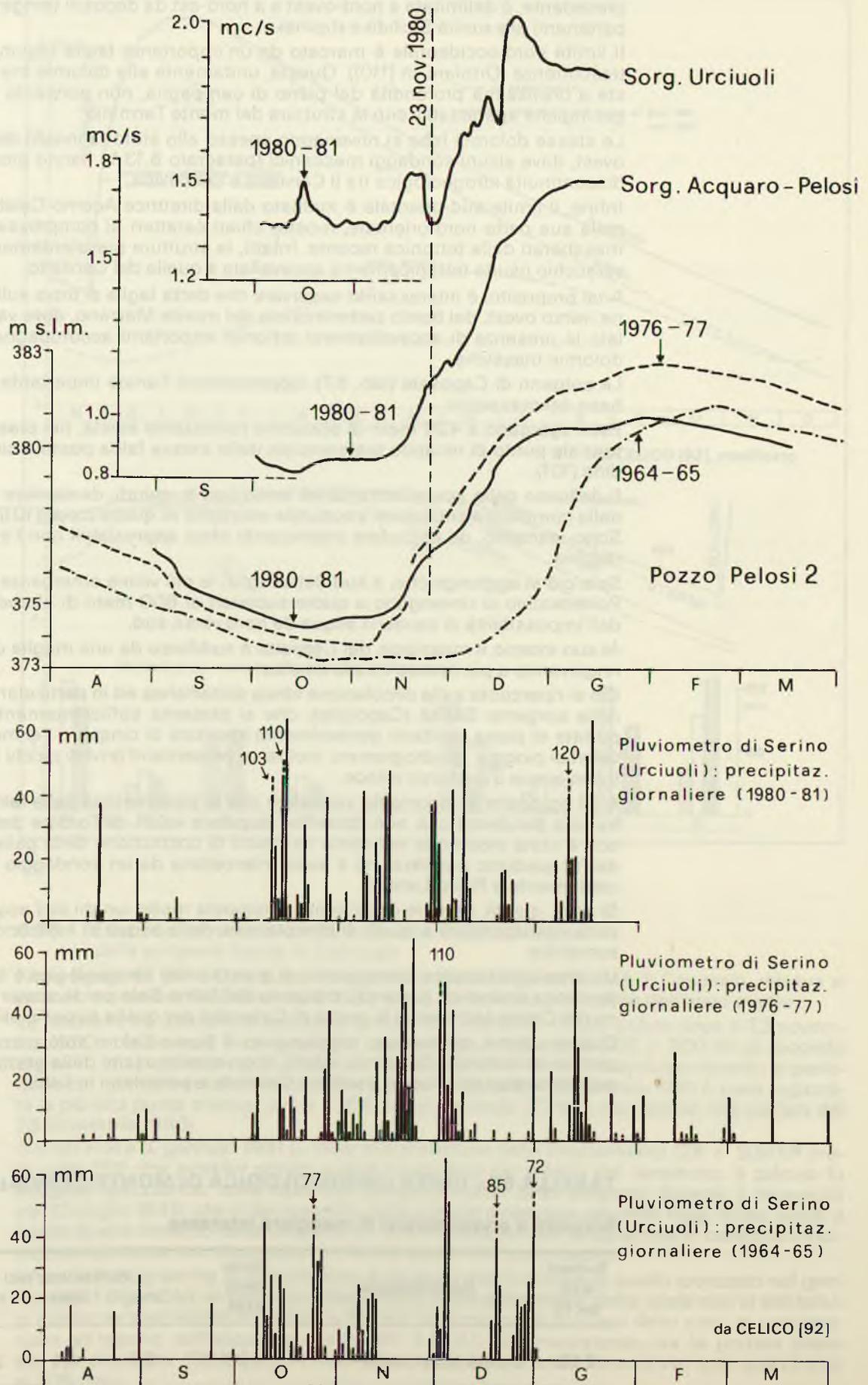


Figura 41 - Correlazione tra le portate delle sorgenti di Serino, i livelli piezometrici del pozzo Pelosi 2 e le precipitazioni.



6.15. Monte Cervialto

Anche l'unità idrogeologica del monte Cervialto (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [101; 84], come la precedente, è delimitata a nord-ovest e a nord-est da depositi terrigeni poco permeabili appartenenti alle «unità Sicilidi» e «Irpine».

Il limite nord-occidentale è marcato da un'importante faglia regionale avente caratteri di trascorrenza (Ortolani, in [110]). Questa, unitamente alle dolomie triassiche, affioranti o poste a brevissima profondità dal piano di campagna, non consente interconnessioni idrogeologiche apprezzabili con la struttura del monte Terminio.

Le stesse dolomie (che si rinvennero spesso allo stato farinoso) delimitano l'unità a sud-ovest, dove alcuni sondaggi meccanici (paragrafo 6.13.1.) hanno provato l'esistenza di una discontinuità idrogeologica tra il Cervialto e l'Accellica.

Infine, il limite sud-orientale è marcato dalla direttrice Acerno-Calabritto la quale, almeno nella sua parte nord-orientale, mostra chiari caratteri di compressione [101] solo in parte mascherati dalla tettonica recente. Infatti, la struttura prevalentemente dolomitica del Polveracchio risulta tettonicamente accavallata a quella del Cervialto.

A tal proposito, è interessante osservare che detta faglia si trova sulla naturale prosecuzione, verso ovest, del bordo settentrionale del monte Marzano, dove vari Autori hanno segnalato la presenza di accavallamenti tettonici importanti accompagnati dall'affioramento di dolomie triassiche.

Le sorgenti di Caposele (tab. 67) rappresentano l'unico importante recapito della falda di base del massiccio.

Esse sgorgano a 420 metri di altitudine nonostante esista, nei pressi di Calabritto, un potenziale punto di recapito preferenziale della stessa falda posto a circa 250 metri di altitudine [101].

Il deflusso delle acque sotterranee verso sud è, quindi, da ritenere fortemente ostacolato dalla complessa situazione strutturale esistente in quella zona ([101] e relativa bibliografia). Sono, pertanto, da escludere interscambi idrici apprezzabili con l'adiacente monte Polveracchio.

Se a ciò si aggiunge che, a sud della faglia, le più vicine emergenze della falda di base del Polveracchio si rinvennero a quote superiori ai 600 metri di altitudine, si ha la conferma dell'impossibilità di travasi d'acqua da nord verso sud.

Al suo interno il massiccio del Cervialto è suddiviso da una maglia di faglie recenti, che ha ringiovanito a più riprese il ciclo carsico.

Ciò si ripercuote sulla circolazione idrica sotterranea ed in particolare sul regime idrologico della sorgente Sanità (Caposele), che si presenta sufficientemente modulato. Infatti, le portate di piena risultano generalmente spostate di cinque o sei mesi rispetto ai massimi valori di pioggia; gli idrogrammi, inoltre, si presentano privi di picchi direttamente correlabili con acque a percorso veloce.

A tal proposito è importante segnalare che la piezometrica della falda di base del Cervialto ha una pendenza che non dovrebbe superare valori dell'ordine dello $0,2 \div 0,3\%$. Infatti non è stata incontrata nel corso dei lavori di costruzione della galleria Cassano-Caposele dell'acquedotto pugliese, né è stata intercettata da un sondaggio profondo realizzato recentemente a Piano Laceno.

Si deve, quindi, ritenere che i tempi di risposta molto lunghi dell'acquifero debbano in gran parte corrispondere a quelli di percolazione delle acque di infiltrazione fino alla quota piezometrica.

Un'altra caratteristica interessante di questa unità idrogeologica è la presenza di una grande conca endoreica (Laceno), tributaria del fiume Sele per le acque sotterranee e del bacino del Calore (attraverso la grotta di Caliendo) per quelle superficiali.

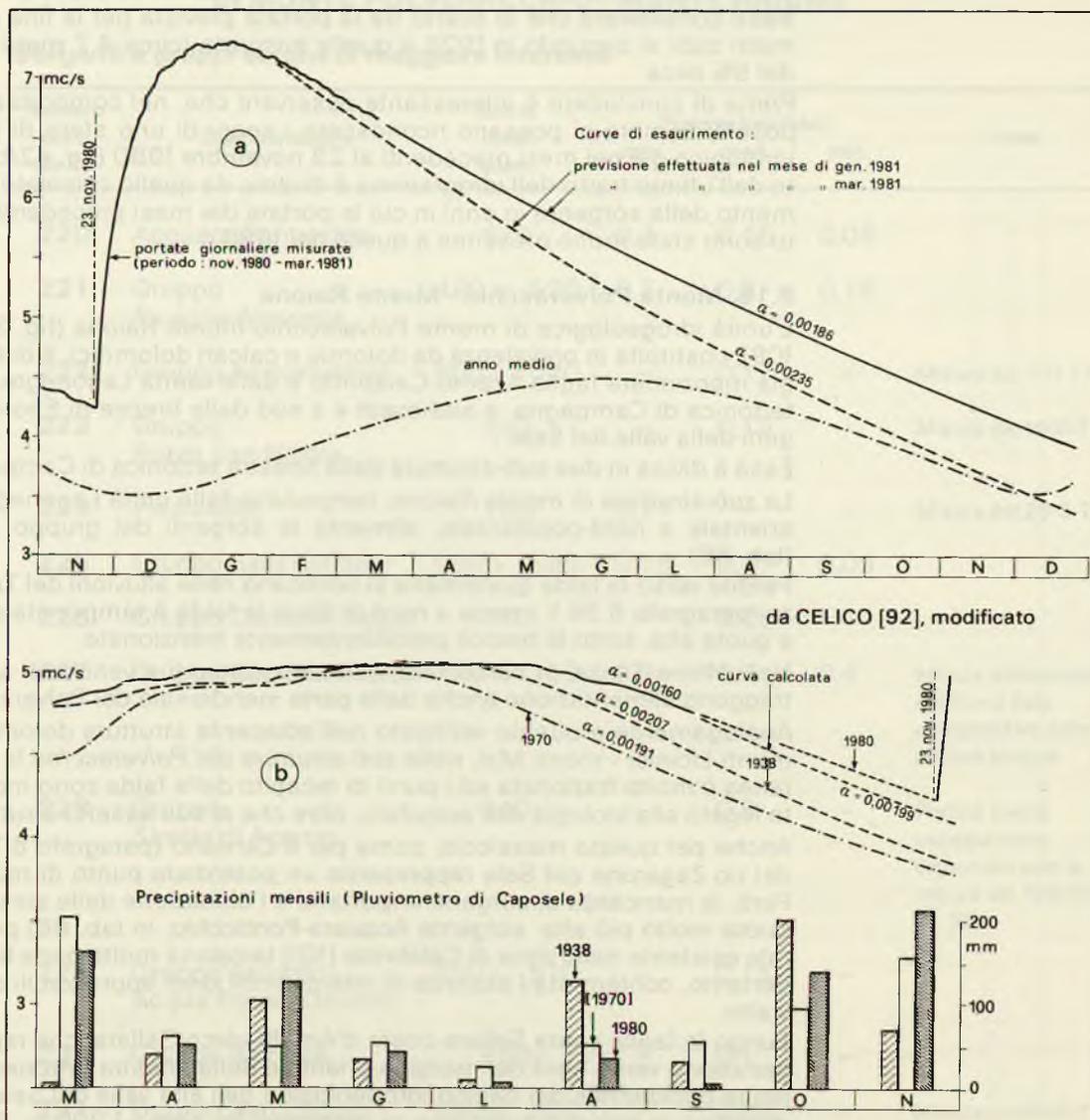
Queste ultime, comunque, raggiungono il fiume Calore solo parzialmente e nel caso di portate eccezionali. Di norma, infatti, dopo essere uscite dalla grotta, si reinfiltrano nell'acquifero carbonatico lungo il vallone Caliendo e percolano in falda.

TABELLA 67 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE CERVIALTO

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
219	Sanità (Caposele)	420	6,7	4,1	2,8	

Figura 42 - Grafici delle portate della sorgente Sanità (Caposele).



6.15.1. Effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime della sorgente Sanità di Caposele

Nella figura 42 [91; 92] la curva delle portate della sorgente Sanità di Caposele, relativa al periodo novembre 1980-dicembre 1981, viene confrontata con quella dell'anno medio.

La relazione tra aumenti di portata e terremoto è evidente. Infatti, subito dopo il 23 novembre 1980 si sono avuti incrementi che hanno raggiunto punte di $200 \div 300$ litri al secondo al giorno, mai registrate in precedenza. Inoltre, con $5 \div 6$ mesi di anticipo rispetto al periodo in cui normalmente si verificano i massimi di portata, il 19 gennaio 1981 è stata registrata la più alta punta storica, pari a 7.320 litri al secondo (72% in più rispetto alla portata del 23 novembre 1980).

Già nel mese di gennaio 1981 fu fatta una previsione dello svuotamento ($28 \div 30 \times 10^6$ metri cubi) [91] che avrebbe potuto subire l'acquifero per effetto del terremoto. Il calcolo fu eseguito ipotizzando, sulla base del comportamento della sorgente durante il terremoto del 23 luglio 1930, che il decremento delle portate avvenisse secondo leggi molto simili a quella di esaurimento della sorgente e che l'andamento dell'idrogramma in condizioni indisturbate potesse non discostarsi molto da quello dell'anno medio.

In realtà l'idrogramma di esaurimento è risultato meno acclive di quello ipotizzato nel gennaio 1981 (fig. 42/a), in parte per effetto della ricarica invernale, della quale non si era tenuto conto per ovi motivi di prudenza [91] ed, in parte, per il protrarsi dello stato di perturbazione all'interno dell'acquifero (paragrafo 6.14.2.). Ciò nonostante, tra le portate previste per dicembre 1981 e quelle realmente misurate, è stato riscontrato uno scarto pari al 20% circa.

Già nel mese di marzo 1981, comunque, i dati disponibili risultarono sufficienti a fare una previsione praticamente coincidente con l'andamento reale dell'idrogramma (fig. 42/a). Basti considerare che lo scarto tra la portata prevista per la fine di dicembre 1981 (circa 4 metri cubi al secondo in [92]) e quella misurata (circa 4,2 metri cubi al secondo) è stato del 5% circa.

Prima di concludere è interessante osservare che, nel comportamento della sorgente Caposele, sembra si possano riconoscere i segni di uno stato di perturbazione del regime idrologico già nei mesi precedenti al 23 novembre 1980 (fig. 42/b) [92]. Infatti, l'andamento dell'ultimo tratto dell'idrogramma è diverso da quello calcolato sulla base del comportamento della sorgente in anni in cui le portate dei mesi precedenti al periodo di esaurimento sono state molto prossime a quelle del 1980.

6.16. Monte Polveracchio - Monte Raione

L'unità idrogeologica di monte Polveracchio-monte Raione (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 110; 109], costituita in prevalenza da dolomie e calcari dolomitici, è delimitata a nord-ovest dalla già menzionata faglia Acerno-Calabritto e dalle «unità Lagonegresi» affioranti nella finestra tettonica di Campagna, a sud-ovest e a sud dalle brecce di Eboli, ad est dai depositi terrigeni della valle del Sele.

Essa è divisa in due sub-strutture dalla finestra tettonica di Campagna.

La *sub-struttura di monte Raione*, tamponata dalle unità Lagonegresi lungo i margini nord-orientale e nord-occidentale, alimenta le sorgenti del gruppo Santi Filippo e Giacomo (tab. 68).

Perdite verso la falda quaternaria si verificano nelle alluvioni del Tusciano e nel vallone Tenza (paragrafo 6.36.); invece a nord di Eboli la falda è tamponata dal *flysch* che affiora, fino a quota alta, sotto le brecce precedentemente menzionate.

Nel vallone Tenza, in particolare, esistono sorgenti e venute di acqua diffuse in alveo che traggono alimentazione anche dalla parte meridionale del Polveracchio.

Analogamente a quanto verificato nell'adiacente struttura dolomitica di monte Accellica - monti Licinici - monti Mai, nella *sub-struttura del Polveracchio* la circolazione idrica sotterranea è molto frazionata ed i punti di recapito della falda sono molteplici. Ciò è chiaramente legato alla litologia dell'acquifero, oltre che al suo assetto strutturale.

Anche per questo massiccio, come per il Cervialto (paragrafo 6.15.), la zona di confluenza del rio Zagarone col Sele rappresenta un potenziale punto di recapito della falda di base. Però, la mancanza di sorgenti importanti e l'ubicazione delle stesse a breve distanza (ma a quota molto più alta: sorgente Acquara-Ponticchio, in tab. 68) prova che l'assetto strutturale esistente nella zona di Calabritto [101] tampona molto bene la falda verso nord. Risulta, pertanto, confermata l'assenza di interscambi idrici apprezzabili con l'unità del monte Cervialto.

Lungo la faglia costa Sellara-costa d'Amalfi-varco Sellara, che rappresenta la naturale prosecuzione verso nord del margine orientale della finestra tettonica di Campagna, si trova il limite occidentale del bacino idrogeologico dell'alta valle del Sele. Infatti, ad ovest di detta direttrice le dolomie triassiche si innalzano fin oltre i 1.300 ÷ 1.400 metri di altitudine e con esse, probabilmente, anche le unità Lagonegresi. Ciò consente la suddivisione del deflusso sotterraneo verso il Tusciano (gruppo sorgivo della stretta di Acerno, in tab. 68) (paragrafo 6.13.1) e verso il Sele (tav. f.t.; tab. 68).

Lungo il bordo orientale del monte Polveracchio esiste una struttura a scaglie [101; 110], la quale è molto ben esposta, anche con piani di scorrimento prossimi all'orizzontale, lungo la strada che congiunge Senerchia alle sorgenti del gruppo Acqua Bianca.

Dette scaglie tettoniche, affioranti tra Caposele e Calabritto e probabilmente ribassate all'altezza di Senerchia [101], si rialzano in corrispondenza delle sorgenti del Pozzo San Nicola (tab. 68), le quali sono ubicate in pieno *flysch*.

Esse riaffiorano, poi, in corrispondenza di monte Pruno (dove emergono le sorgenti calde di Contursi Bagni), il quale è tettonicamente sovrapposto (Ortolani, in [84]) all'unità di monte Marzano-monte Ogna con l'interposizione dei depositi terrigeni delle «unità Sicilidi» (fig. 43) [109].

La stessa struttura del monte Polveracchio, così come è stato verificato attraverso indagini geognostiche, geochemiche e isotopiche [110; 109], alimenta anche le sorgenti di Contursi Terme attraverso un collegamento carbonatico parzialmente affiorante.

Questi due ultimi gruppi sorgivi vengono a giorno da blocchi carbonatici incisi e messi in luce di recente dal fiume Sele (tav. f.t.). Pertanto, le acque relative, originariamente tamponate dalla copertura terrigena, avevano altri punti di recapito posti a quote più elevate lungo i bordi delle strutture calcaree vicine.

Dell'esistenza di detti punti di recapito esistono valide prove nei travertini fossili di Palomonte (ultima propaggine orientale della struttura) e di piano Puglietta (lungo il bordo orientale del monte Polveracchio, in senso stretto).

Il più alto grado di mineralizzazione, nonché le più alte temperature del gruppo sorgivo di Contursi Bagni rispetto a quello di Contursi Terme sono giustificati dal sifone carbonatico

**TABELLA 68 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DI MONTE POLVERACCHIO - MONTE RAIONE**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
220	Acquara-Ponticchio	670	0,3	0,15	0,08	
221	Gruppo Piceglie-Abazzata	480÷ 520	0,7	0,3	0,15	
222	Gruppo Acquabianca	800÷ 1020	-	0,17	-	Misura del 7-11-77
223	Gruppo Pozzo San Nicola	330	-	0,19	-	Misura del 14-11-77
224	Pisciarello	150	0,11	-	-	Misura del 25-3-78
225	Gruppo Sant'Oronzo	550÷ 580	0,15	0,1	0,03	
226	Gruppo Contursi Bagni	140	-	0,05	-	
227	Gruppo Contursi Terme	70÷ 110	0,9	0,6	0,4	Misure differenziali nel fiume Sele, comprensive delle portate sorgive
228	Gruppo Stretta di Acerno	540	-	0,8	-	Portata media valutata (sono disponibili solo le misure del 1980/81: fig. 38)
229	Gruppo Astratto - Acqua Bona - Deserto	450÷ 510	-	0,15	-	
230	Gruppo Rainosa	750	-	0,1	-	
231	Gruppo San Filippo e Giacomo	260÷ 330	-	0,19	-	Misura del 15-11-77
232	Gruppo Tenza	80	0,7	0,4	0,2	Misure differenziali nel fiume Tenza

più lungo e profondo che le acque devono superare prima di giungere all'emergenza. È pure probabile la risalita di acque dalla sottostante «piattaforma carbonatica» e/o dalla «serie Lagonegrese» [110; 109] (fig. 43).

Le indagini idrochimiche [110; 109] hanno pure consentito di valutare in circa 90 gradi centigradi la temperatura delle acque nel serbatoio profondo. È stata, inoltre, ipotizzata l'esistenza di un gradiente geotermico normale.

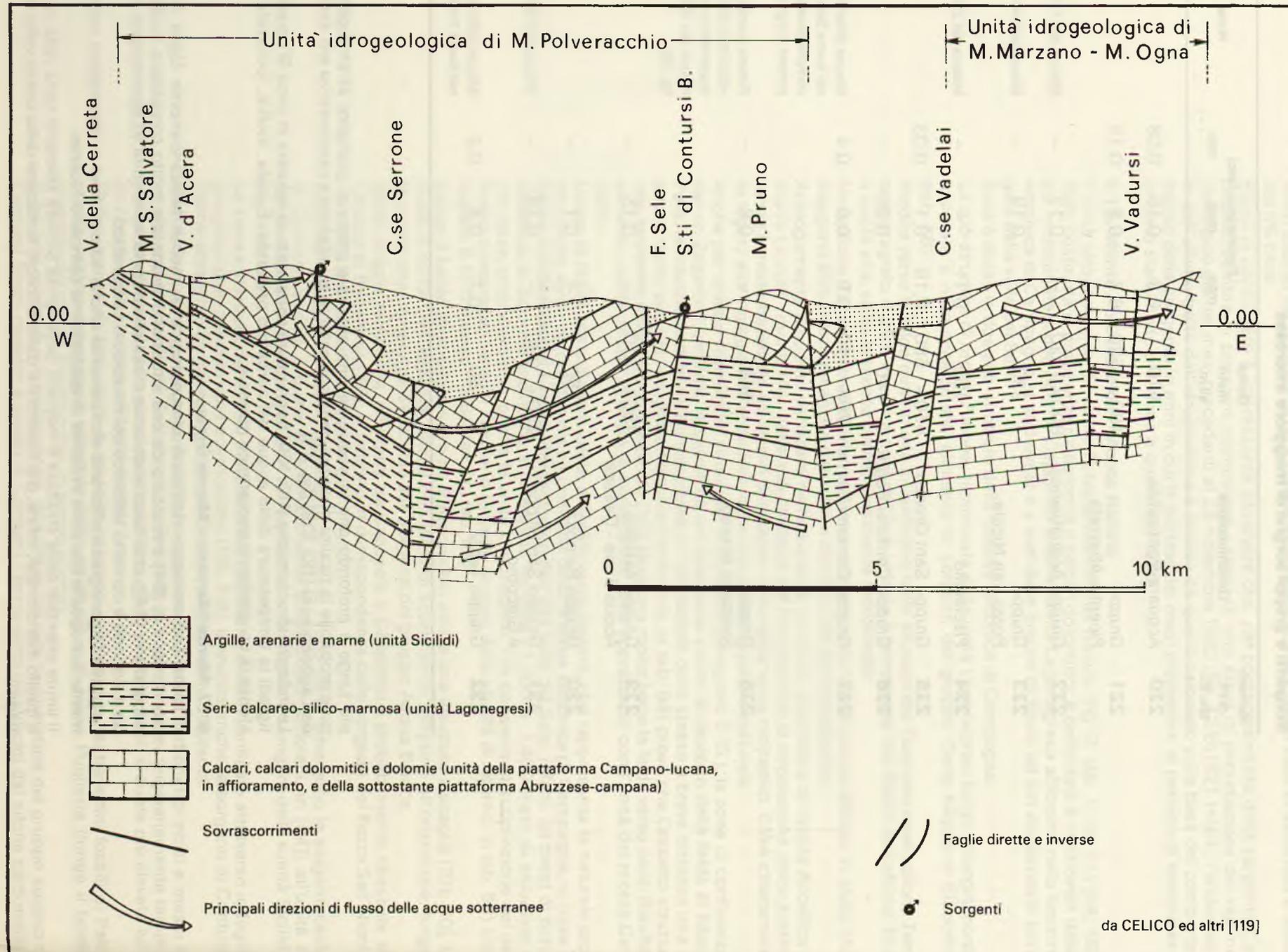
6.17. Monte Marzano - Monte Ognà

Il limite settentrionale dell'unità idrogeologica di monte Marzano-monte Ognà (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è marcato da una situazione strutturale molto complessa (vedasi bibliografia in [84]), che rialza le dolomie triassiche e porta varie unità («Lagonegresi», «Sicilidi» e «Irpine») a contatto tettonico col massiccio carbonatico.

Le «unità Lagonegresi» affiorano estesamente anche ad est, dove si rinvergono tettonicamente sottoposte alla serie in *facies* di «piattaforma campano-lucana».

Il limite orientale della struttura è marcato dalle «unità Sicilidi» affioranti nella valle del Sele e quello meridionale, infine, dai travertini e dalle alluvioni terrazzate della bassa valle del Tanagro.

Figura 43 - Sezione idrogeologica della Valle del Sele, in corrispondenza delle sorgenti termominerali di Contursi.



Il punto idrogeologicamente più depresso dell'intera struttura cade in corrispondenza del fiume Bianco, tra le stazioni ferroviarie di Romagnano e San Gregorio Magno. Qui affiorano ampie placche di travertino e, inoltre, i depositi alluvionali sono tanto ricettivi da consentire una progressiva diminuzione della portata in alveo, spesso fino al completo annullamento della stessa.

Le misure eseguite durante gli anni 1980 e 1981 hanno consentito di accertare che, nei periodi di piena, quando le alluvioni sono sature, le portate del fiume Bianco restano sostanzialmente stabili. Tra luglio e ottobre, invece, prima della confluenza col Tanagro si verificano decrementi di portata di circa 300 litri al secondo in media. È, quindi, evidente che la falda del massiccio, non essendo ben tamponata, continua il proprio percorso nei depositi recenti per poi riaffiorare nel Tanagro.

Si spiega così una parte delle importanti venute d'acqua (diffuse e concentrate) rinvenute nello stesso Tanagro, tra le stazioni ferroviarie di Sicignano degli Alburni e di Contursi Terme [84] (tab. 69).

All'interno del massiccio, una linea strutturale di particolare interesse idrogeologico è rappresentata dall'accavallamento tettonico del massiccio di monte Ogna su monte Marzano. Infatti, detta direttrice, essendo caratterizzata da un notevole grado di cataclasmizzazione della roccia per spessori molto ampi, è la causa principale del trabocco della falda di monte Marzano, in senso stretto, in corrispondenza delle sorgenti di Quaglietta [84].

Queste ultime rappresentano, quindi, lo sfioro alto della falda dell'intera unità idrogeologica. Ciò si traduce in una scarsa mineralizzazione delle acque [110; 109] ed in tempi di risposta dell'acquifero non molto lunghi [91], nonostante l'esistenza di un lungo sifone carbonatico che collega l'area di alimentazione con il punto di recapito della falda.

A valle dell'abitato di Santomena affiora, infine, la sorgente «Acqua che nasce» (tab. 69). Essa, in accordo con l'assetto strutturale esistente lungo il versante settentrionale di monte Pennone, è dotata di un bacino di alimentazione autonomo coincidente con i blocchi carbonatici retrostanti.

Al contrario, la struttura di Muro Lucano è tributaria delle sorgenti di Quaglietta. Essa, infatti, è priva di sorgenti basali e non dà origine ad incrementi d'acqua diffusi nell'alveo della Forra di Muro.

6.17.1. Il margine meridionale di Monte Ogna (piane di Buccino e San Gregorio Magno).

I risultati delle indagini geognostiche eseguite nelle piane di Buccino e San Gregorio Magno hanno confermato lo schema di circolazione idrica sotterranea [84] descritto nel precedente paragrafo 6.17., nonché l'impossibilità che esistano travasi d'acqua tra l'unità di monte Marzano-monte Ogna e l'adiacente struttura di monte Pruno (unità idrogeologica di monte Polveracchio-monte Raione) (paragrafo 6.16.).

Il sondaggio n. 1 (fig. 44) ha rinvenuto, a circa 320 metri di altitudine, un livello piezometrico che era stato originariamente interpretato come quello della falda di base del massiccio di monte Ogna [109].

Successivamente è stato perforato il pozzo n. 6, ubicato nella coltre quaternaria, il quale ha incontrato circa 64 metri di depositi detritici prevalentemente grossolani, poggianti direttamente sui calcari del versante meridionale di monte Ogna.

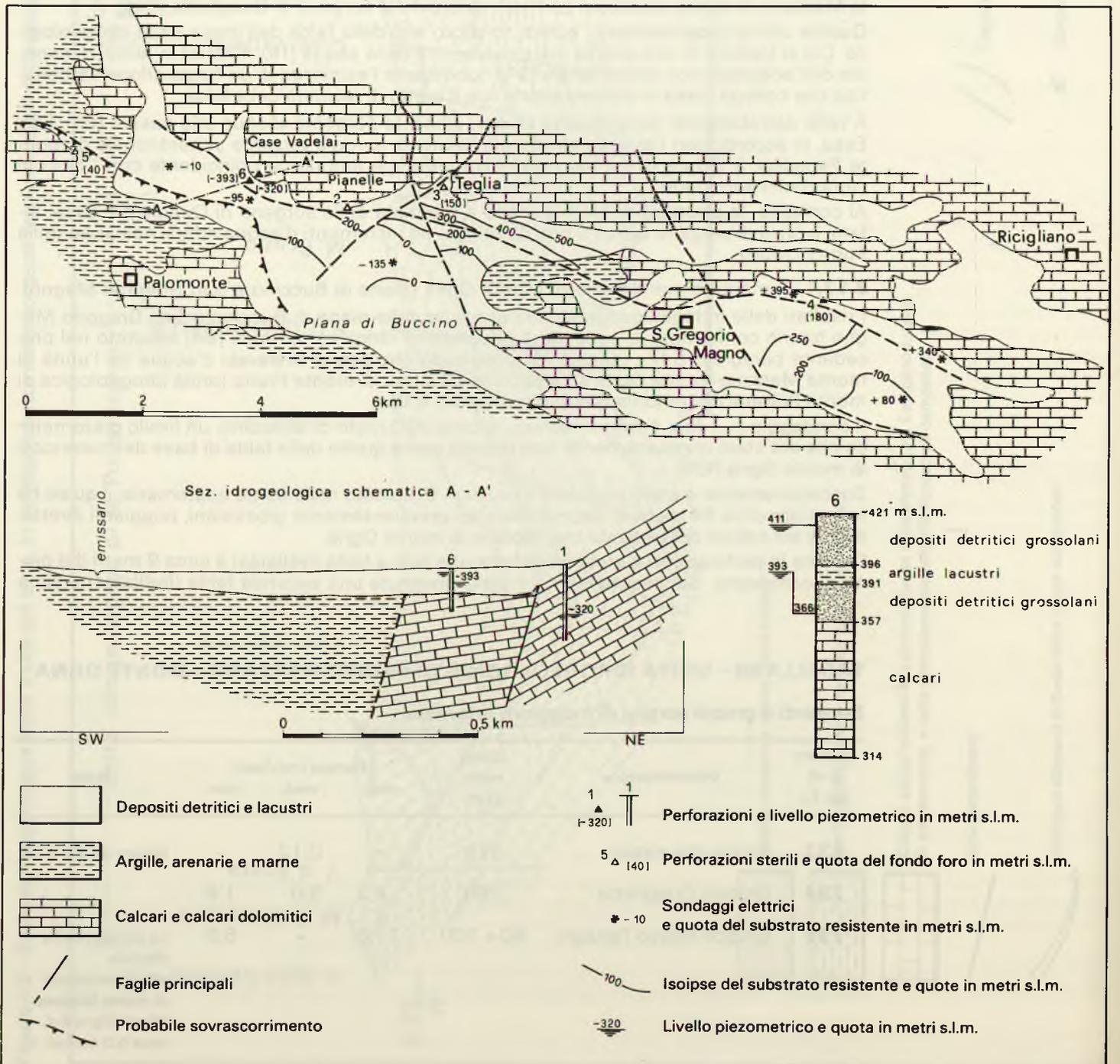
Durante la perforazione è stata incontrata una prima falda livellatasi a circa 9 metri dal piano di campagna. Successivamente è stata rinvenuta una seconda falda (livellatasi a circa

TABELLA 69 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE MARZANO - MONTE OGNA

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
233	Acqua che nasce	320	–	0,12	–	Misura del 26-6-78
234	Gruppo Quaglietta	180	4,2	3,0	1,8	
235	Gruppo Basso Tanagro	80÷100	11,0	–	5,0	La portata media riferibile all'alimentazione di monte Marzano - Monte Ogna è di circa 5,0 mc/sec

Figura 44 - Principali risultati delle indagini eseguite nelle piane di Buccino e San Gregorio Magno.



28 metri dal piano di campagna) la quale ha assorbito la prima, prosciugando anche un vicino pozzo superficiale.

Nel corso della stessa perforazione, contrariamente a quanto riscontrato nei detriti di monte Taburno (paragrafo 6.8.), la seconda falda non è stata drenata dal substrato calcareo. Inoltre, è stato accertato che quello incontrato a 28 metri dal piano di campagna non è il livello di falda del massiccio di monte Ogna, perché un piezometro, perforato a qualche metro di distanza dal pozzo (fino a 245 metri dal piano di campagna, corrispondente a 176 metri s.l.m.), è risultato sterile dopo che la coltre detritica superficiale era stata isolata tramite un'accurata cementazione.

Dall'interpretazione dei fenomeni descritti si deduce che nella parte settentrionale della piana di Buccino (in località Lago di Palo) esiste una circolazione idrica superficiale. Esiste, inoltre, sempre nei depositi quaternari, un'altra falda che trova recapito nel massiccio di monte Ogna; infatti la sua quota di livellamento è inferiore a quella del canale emissario della piana (fig. 44).

La percolazione delle acque verso la falda di base della struttura carbonatica potrebbe avvenire in modo diffuso. Più probabilmente, così come si può dedurre anche dai vistosi fenomeni carsici presenti a quota più alta, esiste un vecchio inghiottitoio parzialmente ostruito dai sedimenti recenti.

Anche alla luce di quanto osservato precedentemente in altre zone, tali considerazioni hanno consentito di reinterpretare il livello piezometrico del sondaggio n. 1 come un punto del cono di assorbimento del suddetto «inghiottitoio».

Al fine di acquisire ulteriori elementi sulla validità o meno della suddetta ipotesi, è stato perforato il pozzo n. 2, nel quale il livello piezometrico è stato rinvenuto ad una quota molto prossima a quella del sondaggio n. 1 (fig. 44). È stata, poi, eseguita una prova di emungimento durante la quale, con una portata di 15 litri al secondo, il livello statico (che inizialmente si trovava a 123 metri dal piano di campagna) si è portato in circa 4 minuti al di sotto della pompa la quale era stata posta a 198 metri di profondità.

Tale fenomeno, unitamente al fatto che dopo il pompaggio il livello statico non ha dato alcun accenno alla risalita, può essere considerato un'ulteriore verifica della validità dell'ipotesi precedente. Il tutto ha sostanzialmente confermato lo schema di circolazione idrica sotterranea dell'intero massiccio di monte Marzano-monte Ogna. Infatti, la falda dell'area meridionale ha quote molto basse che indicano le alluvioni del Tanagro come unico possibile punto di recapito delle acque.

Di ciò si è avuta ulteriore conferma con il pozzo n. 3 (rimasto sterile nonostante il fondo del foro si trovi a circa 150 metri s.l.m.) e con il sondaggio n. 4 il quale ha rinvenuto la falda a circa 180 metri di altitudine.

La reinterpretazione del significato del livello piezometrico rinvenuto nel sondaggio n. 1 (P3 in [109]) conferma, inoltre, l'assenza di interconnessioni idrogeologiche tra la struttura del monte Ogna e le sorgenti termali di Contursi Bagni [109]. Infatti, alla situazione strutturale ivi esistente ([84] e relativa bibliografia) ed alla sterilità del sondaggio n. 5 (P2 in [109]) si aggiunge l'assenza di un carico piezometrico che, in condizioni particolari, avrebbe anche potuto giustificare un eventuale travaso di acque verso monte Pruno e, quindi, verso Contursi Bagni (fig. 44).

Oltre quanto esposto in precedenza, dai dati acquisiti attraverso le indagini è emerso che la falda del massiccio di monte Marzano-monte Ogna non è economicamente sfruttabile per il soddisfacimento dei fabbisogni idrici delle piane di Buccino e San Gregorio Magno. Infatti, l'acquifero è poco trasmissivo e la superficie piezometrica si trova ad una profondità minima di circa 180 metri dal piano di campagna (sondaggio n. 4).

Anche per questo motivo le indagini sono state estese alla coltre detritica pedemontana ed in particolare alla località Lago di Palo (pozzo n. 6, in fig. 44). Infatti, considerando la pendenza verso nord-est del substrato terrigeno «impermeabile», i depositi detritici rappresentano un punto di accumulo preferenziale delle acque sotterranee (sezione A-A', in fig. 44).

I risultati delle prove di pompaggio sono stati complessivamente soddisfacenti perché il pozzo ha dato circa 20 litri al secondo con una portata specifica di $2,2 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo.

Ciò ha consentito alla Regione Campania di intervenire con la perforazione di altri pozzi finalizzati al parziale soddisfacimento delle esigenze irrigue della piana di Buccino.

I risultati di queste ultime perforazioni (Ortolani, comunicazione personale) sembrano confermare le conclusioni precedenti, perché la coltre detritica del lago di Palo risulta la più produttiva dell'intera fascia pedemontana, in accordo con la presenza della già menzionata zona di drenaggio preferenziale.

È evidente che, considerando la forma «a catino» del substrato (sezione A-A', in fig. 44), è possibile utilizzare l'acquifero quaternario come serbatoio naturale di compenso. Infatti, se l'alimentazione è sufficiente (anche in relazione alle perdite esistenti attraverso i calcari), basterebbe sovrasfruttarlo nel periodo irriguo e lasciarlo, poi, rimpinguare in quello invernale.

6.17.2. Le sorgenti di Quaglietta

Le sorgenti di Quaglietta (tab. 69) vengono a giorno, da un piccolo blocco carbonatico ubicato nella plaga terrigena dell'alta valle del Sele, per il trabocco della falda di base del massiccio di monte Marzano (paragrafo 6.17.).

Il regime delle sorgenti è caratterizzato da punte invernali superiori ai 4 metri cubi al secondo e portate di magra inferiori ai 2 metri cubi al secondo. Ciò, ovviamente, non consente una gestione ottimale della risorsa, perché si ha la maggiore disponibilità idrica nel periodo di minore richiesta dell'utenza.

Pertanto, si è sentita la necessità di modulare le portate sorgive (Manfredini, relazione inedita) utilizzando come serbatoio naturale di compenso lo spessore di acquifero (circa 5 metri) esistente tra la quota della galleria di captazione e lo sfioro sorgivo naturale. Quest'ultimo, peraltro, qualora dovesse risultare utile, potrebbe essere portato a quota più alta con la costruzione di una paratia stagna innestata nel *flysch* che tampona l'acquifero carbonatico.

La captazione dovrebbe funzionare come quella già descritta per la sorgente Rio Sonno (paragrafo 3.11.1.). Infatti, in galleria è stata costruita una paratia stagna dotata di saracinesche, le quali saranno aperte soltanto nei periodi di maggiore richiesta idrica; negli altri periodi, le acque saranno utilizzate attraverso il loro punto di trabocco naturale, posto a quota più alta. In teoria si dovrebbero emungere, in magra, quantitativi d'acqua maggiori di quelli che la sorgente libererebbe naturalmente; il tutto a scapito delle portate di punta che, per ovi motivi, non dovrebbero più raggiungere i valori attuali.

Se si ammette che l'acquifero carbonatico di monte Marzano-monte Ognà abbia un coefficiente di immagazzinamento pari a $3,3 \times 10^{-2}$ (medio tra quelli calcolati per la struttura dolomitica dei Monti di Salerno [103] e per il massiccio a litologia prevalentemente calcarea dei monti Lepini [93]) e se si tiene conto che il bacino di alimentazione della sorgente si estende per $85 \div 90$ chilometri quadrati, nel periodo estivo si dovrebbe poter contare su un maggior volume d'acqua teoricamente sfruttabile pari a $14 \div 15$ milioni di metri cubi.

In realtà, però, alle sorgenti si dovrebbe avere soltanto un aumento di portata legato alla maggiore altezza piezometrica indotta artificialmente con l'abbassamento della quota di trabocco delle acque.

Al fine di dare una prima valutazione del suddetto incremento di portata sono stati calcolati, in prima approssimazione, il gradiente piezometrico massimo (i), l'altezza media (H) dell'acquifero saturo posto al di sopra della quota di emergenza delle sorgenti, l'ampiezza media della sezione drenante (L), la permeabilità media (K) e la trasmissività media (T): $i =$ circa $1,0 \times 10^{-2}$ (valore calcolato considerando la distanza esistente tra le sorgenti ed il punto più depresso della cintura «impermeabile», che cinge la struttura carbonatica di Muro Lucano, e ammettendo, per ovi motivi di cautela, che in quest'ultima zona la piezometrica si trovi solo a qualche decina di metri di profondità dal piano di campagna); $H =$ circa 100 metri (valore calcolato in base al gradiente piezometrico, nonché all'ampiezza ed alla geometria del presumibile bacino sotterraneo); $L =$ circa 5000 metri (valore misurato sulla

tav. f.t.); $K = \frac{Q}{HLi} = 8,4 \times 10^{-4}$ metri al secondo (essendo Q la portata media sorgiva

riportata in tab 69); $T = \frac{Q}{Li} = 8,4 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo.

La validità dell'ordine di grandezza di tutti i parametri precedenti sembra confermata, sia pure indirettamente, dal fatto che i valori di K e T non si discostano molto da quelli medi dei monti Lepini dove il calcolo è stato eseguito con il supporto di moltissimi dati [93; 23].

In base ai suddetti parametri, la maggiore portata che potrà essere artificialmente emunta nel periodo di maggiore richiesta dell'utenza è stata valutata cautelativamente, applicando la legge di Darcy, in poco più di 200 litri al secondo.

L'ipotesi ora formulata, anche se è servita a valutare solo l'ordine di grandezza delle portate in gioco, ha consentito di avere una prima dimensione del fenomeno. È, quindi, servita a far prendere in considerazione la possibilità che la captazione possa non dare risultati tali da soddisfare le effettive necessità dell'utenza. Peraltro, ad una capacità teorica di modulazione di 15 milioni di metri cubi all'anno sembra far riscontro un volume massimo sfruttabile di circa $1 \div 2$ milioni di metri cubi, distribuito nei tre mesi di maggiore richiesta idrica.

Sono state, pertanto, studiate soluzioni alternative, le quali saranno attivate dopo che si potrà esprimere una valutazione definitiva sulla funzionalità dell'opera. Ciò potrà avvenire solo sulla base di dati sperimentali da acquisire con la captazione in esercizio.

6.18. Monti Alburni

L'unità idrogeologica dei monti Alburni (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [44; 84; 118] è costituita da una grande zolla calcarea scissa in due monoclinali dalla faglia Sicignano-Sant'Arzenio.

Essa è delimitata da faglie dirette lungo i versanti occidentale e meridionale, mentre lungo il bordo nord il limite è dato dal probabile accavallamento tettonico della serie carbonatica su sedimenti terrigeni miocenici e sulle estreme propaggini settentrionali dei monti della

Maddalena. Il limite occidentale coincide col Vallo di Diano dove, sotto la copertura recente, prosegue [84; 88] la complessa situazione strutturale esistente nella valle del Noce (paragrafo 6.32.).

Il massiccio è caratterizzato da un grande sviluppo del fenomeno carsico e da una scarsa copertura vegetale, che condizionano in modo marcato la circolazione idrica sotterranea. Infatti le aliquote d'acqua d'infiltrazione efficace sono elevate, ma vengono parzialmente restituite all'esterno attraverso percorsi brevi e veloci.

La falda di base defluisce preferenzialmente da sud-est verso nord-ovest.

Un importante ostacolo al suo deflusso verso nord-ovest è rappresentato dalla direttrice tettonica (dove sono visibili tracce di compressione), coincidente con l'incisione che si sviluppa tra Pertosa e San Rufo. Questo, infatti, rappresenta il limite sud-occidentale del bacino di alimentazione delle sorgenti di Pertosa, le cui acque traboccano in corrispondenza delle grotte omonime e in prossimità dell'alveo del Tanagro, con una perdita di carico piezometrico di circa 40 metri tra una polla e l'altra.

Un'ulteriore perdita di carico di oltre 40 metri si verifica probabilmente in corrispondenza della valle del torrente Lontra, nella parte settentrionale della direttrice Pertosa-San Rufo, precedentemente menzionata. Infatti in tale incisione, nonostante si trovi a poca distanza dalle sorgenti di Pertosa, non si verificano fuoriuscite d'acqua.

In corrispondenza della sorgente Auso (tab. 70), ubicata in una profonda incisione carbonatica, esiste un canale carsico (con un grosso sifone terminale), le cui portate variano da 0 litri al secondo in magra a qualche decina di metri cubi al secondo in occasione di piene eccezionali.

Dal sifone l'acqua trabocca soltanto nella stagione invernale. Nei rimanenti periodi dell'anno, la falda si mantiene alcuni metri più in basso della quota di sfioro e percola poco più a valle, nella stessa incisione.

Contrariamente a quanto ipotizzato negli studi precedenti [84], si deve ritenere che la sorgente, oltre ad essere caratterizzata dalla presenza di acque a percorso veloce [118], rappresenti uno sfioro alto della falda di base del massiccio.

Gli eventuali interscambi col bacino delle sorgenti di Pertosa possono essere considerati nulli, perché le acque traboccano a quote pressoché identiche. Invece esistono travasi d'acqua verso nord-ovest, lungo la direttrice Ottati-valle del Lontra (Carta geologica d'Italia, foglio 198), la quale marca il limite tra l'area nord-occidentale (dove sono prevalenti le faglie appenniniche) e l'area sud-orientale, dove sono presenti anche numerose faglie anti-appenniniche (la cui direzione è sub-perpendicolare a quella preferenziale di deflusso della falda).

I punti principali di recapito dell'intera falda in rete sono rappresentati dalle sorgenti del basso Tanagro e di Castelcivita, ubicate anch'esse a quote pressoché identiche tra loro (tab. 70).

Ciò nonostante, le prime hanno una portata pressoché doppia delle seconde. Tale fenomeno, poiché non è giustificato da alcun andamento preferenziale della fratturazione verso l'estrema punta nord-occidentale del massiccio, potrebbe essere legato all'azione di tamponamento esercitata dalla situazione strutturale [84] esistente nei pressi di Castelcivita.

TABELLA 70 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI ALBURNI

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
235	Gruppo Basso Tanagro	80+ 100	11,0	-	5,0	La portata media riferibile all'alimentazione dei monti Alburni è di circa 3,5 mc/sec
236	Gruppo Grotte di Castelcivita	80	4,0	1,8	1,0	
237	Auso	260	4,2	1,0	0,1	
238	Gruppo Pertosa	220+ 260	1,5	1,1	0,8	

Anche in quest'ultimo caso, peraltro, è da segnalare la presenza di faglie con andamento antiappenninico.

Prima di concludere questa sintetica panoramica sui problemi idrogeologici dei monti Alburni, è importante segnalare che esistono travasi d'acqua dalla falda quaternaria del Vallo di Diano verso il «bacino» delle sorgenti di Pertosa (paragrafo 6.32.).

6.19. Monti della Maddalena

L'unità idrogeologica dei monti della Maddalena (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 118] è costituita da un massiccio carbonatico allungato in direzione appenninica e delimitato, a sud-ovest e a nord-est, dalle importanti discontinuità tettoniche sulle quali si sono impostati rispettivamente il Vallo di Diano e le valli del Melandro e dell'Agri.

Strutturalmente il massiccio è molto complesso per effetto della tettonica traslativa che lo ha portato a sovrascorrere sulle unità provenienti dalla deformazione del «bacino Lagonegrese».

Nella parte nord-occidentale, fino all'altezza di Sala Consilina, le sorgenti importanti si rinvencono solo nel Vallo di Diano, perché la «soglia di permeabilità» presenta la sua quota più elevata nella retrostante valle del Melandro.

In tale area si può distinguere, a nord, una zona a prevalente componente dolomitica e calcareo-dolomitica, la cui falda trova recapito preferenziale fuori dal Vallo (tav. f.t.).

Segue poi una zona prevalentemente calcarea, che rappresenta il bacino di alimentazione della sorgente Sant'Antuono ed, infine, una in cui affiorano quasi esclusivamente dolomie triassiche.

In quest'ultima zona, soprattutto a causa della minore permeabilità dei litotipi affioranti, la piezometrica si mantiene probabilmente a quota più alta rispetto alle aree adiacenti. Ne deriva che la falda, oltre ad alimentare le sorgenti del gruppo Taverna e Conca, viene in parte drenata dalla sorgente San Giovanni in Fonte (tab. 71).

È probabile che lo stesso nucleo dolomitico alimenti, in modo limitato, anche la sorgente Sant'Antuono. Non è comunque da escludere che le caratteristiche chimiche di queste ultime acque [118] siano in gran parte dovute alla presenza fino a quota alta, nel proprio bacino di alimentazione (tav. f.t.), di dolomie sottoposte ai calcari affioranti.

A sud di Sala Consilina, l'assetto strutturale e idrogeologico dei monti della Maddalena si complica, perché le «unità Lagonegresi» affiorano, a quota elevata, nelle finestre tettoniche di passo Croce di Marsico e Mandrano. Queste, pertanto, fungono da «spartiacque sotterranee» [323], consentendo alla falda di defluire sia verso il Vallo di Diano che verso la valle dell'Agri (tav. f.t.; tab. 71). Tra le sorgenti di quest'ultima area sono da ricordare quelle del gruppo Eliceto-Cantari, alla cui alimentazione contribuiscono anche le conche endoreiche di Spigno e di Magorno.

Anche in questo caso, come per gli Alburni (paragrafo 6.18.), il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea è stato suffragato dai risultati delle indagini idrochimiche [118].

6.20. Monte Motola

L'unità idrogeologica di monte Motola (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] è una piccola struttura carbonatica delimitata, a nord e a sud, da due importanti discontinuità tettoniche che la dividono rispettivamente dall'Alburno e dal Cervati.

La falda di base, il cui verso di deflusso preferenziale è orientato da est verso ovest, ha il suo recapito principale nella sorgente «pulsante» [302] del Sammaro (tab. 72).

All'interno del massiccio esiste, comunque, una direzione secondaria di flusso orientata verso la falda quaternaria del Vallo di Diano. Infatti, alcuni pozzi perforati all'estremità orientale della struttura (in località Silla) hanno rinvenuto la piezometrica a circa 450 metri di altitudine, per cui, spesso, nei periodi di piena la falda trabocca dai boccapozzi.

Sulla scorta degli elementi idrogeologici e strutturali disponibili, si può ragionevolmente ipotizzare che, nella parte orientale della struttura, la falda sia mantenuta a quota alta dalla faglia di monte Faggitella [84] (tav. f.t.), lungo la quale affiora, peraltro, il Giura calcareo-dolomitico. La stessa faglia si lascia attraversare dalle acque che defluiscono verso la sorgente Sammaro, probabilmente con perdite concentrate di carico piezometrico.

6.21. Monte Cervati - Monte Vesole

L'unità idrogeologica di monte Cervati-monte Vesole (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 108] è delimitata ad est dal Vallo di Diano dove, come si è già accennato (paragrafo 6.18.), prosegue il complesso assetto strutturale visibile nella valle del Noce; quivi, infatti, vengono a contatto più unità stratigrafico-strutturali, costituite da litotipi a permeabilità relativa sostanzialmente diversa (paragrafo 6.32.).

A nord la stessa unità è isolata dal monte Motola per la presenza di un'altra discontinuità strutturale importante, legata alla tettonica compressiva del Miocene inferiore. Infatti, nei pressi di Laurino, è visibile l'accavallamento tettonico della struttura carbonatica sui depositi terrigeni affioranti ai margini.

TABELLA 71 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI MONTI DELLA MADDALENA**Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse**

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
239	Gruppo Stretta di Pertosa	250	-	0,3	-	Portata valutata
240	Sant'Antuono	450	1,1	0,7	0,4	
241	Gruppo Taverna e Conca	450÷470	0,35	0,2	0,07	Esistono perdite nel fiume Tanagro per circa 1 mc/sec
242	San Giovanni in Fonte	470	1,0	0,4	0,07	
243	Gruppo Valle e Fego	650÷690	0,4	0,2	0,05	
244	Gruppo Eliceto - Cantari	630÷690	0,8	0,5	0,3	
245	Gruppo Cadosso	710	0,2	0,07	0,01	
246	Gruppo Mangarrone	680÷720	0,18	-	-	Misura dell'1-12-77
247	Gruppo San Cristoforo	710÷770	0,40	-	-	Misura del 31-1-78
248	Fontana dei Salici	560	0,13	-	-	Misura del 2-1-78
249	Santo Stefano	570	0,03	-	-	Misura del 3-2-78
250	Capo Cavolo	710	0,93	-	-	Misura del 2-2-77
251	L'Aggia	600	0,6	0,3	0,15	
252	Gruppo Vanzi e Sorgitora	900÷920	0,4	0,2	0,1	
253	Gruppo Santini	640÷710	0,9	0,3	0,15	

TABELLA 72 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE MOTOLA**Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse**

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
254	Sammaro	340	3,0	1,2	0,5	

Lungo il margine sud-occidentale, il tamponamento della falda di base è assicurato dal «flysch del Cilento». Invece, nella parte meridionale del Cervati, in senso stretto, l'isolamento idrogeologico della struttura è affidato soprattutto alla scarsa permeabilità dei litotipi carbonatici, affioranti lungo la faglia diretta su cui è impostata la depressione di Sanza [108] (paragrafo 6.32.).

All'interno del massiccio lo schema di circolazione idrica sotterranea può essere così sintetizzato (tav. f.t.):

— il massiccio del Cervati, in senso stretto, è una zona di alto idrogeologico, la cui falda

defluisce preferenzialmente da est verso ovest, con una pendenza piezometrica media molto bassa (circa 0,2%);

- in detto massiccio esistono alcune direttrici tettoniche [84], le quali condizionano il deflusso verso le sorgenti del Vallo di Diano e verso le Fistole del Faraone (tab. 73), mentre il resto della falda defluisce verso le sorgenti del gruppo Sant'Elena;
- tra Laurino e la piccola piana alluvionale di Magliano, il gradiente piezometrico raggiunge valori dell'ordine del 3%, per vari motivi strutturali e stratigrafici [108];
- all'altezza del *graben* di Magliano, la circolazione idrica sotterranea si approfondisce soprattutto perché la sezione dell'acquifero affiorante si restringe ad appena 1.000 metri, contro i 6 chilometri di larghezza misurabili all'altezza di Laurino ed i 13 chilometri esistenti all'altezza del monte Raia del Pedale.

Proprio al suddetto approfondimento è dovuta la forte componente clorurata caratteristica delle sorgenti di Capaccio-Paestum (tav. f.t.; tab. 73). Infatti, in tal modo, vengono mobilizzate le acque marine intrappolate nell'acquifero carbonatico durante i movimenti eustatici del quaternario, quando la linea di costa si è portata a diretto contatto col massiccio carbonatico [108].

6.22. Monte Forcella - Monte Salice - Monte Coccovello

I limiti dell'unità idrogeologica di monte Forcella - monte Salice - monte Coccovello (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84] sono marcati a nord dalla già menzionata faglia di Sanza; ad est dal «*flysch* del Cilento» e dalla complessa direttrice tettonica coincidente con la valle del Noce e dell'alto Tanagro; ad ovest dallo stesso «*flysch* del Cilento», tettonicamente sovrapposto al massiccio; a sud, infine, dalla linea di costa.

La direttrice tettonica Caselle in Pittari - monte Cervaro (quest'ultimo ubicato a nord-ovest di monte Foraporta), lungo la quale sono visibili anche motivi di compressione, divide l'unità in due sub-strutture.

La falda della *sub-struttura di monte Forcella* alimenta preferenzialmente le sorgenti ubicate nelle strette gole del fiume Bussento, a nord di Caselle in Pittari (tav. f.t.; tab. 74).

TABELLA 73 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE CERVATI - MONTE VESOLE

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
255	Fontanelle Sottane	460	0,65	0,3	0,15	
256	Fontanelle Soprane	470	1,2	0,8	0,5	
257	Rio Freddo	470	2,2	0,75	0,3	
258	Gruppo Fistole - Varco la Peta	470 ÷ 900	0,8	0,3	0,1	
259	Fistole del Faraone	450	0,7	0,4	0,1	
260	Gruppo Sant'Elena	420	0,8	0,4	0,2	
261	Gruppo Stretta di Laurino	330 ÷ 400	2,3	0,6	0,2	Misure differenziali nel fiume Caiore, comprensive delle portate sorgive
262	Gruppo Capo di Fiume	30 ÷ 35	3,2	2,8	2,3	Portate comprensive degli incrementi in alveo
263	Gruppo Paestum	1 ÷ 10	0,6	0,4	0,2	
264	Gruppo Acqua Sulfurea	5	0,2	0,15	0,1	
265	Gruppo Calore	1150	0,2	0,1	0,04	

**TABELLA 74 - UNITÀ IDROGEOLOGICA
DI MONTE FORCELLA - MONTE SALICE - MONTE COCCOVELLO**

Sorgenti e gruppi sorgivi di maggiore interesse

Numero di rif. tav. f.t.	Denominazione	Quota metri s.l.m.	Portate (mc/sec)			Note
			max.	med.	min.	
266	Gruppo Fistole - Irca la Torta	350 ÷ 400	2,3	1,4	0,3	
267	Gruppo Dodici Fistole	310 ÷ 340	1,5	-	-	Misura unica
268	Gruppo Morigerati	90 ÷ 150	5,0	1,5	0,7	Riceve le acque dell'inghiottitoio di Caselle in Pittari
269	Gruppo Casaletto Spartano	330 ÷ 400	-	-	0,25	Misura del 5-10-77
270	Vuddu	< 0	-	-	-	Sorgente sottomarina
271	Ruotolo	< 0	-	2,0 ÷ 2,5	-	Portata valutata (sorgente sottomarina)

Nella *sub-struttura di monte Salice - monte Coccovello* si può distinguere una parte nord-occidentale, la cui falda trova recapito all'altezza dell'abitato di Morigerati, dove c'è un importante fronte acquifero costituito da grandi emergenze e da venute diffuse in alveo.

Queste ultime sono in maggior parte concentrate sulla destra orografica del Bussento, poco a monte del ponte di Sicili, laddove c'è il contatto tra depositi terrigeni di copertura e massiccio carbonatico. Le altre sono ubicate nella parte alta dell'incisione carbonatica (poco a valle dell'abitato di Morigerati), dove vengono a giorno anche le acque provenienti dall'inghiottitoio di Caselle in Pittari.

Attualmente in detto inghiottitoio si immettono, di norma, solo le acque di ruscellamento dell'ampia conca endoreica di Caselle in Pittari, perché il fiume è sbarrato, a monte, dalla diga dell'ENEL.

La parte sud-orientale della sub-struttura di monte Salice - monte Coccovello è stratigraficamente disomogenea. Infatti, è costituita a nord da litotipi appartenenti all'«unità Alburno-Cervati» (derivante dalla deformazione della «piattaforma Campano-lucana») ed a sud da una serie appartenente all'«unità Bulgheria-Verbicaro» (derivante dalla deformazione del margine interno della stessa piattaforma).

Le due unità risultano tettonicamente sovrapposte con la possibile interposizione di sedimenti terrigeni tra i piani di scorrimento. Tale sovrapposizione, già segnalata in base alle evidenze di superficie (vedasi fig. 34 in [84]), è stata confermata dalle perforazioni recentemente eseguite. Infatti il pozzo n. 5 (fig. 45), dopo 90 metri di calcari e brecce calcaree con intercalazioni di argille rossastre (appartenenti alla serie carbonatica), fino a fondo foro ha rinvenuto 40 metri di depositi argillo-marnosi.

Il suddetto assetto strutturale dovrebbe far pensare, anche per analogia con quanto osservato in altre zone dell'Appennino carbonatico centro-meridionale, che monte Salice, in senso stretto, e monte Coccovello siano idrogeologicamente separati. In tal caso, in accordo con [214] e [205], i punti di recapito preferenziali della falda delle due strutture dovrebbero coincidere rispettivamente con le sorgenti sottomarine Vuddu e Ruotolo (tav. f.t.; tab. 74).

Il rilievo aereo all'infrarosso termico [88], però, non ha confermato la suddetta interpretazione. Infatti, contrariamente a quanto farebbe presupporre l'ampiezza dei due ipotetici bacini (tav. f.t.), ha evidenziato uno scarso contrasto termico in corrispondenza della sorgente Vuddu ed un contrasto altissimo per quanto riguarda la sorgente Ruotolo (paragrafo 6.22.1.; fig. 46). D'altro canto l'estensione areale del blocco carbonatico di monte Coccovello (che dà origine anche ad altre sorgenti sottomarine [72; 88]) non è sufficiente a giustificare la portata della sorgente Ruotolo, la cui potenzialità media può essere valutata in almeno 2,5 ÷ 3,0 metri cubi al secondo.

Figura 45 - Principali risultati delle indagini eseguite nella zona di Sapri.

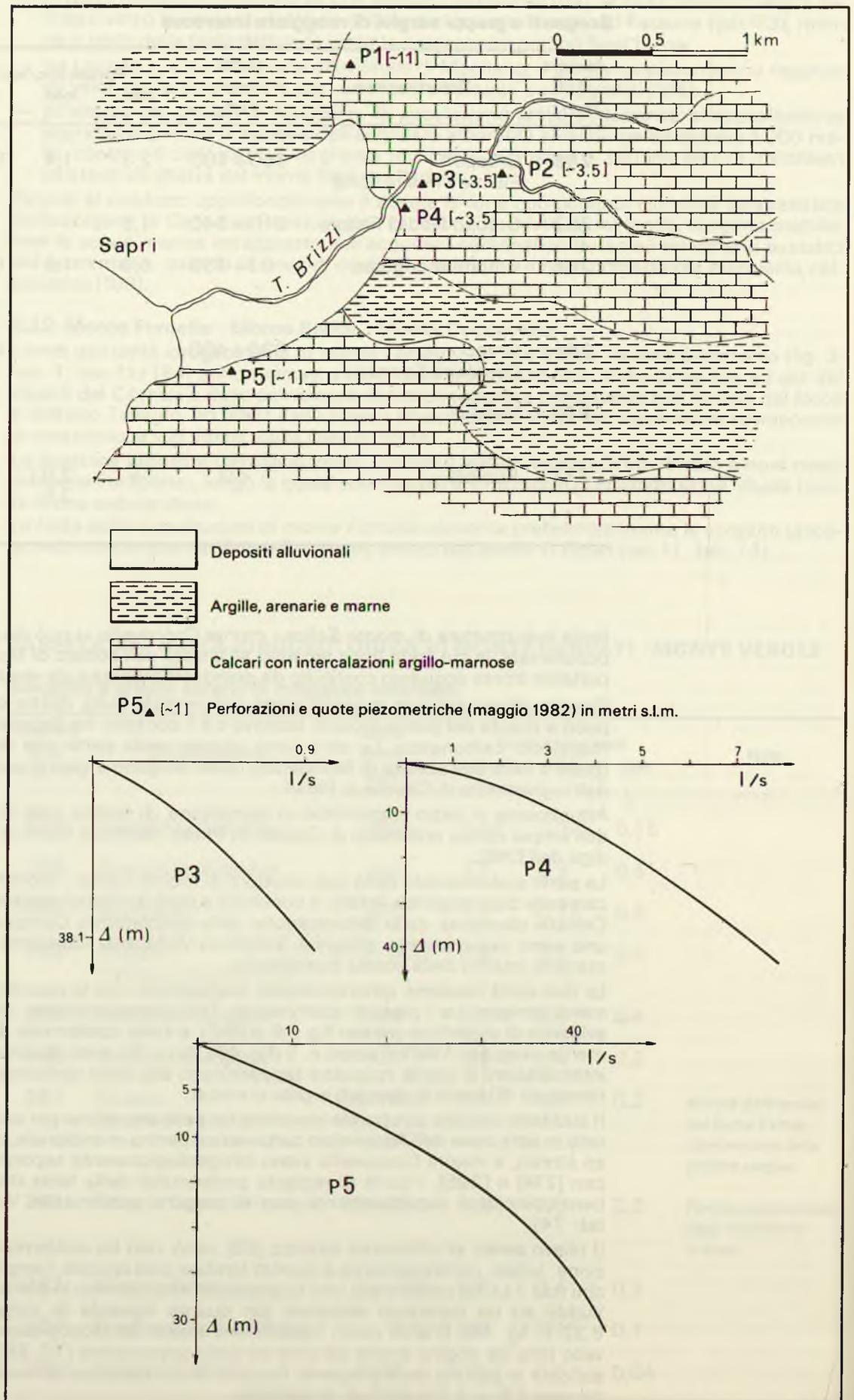
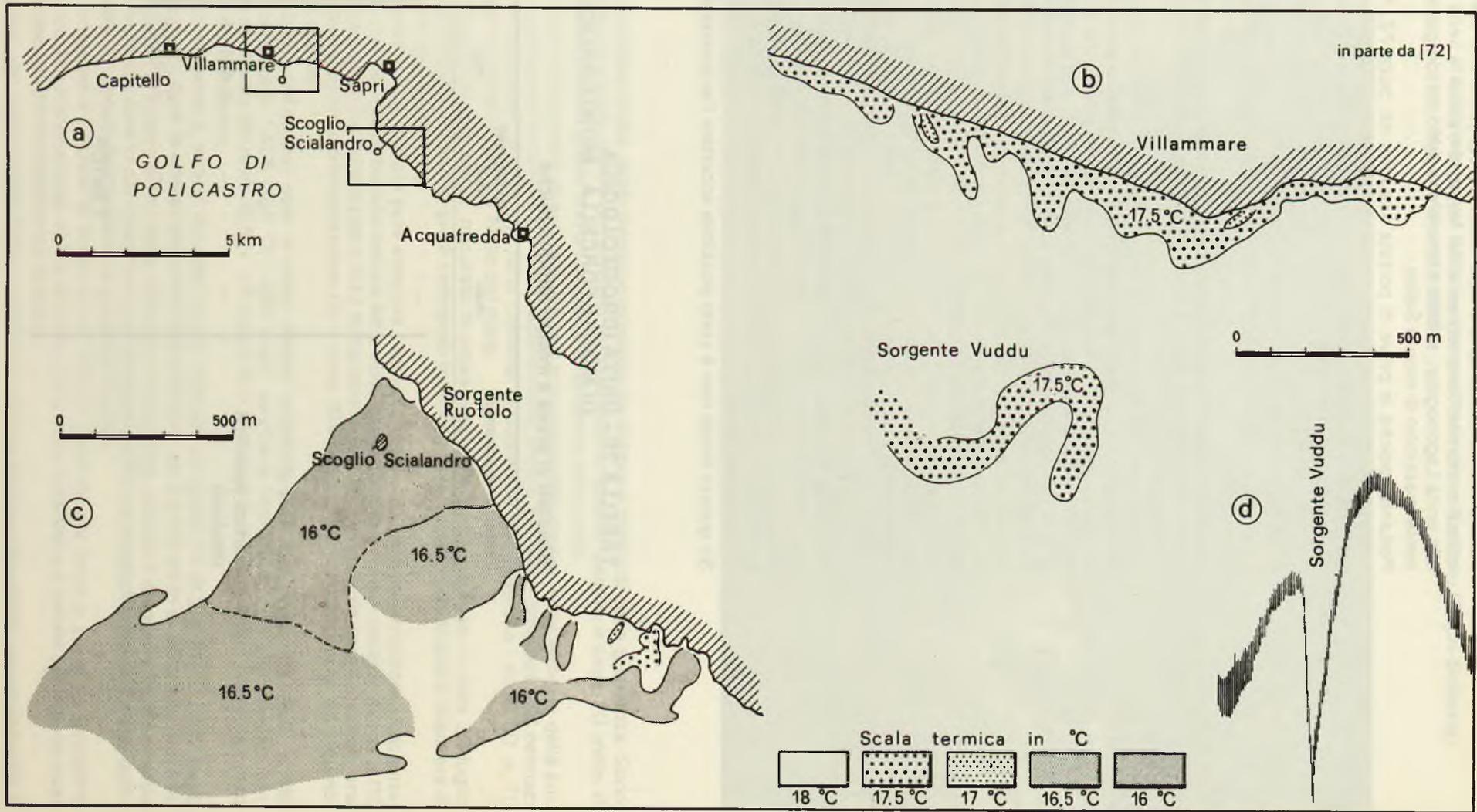


Figura 46 - Ubicazione delle sorgenti Vuddu e Ruotolo (a) con relative carte delle isoterme (b e c) e profilo del fondo marino roccioso rilevato con l'ecometro in corrispondenza della sorgente Vuddu (d).



Poiché monte Coccovello è delimitato ad est (oltre che dal «flysch del Cilento») dalla più volte menzionata linea tettonica del Noce, che porta la serie di piattaforme ad accavallarsi alle unità Lagonegresi, si deve ritenere che esso sia idrogeologicamente collegato all'adiacente massiccio di monte Salice.

Pertanto, poiché le prove di portata eseguite nei pozzi P2, P3 e P4 (fig. 45, tab. 75) non hanno evidenziato l'esistenza di una zona di drenaggio preferenziale lungo la fascia di contatto tra le due strutture, si deve ipotizzare che il travaso di acque da nord verso sud avvenga soprattutto attraverso il canale carsico, che dà poi origine alla sorgente Ruotolo.

6.22.1. Le sorgenti sottomarine Vuddu e Ruotolo

La *sorgente Vuddu* nasce direttamente dal fondale nel tratto di mare antistante l'abitato di Villammare.

Il nome di detta scaturigine nasce dal fatto che essa è caratterizzata da fuoriuscite d'acqua intermittenti per cui, sulla superficie marina, si alternano momenti di calma con altri in cui il mare sembra ribollire.

Il fenomeno dell'intermittenza, legato probabilmente ad un sifone carsico che si innesca e si svuota con sistematicità, conferma quanto detto in precedenza circa la scarsa potenzialità complessiva della sorgente e circa l'impossibilità che essa rappresenti il punto principale di recapito del massiccio di monte Salice. È, infatti, evidente che, se il sifone ha bisogno di tempo per innescarsi, l'afflusso d'acqua verso di esso non è grande e, pertanto, non può essere proporzionato alla potenzialità della struttura carbonatica retrostante.

La presenza di un canale carsico è confermata dal profilo del fondo marino rilevato, in corrispondenza della sorgente, con l'ausilio dello scandaglio acustico (fig. 46). È infatti evidente l'esistenza di una grossa frattura.

La *sorgente Ruotolo* (tav. f.t.; fig. 46) è senz'altro il più grande sbocco sottomarino di acqua dolce individuato, col rilievo aereo all'infrarosso termico, lungo i tratti di costa carbonatici compresi tra Terracina (Lazio) ed il golfo di Policastro. Infatti, come si può osservare nella figura 47, dà origine ad un importante contrasto termico e ad un imponente pennacchio di diffusione la cui superficie è superiore ad 1 chilometro quadrato.

Nel mese di luglio 1979, la sorgente è stata oggetto di un'indagine particolareggiata eseguita con l'ausilio di sommozzatori e telecamere subacquee.

Si è potuto così accertare che essa è costituita da più bocche. Alcune sono concentrate lungo una frattura della parete calcarea; altre sono ubicate sul fondo marino, posto a circa 5 metri di profondità.

Su questo fondo non è stato possibile accertare l'esistenza di ulteriori venute d'acqua, per-

TABELLA 75 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE FORCELLA - MONTE SALICE - MONTE COCCOVELLO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note	
	max.	med.	min.			
Portata specifica (mq/sec)	-	-	-	Calcarei	Pozzo P2 in fig. 45: asciutto dopo qualche minuto di pompaggio (quota fondo foro: - 30 m s.l.m.)	
	-	-	$2,4 \times 10^{-5}$			Pozzo P3 in fig. 45
	-	-	$2,2 \times 10^{-4}$			Pozzo P4 in fig. 45
	-	$1,6 \times 10^{-3}$	-	Calcarei e calcari con intercalazioni di argille	Pozzo P5 in fig. 45	

Figura 47 - Termografia (Density Slicing) del tratto di costa interessato dall'emergenza della sorgente sottomarina Ruotolo (Sapri-Salerno) (aut. F.M.A. n. 0.53 del 7-2-1978).



ché il calcare risulta quasi ovunque ricoperto da sabbia e massi di varia grandezza. Sono, comunque, visibili tracce di carsismo, probabilmente fossile, perché a circa 20 metri di profondità c'è una grotta con un grosso foro al centro della volta.

Data l'enorme quantità di acqua dolce che scaturisce dalla roccia, sulla verticale della sorgente esiste una fortissima corrente ascensionale; inoltre, per tutta l'ampiezza del pennacchio di diffusione, si crea una forte corrente di superficie che interessa i primi 50 ÷ 70 centimetri di profondità dal livello del mare.

La temperatura dell'acqua, misurata in prossimità delle bocche sorgive in data 20 luglio 1979, è risultata di circa 10 gradi centigradi mentre la temperatura dell'acqua di mare era di 26 gradi centigradi.

Nella stessa data, è stata pure eseguita l'analisi chimica, la quale ha consentito di accertare che l'acqua è bicarbonato-calcica ed è poco mineralizzata. Infatti il residuo secco a 110 gradi centigradi è risultato pari a 533 milligrammi per litro, nonostante fosse presente una forte componente clorurato-sodica (Cl = circa 184 mg/l) chiaramente dovuta ad inquinamento marino.

Il risultato dell'analisi non è stato invece soddisfacente nel pozzo P5 (R.S. a 110 gradi centigradi: 1.428 mg/l; Cl : 450 mg/l), perché la limitata altezza piezometrica esistente sul livello del mare (0,5 ÷ 1,5 metri) fa sì che si verifichi un marcato mescolamento con le acque marine.

Il mescolamento è, invece, risultato molto inferiore nel pozzo P3 (R.S. a 110 °C : 322 mg/l; Cl : 65 mg/l), dove le altezze piezometriche oscillano tra 2 e 4,5 metri di altitudine (fig. 45). Ciò crea dei problemi ai fini della captazione della falda, perché il maggiore inquinamento si verifica nella zona in cui i pozzi sono più produttivi (P5). La soluzione migliore resta, quindi, quella di captare direttamente la sorgente Ruotolo.

A tal proposito è previsto lo scavo di una trincea parallela alla linea di costa (in posizione prossima alla costa stessa), al fine di intercettare sulla terraferma il canale carsico nel quale defluiscono preferenzialmente le acque.

La captazione potrà essere fatta o tramite la stessa trincea (chiudendo eventualmente il

canale carsico dal lato mare con una paratoia mobile), ovvero tramite una discenderia che segue il canale, dopo averlo intercettato.

A tal proposito, è importante sottolineare che sulla verticale della sorgente Ruotolo affiora una breccia cementata, che sembra riempire una vecchia incisione, ovvero una vecchia cavità carsica.

6.23. Monte Bulgheria

L'unità idrogeologica di monte Bulgheria (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [84; 88] è una piccola struttura carbonatica in *facies* di transizione (unità Bulgheria-Verbicaro), delimitata a sud dal mare e a nord dal «*flysch* del Cilento».

Essa è sede di una discreta falda idrica, galleggiante sull'acqua salata, la quale trova recapito preferenziale in una miriade di sorgenti sottomarine [88].

Il rilievo aereo all'infrarosso termico, eseguito lungo tutta la fascia costiera, ha evidenziato una maggiore concentrazione di sbocchi sorgivi lungo il bordo sud-orientale rispetto a quello sud-occidentale.

Il fenomeno non è legato all'andamento preferenziale della fratturazione, perché raramente c'è coincidenza tra direttrici tettoniche e sbocchi sorgivi. Esistono, invece, lungo la costa sud-occidentale, le condizioni idrogeologiche per un parziale tamponamento della falda, operato dai depositi quaternari della Cala del Cefalo e dagli innalzamenti dolomitici di Torre Fenosa e Torre Cala Bianca. Le principali sorgenti sottomarine si trovano in corrispondenza di Capo Grosso (tra i due suddetti innalzamenti dolomitici), a Punta degli Infreschi ed a Punta Spinosa [88].

È probabile che quest'ultimo gruppo sorgivo abbia un bacino di alimentazione pressoché autonomo, per la presenza di un «impermeabile» intercalare argillo-marnoso che attraversa la struttura con andamento appenninico (tav. f.t.).

È pure possibile considerare separati, dal punto di vista idrogeologico, i bacini degli altri due gruppi di sorgenti. Il limite passa probabilmente lungo la faglia Licusati-Marina di Camerota, anche se non è da escludere che la separazione dei flussi avvenga solo in prossimità della costa per la presenza del già menzionato innalzamento dolomitico di Torre Cala Bianca.

L'elevato numero di sbocchi sorgivi individuato (la maggior parte dei quali è di limitata entità) [88] evidenzia l'assenza di grossi canali carsici.

D'altro canto, però, ad una scarsa permeabilità complessiva dell'acquifero carbonatico (per la presenza di calcari con liste e noduli di selce, calcari marnosi, ecc.) corrisponde un gradiente piezometrico molto basso (circa $0,5 \div 0,2\%$) (fig. 48).

Ciò, analogamente a quanto osservato nella struttura di monte Coccovello (paragrafi 6.22 e 6.22.1.), è quasi certamente dovuto al fatto che le acque di falda defluiscono preferenzialmente in fratture beanti e, quindi, con poche perdite di carico.

Infatti, un pozzo perforato a circa 500 metri dalla costa (a monte dell'abitato di Camerota) ha rinvenuto la falda a meno di 1 metro di altitudine e l'acqua è risultata salata.

Inoltre, nella valle del Mingardo, solo un pozzo (su quattro perforati) ha dato risultati soddisfacenti (100 litri al secondo con 9 metri circa di depressione piezometrica) (fig. 48; tab. 76). La qualità dell'acqua è buona in quanto il residuo secco a 110 gradi centigradi è risultato pari a 249 milligrammi per litro (nel marzo 1981) ed il contenuto in cloro pari a 13 milligrammi per litro.

Le quote piezometriche sono, in tutti i pozzi, poco diverse da quelle dell'alveo del Mingardo. Ciò lascia prevedere l'esistenza di interscambi idrici tra falda e fiume, con ruoli di alimentazione e di drenaggio che, in qualche caso, potrebbero anche invertirsi nel corso dell'anno.

Quest'ultima ipotesi è riferita in particolare alla zona in cui è stato ubicato il pozzo più produttivo (P2). Questo, infatti, è l'unico in cui, nel periodo aprile-maggio 1982, è stato misurato un livello statico superiore all'alveo del fiume ($0,5 \div 1,5$ metri); inoltre, è l'unico che presenta una curva portate/depressioni che non lascia intravedere anomalie dovute all'alimentazione da parte della coltre alluvionale (fig. 48).

Le anomalie riscontrate nelle altre curve, nonché la differente resa del pozzo P1 in diversi periodi dell'anno, indicano, invece, che, sia a monte che a valle, il fiume alimenta la falda del massiccio carbonatico. A tal proposito è interessante fare il confronto con quanto osservato in precedenza, in condizioni analoghe, in altre zone dell'area in studio.

LE PIANE INTERNE

6.24. Media valle del Volturno

L'acquifero dell'unità idrogeologica della media valle del Volturno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituito essenzialmente da un'alternanza di lapilli, pomici, tufi, limi, sabbie e lenti ciottolose.

Figura 48 - Principali risultati delle indagini eseguite nelle gole del Fiume Mingardo (unità idrogeologica di Monte Bulgheria).

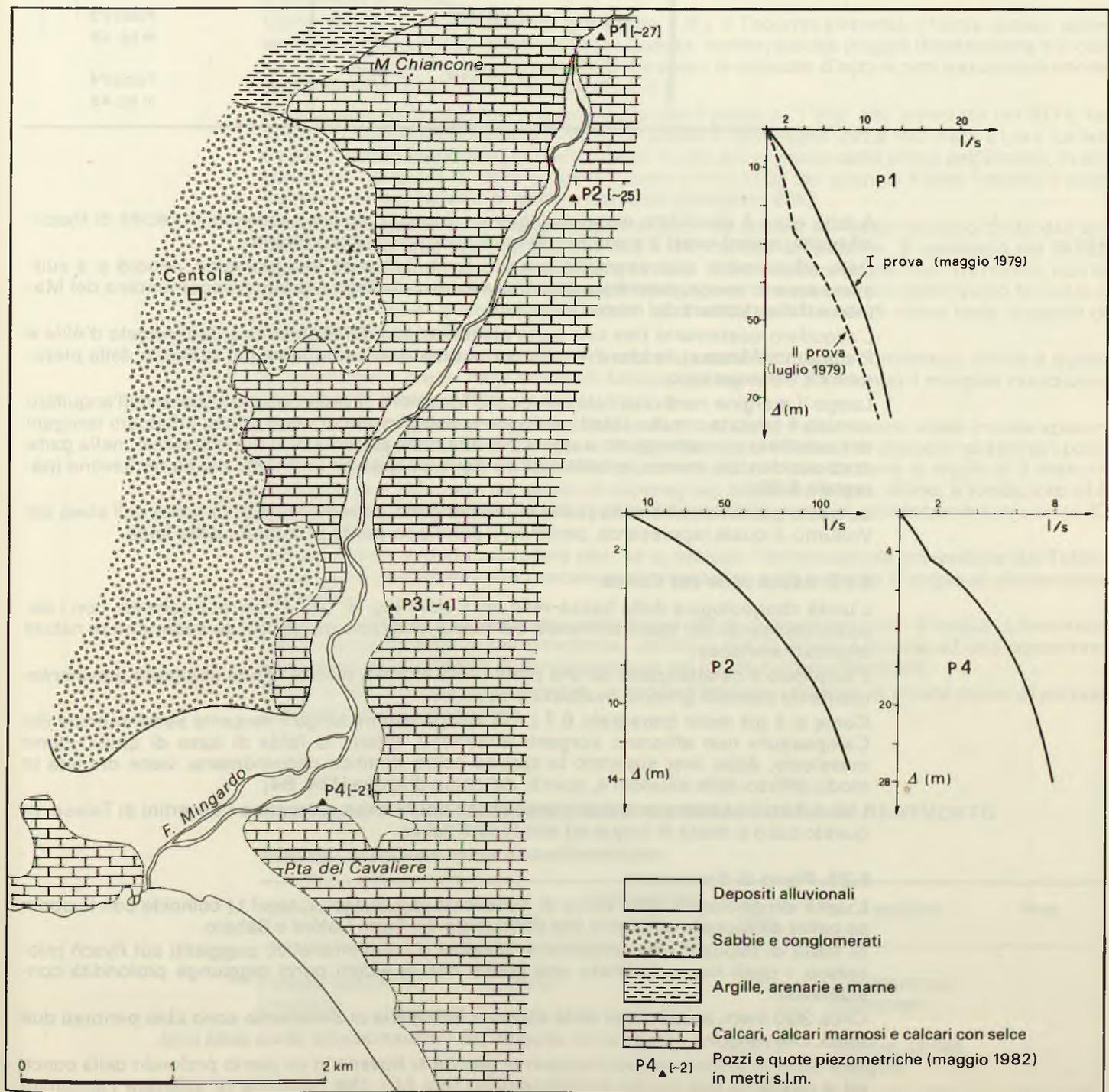


TABELLA 76 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DI MONTE BULGHERIA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	–	$2,2 \times 10^{-4}$	–	Calcarei e calcari con selce	Pozzo P1 in fig. 48 (1ª prova)
	–	$1,6 \times 10^{-4}$	–		Pozzo P1 in fig. 48 (2ª prova)
	$1,1 \times 10^{-2}$	–	–		Pozzo P2 in fig. 48
	–	$1,6 \times 10^{-4}$	–		Pozzo P3 in fig. 48
	–	$3,3 \times 10^{-4}$	–		Pozzo P4 in fig. 48

A letto esso è delimitato quasi ovunque da depositi argilloso-arenacei in *facies di flysch*, affioranti, a nord-ovest e a sud-est, lungo il corso del fiume Volturno.

Detti affioramenti rappresentano anche i limiti dell'unità idrogeologica. A nord e a sud-ovest essa è, invece, delimitata rispettivamente dalla fascia detritica pedemontana del Matese e dalla struttura del monte Maggiore.

L'acquifero quaternario trae una certa alimentazione dal Matese (tra Sant'Angelo d'Alife e Piedimonte Matese), laddove il substrato «impermeabile» si trova più in basso della piezometrica del massiccio.

Lungo il margine nord-orientale del monte Maggiore, invece, l'alimentazione dall'acquifero carsico è limitata o nulla. Infatti, nella parte meridionale di detto limite, i depositi terrigeni del substrato si mantengono a quota più alta della piezometrica del massiccio; nella parte nord-occidentale, invece, la falda carsica trova recapito preferenziale nel fiume Savone (paragrafo 6.38.).

Le quote piezometriche nella piana si mantengono generalmente al di sopra dell'alveo del Volturno, il quale rappresenta, pertanto, il principale punto di recapito della falda.

6.25. Bassa valle del Calore

L'unità idrogeologica della bassa valle del Calore (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con i depositi alluvionali del tratto terminale del fiume omonimo, poggiati su sedimenti di natura argilloso-arenacea.

L'acquifero è caratterizzato da una produttività elevata, perché risulta costituito prevalentemente da depositi ghiaiosi piuttosto grossolani.

Come si è già detto (paragrafo 6.7.), ciò spiega perché lungo il versante settentrionale del Camposauro non affiorano sorgenti importanti. Infatti, la falda di base di quest'ultimo massiccio, dopo aver superato la spessa coltre detritica pedemontana, viene drenata in modo diffuso dalle alluvioni e, quindi, dal corso d'acqua [134; 84].

L'acquifero è alimentato lateralmente anche dal Matese, attraverso i travertini di Telesse. In questo caso si tratta di acque ad alto tenore salino.

6.26. Piana di Benevento

L'unità idrogeologica della piana di Benevento (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con la spessa coltre alluvionale affiorante alla confluenza dei fiumi Calore e Sabato.

Si tratta di depositi prevalentemente ghiaiosi e conglomeratici, poggiati sul *flysch* miocenico, i quali hanno colmato una conca che in alcuni punti raggiunge profondità considerevoli.

Circa 300 metri a sud-ovest della stazione ferroviaria di Benevento sono stati perforati due pozzi, che vengono attualmente utilizzati per l'alimentazione idrica della città.

Essi sono in posizione favorevolissima, perché si trovano in un punto profondo della conca ed a monte di una stretta «impermeabile» (tav. f.t.), che consente di utilizzare l'acquifero

come serbatoio naturale di compenso. Inoltre, hanno incontrato, per quasi tutta la loro profondità (circa 110 metri), un conglomerato cementato altamente produttivo (circa 230 litri al secondo per ogni pozzo, con appena 2 metri di depressione piezometrica) (tab. 77). La scarsa ampiezza della superficie alluvionale, esposta all'infiltrazione zenitale diretta, fa ritenere che la maggiore alimentazione provenga dalle acque di ruscellamento superficiale dei depositi «impermeabili» affioranti ai margini, oltre che dallo stesso corso d'acqua. Il fiume, infatti, dalla confluenza col Tammaro fino a Benevento, scorre su un letto ghiaioso piuttosto profondo.

Le alluvioni del fiume Sabato, al contrario, sono costituite prevalentemente da depositi argillo-sabbiosi con lenti di ghiaie.

6.27. Piana dell'Isclero

L'acquifero dell'unità idrogeologica della piana dell'Isclero (fig. 3; tav. f.t.) è costituito essenzialmente da depositi piroclastici e fluvio-lacustri.

L'unità è delimitata solo ad est da depositi arenaceo-marnoso-argillosi, mentre dagli altri lati il limite è costituito dai massicci carbonatici di monte Taburno, dei monti di Durazzano e dei monti di Avella.

Come si è detto in precedenza (paragrafo 6.8.), il Taburno alimenta il fiume Isclero attraverso la coltre detritica pedemontana. Questa, inoltre, poiché poggia direttamente sui calcari dei monti di Durazzano, consente il travaso di aliquote d'acqua non trascurabili anche verso quest'ultima struttura (paragrafo 6.8.).

A tal proposito è importante sottolineare che il pozzo n. 1 (fig. 49), perforato nel 1974, ha trovato i calcari sterili fino a 123 metri dal piano di campagna (circa 140 metri s.l.m.). La falda dei monti di Durazzano si trova, quindi, molto più in basso della piana dell'Isclero, in accordo con le quote di falda (circa 30 metri s.l.m.) [113] dei pozzi di Ponte Tavano, i quali traggono alimentazione da detto massiccio (paragrafo 6.9.).

I rapporti idrogeologici tra la piana dell'Isclero e la dorsale di Avella risultano chiari dall'andamento delle isopiezometriche (fig. 49) e dai risultati del pozzo n. 2 (perforato nel 1976). Quest'ultimo, infatti, è pressoché sterile ($6 \div 8$ litri al secondo per soli 70 minuti, con la pompa posta a -280 metri dal piano di campagna), nonostante sia stato spinto fin sotto il livello del mare e, quindi, oltre 30 metri al di sotto della quota di sfioro delle sorgenti di Cancellò (tav. f.t.; tab. 60).

Il fenomeno è dovuto all'esistenza di una situazione strutturale complessa, simile a quella evidenziata nei pressi della stretta di Moiano (paragrafo 6.8.) e lungo il margine meridionale della valle Caudina [113].

A tal proposito, si deve segnalare che in detto pozzo le fratture sono state trovate spesso intasate da argille. Inoltre, nel foro n. 3 (fig. 49), dopo 47 metri di depositi quaternari sono stati interessati i calcari, nei quali è stata rinvenuta un'intercalazione di argille di 2 metri di spessore (a -100 metri dal piano di campagna); lo stesso pozzo, infine, a fondo foro si è attestato per 5 metri nelle argille (quota del probabile piano di sovrascorrimento: circa 10 metri s.l.m.).

Ciò premesso, si può concludere che, se si esclude l'alimentazione proveniente dal Taburno, la piana dell'Isclero può contare esclusivamente sulle aliquote d'acqua di alimentazione diretta.

La falda, come si può osservare nella figura 49, è drenata dai corsi d'acqua. L'anomalia nell'andamento delle isopiezometriche, visibile a sud di Airola, è dovuta ad una concentrazione degli emungimenti in corrispondenza del locale nucleo industriale.

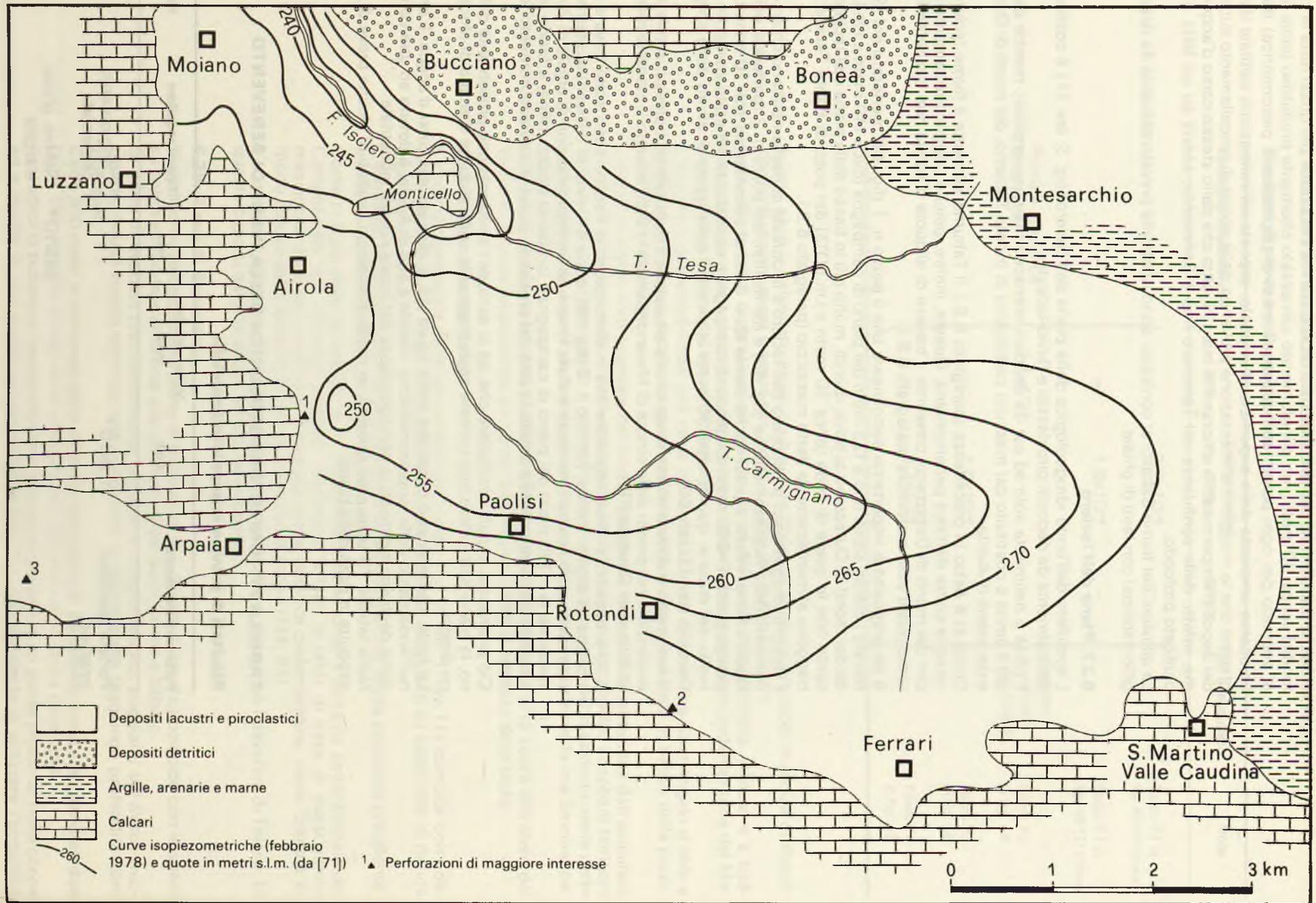
Nella tabella 78 sono stati riportati, in modo sintetico, i risultati di alcune prove di portata eseguite in pozzi della piana.

TABELLA 77 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI BENEVENTO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$1,2 \times 10^{-1}$	—	—	Conglomerati cementati	
	—	—	$8,0 \times 10^{-5}$	Sabbie, ghiaie e argille	

Figura 49 - Unità idrogeologica della Piana dell'Isclero.



-  Depositi lacustri e piroclastici
-  Depositi detritici
-  Argille, arenarie e marne
-  Calcari
- Curve isopiezometriche (febbraio 1978) e quote in metri s.l.m. (da [71])
-  1 ▲ Perforazioni di maggiore interesse

0 1 2 3 km

TABELLA 78 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DELL'ISCLERO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	5,1×10 ⁻²	1,8×10 ⁻²	9,1×10 ⁻⁴	Depositi detritici	
	4,9×10 ⁻³	1,2×10 ⁻³	1,1×10 ⁻⁴		
Gradiente piezometrico	2,0×10 ⁻²	1,0×10 ⁻²	8,7×10 ⁻⁴		

TABELLA 79 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DI GROTTAMINARDA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

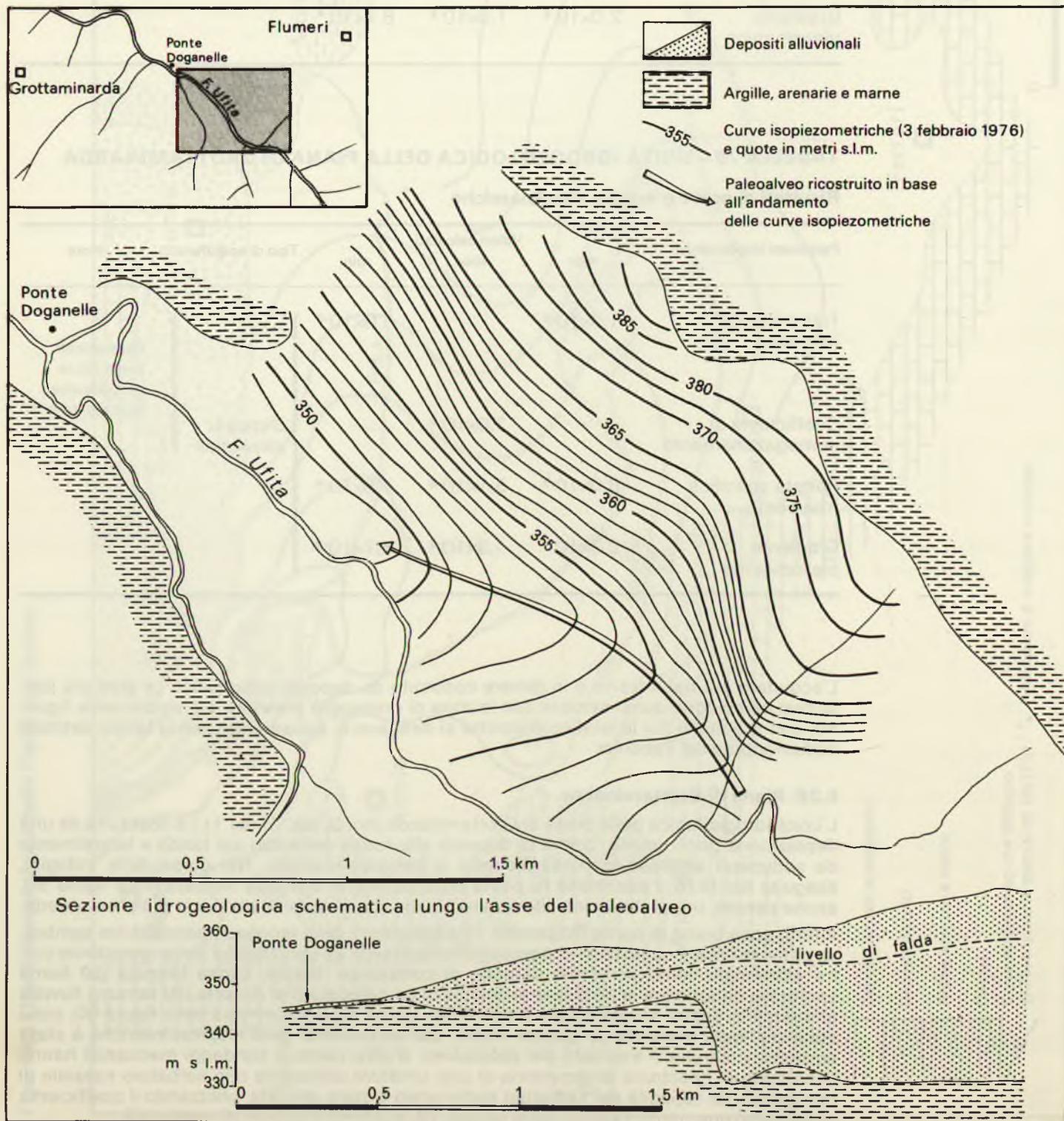
Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	1,0×10 ⁻²	–	5,0×10 ⁻³	Depositi alluvionali	Pozzi ubicati lungo l'asse del paleoalveo indicato in fig. 50
Coefficiente di immagazzinamento	–	2,0×10 ⁻²	–		
Portata specifica (mq/sec)	8,0×10 ⁻³	3,1×10 ⁻³	1,5×10 ⁻⁴		
Gradiente piezometrico	2,3×10 ⁻²	1,3×10 ⁻²	6,7×10 ⁻³		

L'acquifero più trasmissivo è in genere costituito da depositi piroclastici. Le aree più produttive coincidono quasi sempre con le zone di drenaggio preferenziale visibili nella figura 49, con le zone in cui le isopiezometriche si diradano e, ovviamente, con la fascia detritica pedemontana del Taburno.

6.28. Piana di Grottaminarda

L'unità idrogeologica della piana di Grottaminarda (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita da una depressione poco estesa, colma di depositi alluvionali delimitati sul fondo e lateralmente da sedimenti argilloso-marnoso-arenacei e calcareo-marnosi. Nel corso delle indagini, eseguite nel 1976, l'attenzione fu posta principalmente sull'area indicata nella figura 50, anche perché, tra quelle vicine alla potenziale utenza, questa sembrava la più promettente. Infatti, poco prima di ponte Doganelle, l'innalzamento della «soglia impermeabile» sembrava potesse creare condizioni idrogeologiche favorevoli all'utilizzazione della retrostante coltre alluvionale come serbatoio naturale di compenso. Inoltre, l'ansa formata dal fiume sembrava denunciare la possibile esistenza di un paleoalveo al di sotto del terrazzo fluviale affiorante in destra orografica del fiume Ufita. Come si può osservare nella figura 50, sono state verificate entrambe le ipotesi. Infatti, dall'andamento delle isopiezometriche è stato agevole ricostruire il tracciato del paleoalveo; d'altro canto, i sondaggi meccanici hanno consentito di ricostruire la geometria di una struttura utilizzabile con serbatoio naturale di compenso. La capacità del serbatoio sotterraneo è stata valutata, utilizzando il coefficiente di immagazzinamento indicato nella tabella 79, in oltre 0,2 milioni di metri cubi.

Figura 50 - Unità idrogeologica della Piana di Grottaminarda.



Detto coefficiente è stato calcolato sulla base di due prove di emungimento eseguite in pozzi ubicati lungo l'asse del paleoalveo (tab. 79, fig. 50). Questi ultimi, com'è facilmente intuibile, si trovano in posizione molto favorevole, perché consentono l'utilizzazione dell'acquifero nei termini indicati in precedenza e indurranno un aumento automatico dell'alimentazione da parte del corso d'acqua.

6.29. Alta valle del Sabato (bacino del torrente Rigatore)

Col nome di unità idrogeologica dell'alta valle del Sabato (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è stata indicata la zona, a morfologia piuttosto dolce e modellata, che si estende a monte della confluenza del fiume Sabato col torrente Rigatore (quest'ultimo lambisce, a sud, l'abitato di Avellino).

Poiché le alluvioni della conca di Serino (posta sull'asta principale del Sabato) vengono drenate dalle sorgenti Acquaro-Pelosi ed Urciuoli (paragrafo 6.14.), l'attenzione è stata posta sul bacino del torrente Rigatore.

Quivi, sotto una sottile coltre detritica e piroclastica incoerente, affiora il «tufo grigio campano» il quale, a sua volta, si trova a tetto del Miocene arenaceo-marnoso.

Quest'ultimo rappresenta il sub-strato «impermeabile», su cui defluiscono le acque di falda che trovano recapito nell'alveo, in modo diffuso o dando origine a piccole scaturigini.

Alla luce delle attuali conoscenze, si deve ritenere che la potenzialità dell'acquifero piroclastico debba essere legata soltanto agli apporti zenitali diretti. Le indagini che si stanno avviando sono state, comunque, indirizzate anche a verificare se l'acquifero quaternario trae alimentazione dal massiccio di monte Vergine, in senso lato, ovvero se nello stesso massiccio la falda si mantiene ad una quota compatibile con uno sfruttamento economicamente accettabile.

Attraverso le stesse indagini si dovrà pure accertare se la morfologia del substrato «impermeabile» è tale da creare, come nelle piane di Benevento e Grottaminarda (paragrafi 6.26. e 6.28.), condizioni favorevoli all'utilizzazione dell'acquifero come serbatoio naturale di compenso.

6.30. Valle del Solofrana

L'unità idrogeologica della valle del Solofrana (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita da depositi alluvionali e piroclastici, di spessore anche superiore agli 80-90 metri, i quali riempiono un'incisione impostata su due importanti faglie aventi orientamento nord-sud ed est-ovest. Nell'area settentrionale, detti depositi poggiano sui sedimenti terziari delle «unità Irpine»; nella parte meridionale, invece, essi vengono a diretto contatto con la serie carbonatica.

La zona è molto ricca di acque sotterranee, non solo perché sono elevate le aliquote d'infiltrazione diretta, ma perché i depositi quaternari vengono alimentati lateralmente dalla struttura di monte Garofano [88] e dalla parte settentrionale dei monti di Salerno. La falda affiora preferenzialmente nei pressi di Mercato San Severino, sotto forma di sorgenti o di venute d'acqua diffuse in alveo.

Attualmente l'intero bacino del Solofrana è oggetto di indagini, le quali hanno sostanzialmente confermato i risultati degli studi preliminari [84; 88].

Infatti, dalle quote piezometriche riscontrate nei fori n. 1, 2, 3, 4, 5 e 6 (fig. 51) si evince che la falda di monte Garofano defluisce verso sud-ovest con perdite di carico piuttosto elevate e concentrate.

Pertanto, sono necessariamente limitati gli eventuali interscambi idrici sotterranei col monte Terminio [115]; inoltre, così come si evince anche dai livelli piezometrici rilevati nei pozzi n. 7 e 8 (perforati nei depositi quaternari), il principale punto di recapito delle acque risulta chiaramente individuato nelle alluvioni del Solofrana.

Dal confronto tra queste ultime quote piezometriche e quelle dei pozzi n. 9, 10 e 11 (fig. 51) risulta pure confermato che i monti di Sarno non possono alimentare la falda del Solofrana [88]. La piezometrica nei calcari, infatti, è più bassa di quella della piana.

Sulla scorta di analoghe esperienze citate in precedenza si deve ritenere che la falda della piana del Solofrana alimenti, invece, la suddetta struttura carbonatica.

Ciò, peraltro, concorda con i dati chimici e isotopici [106] relativi alle sorgenti Santa Marina di Lavorate e San Mauro (fig. 51). Per esse, infatti, è stata accertata l'esistenza di un bacino posto a quota topografica mediamente più bassa di quella delle altre sorgenti del fronte di Sarno, nonché l'esistenza di mescolamenti con acque circolanti in depositi piroclastici. È, quindi, probabile che parte della falda circoli nell'acquifero quaternario della piana del Solofrana, oltre che nelle valli di Bracigliano e Siano già segnalate in [106].

6.31. Bassa valle del Tanagro

L'acquifero dell'unità idrogeologica della bassa valle del Tanagro (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituito essenzialmente da conglomerati, alluvioni e travertini poggianti prevalentemente su depositi terrigeni miocenici.

Figura 51 - Unità idrogeologica della Valle del Solofrana e massicci carbonatici adiacenti.

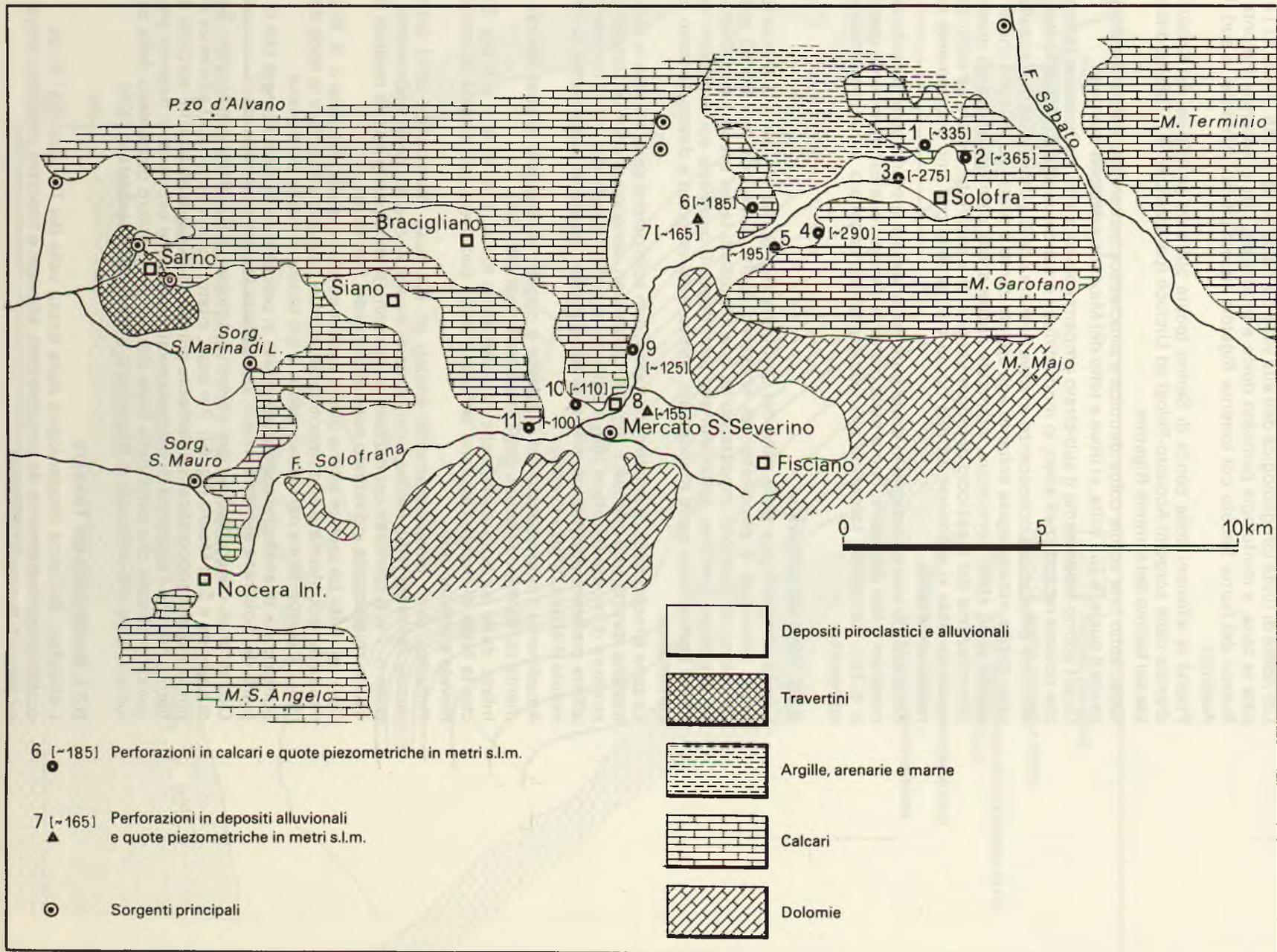


TABELLA 80 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL VALLO DI DIANO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$6,8 \times 10^{-3}$	$2,2 \times 10^{-3}$	$5,0 \times 10^{-4}$	Depositi fluvio-lacustri e detritici	
	$4,0 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-6}$		
Trammissività (mq/sec)	–	$3,8 \times 10^{-3}$	–	Depositi fluvio-lacustri e detritici	
Permeabilità (m/sec)	–	$2,9 \times 10^{-4}$	–		

Si tratta di litotipi a permeabilità elevata, caratterizzati da una potenzialità idrica altissima. Anche in questo caso però, come per la valle del Solofrana, prevale l'alimentazione laterale proveniente soprattutto dai massicci carbonatici di monte Marzano-monte Ognà (paragrafo 6.17.) (circa 155 milioni di metri cubi all'anno) e dei monti Alburni (paragrafo 6.18.) (circa 110 milioni di metri cubi all'anno), oltre che dalle estreme propaggini nord-occidentali dell'unità idrogeologica dei monti della Maddalena (circa 20 milioni di metri cubi all'anno).

Le acque affiorano preferenzialmente nell'alveo del fiume Tanagro (a valle della stazione di Sicignano degli Alburni) sotto forma di grosse sorgenti o di venute diffuse in alveo.

6.32. Vallo di Diano

L'unità idrogeologica del Vallo di Diano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è costituita da una depressione tettonica, ad orientamento appenninico, colmata da sedimenti fluvio-lacustri e detritici.

I depositi quaternari, il cui spessore non supera generalmente i 150 metri (circa 100 metri in media) [323], sono caratterizzati superiormente da alternanze limoso-sabbioso-ghiaiose con episodi calcareo-detritici spesso cementati. I depositi grossolani sono più frequenti e potenti a sud della direttrice Teggiano-Sala Consilina [323] e lungo le fasce pedemontane; nella zona centrale, specie in profondità, prevalgono le argille.

L'acquifero si trova in parte sovrapposto a depositi «impermeabili» in *facies* di *flysch* ed in parte a diretto contatto coi massicci carbonatici.

Questi ultimi alimentano la falda di pianura quasi ovunque. Ciò avviene, infatti, lungo il margine occidentale dei monti della Maddalena e lungo quello orientale del monte Motola (paragrafo 6.20.) e del monte Cervati (dove sono visibili incrementi di portata nei canali che raccolgono le acque delle sorgenti).

Solo lungo il margine orientale dei monti Alburni esiste il fenomeno inverso. Questa, infatti, è l'unica area in cui la falda della piana si trova a quota più bassa dell'alveo del Tanagro.

Bisogna, inoltre, considerare che, nel foro n. 1 (fig. 52), il livello piezometrico riscontrato nel periodo di magra dell'anno 1978 (circa 404 metri s.l.m. in [88]) è risultato variato a 438 metri s.l.m. (circa 12 metri dal piano di campagna) durante la misura eseguita il 15 marzo 1979.

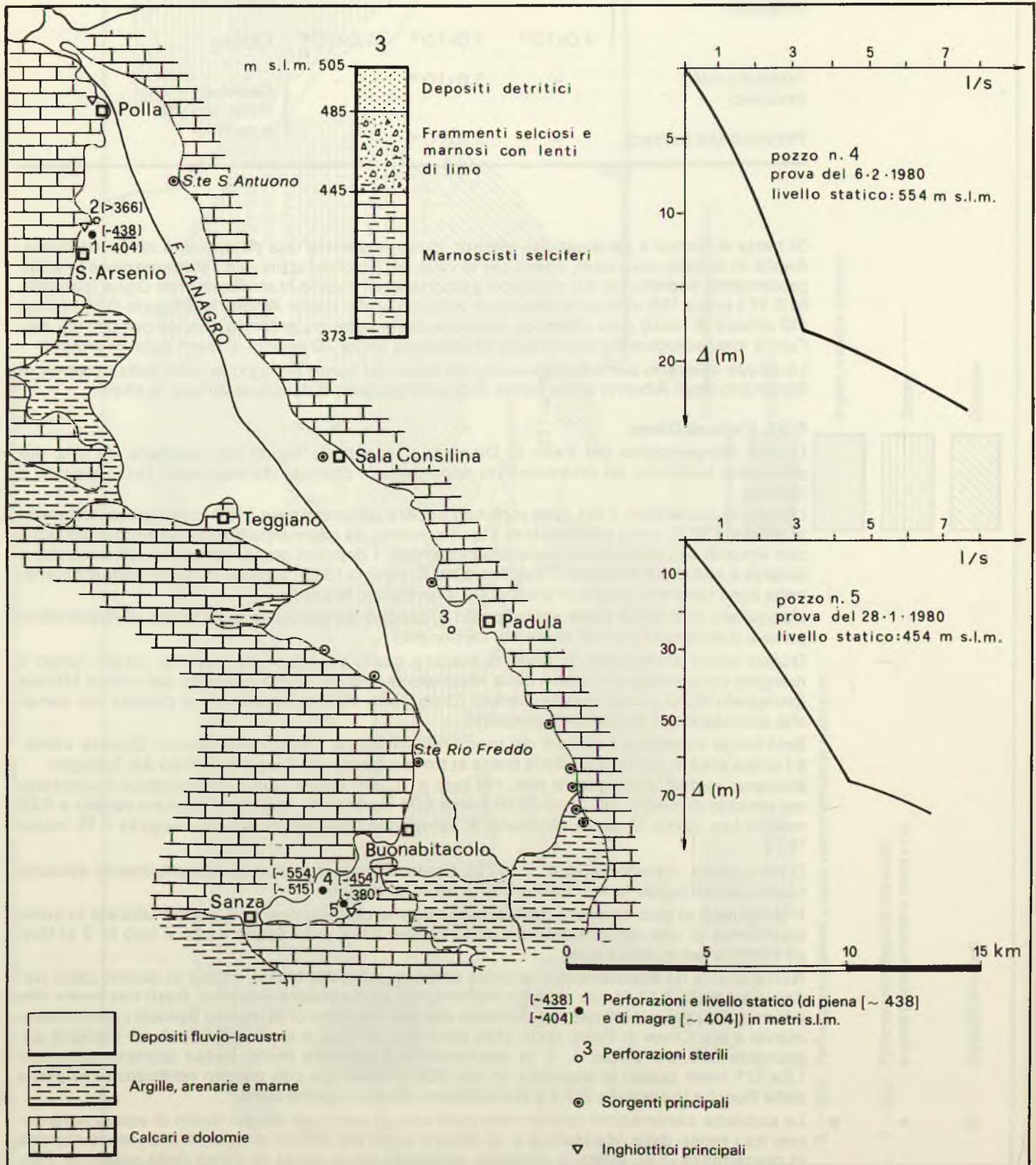
D'altro canto, il piezometro n. 2 [323], posto a breve distanza, è costantemente asciutto nonostante il fondo foro si trovi a 366 metri di altitudine.

Il fenomeno si può spiegare ammettendo che la perforazione n. 1 si trovi ubicata in corrispondenza di una zona di assorbimento concentrato delle acque e che il foro n. 2 si trovi all'esterno della stessa zona.

Non è quindi da escludere che sotto la coltre quaternaria esista, anche in questo caso (vedasi paragrafo 6.17.1.), un vecchio inghiottitoio parzialmente intasato. Basti osservare che il foro n. 1 si trova a brevissima distanza dai due inghiottitoi di mulino Spinelli i quali, unitamente a «Le Crive» di Polla, sono stati attivi fino ad epoca storica [323]. A ciò bisogna aggiungere che, nel pozzo n. 1, la trammissività è risultata molto bassa (portata specifica: $1,5 \times 10^{-6}$ metri quadri al secondo, in tab. 80), in analogia con quanto verificato nella piana delle Rocche (paragrafo 3.2.2.) in condizioni idrogeologiche simili.

Le suddette osservazioni confermano pure che gli eventuali travasi diretti di acque sotterranee tra i monti della Maddalena e gli Alburni sono più difficili di quanto si potesse ritenere in precedenza [88]. Infatti il dislivello, esistente tra la quota di sfioro della sorgente San-

Figura 52 - Unità idrogeologica del Vallo di Diano.



t'Antuono (tab. 71) e la piezometrica della falda lungo il margine orientale degli Alburni, è certamente maggiore di 100 metri ed è, quindi, superiore a quello ipotizzato in [88].

Si deve, quindi, concludere che tra i monti della Maddalena ed i monti Alburni possono verificarsi travasi d'acqua quasi esclusivamente attraverso la coltre fluvio-lacustre quaternaria, in analogia con quanto verificato nella valle del fiume Solofrana (paragrafo 6.30.).

Il ruolo di «spartiacque sotterraneo» che l'assetto strutturale del Vallo di Diano svolge tra i massicci carsici posti in destra ed in sinistra orografica del Tanagro (paragrafi 6.18.; 6.19.; 6.20.; 6.21.) è stato confermato anche dal sondaggio n. 3 (fig. 52), perforato nel 1973. Questo, infatti, ubicato a circa 505 metri di altitudine, ha incontrato prima 28 metri di detriti, a cui sono seguiti 32 metri di frammenti selciosi e marnosi con lenti di limo; da - 60 a - 132 metri dal piano di campagna, sono stati incontrati marnoscisti selciferi (Nicotera, relazione inedita). Si tratta di litotipi appartenenti alla serie calcareo-silico-marnosa la quale, evidentemente, si rinviene in finestra tettonica anche sotto la coltre quaternaria del Vallo di Diano. Un'altra situazione di particolare interesse idrogeologico è stata rilevata nei pressi di Sanza, attraverso i dati delle perforazioni n. 4 e 5 (fig. 52), ubicate rispettivamente nell'acquifero carbonatico di monte Cervati e di monte Forcella.

Innanzitutto, il forte dislivello piezometrico esistente tra i due fori (sia in magra che in piena) indica che la faglia di Sanza può effettivamente rappresentare la linea di «spartiacque» tra le unità idrogeologiche precedentemente menzionate (paragrafi 6.21. e 6.22.).

Come si può osservare dal diagramma portate/depressioni (Q/Δ), la falda basale del monte Cervati nel periodo invernale riceve una certa alimentazione dalla coltre detritica esistente a monte. Per effetto di tale alimentazione, nel pozzo si misurano escursioni piezometriche, tra periodo di magra e di piena, dell'ordine dei 40 metri.

Quando in magra la suddetta alimentazione è pressoché nulla (soprattutto a causa della limitata estensione dell'area detritica tributaria) il livello piezometrico si mantiene comunque più in alto della quota di sfioro della sorgente Rio Freddo (fig. 52; tav. f.t.; tab. 73). Pertanto, si deve ritenere verificato, almeno localmente, lo schema di circolazione idrica dell'area orientale della struttura del Cervati (paragrafo 6.21.).

In magra, il suddetto fenomeno della mancanza di alimentazione si verifica anche in corrispondenza del pozzo n. 5, il quale si trova in prossimità dell'inghiottitoio di un'area endoreica. Infatti, l'entità delle escursioni piezometriche misurate tra magra e piena (circa 70 metri in fig. 52) è pressoché coincidente con i risultati della prova di emungimento, che ha evidenziato l'esistenza di un cono di assorbimento, alla data della prova di pompaggio, alto circa 60 metri (fig. 52).

Nella tabella 80 sono riportati, in modo sintetico, i risultati delle prove di portata eseguite nel Vallo di Diano. Le portate specifiche più basse, relative all'acquifero carbonatico, si riferiscono al margine orientale dei monti Alburni ed alla zona di Sanza. Tra le zone più produttive è da segnalare quella posta a nord-ovest di Silla la quale, probabilmente, rappresentava il punto preferenziale di recapito della falda di monte Motola prima che il Vallo fosse riempito dalla potente coltre quaternaria.

LE PIANE COSTIERE

6.33. Piana del Garigliano

L'unità idrogeologica della piana del Garigliano (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) [321] è delimitata, a nord-est e a sud-ovest, rispettivamente dall'edificio vulcanico del Roccamonfina e dal mare; a nord-ovest il limite è marcato, invece, dal massiccio carbonatico dei monti Aurunci orientali e dal *flysch* della valle dell'Ausente; a sud-est, infine, il limite coincide col versante nord-occidentale di monte Massico.

Essa corrisponde ad una zona di subsidenza dove, nel plio-quaternario, si è avuta una sedimentazione sabbioso-limoso-conglomeratica e piroclastica.

Nella zona sud-occidentale, l'acquifero è prevalentemente costituito da depositi alluvionali a diversa granulometria, da piroclastiti dilavate dalle falde del Roccamonfina e da sabbie di spiaggia e di duna costiera. Nella zona centrale affiorano in prevalenza tufi e piroclastiti sciolte, anche rimaneggiate. Nella fascia nord-orientale, posta ai margini della caldera del Roccamonfina, prevalgono, invece, le lave ed il «tufo grigio campano».

Così come è stato evidenziato attraverso sondaggi profondi e prospezioni geoelettriche [321], le strutture carbonatiche affioranti ai margini si approfondiscono rapidamente. Inoltre, il substrato mio-pliocenico, costituito prevalentemente da sedimenti argillo-sabbiosi, si trova a diverse centinaia di metri di profondità.

Analogamente a quanto si osserva in altre piane costiere della Campania, l'acquifero è caratterizzato dalla presenza di una falda superficiale e di più falde profonde sovrapposte; almeno in prima approssimazione, tutte possono essere considerate appartenenti ad un'unica circolazione idrica sotterranea.

Nella parte bassa della piana, dove affiorano i depositi a granulometria più sottile, la falda profonda si rinviene quasi sempre artesia.

L'acquifero della piana del Garigliano, oltre che sulle aliquote d'acqua d'infiltrazione diretta, può contare su cospicui apporti idrici provenienti dal Roccamonfina (circa 15 milioni di metri cubi all'anno) e dal monte Massico [321] (circa 15 milioni di metri cubi all'anno).

Ciò si evince anche dall'andamento delle curve isopiezometriche, le quali evidenziano, tra l'altro, una zona di drenaggio preferenziale proprio ai margini di monte Massico (fig. 53).

I punti di recapito preferenziale delle acque coincidono con i canali di bonifica della fascia costiera e con l'alveo del Garigliano. Lo stesso corso d'acqua intercetta pure le acque provenienti, in destra orografica, dalla struttura carbonatica dei monti Aurunci.

6.34. Piana del Volturno - Regi Lagni

L'unità idrogeologica della piana del Volturno-Regi Lagni (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è delimitata a nord-ovest dal Roccamonfina e dal monte Massico, a sud-est dai Campi Flegrei e dal Somma-Vesuvio, a nord-est dai massicci carbonatici e a sud-ovest dal mare.

Dal punto di vista strutturale, si tratta di una porzione del *graben* della piana Campana, individuatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassatosi, per diverse migliaia di metri. Basti considerare che nell'area centrale, prossima alla foce del Volturno, i sondaggi profondi perforati dalla SAMET hanno accertato uno spessore di oltre 3.000 metri di depositi quaternari, prevalentemente piroclastici e alluvionali, con frequenti episodi marini e palustri.

Dal punto di vista idrogeologico, in questa enorme pila di sedimenti (il cui spessore diminuisce progressivamente man mano che ci si avvicina ai massicci carsici), si possono distinguere alternanze di livelli a varia litologia e granulometria, il cui andamento è spesso lenticolare.

La circolazione idrica sotterranea avviene, quindi, per falde sovrapposte contenute nei livelli più grossolani.

Come già evidenziato nella piana del Garigliano, anche in questa unità idrogeologica è possibile rinvenire una prima falda freatica, che viene alimentata preferenzialmente dagli apporti zenitali diretti e, nei settori topograficamente depressi, anche per «drenanza».

La falda superficiale è generalmente poco produttiva perché, specie nelle aree di basso morfologico, in affioramento si rinvengono prevalentemente depositi limoso-argillosi. Al contrario, nelle stesse aree, le falde sottostanti presentano in genere una buona produttività e sono spesso caratterizzate dal fenomeno dell'artesianesimo.

Nel settore posto a nord del fiume Volturno, dall'andamento delle curve isopiezometriche (fig. 54) si può, innanzitutto, osservare che le acque sotterranee vengono drenate preferenzialmente dalla rete dei canali di bonifica e dall'alveo del fiume Savone.

Lungo la fascia settentrionale dell'unità idrogeologica, la piana è difficilmente alimentata dal massiccio del monte Massico. Infatti, la falda della struttura carbonatica è tamponata, almeno parzialmente, dall'innalzamento del *flysch* sottostante ai depositi quaternari (paragrafo 6.3.) e, pertanto, trova recapito preferenziale nella coltre recente della piana del Garigliano (fig. 53; paragrafo 6.33.).

Spostandosi verso est, è visibile (a sud di Carinola) un'ampia fascia in cui la piana riceve alimentazione dal Roccamonfina. Si tratta di quantitativi d'acqua valutabili in circa 10 milioni di metri cubi all'anno, al netto delle aliquote intercettate dalla parte sud-occidentale dell'alveo del Savone.

La falda quaternaria viene pure alimentata dal blocco carbonatico di Pignataro Maggiore (per volumi d'acqua inferiori a 5 milioni di metri cubi all'anno) e da quello di Francolise, an-

TABELLA 81 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DEL GARIGLIANO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	1,0×10 ⁻²	3,3×10 ⁻³	7,5×10 ⁻⁴	} Depositi alluvionali e piroclastici	
Gradiente piezometrico	8,3×10 ⁻³	4,7×10 ⁻³	3,3×10 ⁻³		

Figura 53 - Unità idrogeologica della Piana del Garigliano e versante sud-occidentale del Roccamonfina.

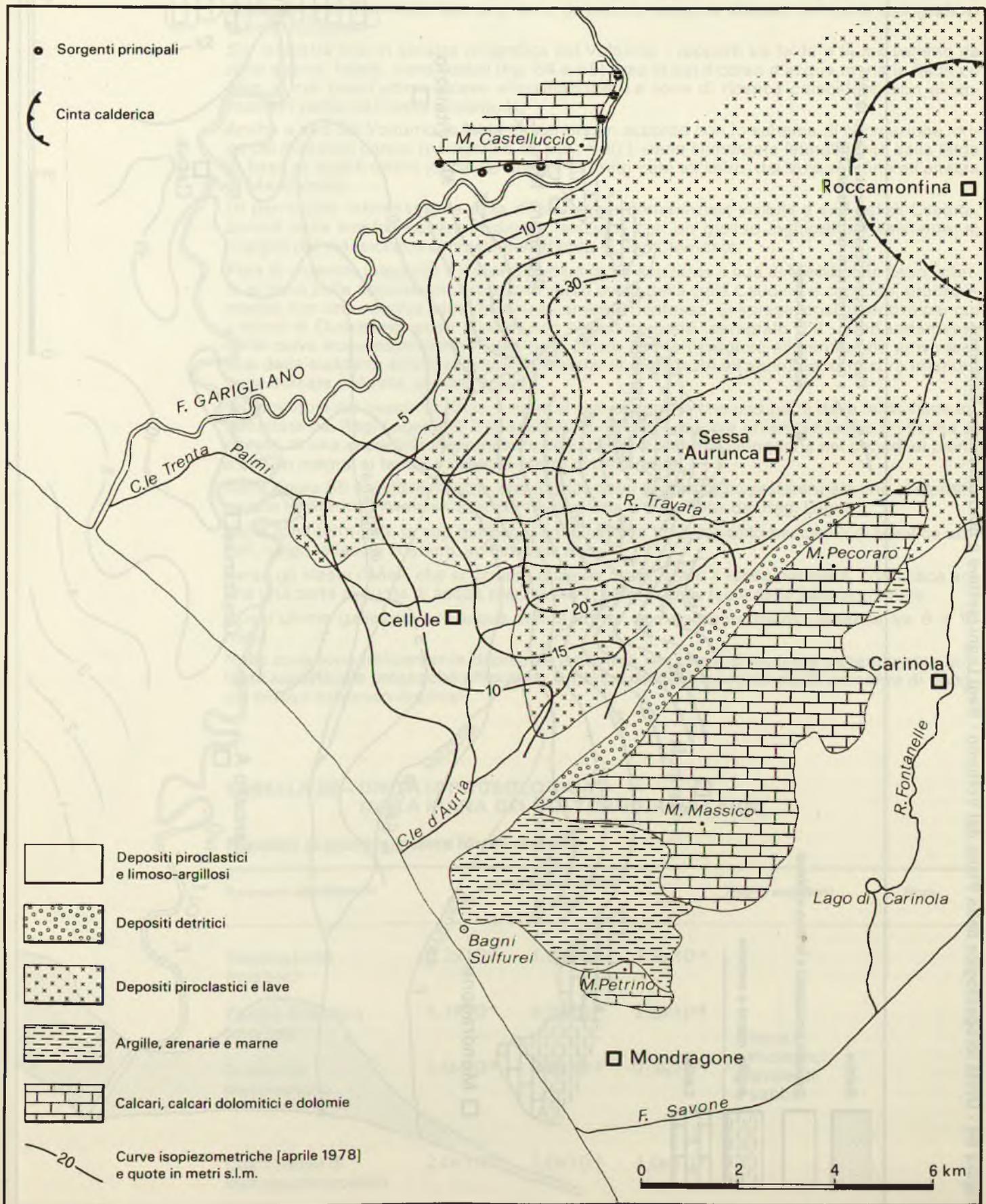
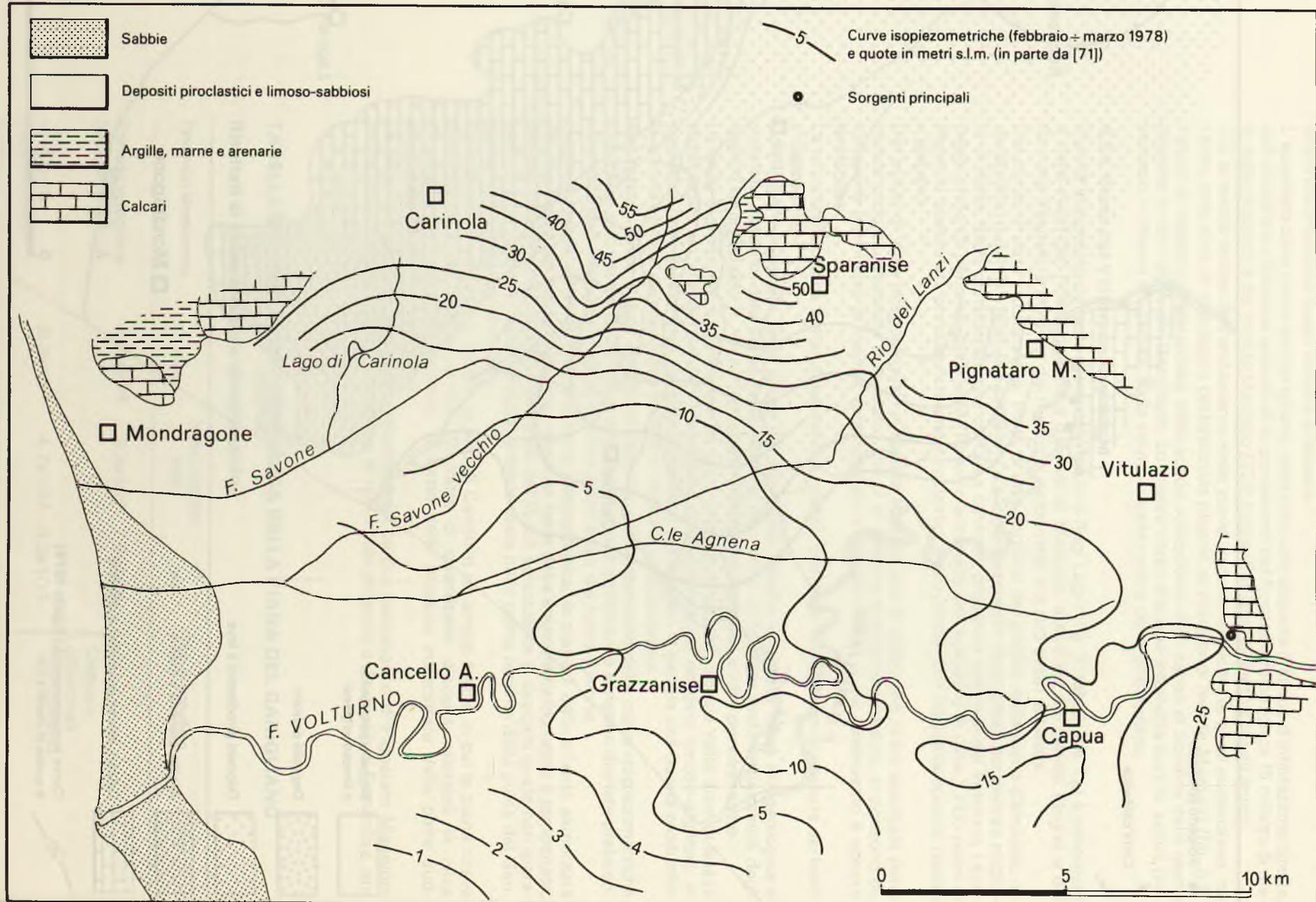


Figura 54 - Unità idrogeologica della Piana del Volturno - Regi Lagni (settore a nord del Fiume Volturno).

174



che se gran parte delle acque provenienti da quest'ultimo sono subito intercettate dal fiume Savone (paragrafo 6.38.).

Laddove è visibile un netto cambio di gradiente piezometrico (fig. 54), la falda incomincia a defluire sotto i depositi di colmata della bonifica del Volturno, per cui passa dallo stato libero a quello in pressione. Lungo la fascia di passaggio si verifica un parziale trabocco di acque, che si manifesta con una serie di piccole sorgenti ubicate nei punti topograficamente depressi.

Sia in destra che in sinistra orografica del Volturno, i rapporti tra falda e fiume variano da zona a zona. Infatti, sono visibili (fig. 54 e 55) aree in cui il corso d'acqua drena la falda ed altre in cui quest'ultima riceve alimentazione. Le zone di ricarica coincidono con alcuni meandri particolarmente accentuati.

Anche a sud del Volturno la falda di pianura, in accordo con lo schema di circolazione idrica dei massicci carsici (paragrafi 6.5.; 6.9.; 6.10.), viene alimentata lateralmente dalla falda di base di questi ultimi (circa 20 milioni di metri cubi all'anno, dal Volturno fino all'altezza di Maddaloni).

Di particolare interesse è la zona di drenaggio preferenziale visibile a sud-est di Caserta, perché essa sembra essere in diretta relazione con un grosso inghiottitoio esistente, ai margini del massiccio, nei pressi dell'abitato di San Clemente.

Pure di notevole interesse è il dreno preferenziale esistente a sud di Maddaloni. Esso, infatti, si trova sulla naturale prosecuzione verso ovest della valle Caudina e coincide, probabilmente, con una vecchia zona morfologicamente depressa. Si spiega, così, il motivo per cui i monti di Durazzano, posti a nord, non hanno sorgenti (paragrafo 6.9.). Dall'andamento delle curve isopiezometriche risulta pure chiaro che la maggiore alimentazione arriva proprio dalla suddetta struttura (circa 45 milioni di metri cubi all'anno) ed in misura inferiore dalla dorsale di Avella, ubicata a sud.

Spostandosi dai massicci verso il mare si può osservare che una parte della falda viene intercettata dai Regi Lagni. Ciò è in accordo con l'esistenza, per un'ampia fascia prossima al canale, di una superficie piezometrica che supera il piano di campagna nei periodi di piena e che, in magra, si ferma a qualche metro di profondità.

Nella figura 55 è visibile, inoltre, una grande zona di drenaggio preferenziale che si identifica con la direttrice Aversa-Casal di Principe-Villa Literno-foce dei Regi Lagni.

Nella zona terminale (a sud dei Regi Lagni) la falda trova recapito nei canali di bonifica ubicati, lungo la fascia costiera, ad est delle dune.

Verso gli stessi canali, che si trovano qualche metro sotto il livello del mare, confluisce anche una certa aliquota di acqua marina [404] e parte della falda delle sabbie costiere.

Quest'ultima galleggia sull'acqua salata ed ha uno spessore medio variabile tra 6 e 10 metri.

Nella zona topograficamente depressa, prossima alla costa si incontra generalmente una falda superficiale pressoché affiorante, la cui produttività è scarsa per la presenza di depositi limoso-sabbioso-argillosi.

TABELLA 82 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DEL VOLTURNO-REGI LAGNI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività (mq/sec)	$8,2 \times 10^{-2}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,5 \times 10^{-4}$	Depositi piroclastici prevalenti e sabbie	
Portata specifica (mq/sec)	$5,7 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-5}$		
Gradiente piezometrico	$1,0 \times 10^{-2}$	$2,0 \times 10^{-3}$	$7,3 \times 10^{-4}$		
Coefficiente di immagazzinamento	$2,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-4}$		

Figura 55 - Unità idrogeologica della Piana del Volturno - Regi Lagni (settore a sud del Fiume Volturno)

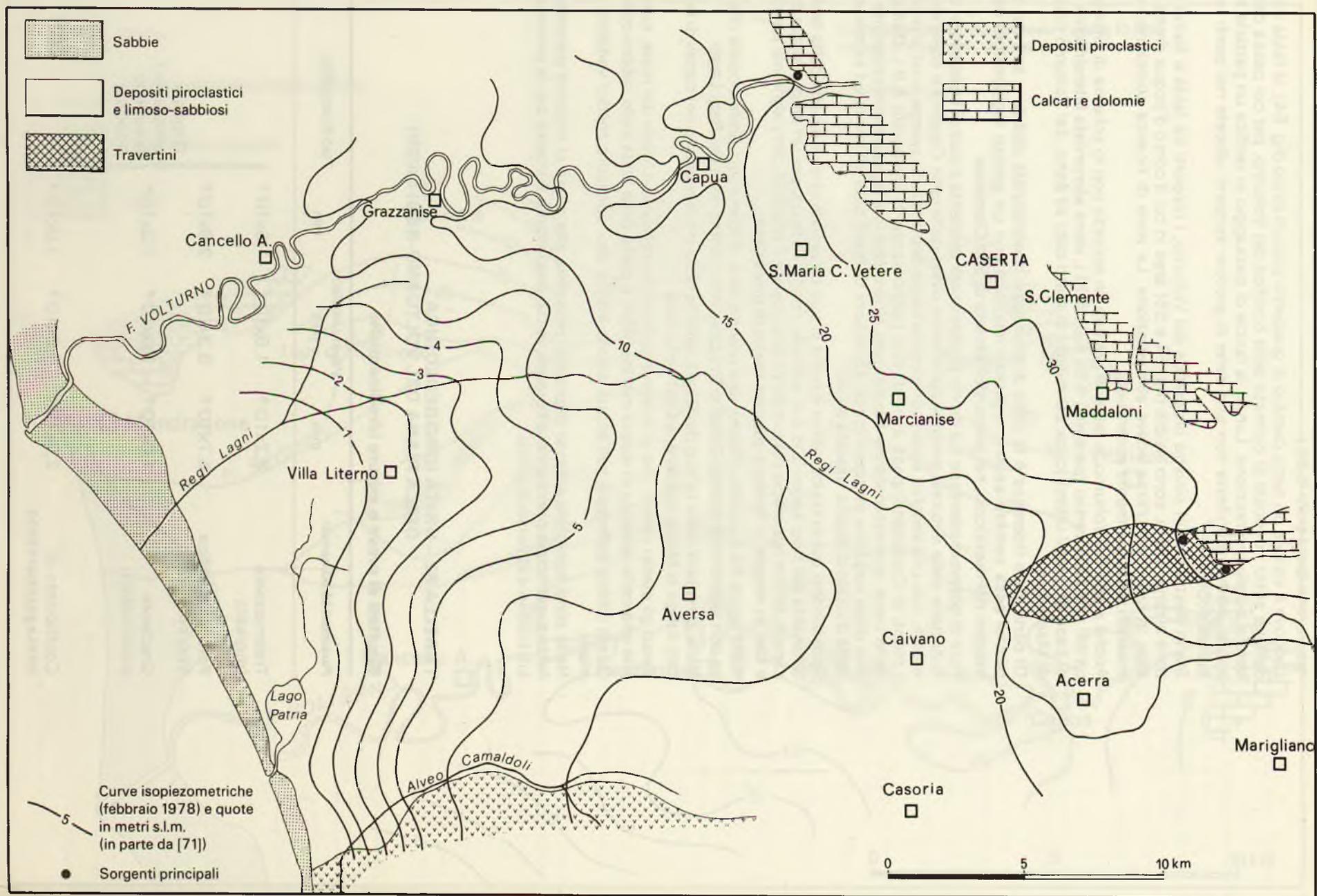


TABELLA 83 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DEL SARNO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$3,1 \times 10^{-1}$	$1,8 \times 10^{-2}$	$1,0 \times 10^{-4}$	Depositi piroclastici prevalenti e detriti	La portata specifica massima si riferisce ai detriti cementati della fascia pedemontana dei monti Lattari
Gradiente piezometrico	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,8 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$		

A circa 30 metri di profondità si rinviene una seconda falda a salinità elevata (residuo secco a 180 gradi centigradi = circa 2 grammi per litro), contenente circa 0,3 grammi per litro di cloro.

La presenza dell'acqua marina è ancora più evidente (Cl = circa 18 g/l) nella terza e nella quarta falda, poste entrambe sotto uno strato argilloso dello spessore di $8 \div 10$ metri, rispettivamente a 50 ed a 100 metri di profondità.

La produttività di tutte le falde profonde è alta. Infatti, in quella superiore si hanno portate specifiche dell'ordine dei $3 \div 4 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo; in quella intermedia i valori oscillano intorno a $8 \div 9 \times 10^{-3}$ metri quadrati al secondo ed in quella più profonda intorno a $2 \div 3 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo (tab. 82). La situazione idrogeologica descritta per l'area precedente si ripete, con qualche variante, lungo tutta la fascia costiera.

Nella zona posta a nord dei Regi Lagni, la variante principale consiste nel fatto che vi confluiscono anche le acque sotterranee provenienti dal Volturno. Nella zona del Lago Patria ed ancora più a sud converge, invece, una falda poco produttiva [324; 404], caratterizzata da un gradiente piezometrico più elevato di quello medio dell'intera piana (fig. 55).

Spostandosi dalla foce dei Regi Lagni fino ai monti di Caserta, le escursioni piezometriche vanno via via crescendo. Infatti, si passa da valori dell'ordine di qualche decina di centimetri, nella zona di recapito della falda, fino ai $2 \div 3$ metri misurabili nella fascia più prossima ai massicci carsici.

I livelli massimi si hanno generalmente nei mesi di marzo e aprile ed i minimi nei mesi di ottobre e novembre.

Ai fini di un corretto sfruttamento della risorsa, sulla base di quanto esposto in precedenza, si può facilmente dedurre che si dovranno evitare pericolosi sovrasfruttamenti lungo le fasce costiere. Esiste, infatti, un delicato equilibrio che, soprattutto per motivi topografici, consente già oggi la presenza di acque salate anche a distanza di chilometri dalla costa. Sono pertanto da privilegiare, per ovvi motivi, le captazioni ubicate nelle aree di drenaggio interne e nelle aree in cui la falda è affiorante o si trova a breve profondità dal piano di campagna.

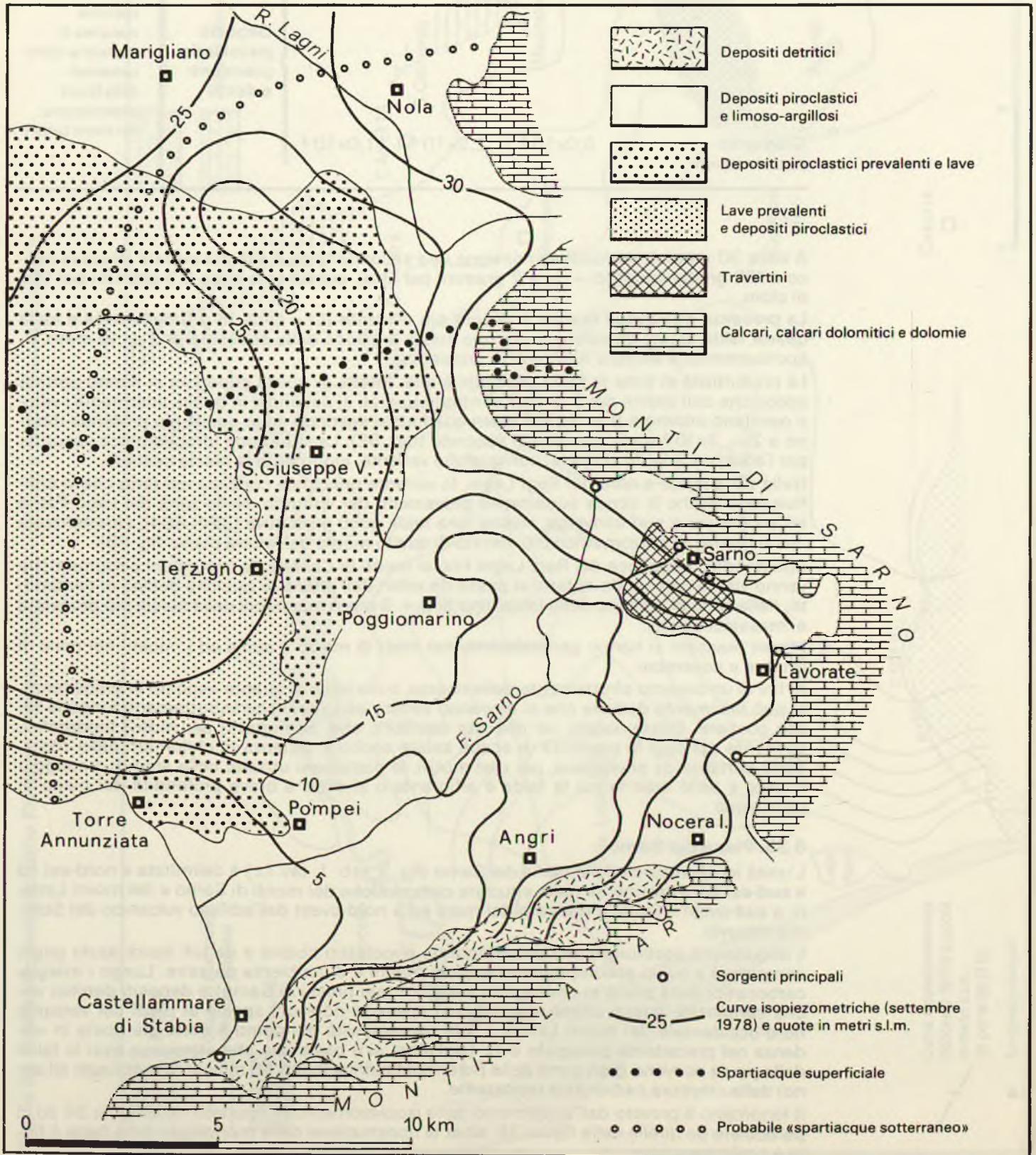
6.35. Piana del Sarno

L'unità idrogeologica della piana del Sarno (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è delimitata a nord-est ed a sud-est rispettivamente dalle strutture carbonatiche dei monti di Sarno e dei monti Lattari; a sud-ovest il limite è marcato dal mare ed a nord-ovest dall'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio.

L'acquifero è costituito prevalentemente da piroclastiti sciolte e da tufi litoidi («tuffo grigio campano») a cui si accompagnano episodi marini e di ambiente palustre. Lungo i margini carbonatici della piana si rinvengono travertini (nei pressi di Sarno) e depositi detritici anche cementati; questi ultimi raggiungono spessori notevoli, specie ai piedi del versante nord-occidentale dei monti Lattari. L'alta trasmissività dei detriti è stata già posta in evidenza nel precedente paragrafo 6.11. Tra l'altro, si è osservato che attraverso essi le falde della piana ricevono gran parte della potenzialità idrica (circa 65 milioni di metri cubi all'anno) della struttura carbonatica retrostante.

Il fenomeno è provato dall'andamento delle isopiezometriche riportato nella figura 56 ed in particolare da quelle della figura 36, dove la ricostruzione della morfologia della falda è fatta a scala maggiore.

Figura 56 - Unità idrogeologica della Piana del Sarno.



Le falde quaternarie, com'è osservabile dalla stessa figura 56, vengono alimentate pure dal massiccio dei monti di Sarno ($5 \div 10$ milioni di metri cubi all'anno) e dal Somma-Vesuvio (circa 15 milioni di metri cubi all'anno).

Di particolare interesse è l'andamento delle isopiezometriche nell'area settentrionale dell'unità idrogeologica. È, infatti, visibile una zona di drenaggio preferenziale che, seguendo probabilmente una vecchia direttrice di basso morfologico, supera lo spartiacque superficiale e porta verso il Sarno parte delle acque sotterranee (circa 10 milioni di metri cubi) del bacino dei Regi Lagni.

I suddetti fenomeni, unitamente alle aliquote d'acqua di infiltrazione diretta, spiegano la grande potenzialità idrica della piana.

I recapiti principali delle falde sono chiaramente individuabili nel mare e nel fiume Sarno; in quest'ultimo, nonostante i massicci prelievi esistenti per uso irriguo e industriale, si verificano incrementi di portata considerevoli [105].

6.36. Piana del Sele

L'unità idrogeologica della piana del Sele (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è delimitata a sud-ovest dal mare e, dagli altri lati, prevalentemente da sedimenti «impermeabili» di natura argilloso-marnoso-arenacea. Soltanto a nord-est di Pontecagnano, a nord di Eboli ed a nord-est di Paestum i depositi quaternari della piana vengono a diretto contatto dei massicci carbonatici dai quali, come si potrà osservare in seguito, ricevono alimentazione.

Anche questa unità, come le altre piane costiere campane finora descritte, coincide con un profondo *graben*, colmato da una potente pila di sedimenti plio-quaternari. Infatti, un sondaggio profondo, perforato tra il Tuscano ed il Sele, ha incontrato circa 1.500 metri di depositi recenti; inoltre, un'altra perforazione, eseguita in mare (a circa 7 chilometri dalla costa), ha evidenziato la presenza di circa 1.000 metri di depositi quaternari prevalentemente argillo-sabbiosi, poggianti su 1.000 metri di sedimenti terrigeni mio-plioceni, ai quali sono seguiti i calcari cretacei.

Ad una situazione stratigrafico-strutturale così complessa fa riscontro, in affioramento, la presenza di depositi esclusivamente continentali. Infatti, a nord e a nord-est si hanno sedimenti fluviali e fluvio-lacustri, disposti su tre ordini di terrazzi; lungo la fascia costiera si hanno depositi eolici (dune antiche e recenti); nella zona di Paestum affiorano, infine, ampie placche di travertini e depositi lagunari.

I litotipi a minore grado di permeabilità si rinvencono in affioramento lungo un'ampia fascia parallela alla costa dove, peraltro, nelle zone topograficamente depresse, sono presenti terreni di colmata per bonifica. I litotipi a maggiore permeabilità relativa, costituiti da conglomerati grossolani debolmente cementati, affiorano a nord della direttrice Battipaglia-Eboli.

Nella parte sud-occidentale dell'unità idrogeologica è possibile distinguere, in prima approssimazione, una circolazione profonda (con più falde in pressione, sovrapposte) ed una superficiale.

Nella figura 57 è riportato l'andamento delle isopiezometriche della falda superficiale [80]. Dal confronto con la morfologia piezometrica della falda profonda (fig. 58) si può notare come tra le due non vi siano sostanziali differenze, soprattutto perché esistono scambi idrici legati al fenomeno di drenanza. Infatti, l'andamento generale delle curve è molto simile in entrambi i casi. La falda superficiale, però, risente del drenaggio operato anche dai piccoli corsi d'acqua; inoltre, nelle zone topograficamente depresse, si livella a quote leggermente più basse dell'altra.

Attraverso il confronto tra l'andamento delle curve isopiezometriche e la carta della resistività delle acque (fig. 58) [80] è possibile chiarire alcuni aspetti della complessa situazione idrogeologica esistente nell'acquifero della piana.

TABELLA 84 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DELLA PIANA DEL SELE

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$4,8 \times 10^{-2}$	$3,7 \times 10^{-3}$	$2,3 \times 10^{-4}$	} Depositi alluvionali	
Gradiente piezometrico	$1,7 \times 10^{-2}$	$6,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$		

Figura 57 - Unità idrogeologica della Piana del Sele (carta delle isopiezometriche della falda superficiale).

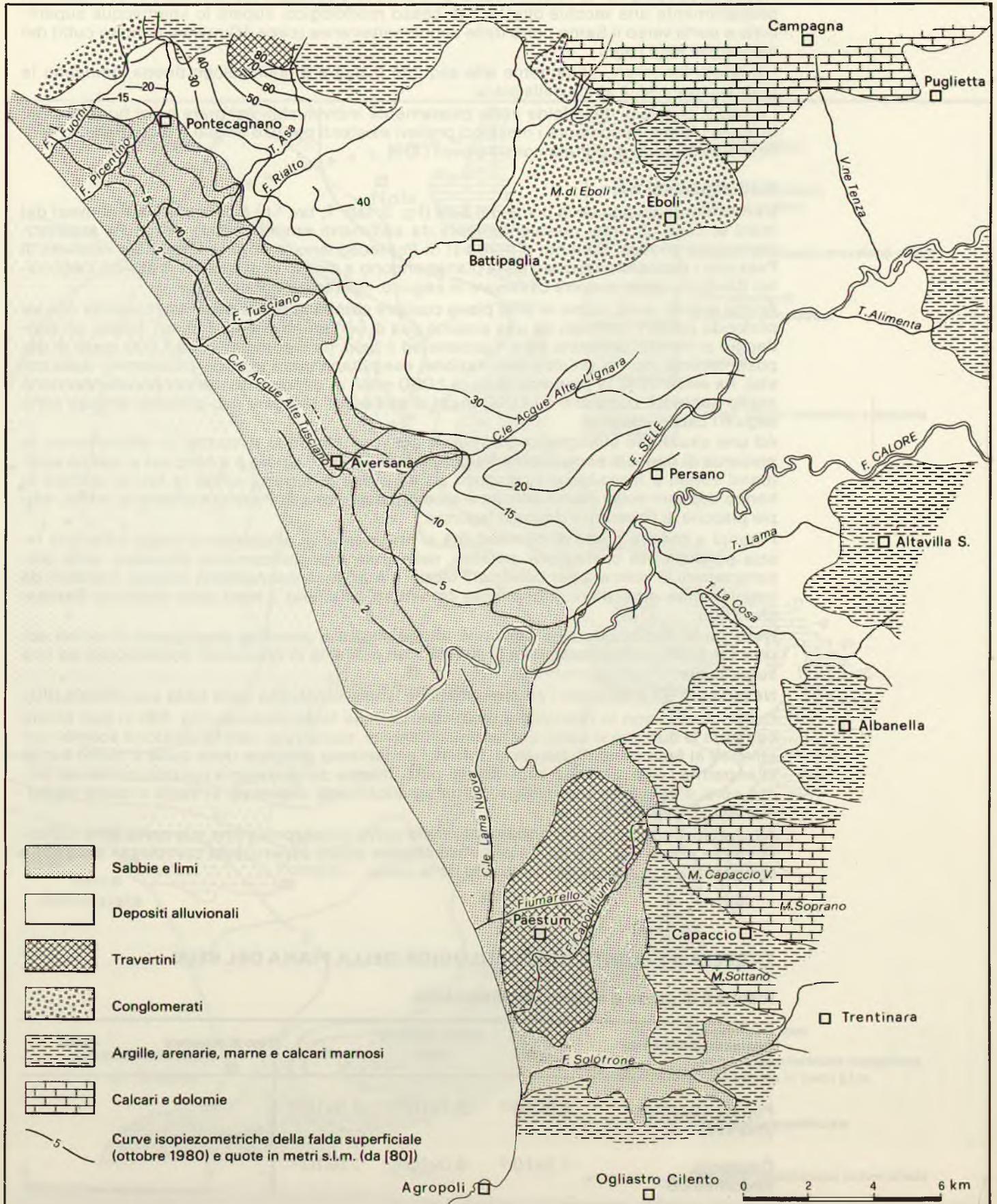
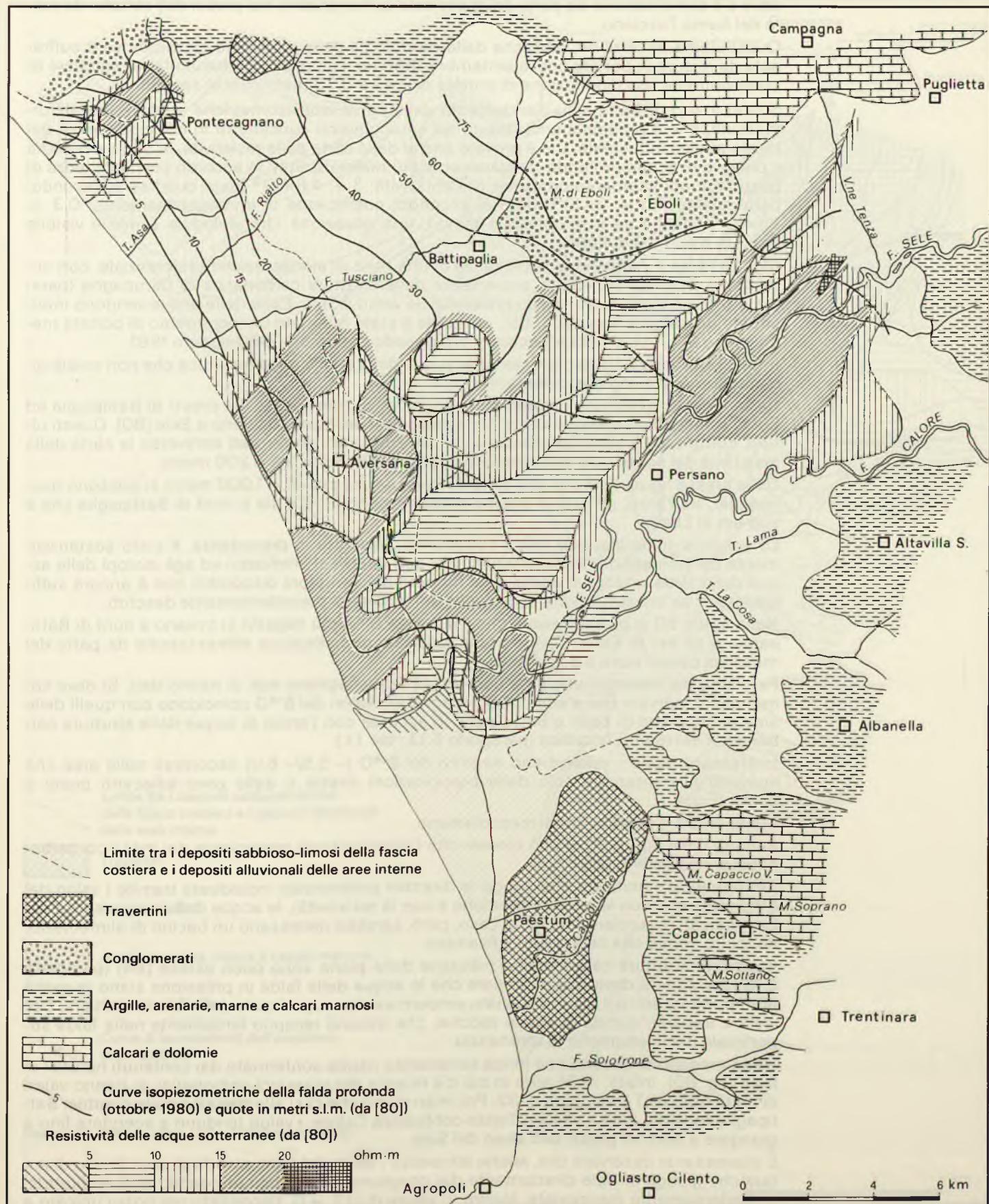


Figura 58 - Unità idrogeologica della Piana del Sele (carta delle isopiezometriche della falda profonda e della resistività delle acque).



Innanzitutto, si può osservare che all'estremo margine nord-occidentale dell'unità idrogeologica esiste una zona di drenaggio preferenziale marcata anche dalle variazioni di resistività delle acque. L'alimentazione è chiaramente legata al fiume Picentino.

A nord-est di Pontecagnano si intravede un'area di alimentazione preferenziale con acque provenienti dai travertini di Faiano. Il fenomeno è riscontrabile pure a nord di Battipaglia, dove c'è alimentazione da parte del massiccio carbonatico e, nei pressi dell'abitato, da parte del fiume Tusciano.

Quest'ultima asserzione, oltre che dalla morfologia della superficie piezometrica è suffragata da misure di portata che, a settembre 1980 ed a giugno 1981, hanno fatto registrare rispettivamente una diminuzione di portata di 0,43 e 0,73 metri cubi al secondo.

Subito a sud di Battipaglia l'andamento delle curve isopiezometriche subisce una deformazione, che è probabilmente dovuta ad emungimenti concentrati in corrispondenza del locale nucleo industriale. Ciò è provato anche dalla carta della resistività, la quale evidenzia il prelievo di acque profonde (relativamente più mineralizzate), in accordo con l'esistenza di pozzi profondi altamente produttivi (trasmissività: $3 \div 4,8 \times 10^{-2}$ metri quadrati al secondo; permeabilità: $1,6 \div 2 \times 10^{-3}$ metri al secondo; coefficiente di immagazzinamento: $0,3 \div 1,5 \times 10^{-4}$). Anche se in proporzioni minori, una situazione idrogeologica simile è visibile (fig. 58) a sud-est di Eboli.

In quest'area è pure chiara la presenza di una zona di alimentazione preferenziale, con andamento nord-est/sud-ovest, proveniente dalla struttura carbonatica di Campagna (paragrafo 6.16.) ed una di drenaggio preferenziale verso il Sele. Parte delle acque vengono intercettate dal vallone Tenza [84; 85], nel quale è stato misurato un incremento di portata medio pari a 0,43 metri cubi al secondo, nel periodo settembre 1980-agosto 1981.

Infine, l'alta resistività riscontrata nelle acque della fascia costiera indica che non esiste alcun fenomeno di ingressione marina.

Gli assi di alimentazione preferenziale, segnalati in precedenza nei pressi di Battipaglia ed Eboli, coincidono rispettivamente con i paleoalvei dei fiumi Tusciano e Sele [80]. Questi ultimi, come si può osservare nella figura 59, sono stati evidenziati attraverso la carta della resistività del sottosuolo per stendimenti pari a 200 metri (AB = 200 metri).

Dalla stessa figura (in base alla carta della resistività per AB = 1.000 metri) si possono riconoscere, tra l'altro, gli assi di alcune probabili conoidi [80] sia a nord di Battipaglia che a sud-est di Eboli.

Lo schema di circolazione idrica sotterranea, descritto in precedenza, è stato sostanzialmente confermato dall'interpretazione dei dati relativi al chimismo ed agli isotopi delle acque della falda profonda, anche se il numero dei campioni disponibili non è ancora sufficiente per un'interpretazione di dettaglio dei fenomeni precedentemente descritti.

Nella figura 60 si può osservare che i valori del $\delta^{18}\text{O}$ più negativi si trovano a nord di Battipaglia e ad est di Eboli, dove è stata accertata una cospicua alimentazione da parte dei massicci carsici posti a quota alta.

Per l'area dei travertini ubicati a nord-est di Pontecagnano non si hanno dati. Si deve comunque osservare che a sud di Pontecagnano i valori del $\delta^{18}\text{O}$ coincidono con quelli delle aree poste a sud di Eboli e Battipaglia, in accordo con l'arrivo di acque dalla struttura carbonatica del monte Accellica (paragrafo 6.13.; tav. f.t.).

Interessanti sono i valori meno negativi del $\delta^{18}\text{O}$ (- 5,5/- 6,0) riscontrati nelle aree che ricevono alimentazione solo dalle precipitazioni dirette o dalle zone adiacenti poste a bassa quota.

Molto chiara è la presenza di mescolamenti.

Sempre dalla figura 60 si può rilevare che l'alimentazione proveniente dai massicci carbonatici si risente fino alla costa.

Ciò potrebbe significare che, lungo le direttrici preferenziali individuate tramite i valori del $\delta^{18}\text{O}$ (oltre che con le isopiezometriche e con la resistività), le acque defluiscono senza subire marcati mescolamenti. In tal caso, però, sarebbe necessario un bacino di alimentazione molto ampio che ne assicuri il ricambio.

Invece, le strutture carbonatiche tributarie della piana sono poco estese [84] (paragrafo 6.16.; tav. f.t.). Si deve quindi ritenere che le acque della falda in pressione siano in realtà «intrappolate» sotto il già menzionato «impermeabile» superficiale della fascia costiera. Dovrebbe trattarsi, quindi, di acque vecchie, che trovano recapito lentamente nella falda superficiale per il fenomeno di «drenanza».

Detto modello di circolazione idrica sotterranea risulta confermato dai contenuti naturali in tritio (fig. 60). Infatti, nelle aree in cui c'è ricarica dai massicci carbonatici, si hanno valori di unità tritio (U.T.) maggiori di 32. Poi, man mano che ci si allontana lungo le direttrici Battipaglia-foce del Sele e vallone Tenza-confluenza Calore, i valori tendono a scendere fino a giungere a zero nei pressi dell'alveo del Sele.

È interessante osservare che, anche attraverso i valori del tritio, si individua un flusso di acque che giunge al Sele direttamente dai conglomerati di Eboli, dividendo le due direttrici precedentemente menzionate. Inoltre, il valore di U.T. = 0, riscontrato nel pozzo ubicato a

Figura 59 - Unità idrogeologica della Piana del Sele (carta della resistività dell'acquifero).

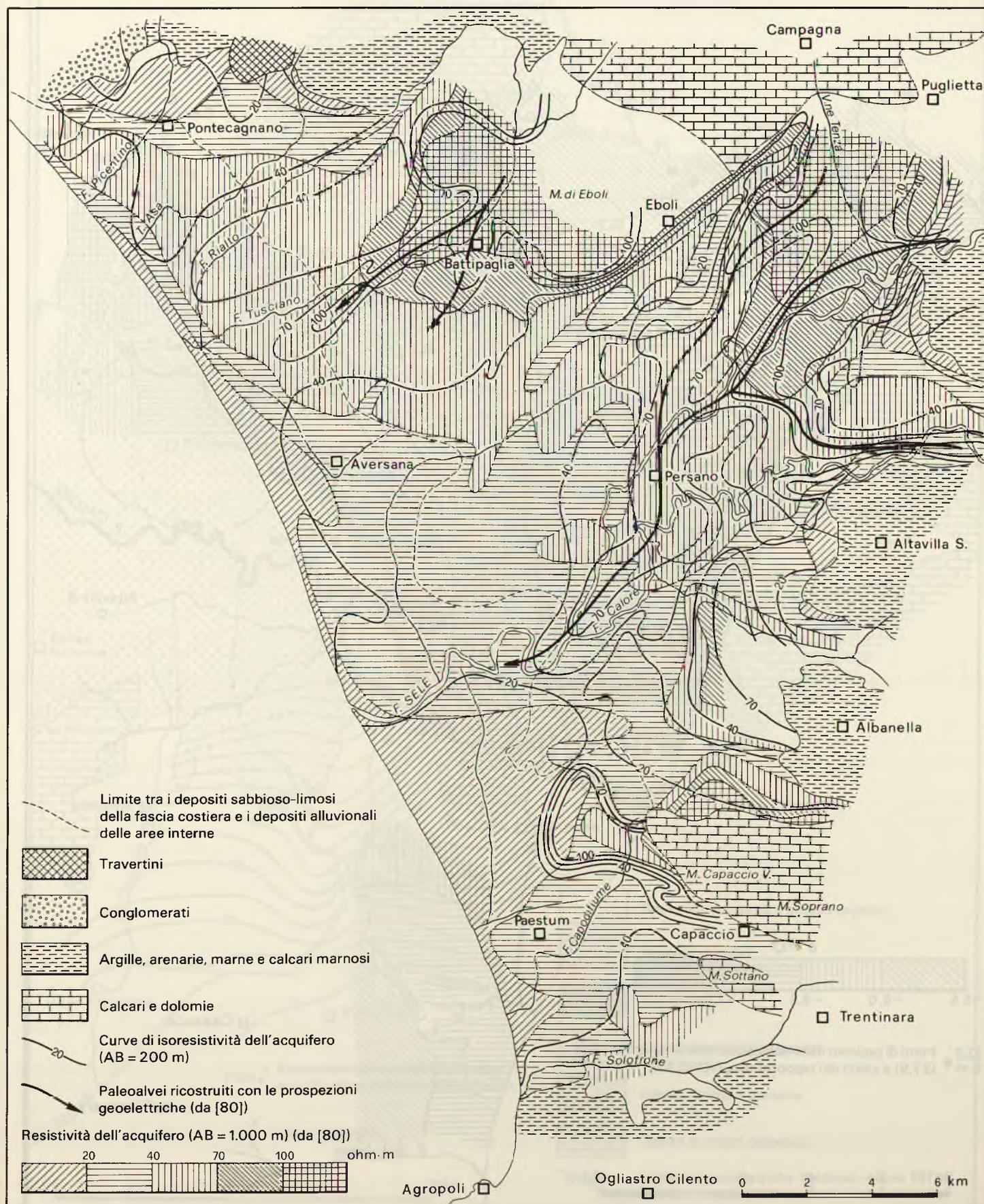


Figura 60 - Unità idrogeologica della Piana del Sele (principali risultati delle indagini idrochimiche e isotopiche).

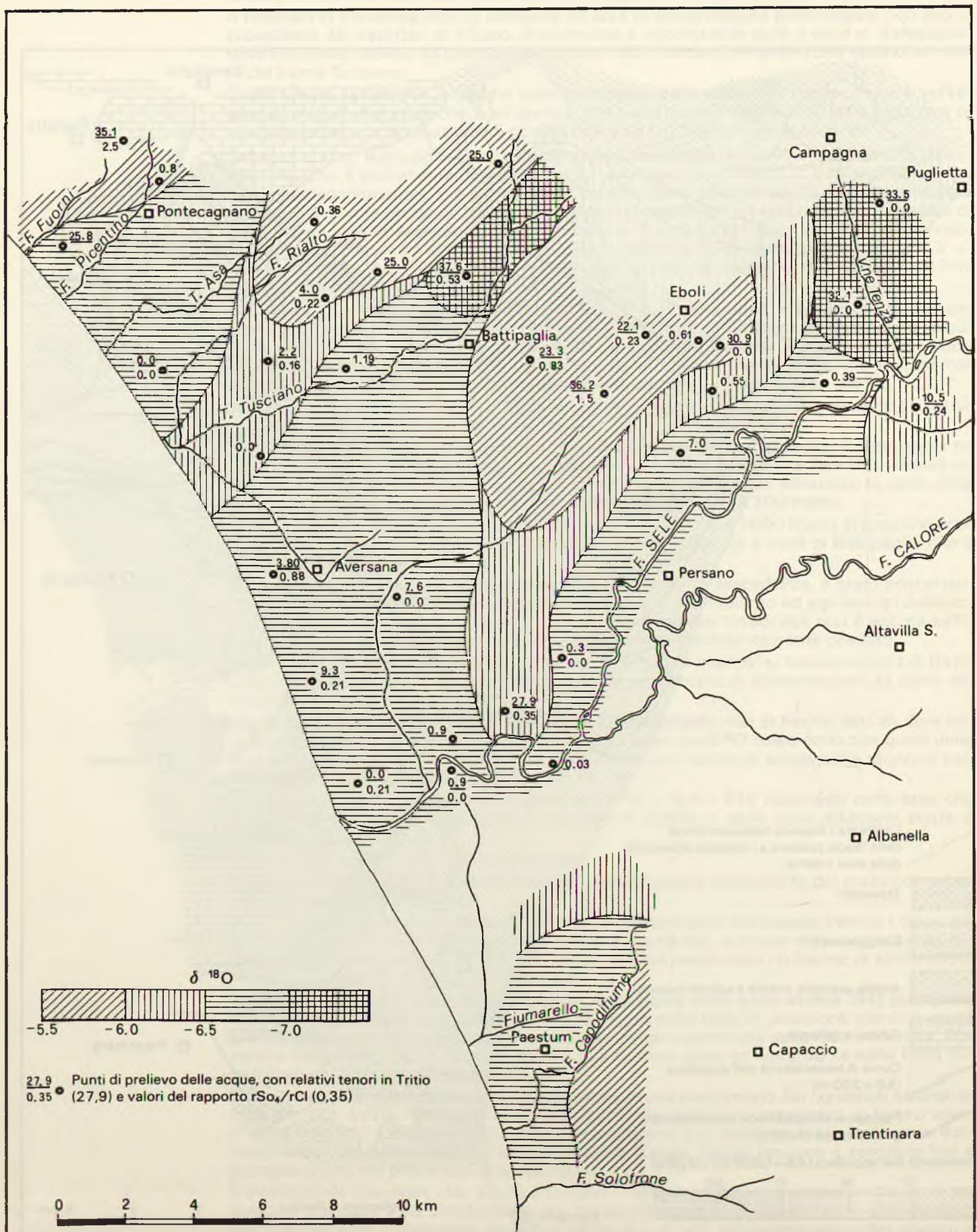
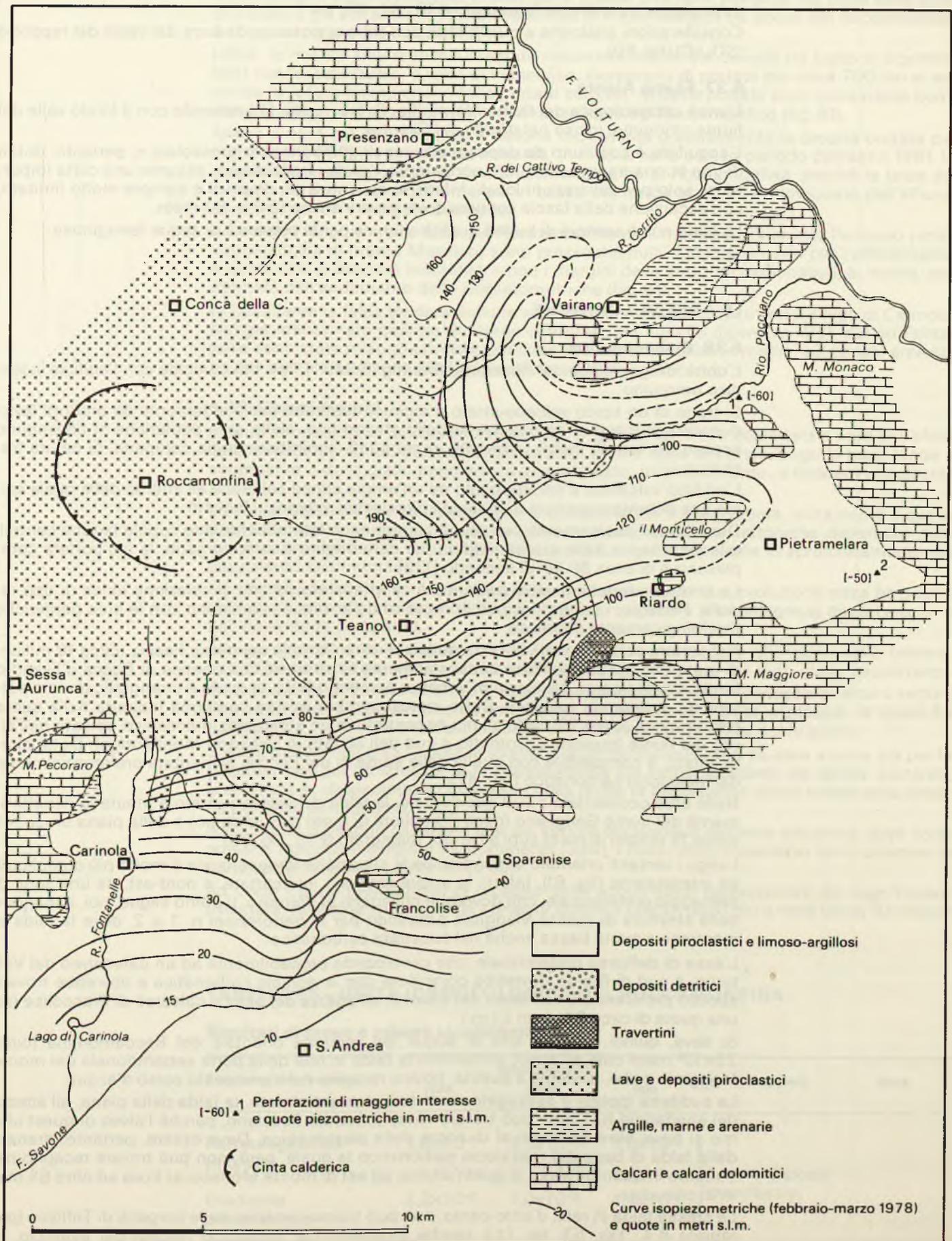


Figura 61 - Unità idrogeologica del Roccamonfina (setto sud-orientale).



sud del torrente Asa, conferma che dai travertini di Faiano (a nord-est di Pontecagnano) giungono in falda acque vecchie; ciò è in accordo con l'alta mineralizzazione e con i circuiti profondi delle acque della sorgente San Benedetto, ubicata lungo il margine settentrionale della placca travertinoso (paragrafo 6.13.; tab. 65; tav. f.t.).

Considerazioni analoghe a quelle fatte con tritio si possono dedurre dai valori del rapporto rSO_4/rCl (fig. 60).

6.37. Fiume Alento

L'unità idrogeologica del fiume Alento (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con il fondo valle del fiume omonimo, inciso nel «*flysch* del Cilento».

L'acquifero è costituito da depositi alluvionali generalmente grossolani e, pertanto, dotati di una buona trasmissività. Ciò nonostante, l'unità idrogeologica assume una certa importanza solo per utilizzazioni locali. Infatti, lo spessore dei depositi è sempre molto limitato, con esclusione della fascia costiera dove supera anche i 50 ÷ 60 metri.

La falda non è sempre di buona qualità chimica per la presenza di acque ferruginose.

LE AREE VULCANICHE

6.38. Roccamonfina

L'unità idrogeologica del Roccamonfina (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) coincide con l'edificio vulcanico omonimo.

Si tratta di un tipico vulcano-strato a recinto, costituito prevalentemente da prodotti lavici di natura leucitica e da piroclastiti dello stesso tipo. Nelle aree periferiche si rinvencono spesso dei tufi. È, inoltre, presente in più punti l'ignimbrite grigia campana, di natura trachitica.

L'edificio vulcanico è caratterizzato da un'ampia conca calderica all'interno della quale esiste una potente copertura di materiali piroclastici e depositi lacustri.

Detti litotipi, scarsamente permeabili, tamponano lateralmente due cupole laviche centrali e la cinta lavica della stessa caldera per dare origine a varie sorgenti, la cui portata complessiva è di circa 80 litri al secondo [132].

La struttura acquifera extra-calderica è caratterizzata da una circolazione idrica di tipo radiale. Pertanto, i punti principali di recapito delle acque coincidono con le aree periferiche morfologicamente depresse.

Nel settore settentrionale la falda defluisce verso la valle del fiume Peccia (circa 10 milioni di metri cubi all'anno). Parte di essa alimenta la struttura carbonatica di Rocca d'Evandro (unità idrogeologica dei monti di Venafro; paragrafo 5.5.), la quale è stratigraficamente sottoposta ai depositi vulcanici. Detta ipotesi sembra trovare conferma indiretta nella quota piezometrica (circa 95 metri s.l.m.) riscontrata in un sondaggio meccanico ubicato nell'alveo del fiume (qualche chilometro a sud dell'abitato di Mignano Montelungo). Detta quota, infatti, è compatibile con quella delle sorgenti del Peccia, alimentate preferenzialmente dal massiccio carbonatico (tab. 47).

Nelle aree occidentale e sud-occidentale, la falda del vulcano-strato è tributaria rispettivamente del fiume Garigliano (circa 20 milioni di metri cubi all'anno) e della piana omonima (circa 15 milioni di metri cubi all'anno) (paragrafo 6.33.; fig. 53).

Lungo i versanti orientale e meridionale la situazione idrogeologica è molto più complessa ed interessante (fig. 61). Infatti, le acque vengono intercettate, a nord-est, da una zona di drenaggio preferenziale, che dovrebbe collegarsi al Volturno. Il dreno segue, poi, il margine della struttura di monte Maggiore passando per le perforazioni n. 1 e 2, dove la falda si mantiene a quota bassa anche nel substrato carbonatico.

L'asse di deflusso preferenziale, che corrisponde probabilmente ad un paleoalveo del Volturno, a sud di Riardo, dovrebbe coincidere con la dorsale carbonatica e dovrebbe trovare sbocco preferenziale nell'alveo del Savone, all'altezza del blocco calcareo di Francolise (ad una quota di circa 30 metri s.l.m.).

Si deve, quindi, ritenere che le acque del versante orientale del Roccamonfina (circa 25×10^6 metri cubi all'anno) alimentino la falda in rete della parte settentrionale del monte Maggiore e che, assieme a questa, trovino recapito nel menzionato corso d'acqua.

La suddetta ipotesi è suffragata da diversi elementi. Infatti, la falda della piana, all'altezza del sondaggio n. 1, non può trovare recapito nel rio Pocciano, perché l'alveo di quest'ultimo si trova oltre 50 metri al di sopra della piezometrica. Deve essere, pertanto, drenata dalla falda di base del massiccio carbonatico la quale, però, non può trovare recapito nel Volturno in quanto l'alveo di quest'ultimo, ad est di monte Monaco, si trova ad oltre 85 metri di altitudine.

La stessa falda in rete, d'altro canto, non può trovare recapito nelle sorgenti di Triflisco (paragrafo 6.4.; tab. 53; tav. f.t.), perché all'interno del massiccio (vedasi per esempio, in

[102], il sondaggio nei pressi di Formicola) sono state trovate quote piezometriche più alte di oltre 40 metri rispetto alla piezometrica del foro n. 2.

A ciò bisogna aggiungere che, attraverso le analisi chimiche eseguite nei pozzi della zona di Riardo, è già stata riconosciuta l'esistenza di mescolamenti tra acque del Roccamonfina e acque circolanti nei calcari [106].

Infine, le misure sistematiche eseguite settimanalmente sul Savone tra luglio e dicembre 1981 hanno individuato, a valle di Francolise, incrementi di portata per circa 700 litri al secondo in media (comprensivi delle portate sorgive). In dette portate sono ovviamente comprese le aliquote d'acqua provenienti direttamente dal Roccamonfina (fig. 61).

Anche a nord-est di Francolise il Savone incrementa gradualmente la propria portata per complessivi 900 litri al secondo misurati, in media, nello stesso periodo dell'anno 1981. In questo caso gli apporti sono dovuti esclusivamente al Roccamonfina, perché la falda dei calcari si trova presumibilmente più in basso del fondo alveo ed è tamponata dall'affioramento di depositi terrigeni miocenici.

Ad ovest, i rapporti tra la falda del Roccamonfina ed il massiccio di monte Pecoraro (unità idrogeologica di monte Massico) sono pressoché nulli. Ciò risulta ovvio per l'affioramento a quota alta di depositi torbiditici, lungo i margini della struttura carbonatica; è, inoltre, evidenziato dall'andamento delle isopiezometriche (fig. 61).

In quest'area la falda tende a defluire verso la piana del Volturno e verso il lago di Carinola. Nel già menzionato periodo di tempo compreso tra luglio e dicembre 1981, sul rio Fontanelle sono state misurate portate per circa 120 litri al secondo in media; sul canale emissario del lago, invece, sono stati misurati circa 190 litri al secondo.

6.39. Campi Flegrei

L'unità idrogeologica dei Campi Flegrei (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è delimitata a nord dall'alveo dei Camaldoli e ad est dalla valle del Sebeto, ovvero dalla direttrice lungo le quali tende a scomparire il «tufo giallo napoletano» per far posto, in affioramento, a depositi piroclastici sciolti.

L'attività vulcanica che ha dato origine ai Campi Flegrei si è sviluppata, unitamente a quella degli altri centri eruttivi campani, in connessione con le fasi tettoniche distensive plio-quadernarie, che hanno dato origine alla piana Campana mediante lo sprofondamento del basamento sedimentario.

La struttura vulcanica è molto complessa. Nel corso della sua evoluzione essa ha subito episodi di collasso, che hanno distrutto l'edificio originario («Archiflegreo») dopo l'eruzione dell'«ignimbrite campana».

Allo sprofondamento è seguita un'attività eruttiva molto intensa all'interno della caldera, con esplosioni di tipo ritmico, che hanno preceduto l'eruzione del «tufo giallo napoletano». All'espulsione di questa enorme massa piroclastica è seguito il collasso di alcuni settori, che sono stati successivamente interessati da un'intensa attività esplosiva, la quale ha dato origine ai prodotti piroclastici sciolti che attualmente coprono il tufo giallo.

È evidente che nell'area flegrea la stratigrafia del sottosuolo varia da zona a zona, sia per la giacitura che per gli spessori e la granulometria dei litotipi esistenti. Ne deriva, pertanto, una struttura idrogeologica complessa nella quale la circolazione idrica sotterranea avviene per falde sovrapposte.

Nella figura 62 si può osservare che nel settore occidentale dell'area vulcanica, dove sono presenti numerose sorgenti termominerali [326], i flussi idrici sotterranei sono orientati in parte verso ovest ed in parte verso sud.

Ad ovest i punti preferenziali di recapito delle acque sono rappresentati dal lago Fusaro (Nicotera, relazione inedita) e dai canali di bonifica ubicati poco più a nord (circa 10 milioni

TABELLA 85 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL ROCCAMONFINA

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	1,0×10 ⁻²	3,5×10 ⁻³	2,0×10 ⁻⁴	Lave e depositi piroclastici	
Gradiente piezometrico	2,2×10 ⁻²	1,0×10 ⁻²	4,4×10 ⁻³		

Figura 62 - Unità idrogeologica dei Campi Flegrei.

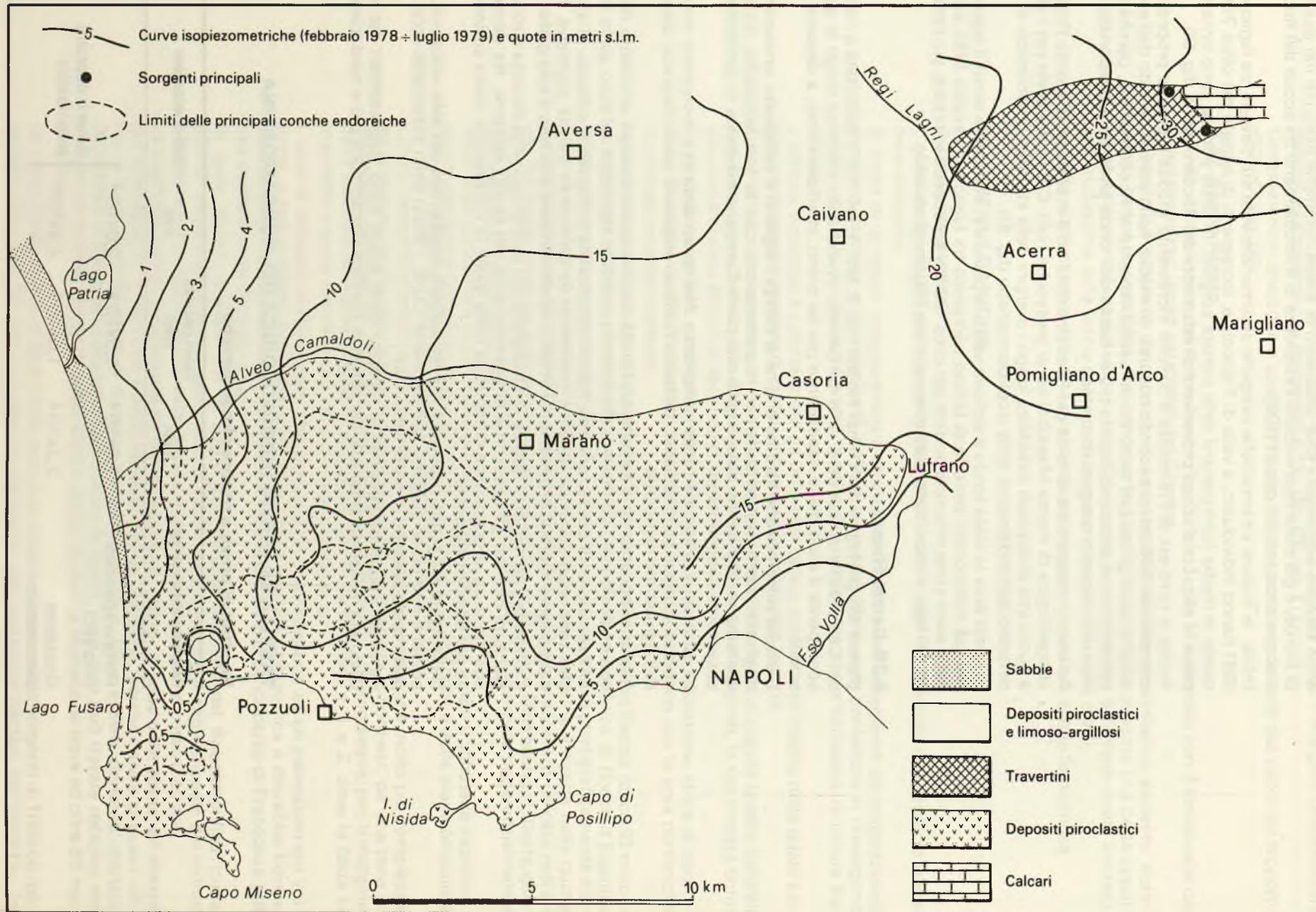


TABELLA 86 - UNITÀ IDROGEOLOGICA DEI CAMPI FLEGREI

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Trammissività	$9,7 \times 10^{-2}$	$1,4 \times 10^{-2}$	$1,6 \times 10^{-4}$	} Depositi piroclastici	
Portata specifica (mq/sec)	$8,1 \times 10^{-2}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$3,9 \times 10^{-4}$		
Gradiente piezometrico	$5,0 \times 10^{-3}$	$2,7 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-3}$		

di metri cubi all'anno). A sud, invece, la falda defluisce direttamente verso mare (Nicotera, relazione inedita) (circa 20 milioni di metri cubi all'anno), formando un'ampia zona di drenaggio preferenziale lungo l'allineamento Pianura-Terme di Agnano.

La zona di alto idrogeologico compresa tra l'abitato di Marano ed il retroterra di Pozzuoli (fig. 62) corrisponde anche all'area di ricarica principale della falda. Sono, infatti, presenti numerose conche endoreiche, che rendono le aliquote d'acqua di ruscellamento superficiale praticamente nulle.

In quest'area è pure possibile trovare, localmente, falde di acqua fredda (per esempio, nel cratere del Campiglione).

In generale, invece, le acque sono calde per la presenza in profondità di un corpo magmatico che surriscalda, per conduzione, la falda marina profonda. I moti convettivi che si creano all'interno dell'acquifero, nonché i vapori che risalgono attraverso le principali fratture, riscaldano poi le falde superficiali [20; 332].

Il modello geotermico ora descritto è stato riconosciuto valido anche per l'isola d'Ischia [166], dove la falda di acqua dolce galleggia sull'acqua di mare e si mescola con essa in varie proporzioni a seconda delle condizioni idrodinamiche locali, del grado di sfruttamento del corpo idrico e della presenza o meno di fratture che consentono la risalita di vapori profondi.

Anche nella parte orientale dell'area flegrea, l'andamento delle isopiezometriche consente di affermare che la falda viene alimentata esclusivamente dagli apporti zenitali diretti. Basti considerare, infatti, che poco a nord-ovest di Casoria la piezometrica raggiunge i 48 metri circa sul livello del mare (pozzo n. 10 della tav. 3, in [403]).

L'alimentazione proveniente dai massicci carsici (circa 10 milioni di metri cubi all'anno) è, invece, evidente nel bacino del fosso Volla (unità idrogeologica del Volturmo-Regi Lagni, in fig. 3), il quale si trova nella zona di confine tra la struttura dei Campi Flegrei e quella del Somma-Vesuvio.

Di tale alimentazione si ha conferma anche dai risultati dello studio del chimismo delle acque [229]. È, infatti, emerso che una parte di esse proviene dalle strutture carbonatiche circostanti e subisce modifiche chimiche e mescolamenti durante il percorso nella piana. In particolare, è stato accertato che le falde profonde contengono una maggiore percentuale di acque che hanno circolato in rocce calcaree.

Quest'ultima constatazione consente di affermare che lo schema di circolazione idrica sotterranea è molto simile a quello della piana del Sele (paragrafo 6.36.). Infatti, le falde profonde risultano quasi «intrappolate» e subiscono un ricambio molto lento, soprattutto alimentando la falda superficiale per «drenanza».

Attualmente detto ricambio è certamente più veloce di quello originario, perché l'acquifero è sovrasfruttato tramite numerosi pozzi, dai quali si emungono portate che, nei periodi di punta, possono superare i 4.000 litri al secondo [394]. A tal proposito basti considerare che, nella zona di Lufrano, la falda, che nel 1946 stava a circa 14 metri di quota, si è portata a 10 ÷ 11 metri nel 1977. Il livello statico più basso (circa 5 metri s.l.m.) è stato misurato durante la magra del 1975, quando le portate emunte hanno raggiunto i 2,6 metri cubi al secondo.

Al sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee ha fatto ovviamente riscontro una diminuzione della potenzialità delle sorgenti. Infatti, le portate di oltre 1,4 metri cubi al secondo segnalate nel 1926 [183] si sono ridotte a qualche centinaio di litri al secondo nel 1977 [403]; inoltre, la sorgente Bolla, che era la più importante (0,65 metri cubi al secondo in [183]), è risultata asciutta il 21 gennaio 1978.

Probabilmente l'abbassamento della piezometrica riscontrato a Lufrano, anche se fosse generalizzato, non basterebbe a giustificare l'entità dei volumi d'acqua emunti annualmente in più rispetto alle originarie portate sorgive.

Infatti, sembra accertato che lo spartiacque abbia subito un limitato spostamento verso nord-ovest [403] (fig. 62). C'è, inoltre, da considerare che dovrebbe essere aumentata l'alimentazione proveniente dai Regi Lagni, per effetto del maggiore gradiente piezometrico attualmente esistente; dovrebbe essere aumentata l'infiltrazione efficace diretta, per l'abbassamento del livello di falda che originariamente affiorava in molte zone; infine, dovrebbe essere aumentata l'alimentazione dai massicci carbonatici, perché gran parte dei pozzi interessa le falde profonde alimentate preferenzialmente da questi ultimi. Allo stato attuale delle conoscenze, le alimentazioni dalle strutture idrogeologiche adiacenti verso la falda di Sebeto (fosso Volla) possono essere così valutate: $10 \div 15$ milioni di metri cubi all'anno dalla dorsale di Avella; circa 10 milioni di metri cubi all'anno dalla zona orientale dei Campi Flegrei, in senso lato, e circa 15 milioni di metri cubi all'anno dal Somma-Vesuvio.

All'interno della città di Napoli, come nel settore occidentale delle strutture flegree, le acque di falda circolano preferenzialmente nelle piroclastiti sciolte poste a tetto e a letto del «tufo giallo» [400], in accordo con la scarsa permeabilità complessiva di quest'ultimo.

6.40. Somma-Vesuvio

L'unità idrogeologica del Somma-Vesuvio (fig. 3; tab. 1; tav. f.t.) è ubicata nella parte meridionale del *graben* plio-quadernario della conca Campana ed è idrogeologicamente interconnessa con le unità adiacenti dei Campi Flegrei (paragrafo 6.39.), del Volturno-Regi Lagni (paragrafo 6.34.) e della piana del Sarno (paragrafo 6.35.).

Il vulcano-strato è costituito da una parte più antica (Somma), i cui prodotti piroclastici e lavici hanno tutti un'età inferiore ai 30.000 anni, e da una parte più recente (Vesuvio), il cui cono si è formato tra il 79 d.C. (eruzione pliniana) e la fase esplosiva terminale del marzo 1944, avvenuta dopo un periodo di ininterrotta attività iniziato nel 1913. Il gran cono del Vesuvio si è impostato nella caldera di esplosione (diametro: circa 4 chilometri) del Somma e i suoi prodotti piroclastici e lavici coprono l'area sud-occidentale dall'antico vulcano.

L'intera struttura è costituita da colate laviche e da piroclastiti sciolte (pomici, ceneri, lapilli) le quali, specie ai margini dell'edificio vulcanico, si trovano spesso intercalate a quelle dei Campi Flegrei. A letto delle vulcaniti più antiche del Somma affiora il «tufo grigio campano», di età compresa tra i 28.000 ed i 36.000 anni.

Sulla scorta dei dati di esercizio di numerosi pozzi (tab. 87) si può affermare che le lave sono un ottimo acquifero, così come lo sono le piroclastiti sciolte a granulometria grossolana.

L'alternanza di litotipi aventi grado di permeabilità medio-alto con altri a permeabilità scarsa (soprattutto ceneri) fa sì che, nell'unità idrogeologica, la circolazione idrica sotterranea avvenga per falde sovrapposte. In pratica, però, non è sempre possibile effettuare una vera e propria distinzione tra le singole falde, perché esse sono tra loro interconnesse e attraverso il flusso di «drenanza» e attraverso soluzioni di continuità dovute alle tipiche modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici.

Come negli altri edifici vulcanici (paragrafi 4.15.; 6.38; 6.39) la circolazione idrica sotterranea, pur essendo preferenzialmente basale, presenta un certo adattamento alla morfologia del terreno. Pertanto, le direzioni di flusso hanno anche in questo caso un andamento radiale [132].

Nella figura 63 è riportata la morfologia della superficie piezometrica relativa alle zone periferiche dell'apparato vulcanico del Somma-Vesuvio.

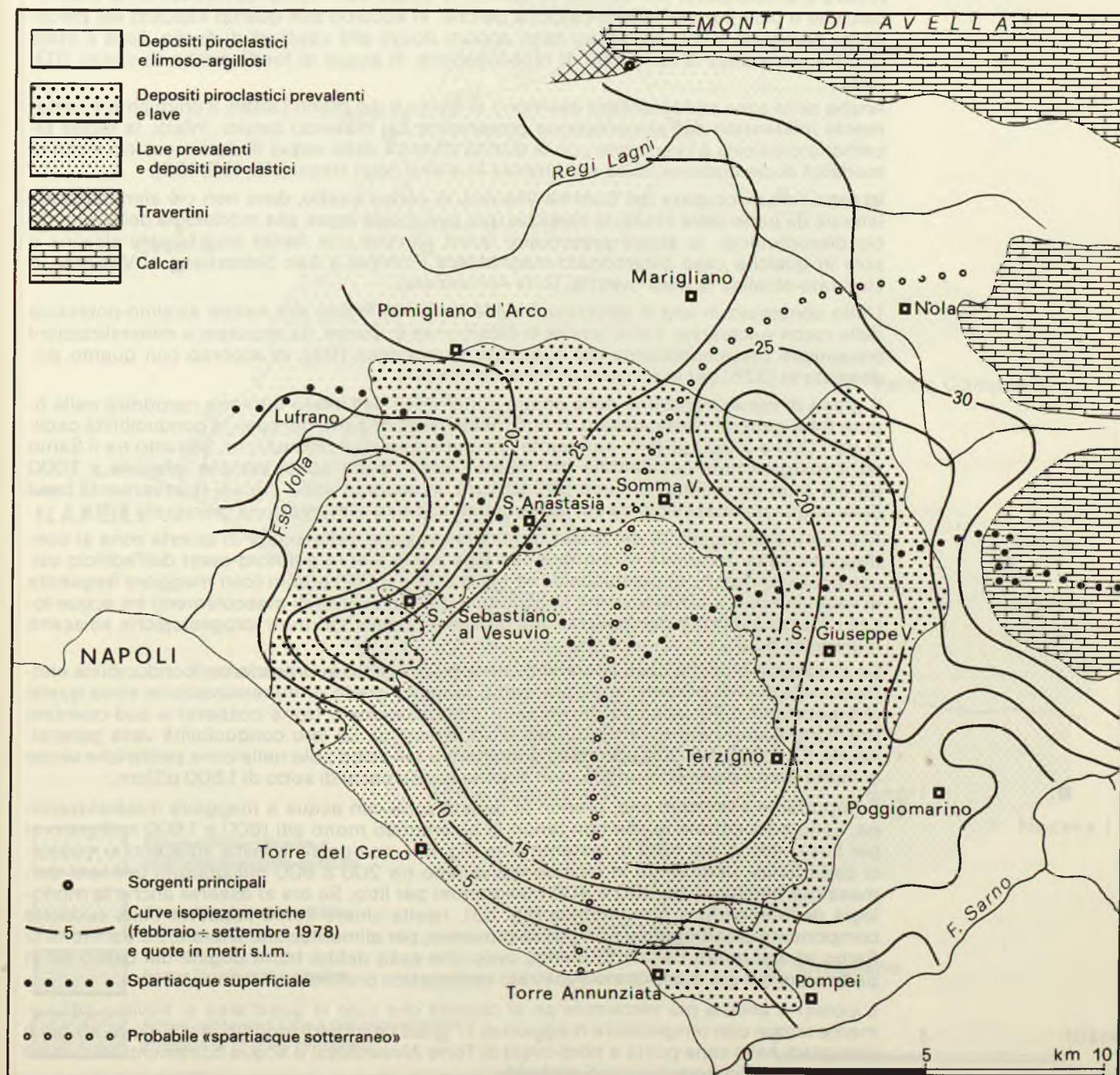
Nell'area settentrionale, si può innanzitutto osservare che i bacini sotterranei del Sebeto (fosso Volla) e del Sarno sono più ampi dei corrispondenti bacini superficiali. Infatti, a

TABELLA 87 – UNITÀ IDROGEOLOGICA DEL SOMMA-VESUVIO

Risultati di prove e misure idrodinamiche

Parametri idrodinamici	Valori calcolati			Tipo di acquifero	Note
	max.	med.	min.		
Portata specifica (mq/sec)	$1,8 \times 10^{-2}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$1,4 \times 10^{-4}$	Lave e depositi piroclastici	
Gradiente piezometrico	$6,7 \times 10^{-3}$	$4,0 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$		

Figura 63 - Unità idrogeologica del Somma-Vesuvio.



nord-ovest ed a sud-est del probabile «spartiacque sotterraneo», si vedono due importanti zone di drenaggio preferenziale che convogliano le acque di falda dell'alto bacino dai Regi Lagni, rispettivamente verso la zona orientale della città di Napoli (paragrafo 6.39.) e verso il medio corso del Sarno (paragrafo 6.35.). Quest'ultimo asse di drenaggio raccoglie anche le acque provenienti dal massiccio carbonatico dei Monti di Sarno.

A sud di Terzigno, detto dreno risulta interrotto, probabilmente perché le acque vengono intercettate dalle colate laviche ivi affioranti. Queste, infatti, avendo uno sviluppo radiale, deviano i flussi idrici sotterranei verso il Sarno, creando una zona di alimentazione preferenziale a sud-est di Poggiomarino.

Anche più a valle, l'asta del Sarno continua a rappresentare il principale recapito delle acque sotterranee.

Lungo tutta la fascia sud-occidentale dell'edificio vulcanico, la falda defluisce direttamente verso mare (circa 15 milioni di metri cubi all'anno).

Il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea è stato verificato anche attraverso lo studio del chimismo delle acque.

Da un primo esame dei dati idrochimici è stato possibile suddividere l'area in tre zone aventi caratteristiche nettamente differenti (fig. 64).

A nord e a nord-ovest dell'edificio vulcanico, le acque sono quasi esclusivamente solfato-calciche e bicarbonato-solfato-calciche perché, in accordo con quanto esposto nel precedente paragrafo 6.39., risentono degli apporti dovuti alla struttura di Avella, dove è stata provata l'esistenza di fenomeni di mobilitazione di acque di fondo ricche di solfati [113; 106].

Anche nella zona pedemontana dei monti di Sarno e dei monti Lattari, il chimismo è nettamente influenzato dall'alimentazione proveniente dai massicci carsici. Infatti, la *facies* bicarbonato-calcica è in accordo con la qualità chimica delle acque di detti massicci e con le modalità di circolazione idrica sotterranea esistenti negli stessi [113; 105; 106].

In tutta l'area occupata dal Somma-Vesuvio, in senso stretto, dove non c'è alimentazione laterale da parte delle strutture carsiche (per ovi motivi legati alla morfologia della superficie piezometrica), le acque presentano quasi sempre una *facies* bicarbonato-alcalina e solo in qualche caso bicarbonato-magnesiaca (Pompei e San Sebastiano al Vesuvio), o clorurato-alcalina (a nord-ovest di Torre Annunziata).

L'alto contenuto in ioni di potassio è evidentemente legato alla natura alcalino-potassica delle rocce vulcaniche. L'alto tenore in bicarbonati è, invece, da imputare a mineralizzazioni provenienti prevalentemente dal substrato carbonatico [119], in accordo con quanto evidenziato in [325] per le sorgenti di Torre Annunziata.

Il grado di mineralizzazione delle acque sotterranee dell'intero territorio riprodotto nella figura 64 è generalmente elevato. Infatti, nella maggior parte dei casi, la conducibilità oscilla tra 1.000 e 2.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con punte che superano gli 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Soltanto tra il Sarno ed il margine nord-occidentale dei monti Lattari risulta quasi sempre inferiore a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (con un minimo di circa 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$), in accordo con i circuiti relativamente brevi delle acque del massiccio da cui la piana trae copiosa alimentazione (paragrafo 6.11.).

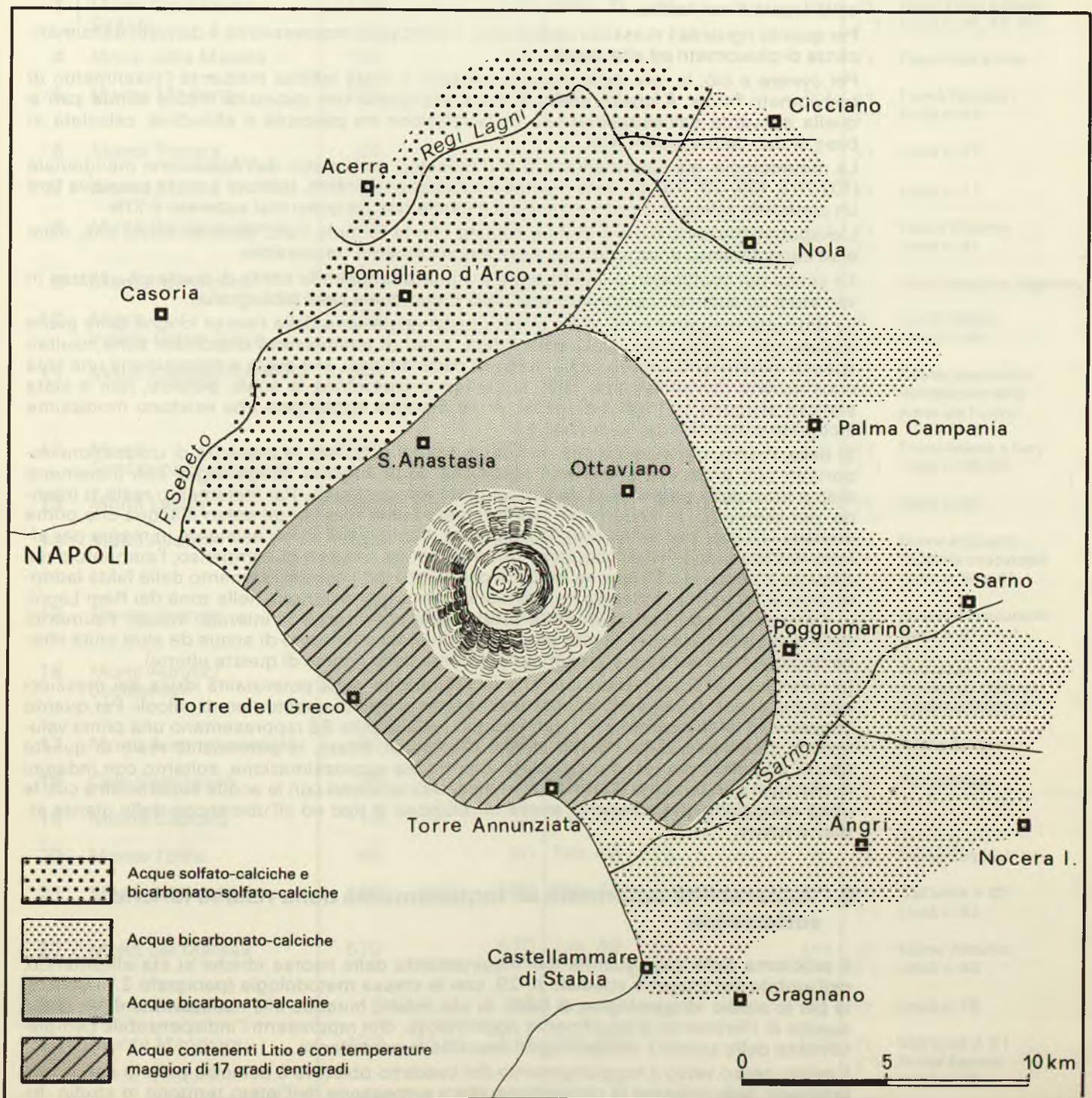
Alla relativa omogeneità del grado di mineralizzazione delle acque di questa zona si contrappone l'alta variabilità riscontrata nell'area posta a nord e a nord-ovest dell'edificio vulcanico. Quivi, infatti, la conducibilità varia tra 500 e 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (con maggiore frequenza di valori inferiori a 1.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), in accordo con la presenza di mescolamenti tra acque locali ed altre a diversa mineralizzazione provenienti dalle strutture idrogeologiche adiacenti (paragrafo 6.39.).

Se si esclude qualche caso sporadico come quello citato in precedenza (conducibilità elettrica: circa 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), le acque aventi maggior grado di mineralizzazione sono quelle che circolano nelle vulcaniti dei versanti sud-occidentale (zona costiera) e sud-orientale (tra Torre Annunziata e Terzigno) dell'unità in esame. La loro conducibilità varia generalmente tra 2.000 e 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ed è inferiore a tali valori solo nelle zone periferiche vicine al fiume Sarno dove, comunque, non scende quasi mai al di sotto di 1.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

È importante osservare che, proprio in questa zona con acque a maggiore mineralizzazione, sono concentrate quelle con tenori in bicarbonati molto alti (600 e 1.600 milligrammi per litro); invece, per tutta la restante area (fig. 64), comprese le fasce adiacenti ai massicci carbonatici, i contenuti in bicarbonati variano tra 200 e 600 milligrammi per litro, con massima frequenza tra 300 e 400 milligrammi per litro. Se ora si osserva anche la morfologia della superficie piezometrica (fig. 63), risulta chiaro come l'apporto della suddetta componente bicarbonatica non possa provenire, per alimentazione laterale, né dai monti di Sarno né dai monti Lattari. È, quindi, ovvio che essa debba trarre origine dal basso ed in particolare dal già menzionato substrato carbonatico profondo.

L'ipotesi è ancora più verosimile se si osserva che solo in quest'area si trovano diffusamente acque con temperature maggiori di 17 gradi centigradi (con un massimo di 35 gradi centigradi nella zona posta a nord-ovest di Torre Annunziata) e acque contenenti litio, che è ritenuto un indicatore di circuiti profondi.

Figura 64 - Principali caratteristiche chimiche delle acque sotterranee del Somma-Vesuvio.



Acque contenenti litio ed aventi temperature intorno a $17 \div 18$ gradi centigradi si trovano pure a nord-ovest del Somma (in una ristretta area ubicata nei pressi di Lufrano), dove è pertanto ipotizzabile che la mineralizzazione delle acque sia in parte di provenienza endogena. Nella stessa area sono pure presenti alti tenori in solfati e cloro.

Anche lungo la fascia costiera le acque di falda contengono alti tenori in cloro, con valori compresi preferenzialmente tra 100 e 300 milligrammi per litro e minimi compresi tra 20 e 40 milligrammi per litro (riscontrabili tra il fiume Sarno ed il margine nord-occidentale dei monti Lattari). Il fenomeno è localmente associabile a ingressione marina [325]; in generale però, in accordo con l'ipotesi della risalita di acque dal substrato carbonatico, parte dei tenori in cloro dovrebbe provenire da quote inferiori a quelle dell'interfaccia acqua dolce-acqua salata.

7. Valutazione delle risorse idriche sotterranee

Il calcolo dei bilanci idrologici relativi alle singole unità idrogeologiche ha presentato difficoltà legate a vari fattori.

Per quanto riguarda i massicci carbonatici, il principale inconveniente è derivato dalla mancanza di pluviometri ad alta quota.

Per ovviare a ciò, la rete delle stazioni esistenti è stata infittita mediante l'inserimento di «pluviometri fittizi». A questi ultimi è stata assegnata una piovosità media annua pari a quella derivante dall'estrapolazione della relazione tra piovosità e altitudine, calcolata in base ai dati delle stazioni reali.

La metodologia, già sperimentata in altri massicci carbonatici dell'Appennino meridionale [102, 113; 105; 23; 99], ha dato risultati soddisfacenti. Infatti, laddove è stato possibile fare un confronto valido, lo scarto tra entrate e uscite non ha quasi mai superato il 10%.

L'evapotraspirazione reale è stata calcolata con la formula Turc, tenendo conto che, nelle aree carsiche prive di vegetazione, essa è praticamente trascurabile.

La scelta dei coefficienti di infiltrazione è stata fatta tenendo conto di quelli già utilizzati in vari studi su acquiferi carbonatici dell'Italia meridionale (vedi bibliografia).

Le difficoltà maggiori sono state trovate nella valutazione delle risorse idriche delle pianure quaternarie e delle aree vulcaniche. Infatti, i dati di trasmissività disponibili sono risultati spesso insufficienti. Inoltre, nella maggior parte dei casi, si è avuta a disposizione una sola ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica la quale, peraltro, non è stata sempre eseguita con dati omogenei. A ciò bisogna aggiungere che esistono moltissime incognite sulla valutazione dei prelievi.

Si deve, inoltre, considerare che, in questo tipo di acquiferi, la presenza di utilizzazioni importanti può portare a sostanziali modifiche degli equilibri idrogeologici con incrementi reali o fittizi della potenzialità dell'intera unità idrogeologica. Per incremento reale si intende, per esempio, l'inversione dei rapporti falde-fiume (per cui un corso d'acqua che prima drenava la falda, poi l'alimenta); la maggiore disponibilità idrica esistente in magra per effetto dell'utilizzazione dell'acquifero come serbatoio naturale di compenso; l'aumento delle aliquote d'acqua d'infiltrazione efficace per effetto del sovrasfruttamento della falda laddove questa, di norma, affiorava nei periodi di piena (per esempio, nella zona dei Regi Lagni, in Campania); ecc. Per incremento fittizio della potenzialità si intende, invece, l'aumento delle disponibilità idriche legate ad un maggiore assorbimento di acque da altre unità idrogeologiche (con conseguente depauperamento delle risorse di queste ultime).

In conclusione, si può affermare che la valutazione della potenzialità idrica dei massicci carbonatici rientra nei limiti di approssimazione propri di questo tipo di calcoli. Per quanto concerne le falde quaternarie, i dati riportati nella tabella 88 rappresentano una prima valutazione cautelativa delle risorse idriche disponibili; infatti, la potenzialità reale di questo tipo di acquifero può essere calcolata, con buona approssimazione, soltanto con indagini di dettaglio che tengano conto degli interscambi esistenti con le acque superficiali e con le unità idrogeologiche adiacenti, anche in relazione al tipo ed all'ubicazione delle utenze attuali e future.

8. Vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle risorse idriche sotterranee

Il problema della salvaguardia dall'inquinamento delle risorse idriche si sta affrontando, nell'ambito del progetto speciale n. 29, con la stessa metodologia (paragrafo 2.1.) utilizzata per lo studio idrogeologico di base. Si sta, infatti, mirando alla realizzazione di un unico quadro di riferimento gradualmente aggiornabile, che rappresenti l'indispensabile completamento dello schema idrogeologico descritto in precedenza.

Il primo passo verso il raggiungimento del suddetto obiettivo è coinciso proprio con la realizzazione dello schema di circolazione idrica sotterranea dell'intero territorio in studio. In-

TABELLA 88 - VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

N. rif. fig. 3	Unità idrogeologiche: denominazione	Risorse idriche sotterranee (10 milioni di mc/anno)			Principali recapiti delle acque				Note
		Alimentazione diretta	da altre unità	totale	sorgenti	fiumi	mare	altre unità	
Massicci carbonatici									
1	Monti Sibillini	-	-	-	-	-	-	-	L'unità rientra solo marginalmente nell'area in studio
2	Montagna dei Fiori	15	-	15	Tab. 3	(·)	-	-	(·) Torrente Castellano
3	Monti Gran Sasso - Sirente	1130	-	1130	Tab. 6	(·)	-	(··)	(·) Fiumi Tirino e Aterno (··) Unità n. 46, 47, 48
4	Monti della Maiella	195	-	195	Tab. 9	(·)	-	-	(·) Fiumi Foro e Orta
5	Monte Morrone	105	-	105	Tab. 10	(·)	-	(··)	(·) Fiume Pescara (··) Unità n. 47
6	Monte Porrara	85	-	85	Tab. 10	-	-	-	(·) Unità n. 47
7	Monte Rotella	35	-	35	-	-	-	(·)	(·) Unità n. 47
8	Monti Genzana-Greco	355	-	355	Tab. 12	(·)	-	(··)	(·) Fiume Volturno (··) Unità n. 47
9	Monte Marsicano	185	-	185	Tab. 13	(·)	-	-	(·) Fiumi Sangro e Sagittario
10	Monti Velino-Giano-Nuria	750	-	750	Tab. 14	(·)	-	(··)	(·) Fiume Velino (··) Unità n. 48
11	Monti Cornacchia-Meta	540	-	540	Tab. 16	(·)	-	-	(·) Canale allacciante meridionale della piana del Fucino
12	Monti Simbruini-Ernici-Cairo	1295	-	1295	Tab. 31	(·)	-	(··)	(·) Fiumi Aniene e Gari (··) Unità n. 58, 59
13	Monti Lepini	450	-	450	Tab. 33	-	-	(·)	(·) Unità n. 60
14	Monti Ausoni	350	-	350	Tab. 36	(·)	(··)	(···)	(·) Fiume Amaseno (··) Quantità trascurabili (···) Unità n. 60 e 61
15	Monte Grande	60	-	60	Tab. 37	-	(·)	(··)	(·) Quantità trascurabili (··) Unità n. 61
16	Monti Aurunci occidentali	165	-	165	Tab. 38	(·)	(··)	-	(·) Fiume Liri (··) Attraverso i depositi quaternari costieri
17	Monti Aurunci orientali	60	-	60	Tab. 39	(·)	-	-	(·) Fiume Garigliano
18	Colli Campanari	15	-	15	Tab. 44	(·)	-	-	(·) Fiume Zittola
19	Monte Capraro	10	-	10	Tab. 45	-	-	-	
20	Monte Totila	60	-	60	Tab. 46	(·)	-	-	(·) Fiume Carpino
21	Monti di Venafrò	280	10 (·)	290	Tab. 47	-	-	(··)	(·) Dall'unità n. 81 (··) Unità n. 63
22	Monti del Matese	570	-	570	Tab. 49	(·)	-	(··)	(·) Fiume Volturno (··) Unità n. 66
23	Monte Massico	15	-	15	-	-	-	(·)	(·) Unità n. 75
24	Monte Maggiore	120	25 (·)	145	Tab. 53	(··)	-	(···)	(·) Dall'unità n. 81 (··) Fiume Savone (···) Unità n. 76

segue TABELLA 88 – VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

N. rif. fig. 3	Unità idrogeologiche: denominazione	Risorse idriche sotterranee (10 milioni di mc/anno)			Principali recapiti delle acque				Note	
		Alimentazione			sorgenti	fiumi	mare	altre unità		
diretta	da altre unità	totale								
25	Monte Tifata	50	–	50	Tab. 55	(·)	–	(··)	(·) Fiume Volturno (··) Unità n. 76	
26	Monte Moschiaturo	10	–	10	Tab. 57	–	–	–		
27	Monte Camposauro	40	–	40	–	–	–	(·)	(·) Unità n. 67	
28	Monte Taburno	30	–	30	Tab. 58	–	–	(·)	(·) Unità n. 69	
29	Monti di Durazzano	35	10 (·)	45	–	–	–	(··)	(·) Dall'unità n. 69 (··) Unità n. 76	
30	Monti Avella-Vergine-Alvano	290	30 (·)	320	Tab. 60	–	–	(··)	(·) Dalle unità n. 33, 72 (··) Unità n. 76, 77	
31	Monti Lattari	130	–	130	Tab. 62	–	(·)	(··)	(·) Circa 40x10 ⁶ mc/anno (··) Unità n. 77	
32	Monti di Salerno	25	–	25	Tab. 63	–	(·)	–	(·) Quantità trascurabili	
33	Monti Accellica-Licinici-Mai	135	–	135	Tab. 65	(·)	–	–	(·) Fiumi Irno, La Sordina, Picentino, Tusciano	
34	Monti Terminio-Tuoro	180	–	180	Tab. 66	–	–	–		
35	Monte Cervialto	130	–	130	Tab. 67	–	–	–		
36	Monti Polveracchio-Raione	105	–	105	Tab. 68	(·)	–	(··)	(·) Fiumi Sele e Tenza (··) Unità n. 78	
37	Monti Marzano-Ogna	260	–	260	Tab. 69	–	–	(·)	(·) Unità n. 73	
38	Monti Alburni	230	5 (·)	235	Tab. 70	–	–	(··)	(·) Dall'unità n. 74 (··) Unità n. 73	
39	Monti della Maddalena	190	–	190	Tab. 71	–	–	(·)	(·) Unità n. 73, 74	
40	Monte Motola	40	–	40	Tab. 72	–	–	(·)	(·) Unità n. 74	
41	Monti Cervati-Vesole	240	–	240	Tab. 73	(·)	–	–	(·) Fiumi Calore e Capodifiume	
42	Monti Forcella-Salice-Coccovello	190	–	190	Tab. 74	–	(·)	–	(·) Circa 80x10 ⁶ mc/anno	
43	Monte Bulgheria	50	–	50	–	(·)	(··)	–	(·) Fiume Mingardo (··) Esistono molte sorgenti sottomarine	
Piane quaternarie										
44	Torrente Tesino	5	–	5	–	(·)	(··)	–	(·) Torrente Tesino (··) Quantità trascurabili	
45	Fiume Tronto	15	–	15	–	(·)	(··)	–	(·) Fiume Tronto (··) C'è ingressione marina	
46	Alta valle dell'Aterno	20	(·)	20	–	(··)	–	(···)	(·) Dall'unità n. 3 (quantità trascurabili) (··) Fiume Aterno (···) Unità n. 3 (quantità trascurabili)	
47	Piana di Sulmona	20	90 (·)	110	–	(··)	–	–	(·) Dalle unità n. 3, 5, 6, 7, 8 (··) Fiume Sagittario	

segue TABELLA 88 - VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

N. rif. fig. 3	Unità idrogeologiche: denominazione	Risorse idriche sotterranee (10 milioni di mc/anno)			Principali recapiti delle acque				Note
		Alimentazione			sorgenti	fiumi	mare	altre unità	
diretta	da altre unità	totale							
48	Piana del Fucino	10	15 (·)	25	-	(··)	-	-	(·) Dalle unità 3, 10 (··) Canali di bonifica
49	Fiume Vibrata	15	-	15	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Vibrata (··) Quantità trascurabili
50	Fiume Salinello	5	-	5	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Salinello (··) Quantità trascurabili
51	Fiume Tordino	10	-	10	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Tordino (··) Quantità trascurabili
52	Fiume Vomano	20	-	20	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Vomano (··) Quantità trascurabili
53	Fiume Saline	15	-	15	-	(·)	(··)	-	(·) Fiumi Saline, Fino, Tavo (··) Quantità trascurabili
54	Fiume Pescara	20	-	20	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Pescara (··) Quantità trascurabili
55	Fiume Foro	5	-	5	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Foro (··) Quantità trascurabili
56	Fiume Sangro	20	-	20	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Sangro (··) Quantità trascurabili
57	Fiume Sinello	5	-	5	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Sinello (··) Quantità trascurabili
58	Valle del Sacco	30	10 (·)	40	Tab. 31	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 12 (··) Fiume Sacco
59	Bassa valle del Liri	35	5 (·)	40	-	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 12 (··) Fiumi Liri e Melfa
60	Piana Pontina	160	30 (·)	190	-	(··)	(···)	-	(·) Dalle unità n. 13, 14, 80 (··) Fiumi Uffente, Sisto, canali di bonifica, ecc. (···) Circa 40x10 ⁶ mc/anno
61	Piana di Fondi	20	5 (·)	25	-	(··)	(···)	-	(·) Dalle unità n. 14, 15 (··) Canali e lago di Fondi (···) Circa 5x10 ⁶ mc/anno
62	Piana di Boiano	10	(·)	10	-	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 22 (quantità trascurabili) (··) Fiume Biferno
63	Piana di Venafro	25	<5 (·)	30	-	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 21 (··) Fiume Volturno
64	Fiume Trigno	10	-	10	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Trigno (··) Quantità trascurabili
65	Fiume Biferno	10	-	10	-	(·)	(··)	-	(·) Fiume Biferno (··) Quantità trascurabili
66	Media valle del Volturno	25	(·)	25	-	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 22 (quantità trascurabili) (··) Fiume Volturno
67	Bassa valle del Calore	15	40 (·)	55	-	(··)	-	-	(·) Dall'unità n. 27 (··) Fiume Calore
68	Piana di Benevento	<5	-	<5	-	(·)	-	-	(·) Fiume Calore

segue TABELLA 88 - VALUTAZIONE DELLE RISORSE IDRICHE SOTTERRANEE

N. rif. fig. 3	Unità idrogeologiche: denominazione	Risorse idriche sotterranee (10 milioni di mc/anno)			Principali recapiti delle acque				Note
		Alimentazione			sorgenti	fiumi	mare	altre unità	
diretta	da altre unità	totale							
69	Piana dell'Isclero	10	20 (·)	30	-	(·)	-	(··)	(·) Dall'unità n. 28 (··) Fiume Isclero (···) Unità n. 29
70	Piana di Grottaminarda	<5	-	<5	-	(·)	-	-	(·) Fiume Ufita
71	Alta valle del Sabato	<5	-	<5	-	(·)	-	-	(·) Torrente Rigatore
72	Valle del Solofrana	5	35 (·)	40	Tab. 65, 63	-	-	(··)	(·) Dalle unità n. 32, 33 (··) Unità n. 30
73	Bassa valle del Tanagro	15	285 (·)	300	Tab. 72, 73	(·)	-	-	(·) Dalle unità n. 37, 38, 39 (··) Fiume Tanagro
74	Vallo di Diano	30	30 (·)	60	-	(·)	-	(··)	(·) Dalle unità n. 39, 40, 41 (··) Fiume Tanagro (···) Unità n. 38
75	Piana del Garigliano	10	30 (·)	40	-	(·)	(··)	-	(·) Dalle unità n. 23, 81 (··) Fiume Garigliano, canali di bonifica, ecc. (···) Quantità trascurabili
76	Piana del Volturno-Regi Lagni	180	120 (·)	300	-	(·)	(··)	(···)	(·) Dalle unità n. 24, 25, 29, 30, 81, 82, 83 (··) Regi Lagni, canali di bonifica, ecc. (···) Quantità trascurabili (···) Unità n. 77
77	Piana del Sarno	25	95 (·)	120	-	(·)	(··)	-	(·) Dalle unità n. 30, 31, 76, 83 (··) Fiume Sarno (···) Circa 20x10 ⁶ mc/anno
78	Piana del Sele	80	15 (·)	95	(··)	(··)	(··)	-	(·) Dall'unità n. 36 (··) Quantità trascurabili (···) Fiumi Sele, Tusciano, ecc. (···) Circa 25x10 ⁶ mc
79	Fiume Alento	<5	-	<5	-	(·)	(·)	-	(·) Fiume Alento (··) Quantità trascurabili
Aree vulcaniche									
80	Colli Albani	170	-	170	-	(·)	(·)	(··)	(·) Fiume Astura, canali, ecc. (··) Circa 10x10 ⁶ mc/anno (···) Unità n. 60
81	Roccamonfina	100	-	100	(·)	(·)	-	(··)	(·) Quantità trascurabili (··) Fiumi Garigliano, Volturno e Savone (···) Unità n. 21, 24, 75, 76
82	Campi Flegrei	40	-	40	-	-	(·)	(··)	(·) Circa 30x10 ⁶ mc/anno (··) Unità n. 76 (bacino del fosso Volla)
83	Somma-Vesuvio	55	(·)	55	(··)	-	(··)	(···)	(·) Quantità non valutabili, dal substrato carbonatico (··) Quantità trascurabili (···) Circa 15x10 ⁶ mc/anno (···) Unità n. 76 (bacini del fosso Volla e dei Regi Lagni) e n. 77

fatti, non sarebbe stato possibile affrontare alcun problema relativo all'inquinamento senza conoscere, almeno nelle linee essenziali, le modalità di circolazione delle acque all'interno delle singole unità idrogeologiche, i rapporti geometrici esistenti tra acquiferi confinanti, i rapporti esistenti tra falde adiacenti e sovrapposte, i limiti («di tamponamento» o «di alimentazione») dei bacini sotterranei delle principali sorgenti e falde, i possibili mescolamenti tra acque aventi origine o circuiti diversi, e così via.

Sulla scorta di dette conoscenze sono stati fissati alcuni concetti base relativi ai meccanismi che sovrintendono all'assorbimento, alla propagazione ed alla persistenza delle sostanze inquinanti negli acquiferi in studio.

Bisogna, innanzitutto, considerare che tutte le falde (anche le più protette) sono potenzialmente inquinabili e che, a meno di un'immissione diretta (per esempio, tramite «pozzi rovesci»), l'inquinamento viene di norma introdotto dalle acque di infiltrazione. È ovvio, quindi, che la degradazione della qualità delle risorse idriche sotterranee sia tanto più facile quanto più elevata è la permeabilità dell'acquifero, quanto più superficiale è il livello piezometrico e quanto minore è la diluizione che si può avere in falda.

Nei *massicci carbonatici*, com'è noto, esiste una circolazione idrica superficiale, molto veloce, legata a falde sospese o a canali carsici. Questa dà origine alle piccole sorgenti intramontane ed è molto vulnerabile perché l'introduzione degli inquinanti è agevolata dall'alta permeabilità della roccia e, molto spesso, dalla presenza di inghiottitoi posti in diretta comunicazione con le scaturigini.

Negli stessi massicci c'è poi una circolazione idrica di base che viene alimentata dall'alto.

Durante la percolazione, i circuiti sono lenti per le acque che filtrano attraverso le microfratture; sono invece veloci per le acque che vengono intercettate dai canali carsici o dalle grosse fratture.

In quest'ultimo caso, i problemi legati all'inquinamento possono assumere proporzioni considerevoli se i canali sono in diretta comunicazione con le sorgenti: possono essere invece automaticamente ridimensionati se gli stessi condotti preferenziali portano prima le acque in falda, dove si possono avere grandi diluizioni e percorsi lenti.

A tal proposito è importante tenere presente che, così come è stato spesso evidenziato dalle analisi isotopiche, le acque di dette falde possono impiegare anche diversi anni prima di giungere alle sorgenti. Ciò, mentre è positivo per quanto riguarda l'inquinamento organico, non lo è per quello chimico. Questo, infatti, potrebbe giungere a recapito a distanza di tempo e/o per tempi molto lunghi.

Nelle *piane quaternarie* e negli *edifici vulcanici* si può di norma distinguere una circolazione idrica superficiale, la quale può ovviamente subire l'inquinamento con facilità. Inoltre, poiché il deflusso delle acque è lento, esso tende a persistere per tempi che possono essere anche lunghi.

Bisogna, però, considerare che, se l'immissione di sostanze inquinanti cessa, le acque trovano facile ricambio o attraverso gli apporti zenitali diretti o attraverso eventuali flussi di «drenanza» provenienti da corpi idrici sottostanti.

Le falde più profonde sono, di norma, più protette e possono avere circuiti più lenti e lunghi di quelle superficiali.

Bisogna, però, considerare che anch'esse possono subire inquinamenti importanti perché nei depositi quaternari (vulcanici o alluvionali), anche se le acque circolano per falde sovrapposte, queste non possono ritenersi completamente isolate l'una dall'altra, perché i litotipi a minore permeabilità relativa che le dividono non sono, quasi mai, né completamente impermeabili né arealmente continui. Tali caratteristiche, inoltre, fanno sì che spesso, durante il pompaggio da pozzi, vengano emunte anche le falde degli strati acquiferi che si ritiene di aver isolato con cementazioni o altri accorgimenti.

Nelle aree interessate dall'affioramento di *depositi argilloso-marnoso-arenacei* la circolazione idrica sotterranea avviene, di norma, nella coltre di alterazione superficiale.

L'introduzione degli inquinanti è, quindi, agevole e la loro persistenza nell'acquifero è lunga. Tuttavia, la propagazione a grandi distanze risulta difficile, perché la morfologia della superficie piezometrica si adatta a quella topografica ed i punti di recapito delle acque si trovano generalmente vicini all'area di alimentazione.

Nei riguardi dell'inquinamento marino l'acquifero argilloso-marnoso-arenaceo è poco vulnerabile. L'ingressione di acque salate è, invece, agevole lungo le coste degli acquiferi quaternari ed ancor più lungo quelle carbonatiche, dove le pendenze piezometriche della falda sono basse.

È evidente che anche i rapporti geometrici fra i tre tipi di acquiferi finora menzionati sono importanti ai fini dell'introduzione e della propagazione degli inquinanti.

Infatti, una copertura argilloso-marnoso-arenacea rappresenta, per esempio, un'ottima protezione per un acquifero carbonatico. Al contrario, una copertura di depositi quaternari può rappresentare una fonte di inquinamento per lo stesso acquifero se questo ne drena la falda; viceversa può essere inquinata dalla falda del massiccio carbonatico, se riceve da questo alimentazione.

Dai pochi concetti esposti si evince che, in effetti, la carta idrogeologica riportata nella tavola fuori testo può essere utilizzata anche come carta della vulnerabilità potenziale all'inquinamento. Infatti, basta tener conto del comportamento dei vari acquiferi descritto in precedenza e del fatto che le direzioni preferenziali di flusso non sono altro che le potenziali direzioni di propagazione degli inquinanti. Dai rapporti esistenti tra le varie unità idrogeologiche si può anche risalire alle possibilità di travaso degli stessi da un acquifero all'altro. Nella figura 65, il comportamento dei vari acquiferi nei riguardi dell'inquinamento è stato riportato in modo sintetico.

È ovvio che, man mano che si scende nel dettaglio delle singole realtà territoriali, i problemi diventano sempre maggiori ed i modi di rappresentarli diversi.

Attualmente, le conoscenze acquisite consentono la realizzazione di carte di dettaglio [104] su tutto il territorio in studio. Per alcune zone è possibile andare anche oltre una semplice carta della vulnerabilità potenziale, perché sono noti i tempi medi di transito degli inquinanti nell'acquifero, i tipi di circuito (lenti e/o veloci) seguiti dalle acque, le possibilità o meno che le sostanze inquinanti subiscano diluizioni in falda, la qualità chimica e batteriologica delle acque, e così via.

9. Considerazioni su alcuni aspetti della vigente legislazione sulle acque sotterranee, in base alle attuali conoscenze idrogeologiche

Dall'insieme delle indagini eseguite è emerso che, nell'area in studio, soltanto gli acquiferi a prevalente componente argilloso-marnoso-arenacea hanno «spartiacque sotterranei» coincidenti con quelli superficiali e, in considerazione della loro scarsa permeabilità, possono essere considerati autonomi.

Negli altri, invece, non si ha quasi mai la coincidenza degli spartiacque. Gli stessi acquiferi inoltre, quando si trovano a diretto contatto tra loro, sono legati da interscambi idrici sotterranei, che possono assumere aspetti vistosi, ovvero possono risultare trascurabili nei limiti di approssimazione dei bilanci idrologici.

La suddetta trascurabilità degli interscambi, però, è spesso legata ad equilibri delicati, i quali possono mantenersi finché, per esempio, il sovrasfruttamento di uno dei due acquiferi non aumenta l'entità dei travasi o non inverte il verso dei travasi stessi.

Si è visto pure, nel corso degli studi, che spesso i confini di alcune unità idrogeologiche sono puramente convenzionali (per esempio: Roccamonfina, Somma-Vesuvio, ecc.), poiché a delle discontinuità litologiche e strutturali non corrisponde alcuna discontinuità idrogeologica.

Pertanto, fermi restando i limiti imposti dalle caratteristiche di trasmissività dell'acquifero, è teoricamente possibile captare la stessa risorsa in punti anche molto lontani tra loro.

Pure all'interno delle singole unità idrogeologiche, specie in quelle carbonatiche, è possibile captare le acque in zone molto lontane da quelle di recapito. Così, per esempio, si possono captare parte delle acque delle sorgenti del Gari (Cassino) all'altezza di Frosinone, le acque delle sorgenti del Peccia (Rocca d'Evandro) all'altezza della piana di Venafrò, le acque delle sorgenti del Fibreno all'altezza della piana del Fucino, e così via.

Si è visto, inoltre, che gli stessi massicci carsici si prestano spesso ad essere utilizzati come serbatoi naturali di compenso, semplicemente sovrasfruttando l'acquifero nei periodi di magra.

Analoghe utilizzazioni si possono avere nelle piane alluvionali dove, peraltro, è anche possibile invertire i rapporti falda/fiume.

Si è potuto pure osservare che spesso, tra un massiccio carsico e l'altro, esistono travasi tramite le piane alluvionali che morfologicamente li dividono.

Si è potuto constatare, inoltre, che molte volte le acque «minerali» e termominerali si differenziano da quelle fredde «non minerali» soltanto per un diverso circuito, che si sviluppa all'interno dello stesso bacino o della stessa falda. Pertanto, è possibile modificare la mineralizzazione delle acque sovrasfruttando, oppure semplicemente utilizzando nel modo e/o nel punto sbagliato quelle considerate «non minerali».

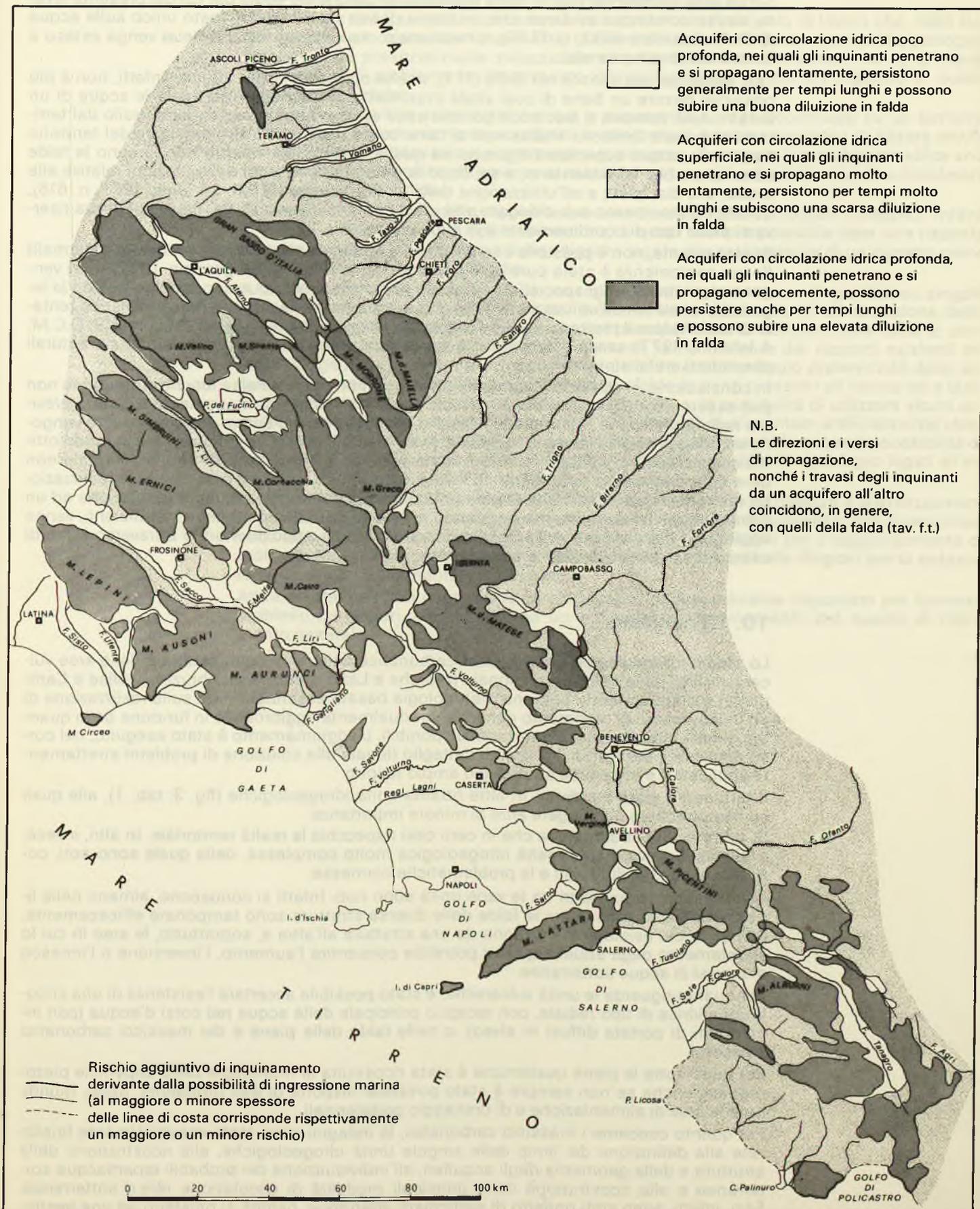
È stato anche verificato che alcuni «spartiacque sotterranei» si spostano quando si verificano eccessivi prelievi d'acqua da un lato o dall'altro.

Bisogna, inoltre, considerare che alcuni di detti «spartiacque» potrebbero essere addirittura «mobili» nel corso dell'anno, così come sembra possa verificarsi, per esempio, nei monti Ausoni (tra le sorgenti della piana di Fondi e quelle dell'Amaseno).

Si è anche visto che non si possono fare distinzioni nette tra acque superficiali e sotterranee, perché queste ultime defluiscono quasi sempre verso i corsi d'acqua e solo in quantitativi limitati verso mare. Basti considerare gli importanti incrementi di portata, riscontrati in molti fiumi, i quali non sono mai stati considerati deflussi sotterranei.

Si è potuto constatare, infine, che le sorgenti dei massicci carsici traggono spesso alimentazione da aree ubicate in tutto o in parte in altre regioni. Basti citare, tra tutte, quelle di Capo Volturno, le quali nascono in Molise ma hanno il loro bacino interamente in Abruzzo.

Figura 65 - Carta della vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche sotterranee.



Ciò premesso, è evidente che alla mobilità del sistema idrogeologico descritto, a cui si aggiungono anche le incognite proprie di tutto ciò che concerne l'interpretazione del movimento delle acque sotterranee, si contrappone una legislazione rigida e, per certi aspetti, superata.

Senza voler entrare nel merito della legislazione, perché ciò esula dai fini del presente lavoro, risulta comunque evidente che, in attesa di una revisione del Testo unico sulle acque (R.D. 11 dicembre 1933, n. 1775), è necessario che l'istituto della «tutela» venga esteso a tutto il territorio nazionale.

Tale esigenza, già sentita nel 1965 [173], risulta oggi ancora più attuale. Infatti, non è più possibile gestire un bene di così vitale importanza, mettendo sotto tutela le acque di un determinato comune e lasciando poi che esse vengano sfruttate senza controllo dal territorio comunale limitrofo. Inoltre non si tiene conto della realtà idrogeologica del territorio se tutte le acque superficiali figurano tra quelle «pubbliche», mentre non lo sono le falde sotterranee che le alimentano, e se, dopo la delega alle Regioni delle funzioni relative alla tutela, alla disciplina e all'utilizzazione delle risorse idriche (D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616), queste hanno spesso sub-delegato altri uffici periferici (Genio Civile, Province) senza riservarsi alcun tipo di coordinamento e di supervisione.

Analogamente, non è possibile che la ricerca e l'utilizzazione di acque «minerali» e «termali» (la cui competenza è stata pure delegata alle Regioni: D.P.R. 14 gennaio 1972, n. 2) vengano regolate da leggi speciali, che spesso non prevedono alcun coordinamento con la legislazione relativa all'utilizzazione delle acque «non minerali». Inoltre, non è realistico tentare di suddividere il territorio nazionale in «corpi idrici» (legge 10 maggio 1976, n. 319; D.C.M. 4 febbraio 1977) senza prevedere che tra essi possano avvenire interscambi, sia naturali che indotti artificialmente.

In conclusione, si ribadisce il concetto che la gestione delle risorse idriche sotterranee non può essere effettuata con sistemi privi di flessibilità perché, contrariamente a quanto previsto nella legislazione vigente (dello Stato e delle Regioni), le acque sotterranee non vengono «scoperte» e non si trovano in «giacimenti», ma devono essere solo captate in modo ottimale, perché sono risorse limitate e rinnovabili, che fanno parte di un ciclo il quale non deve subire eccessivi turbamenti. È, invece, necessaria, per aree omogenee, la realizzazione di modelli matematici che simulino il comportamento dell'acquifero in relazione ad un piano-acque che, inizialmente impostato anche su dati disomogenei e insufficienti, venga aggiornato per successive approssimazioni attraverso appositi studi e attraverso i dati di esercizio e di controllo degli emungimenti.

10. Conclusioni

Lo studio idrogeologico dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania) è stato condotto con una metodologia basata essenzialmente sulla realizzazione di un unico quadro di riferimento generale, gradualmente aggiornabile in funzione della quantità e della qualità delle informazioni disponibili. L'aggiornamento è stato eseguito, nel corso degli anni, attraverso indagini di dettaglio (legate alla soluzione di problemi strettamente applicativi) e attraverso studi di più ampio respiro.

Il territorio è stato suddiviso in oltre ottanta unità idrogeologiche (fig. 3; tab. 1), alle quali se ne potrebbero aggiungere altre di minore importanza.

Si tratta di una suddivisione che in certi casi rispecchia la realtà territoriale. In altri, invece, è esemplificativa di una realtà idrogeologica molto complessa, della quale sono noti, comunque, i possibili risvolti e le problematiche connesse.

Anche i rapporti esistenti tra le varie unità sono noti. Infatti si conoscono, almeno nelle linee generali, le zone in cui le falde delle diverse strutture sono tamponate efficacemente, le aree in cui esiste alimentazione da una struttura all'altra e, soprattutto, le aree in cui lo spostamento degli attuali equilibri potrebbe consentire l'aumento, l'inversione o l'innescio di travasi di acque sotterranee.

Per quanto riguarda le unità vulcaniche, è stato possibile accertare l'esistenza di una circolazione idrica di tipo radiale, con recapito principale delle acque nei corsi d'acqua (con incrementi di portata diffusi in alveo), o nelle falde delle piane e dei massicci carbonatici adiacenti.

Per quasi tutte le piane quaternarie è stata ricostruita la morfologia della superficie piezometrica, anche se non sempre è stato possibile disporre di dati omogenei. Sono, quindi, note le aree di alimentazione e di drenaggio preferenziali.

Per quanto concerne i massicci carbonatici, le indagini sono state essenzialmente finalizzate alla definizione dei limiti delle singole unità idrogeologiche, alla ricostruzione della struttura e della geometria degli acquiferi, all'individuazione dei probabili «spartiacque sotterranei» e alla ricostruzione delle principali modalità di circolazione idrica sotterranea. Essi, infatti, sono stati oggetto di particolare attenzione, perché si prestano ad una gestio-

ne elastica delle risorse e sono degli immensi serbatoi d'acqua di buona qualità, idonei a sopperire alle necessità idriche delle grandi utenze. A tal proposito basti considerare che le statistiche della FAO indicano, per il carso mediterraneo, un rendimento medio di 1 metro cubo al secondo per 40 chilometri quadrati di bacino di alimentazione e che, nel territorio in studio, detto rendimento è leggermente più elevato [95].

Dall'insieme delle suddette conoscenze è scaturito uno strumento di lavoro che, nella sua complessiva omogeneità e funzionalità, consente di avere una problematica idrogeologica sempre viva e potenzialmente sviluppabile su tutto il territorio. Consente, inoltre, di inquadrare qualsiasi problema in un contesto idrogeologico più ampio ed organico di quello strettamente locale.

Ciò è stato possibile soprattutto perché le esperienze e i dati accumulati su un territorio molto vasto, opportunamente coordinati e interpretati, hanno consentito di fissare alcuni concetti chiave necessari per entrare nel meccanismo che regola la circolazione idrica sotterranea, con particolare riferimento ai massicci carbonatici, che presentavano inizialmente le maggiori incognite.

I vantaggi scaturiti da questo tipo di approccio metodologico sono stati molteplici. Infatti, anche se a diversi livelli di approssimazione, è quasi sempre possibile dare una risposta corretta ai quesiti, che nascono dalle esigenze legate alla realizzazione di un corretto piano di utilizzazione delle risorse idriche.

A tal proposito, basti considerare la possibilità di valutare le risorse disponibili su singole porzioni di territorio; la conoscenza dei probabili limiti delle aree di alimentazione delle principali sorgenti e falde; la conoscenza dei principali versi di deflusso delle falde e, conseguentemente, di eventuali sostanze inquinanti; la conoscenza dei rapporti esistenti tra unità idrogeologiche diverse; la conoscenza delle aree di drenaggio preferenziali delle acque sotterranee; la possibilità di captare alcune falde in punti prossimi all'utenza ed a quota alta rispetto a quella di recapito naturale delle acque; la possibilità di utilizzare alcuni acquiferi come serbatoi naturali di compenso; la possibilità di alimentare artificialmente alcune falde; la possibilità di ricostruire i circuiti di mineralizzazione delle acque; la possibilità di tenere sotto controllo e prevedere gli effetti di importanti squilibri idrogeologici legati all'attività dell'uomo, o a fenomeni naturali, quali i terremoti, ecc.

In conclusione, si può affermare che il bilancio dei risultati finora ottenuti è sostanzialmente positivo, specie se si considerano gli importanti risvolti pratici connessi alle conoscenze acquisite. Essi, infatti, non solo si sono dimostrati indispensabili per il raggiungimento di molti obiettivi del progetto speciale n. 29, ma sono risultati utili alle Regioni per la redazione dei piani di risanamento delle acque.

Attualmente, gli studi continuano con indagini che, generalmente impostate per risolvere problemi particolari, comporteranno un automatico aggiornamento del quadro di riferimento generale.

A biblioteca
di interesse idrologico

Bibliografia di interesse idrogeologico

1. Accordi B., Angelucci A., Avena G.C., Bernardini F., Boni C.F., Bruno F., Cercato M., Coppola B., Fiore G., Funicello R., Giglio G., La Monica G.B., Lupia Palmieri E., Mattioli B., Parotto M. (1969) - *Idrogeologia dell'alto bacino del Liri (Appennino centrale)*. Geologica Romana, n. 8, Roma.
2. Algranati S.P. (1955): *La captazione delle sorgenti Sant'Antuono per l'alimentazione idrica dei comuni consorziati di Polla, Caggiano, Pertosa, Sant'Arzenio, San Pietro al Tanagro e Salvitelle in provincia di Salerno*. Geotecnica, n. 11-17, Milano.
3. A.N.A.S.-COGEFAR (1980): *Gran Sasso - Il traforo autostradale* (a cura di Carrara G., Catalano P.G., Lunardi P.), Edizioni Grafiche SEFRA, Milano.
4. Anelli V. (1974): *Variante ferroviaria della linea Napoli-Salerno fra le stazioni di Nocera Inferiore e Salerno-Galleria S. Lucia. Costruzione della galleria tra l'imbocco nord e la progr. 4.200*. Ingegneria Ferroviaria, numero speciale, novembre 1974, Roma.
5. Angelucci A., Chimenti M., Pasquini G. (1959). *Nota preliminare su alcune ricerche geologiche e geomorfologiche nella grotta di attraversamento di Pietrasecca (monti Carseolani) e nel suo bacino di alimentazione*. Bollettino della Società Geologica Italiana, n. 78, Roma.
6. Aprea E. (1949): *Il problema idrico dell'isola di Capri*. La Barca, Napoli.
7. Aprile F. (1975): *Risultati preliminari relativi all'indagine geofisica e all'analisi delle prove di portata di uno studio a scopo idrogeologico nella zona della piana di Caiazzo (CE)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 84, Napoli.
8. Association international des hydrogeologues (1961): *Guida all'escursione nella regione dei monti Picentini*. Roma.
9. Association international d'hydrologie scientifique (1962): *A legend for hydrogeological maps*. A.I.H.S., n. 60, Louvain.
10. Augusti S. (1933): *La radioattività delle acque termominerali di Lacco Ameno (Isola d'Ischia)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 45, Napoli.
11. Azienda comunale elettricità ed acque di Roma (1956): *Il piano generale di approvvigionamento idrico del comune di Roma*. Ingegneria Sanitaria, n. 4, Milano.
12. Baj L. (1953): *Normalizzazione dell'approvvigionamento idrico della provincia di Frosinone*. Ingegneria Sanitaria, n. 1, Milano.
13. Baj L. (1956): *La captazione delle sorgenti Val San Pietro (Frosinone) per l'acquedotto omonimo*. Ingegneria Sanitaria, n. 4, Milano.
14. Baj L., Tartaglia G. (1964): *Contributo alla conoscenza delle caratteristiche delle acque sotterranee della piana Pontina - Zona Campodiarne di Aprilia*. Ingegneria Sanitaria, n. 12, Milano.
15. Baj L., Tartaglia G. (1968): *Il piano di normalizzazione idrica (per usi igienico-potabili) della piana Pontina*. Tecnica e Mezzogiorno, 7, Roma.
16. Baj L., Tartaglia G. (1970): *L'approvvigionamento idrico della piana pontina all'inizio degli anni settanta*. Cassa per il Mezzogiorno, Roma.
17. Baj L., Tartaglia G. (1973): *Le risorse idriche del Lazio con particolare riferimento all'area di intervento della Cassa per il Mezzogiorno*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.

N.B.

I riferimenti alla presente bibliografia sono indicati tra parentesi quadra nel corso del testo.

Con l'asterisco sono indicati gli studi di maggiore interesse eseguiti, in tutto o in parte, nell'ambito dell'attività del progetto speciale n. 29.

Per la bibliografia geologica si rimanda a [84] ed agli altri studi eseguiti nell'ambito dell'attività del progetto speciale n. 29.

18. Baldi P., Cameli G.M., D'Argenio B., Oliveri Del Castillo A., Pescatore T., Puxeddu M., Rossi A., Toro B. (1976): *Geothermal research in western Campania (southern Italy) a revised interpretation of the Qualiano - Parete structure*. Atti dell'internazionale congress thermal waters, Geothermal energy and vulcanism of the mediterranean area, Atene.
19. Baldi P., Ferrara G.C., Panichi C. (1975): *Geothermal research in western Campania (southern Italy). Chemical and isotopic studies of thermal fluides in the Campi Flegrei*. 2° Symposium on the development and use of geothermal resources, San Francisco.
20. Barberi F., Innocenti F., Luongo G., Nunziata C., Rapolla A., Ricci A., Scandone P. (1979): *Analysis and synthesis of the geological, geophysical and volcanological data about the neapolitan area and its geothermal potentiality*. EUR 6386, n. 2.
21. Barbier E., Burgassi P.D., Calamai A., Cataldi R., Ceron P. (1970): *Relationships of geothermal conditions to structural and hydrogeological features in the Roccamonfina region (northern Campania, Italy)*. Symposium on the development and use of geothermal resources, 2, Pisa.
22. (*) Bartolomei C., Celico P., Emsellem Y., Mangano F., Pecoraro A., Del Treste A., Verney D. (1981): *Les modèles intégrés de ressources*. Atti del 12th Course: «Operation of complex water resource systems». School of water resources management. Erice (Trapani).
23. (*) Bartolomei C., Celico P., Pecoraro A. (1980): *Ipotesi di alimentazione artificiale della falda di base del massiccio carbonatico dei monti Lepini (Lazio meridionale)*. Atti del 4° Convegno internazionale sulle acque sotterranee, Acireale (Catania).
24. Bassani F., Galdieri A. (1908): *La sorgente minerale di Valle di Pompei*. Atti dell'Accademia delle scienze fisiche e matematiche, 14, Napoli.
25. (*) Bellucci F., Capasso G., Celico P., Dell'Aversana L., Giulivo I., Santo A., Tescione M. (1982): *Il significato della grotta del Sambuco nella idrogeologia del monte Terminio (Avellino)*. «Notiziario» della sezione di Napoli del Club alpino italiano (in corso di stampa).
26. Beneo E. (1938): *Le sorgenti dell'alto Aniene, nella monografia geologica «Il Tevere»*. Ministero dei lavori pubblici, Servizio idrografico, n. 22, Roma.
27. Beneo E. (1943): *Condizioni geo-idrologiche della zona di Formia*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 62, Roma.
28. Billà G. (1966): *L'Acquedotto pugliese dalle sorgenti del Sele a quelle del Calore*. Italstampa, Bari.
29. Blanc A.C., Conforto B., Di Riccio G., Sappa M. (1961): *Indagine sulle acque sotterranee dell'Agro Romano e Pontino. Prima parte: Agro Romano*. Cassa per il Mezzogiorno, Roma.
30. Boni C.F. (1968): *Utilizzazione delle riserve idriche permanenti per regolare il regime delle sorgenti di trabocco*. Geologica Romana, n. 7, Roma.
31. Boni C.F. (1973): *Lineamenti idrogeologici dell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese (primi risultati della campagna 1970-72)*. Atti del 2° Convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
32. Boni C.F. (1975): *Recherches géologiques et géophysiques* in I.A.H. Commission for Hydrogeology of Karst, *Hydrogeology of Karstic Terrains*, International union of geological sciences, n. 3, Paris.
33. Boni C.F., Bono P. (1973): *Segnalazione di un gruppo di grandi sorgenti nel bacino del fiume Peccia, affluente del Garigliano*. Geologica Romana, n. 12, Roma.
34. Boni C., Bono P., Calderoni G., Lombardi S., Turi B. (1980): *Indagine idrogeologica e geochemica sui rapporti tra ciclo carsico e circuito idrotermale nella pianura Pontina (Lazio meridionale)*. Geologia applicata e idrogeologia, n. 15, Bari.
35. Boni C.F., Bono P., Capelli G., D'Amore F., Lombardi S. (1981): *Nuove osservazioni su idrologia, geochemica e termalismo dell'area albana (Lazio meridionale)*. Atti del II seminario informativo sottoprogetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
36. Boni C.F., Bono P., Capelli G., Funicello R., Lombardi S., Parotto M., Rossi F.M., Ventura G. (1979): *Lineamenti idrogeologici, idrologici ed idrochimici della regione Albana. Primi risultati della campagna 1977-79*. Atti del I seminario informativo sottoprogetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
37. Boni C.F., Bono P., Capelli G., Lombardi S., Parotto M., Ventura G. (1979): *Indagine idrogeologica e geochemica nell'Appennino carbonatico laziale-abruzzese. Primi ri-*

- sultati della campagna 1976-1978. Atti del I seminario informativo sottoprogetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
38. Boni C.F., Bono P., Capelli G., Rossi F.M., Sholl C. (1981): *Tentativo di calcolo del bilancio idrologico nell'area Albana nel periodo ottobre 1978 - settembre 1979*. Atti del II seminario informativo sottoprogetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
 39. Bossola A. (1970): *Le acque sotterranee nell'industrializzazione del Mezzogiorno d'Italia*. Atti del 1° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
 40. Bossola A., Coppa C., Scandellari F. (1973): *Approvvigionamento idrico industriale degli agglomerati meridionali dell'area di sviluppo industriale Roma-Latina*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
 41. Bossola A., Coppa C., Scandellari F. (1975): *Approvvigionamento idrico dell'agglomerato industriale di Anagni nell'area di sviluppo industriale di Frosinone*. Atti del 3° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
 42. Bossola A., Lonigo A. (1975): *Sfruttamento della falda subalvea del fiume Tronto mediante pompe a vuoto per l'approvvigionamento idrico industriale del nucleo di Ascoli Piceno*. Atti del 3° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
 43. Brancaccio L., D'Argenio B., Ferreri M., Metcalf G., Oliveri A., Ortolani F., Pescatore T., Stanzone D., Torre M., Vallario A. (1979): *Prospettive geotermiche e assetto strutturale dell'Appennino meridionale (Campania e Basilicata)*. Istituto di geologia e geofisica dell'Università, Napoli.
 44. Brancaccio L., Civita M., Vallario A. (1973): *Prime osservazioni sui problemi idrogeologici dell'Alburno (Campania)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 82, Napoli.
 45. Bruno G.B. (1906): *Considerazioni sulla migliore utilizzazione delle acque del Serino e delle altre acque comunali*. Atti del Regio Istituto di Incoraggiamento, n. 2, Napoli.
 46. Bruno G.B. (1911): *Le sorgenti della Sanità di Caposele e il loro allacciamento per l'acquedotto pugliese*. Giornale del Genio Civile, n. 49, Roma.
 47. Budetta P. (1978): *Calcolo della portata di piena di un bacino-campione in rocce carbonatiche con il metodo della corrivazione*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, n. 14, Napoli.
 48. Budetta P., Corniello A., de' Medici G.B., de Riso R., Lucini P., Nicotera P., Nota d'Elogio E. (1980): *Il bacino del fiume Tammaro (Campania): geologia, geomorfologia, idrologia, risorse idriche*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, n. 14, Napoli.
 49. Cameli G.M., Rendina M., Puxeddu M., Rossi A., Squarci P., Taffi L. (1975): *Geothermal research in western Campania (southern Italy): geological and geophysical results*. 2° Symposium on the development and use of geothermal resources, S. Francisco.
 50. Camponeschi B., Nolasco F. (1973): *Contributo allo studio idrogeologico della fascia costiera laziale*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
 51. Canavari M. (1928): *Manuale di geologia tecnica*. Arti grafiche Nistri, Pisa.
 52. Capasso P. (1912): *Le acque di Contursi*. Atti dell'11° congresso nazionale di climatologia e terapia fisica, Napoli.
 53. Carbone A., Maddalena L. (1952): *Il lago del Fibreno per la razionale utilizzazione delle acque del bacino del Liri*. Rivista di Economia, n. 10, Frosinone.
 54. Cardi L. (1957): *Carsismo e idrografia sotterranea nella regione di Gaeta*. Atti del 17° congresso di geografia, Bari.
 55. Casoria E. (1893): *L'acqua della nuova sorgente iodica di Sarno (Salerno)*. Annali della regia Scuola superiore di Agraria, n. 4, Portici.
 56. Casoria E. (1895): *Le acque della regione vesuviana*. Annali della regia Scuola superiore di Agraria, n. 6, Portici.
 57. Casoria E. (1898): *L'acqua dell'antica sorgente dello Scraio presso Vico Equense*. Annali della regia Scuola superiore di Agraria, n. 9, Portici.
 58. Casoria E. (1903): *Sui processi di mineralizzazione delle acque in rapporto con la natura geologica dei terreni e delle rocce*. Annali regia Scuola superiore di Agraria, n. 4, Portici.

59. Casoria E. (1909): *Le acque sulfuree-carboniche-bariche di Contursi (Prov. di Salerno)*. Annali regia Scuola superiore di Agraria, n. 9, Portici.
60. Cassa per il Mezzogiorno (1954): *Le ricerche e le utilizzazioni delle acque sotterranee nell'Italia meridionale e nelle isole*. Atti del 2° congresso internazionale delle irrigazioni e delle bonifiche, Algeri.
61. Cassa per il Mezzogiorno (1956): *Acquedotti del sistema campano-molisano: l'acquedotto campano*. Servizio acquedotti e fognature, Roma.
62. Cassa per il Mezzogiorno (1959): *Relazione conclusiva della commissione di consulenza per lo studio della galleria di attraversamento del massiccio del Matese dell'acquedotto campano*. Edizioni Pappagallo, Roma.
63. Cassa per il Mezzogiorno (1967-71): *Studi per la determinazione delle risorse idriche del Lazio meridionale*. Ufficio acquedotti del Lazio - C.M.P., Roma (studio inedito).
64. Cassa per il Mezzogiorno (1974/a): *Studio mediante modello analogico del bacino calcareo della piana Pontina*. Ufficio acquedotti del Lazio - C.M.P., Roma (studio inedito).
65. Cassa per il Mezzogiorno (1974/b): *Modello idrologico delle risorse idriche del sistema Liri-Garigliano-Volturno*. Servizio piani e programmi - C. Lotti e Ass., Roma (studio inedito).
66. Cassa per il Mezzogiorno (1976): *Censimento dei punti d'acqua nella vallata del fiume Volturno (piana di Venafro)*. Ufficio acquedotti della Campania - C.M.P., Roma (studio inedito).
67. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1978/a): *Modello idrologico sulle acque superficiali del fiume Sele*. Progetto speciale n. 29 - S.A.U.T.I., Roma (studio inedito).
68. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1978/b): *Studi e indagini per la definizione e l'utilizzazione ottimale delle risorse idriche delle valli del fiume Tronto e del torrente Tesino*. Progetto speciale n. 29 - Idrotecneco, Roma (studio inedito).
69. Cassa per il Mezzogiorno (1978/c): *Lavori di ricerche idriche e studi per l'alimentazione dell'agglomerato industriale di Anagni*. Ufficio acquedotti del Lazio - C.M.P., Roma (studio inedito).
70. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1978/d): *Indagini geoelettriche per la definizione di alcuni nodi idrostrutturali dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Progetto speciale n. 29 - C.M.P., Roma (studio inedito).
71. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1978/e): *Indagini preliminari conoscitive delle risorse idriche dell'area di intervento del P.S. 29 (Censimento dati idrogeologici)*. Progetto speciale n. 29 - C.M.P., Roma (studio inedito).
72. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1978/f): *Rilievo aereo all'infrarosso termico per l'individuazione di sorgenti sottomarine lungo alcuni tratti di costa del Lazio, Campania, Lucania*. Progetto speciale n. 29 - Aquater, Roma (studio inedito).
73. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1980): *Modello idrologico integrato per la valutazione e l'utilizzazione ottimale delle risorse idriche dei bacini idrografici con foce all'Adriatico, tra i fiumi Vibrata e Foro*. Progetto speciale n. 29 - C.M.P., Roma (studio inedito).
74. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1981/a): *Indagini preliminari e studi per la quantizzazione delle risorse idriche della galleria del Gran Sasso*. Progetto speciale n. 29 - C.M.P., Roma (studio in corso).
75. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1981/b): *Indagini per la realizzazione di un campo pozzi sperimentale per il rimpinguamento delle falde profonde delle piane Pontina e di Fondi*. Progetto speciale n. 29 - C.M.P., Roma (studio inedito).
76. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1982/a): *Indagini e studi per ricerche di acqua ad uso intersettoriale nella piana del Fucino*. Progetto speciale n. 29 - E.R.S.A. - Aquater (studio in corso).
77. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1982/b): *Studi e interventi per la protezione e il ravvenamento delle risorse idriche della valle del Tronto*. Progetto speciale n. 29 - Consorzio idrico intercomunale Piceno - Aquater - Montedison, Roma (studio in corso).
78. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1982/c): *Modello idrologico integrato per la valutazione e l'utilizzazione delle risorse idriche dei bacini idrografici con foce all'Adriatico, tra i fiumi Sangro e Biferno*. Progetto speciale n. 29 - Università de L'Aquila (Facoltà di ingegneria), Roma (studio in corso).

79. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1982/d): *Indagini idrogeologiche integrative sui massicci carbonatici, sulle piane quaternarie e sugli edifici vulcanici dell'agro Pontino*. Progetto speciale n. 29 - Arlab, Roma (studio in corso).
80. (*) Cassa per il Mezzogiorno (1982/e): *Studi e interventi per la valutazione e l'utilizzazione ottimale delle risorse idriche superficiali e sotterranee della piana del Sele*. Progetto speciale n. 29 - Arlab, Roma (studio inedito).
81. Celentani-Ungaro P. (1931): *Effetti del terremoto irpino del 23 luglio 1930 sulle opere dell'acquedotto pugliese*. L'ingegnere, n. 10, Roma.
82. (*) Celico P. (1976/a): *Nuove vedute sulla struttura della piana di Cassino in base a recenti indagini idrogeologiche*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 85, Napoli.
83. (*) Celico P. (1976/b): *Intervento ai «Seminari sulla gestione delle risorse idriche in Campania»*. Facoltà di ingegneria (Istituto di idraulica) dell'Università, Napoli.
84. (*) Celico P. (1978/a): *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 14, Napoli.
85. (*) Celico P. (1978/b): *Osservazioni su alcuni aspetti dell'idrogeologia dei massicci carsici dell'Appennino centro-meridionale; risvolti applicativi e importanza economica*. Atti del seminario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
86. (*) Celico P. (1978/c): *Modificazioni indotte dallo scavo di grandi gallerie nell'equilibrio idrogeologico dei massicci carsici: alcuni esempi nell'Appennino centro-meridionale*. Atti del seminario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
87. (*) Celico P. (1978/d): *Le sorgenti del Torano e del Mareto in «Guida alle escursioni»* del Seminario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
88. (*) Celico P. (1979/a): *Considerazioni sull'idrogeologia di alcune zone dell'Italia centro-meridionale alla luce dei risultati di recenti indagini geognostiche*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 15, Napoli.
89. (*) Celico P. (1979/b): *Legenda idrogeologica ragionata per territori a prevalente componente carsica*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 15, Napoli.
90. (*) Celico P. (1980): *Le sorgenti della piana di Fondi (Lazio meridionale): prime considerazioni idrogeologiche in base al chimismo delle acque*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 89, Napoli.
91. (*) Celico P. (1981/a): *Prima interpretazione degli effetti del terremoto del 23 novembre 1980 sul regime delle principali sorgenti dell'Irpinia (Campania)*. Rendiconti dell'Accademia di scienze fisiche e matematiche, Napoli, (in corso di stampa), pre-print.
92. (*) Celico P. (1981/b): *Relazione tra idrodinamica sotterranea e terremoti in Irpinia (Campania)*. Rendiconti della Società geologica italiana, Roma, (in corso di stampa), pre-print.
93. (*) Celico P. (1981/c): *Metodologia di calcolo e possibilità di utilizzazione dei principali parametri idrodinamici dell'acquifero carbonatico dei monti Lepini (Lazio meridionale)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 16, Napoli.
94. (*) Celico P. (1981/d): *Studi idrogeologici sui massicci carsici dell'Appennino centro-meridionale*. «Notiziario» della sezione di Napoli del Club alpino italiano, n. 30, Napoli.
95. (*) Celico P. (1982/a): *Le risorse idriche sotterranee dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Idrotecnica (in corso di stampa).
96. (*) Celico P. (1982/b): *La falda idrica dei monti di Venafro: ipotesi di captazione e possibili ripercussioni sul regime idrologico delle sorgenti*. Bollettino della Società dei Naturalisti, Napoli (in corso di stampa).
97. (*) Celico P. (1982/c): *Brevi considerazioni sul regime idrogeologico delle sorgenti che alimentano la città di Napoli*. «Notiziario» della sezione di Napoli del Club alpino italiano, (in corso di stampa).
98. (*) Celico P., Bartolomei C., Pecoraro A. (1980/a): *Rapporti fra struttura e idrogeologia in alcuni massicci carsici dell'Abruzzo: risultati di alcune indagini geognostiche*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 89, Napoli.

99. (*) Celico P., Bartolomei C., Pecoraro A. (1980/b): *I massicci carbonatici limitrofi alla piana di Fondi (Lazio meridionale): circolazione idrica sotterranea e possibilità di utilizzazione dell'acquifero come serbatoio naturale di compenso*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 89, Napoli.
100. (*) Celico P., Bartolomei C., Pecoraro A., Russo D. (1980): *Vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche dell'area di intervento del P.S. 29 - relazione preliminare*. Progetto speciale n. 29 (studio inedito).
101. (*) Celico P., Civita M. (1976): *Sulla tettonica del massiccio del Cervialto (Campania) e le implicazioni idrogeologiche ad essa connesse*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 85, Napoli.
102. (*) Celico P., Civita M., Corniello A. (1977): *Idrogeologia del margine nord-orientale della conca Campana (massicci dei Tifatini e del monte Maggiore)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 13, Napoli.
103. (*) Celico P., Civita M., Macchi A., Nicotera P. (1977): *Il sistema idrogeologico dei monti calcareo-dolomitici di Salerno: idrodinamica, riserve globali e loro degradazione a seguito dello scavo della galleria ferroviaria S. Lucia*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 13, Napoli.
104. (*) Celico P., Corniello A. (1978): *Carta della vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche sotterranee della penisola Sorrentina (Campania)*. Atti del convegno «Sorrento per la tutela dell'ambiente», Sorrento (Napoli).
105. (*) Celico P., Corniello A. (1979): *Idrodinamica, potenzialità e possibilità di sfruttamento delle risorse idriche sotterranee dei monti Lattari (Campania)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 15, Napoli.
106. (*) Celico P., de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Russo D., Stanzione D., Zenone F. (1980): *Il margine orientale della piana Campana: indagini idrogeologiche e geochimiche*. Periodico di Mineralogia, n. 49, Roma.
107. (*) Celico P., de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Stanzione D. (1979): *Ricerche geotermiche nell'alta valle del fiume Sele (Salerno): indagini idrogeologiche, strutturali e geochimiche*. Atti del I seminario informativo sottoprogetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
108. (*) Celico P., de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Stanzione D. (1982): *Geochimica delle sorgenti mineralizzate della piana di Paestum (Campania-Italia)*. Periodico di Mineralogia, Roma, (in corso di stampa).
109. (*) Celico P., de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Stanzione D., Zenone F. (1979): *La composizione chimica e isotopica delle acque sotterranee dell'alta valle del fiume Sele in relazione alla idrodinamica delle falde*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 15, Napoli.
110. (*) Celico P., de Gennaro M., Ghiara M.R., Stanzione D. (1979): *Le sorgenti termominerali della valle del Sele (Salerno): indagini strutturali, idrogeologiche e geochimiche*. Rendiconti della Società di mineralogia e petrografia, n. 35, Milano.
111. (*) Celico P., de Gennaro M., Ghiara M.R., Stanzione D. (1981): *Variazioni geochimiche nelle acque della valle del Sele dopo l'evento sismico del 23-11-80 in Irpinia*. Rendiconti della Società geologica italiana, Roma, (in corso di stampa), pre-print.
112. (*) Celico P., Del Treste A., Santelia R., Stanganelli V. (1978): *Hydrogeologie et planification des ressources hydriques. Les experiences en cours pour un grand systeme regional de l'Italie du centre-sud*. Atti del Colloque international «Problematique et gestion des eaux intérieures», Liège.
113. (*) Celico P., de Riso R. (1978): *Il ruolo idrogeologico della valle Caudina nella idrogeologia del Casertano e del Sarnese (Campania)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 14, Napoli.
114. (*) Celico P., Mangano F., Monaco L. (1982): *Prove di colorazione nel massiccio carsico del M. Terminio-M. Tuoro (Avellino)*. «Notiziario» della sezione di Napoli del Club alpino italiano (in corso di stampa).
115. (*) Celico P., Russo D. (1981): *Studi idrogeologici sulla piana del Dragone (Avellino)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 90, Napoli.
116. Celico P., Stanganelli V. (1975): *Le ricerche di nuove risorse idriche nelle regioni carsiche campane e molisane*. Atti del 3° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
117. (*) Celico P., Stanganelli V. (1976): *Sulla struttura idrogeologica dei monti di Venafrò (Italia meridionale)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 85, Napoli.

118. (*) Celico P., Stanzione D., de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Russo D. (1979): *Idrogeochimica del vallo di Diano (Salerno)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 88, Napoli.
119. Celico P., de Gennaro M., Ghiara M.R., Nunziata C., Rapolla A., Stanzione D. (1982): *Nota illustrativa alla carta geotermica d'Italia (Campania)*. A cura del Progetto finalizzato energetica del C.N.R. (in corso di stampa).
120. Cestari G. (1969): *Geologia e idrogeologia della piana di Paestum (Salerno)*. Geotecnica, 16, 5, Milano.
121. Chiocchini V. (1972): *Studio idrogeologico di alcune sorgenti tra Letino ed il lago del Matese (Appennino meridionale)*. Bollettino del Servizio geologico d'Italia, 93, Roma.
122. Circolo Speleologico Romano (1963): *Bacini chiusi e fenomeni carsici dei Monti Carseolani. L'inghiottitoio di Luppa*. Notiziario del Circolo speleologico romano, n. 10, Roma.
123. Civita M. (1969/a): *Idrogeologia del massiccio del Terminio-Tuoro (Campania)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 11, Napoli.
124. Civita M. (1969/b): *Valutazione analitica delle riserve in acque sotterranee alimentanti alcune tra le principali sorgenti del Matese (Italia meridionale)*. Memorie della Società dei Naturalisti, supplemento al bollettino n. 78, Napoli.
125. Civita M. (1973/a): *Schematizzazione idrogeologica delle sorgenti normali e delle relative opere di captazione*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 12, Napoli.
126. Civita M. (1973/b): *L'infiltrazione potenziale media annua nel massiccio carbonatico del Matese (Italia meridionale)*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
127. Civita M. (1973/c): *Proposte operative per la legenda delle carte idrogeologiche*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 82, Napoli.
128. Civita M. (1974): *Osservazioni idrogeologiche nel versante sud-occidentale del massiccio del Cervati per la captazione delle sorgenti Fistole del Faraone*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 13, Napoli.
129. Civita M. (1975): *Criteri di valutazione delle risorse idriche sotterranee in regioni carsiche*. Atti del 3° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
130. Civita M. (1976): *Ricerca, sfruttamento e gestione delle risorse idriche sotterranee delle aree interne dell'Appennino meridionale*. Atti del seminario su «Università e territorio: dibattito sulle zone interne dell'Appennino meridionale», Napoli.
131. Civita M., De Masi R., de Riso R., Vallario A. (1970): *Possibilità di rinvenimento di nuove fonti di approvvigionamento idrico nella media valle dell'Isclero e nella bassa valle del Calore (Campania)*. Geologia tecnica, n. 6, Milano.
132. Civita M., de Medici G.B., de Riso R., Nicotera P., Nota d'Elogio E. (1973): *Carta idrogeologica della Campania nord-occidentale e relativa memoria descrittiva*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
133. Civita M., de Riso R., Nicotera P. (1970): *Sulla struttura idrogeologica alimentante le sorgenti del fiume Sarno e le falde pedemontane nella parte sud-orientale della conca Campana*. Atti del 1° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
134. Civita M., de Riso R., Vallano A., De Masi R. (1971): *Idrogeologia del massiccio del Taburno-Camposauro (Campania)*. Memorie della Società geologica italiana, n. 10, Pisa.
135. Civita M., Nicotera P. (1974/a): *The perturbing effect of a rail-road tunnel on the hydrogeological equilibrium of a dolomite structure covering a whole region*. 2nd international congress I.A.E.G., San Paulo, Brazil.
136. Civita M., Nicotera P. (1974/b): *L'avancement des connaissances sur les conditions hydrogeologiques en Campanie (Italie du Sud) dans les dix dernieres années*. Atti del 10° congresso internazionale della International Association Hydrogeologists Montpellier.
137. Clerici E. (1922): *Pozzi trivellati nella regione pontina*. Nuovi annali di mineralogia e agraria, n. 2, Roma.
138. Clerici E. (1924/a): *Ulteriori notizie sui pozzi trivellati nella regione pontina*. Nuovi annali di mineralogia e agraria, n. 4, Roma.
139. Clerici E. (1924/b): *Recenti trivellazioni per ricerca d'acqua nella regione pontina*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 43, Roma.

140. Clerici E. (1935): *Pozzi trivellati nella regione pontina*. Atti dell'Accademia delle scienze Nuovi Lincei, 88, Roma.
141. Colosimo R. (1932): *L'acquedotto di Alatri e Ferentino dalle sorgenti di Capodifiume*. Annali del Ministero dei lavori pubblici, n. 70, Roma.
142. Commission des Communautés Europeennes (1979): *Studio di sintesi sulle risorse in acque sotterranee dell'Italia*. C.M.P., Roma (in corso di stampa).
143. Conforto B. (1955): *Contributo alla conoscenza idrogeologica della fascia costiera laziale*. Geotecnica, n. 2, Milano.
144. Conforto B., Di Riccio G., Sappa M. (1961): *Indagine sulle acque sotterranee dell'Agro Romano e Pontino (parte seconda - Agro Pontino)*. Cassa per il Mezzogiorno, Roma.
145. Consigli V.P. (1958): *Le acque radioattive di Lacco Ameno nella isola d'Ischia*. Centro studi e ricerche sulle terme, Milano.
146. Contarino F. (1888): *Sulle acque sotterranee della città di Napoli*, Giannini editore, Napoli.
147. Coppa C. (1974): *Le utilizzazioni attuali delle risorse idriche del Lazio*. Ingegneria sanitaria, n. 6, Milano.
148. Cortecchi G., Noto P., Panichi C. (1978): *Environmental isotopic study of the Campi Flegrei (Naples, Italy) geothermal field*. Journal of Hydrology, n. 36, Amsterdam.
149. Cortese E. (1894): *Le acque sorgive delle alte valli dei fiumi Sele, Calore, Sabato*. Bollettino del regio comitato geologico italiano, n. 7, Roma.
150. Cotecchia V., Radina C. (1955): *Idrogeologia e sorgenti del comprensorio di bonifica montana dell'alta Irpinia*. Ente di sviluppo, irrigazione e trasformazione fondiaria in Puglia e Lucania, n. 9, Bari.
151. Covello M., Ciampa G. (1967): *Analisi chimica e chimico-fisica dell'acqua della sorgente «Sprudel» di Agnano Terme (Napoli)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 75, Napoli.
152. Covello M., Romano G. (1958): *Analisi chimica e chimico-fisica dell'acqua minerale di Assano*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 66, Napoli.
153. Crema C. (1935): *Considerazioni sull'approvvigionamento idrico di San Felice Circeo*. Atti del 3° congresso nazionale studi romani, Cappelli editore, Bologna.
154. Dall'Aglio M., Tonani F. (1962): *Studio idrogeochimico delle acque superficiali del Lazio*. Notiziario C.N.E.N., 11, Roma.
155. D'Amelio A. (1928): *L'acqua latente nel sottosuolo della città di Napoli*. Annali del Sindacato nazionale degli ingegneri, n. 9, Napoli.
156. Damiani A.V. (1969): *La sorgente di Capo Voltorno in rapporto alle condizioni geoidrologiche e strutturali del monte della Rocchetta e dei monti della Meta*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 78, Napoli.
157. Dati F. (1962): *Una sorgente millenaria. Storia documentata delle antiche terme Nunziante-Manzo di Torre Annunziata*. Tipografia Laurenziana, Napoli.
158. Davide B. (1958): *L'evoluzione idrografica del medio Bussento quale agente genetico del complesso ipogeo*. Studia Speleologica, n. 3, Napoli.
159. Davide B. (1959): *La grotta di Polla, scaricatore pleistocenico del lago del Vallo di Diano*. Studia Speleologica, n. 4, Napoli.
160. De Angelis D'Ossat (1894): *Il pozzo artesiano di Marigliano*. Atti dell'Accademia Gioenia, n. 4, Catania.
161. De Angelis D'Ossat G. (1912): *Le acque dei calcari: le sorgenti di Caposele*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 30, Roma.
162. De Angelis D'Ossat G. (1952): *Sull'utilizzazione idroelettrica della depressione Amplo-Mandrelle a sud del Fucino. Studio geoidrologico*. Bollettino del Servizio geologico d'Italia, n. 71, Roma.
163. De Cindio A. (1947): *Analisi dell'acqua e dei gas di un foro profondo in erogazione spontanea del Fusaro* in Penta F.: *Studi geominerari e geotecnici dal 1941 al 1944*. Atti della Fondazione politecnica del Mezzogiorno, n. 4, Napoli.
164. Deffenu L., Lombardi L., Federici C. (1975): *An introductory note on statistical analysis of physiochemical characteristics of natural waters. Application to some central Apennines spring waters*. Accademia nazionale dei Lincei, Rendiconti della classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, n. 59, Roma.

165. de Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Ortolani F., Stanzione D., Zenone F. (1981): *Ricerche geotermiche nell'Irpinia centrale*. Atti del II seminario informativo sotto-progetto «Energia Geotermica» del C.N.R., Roma.
166. de Gennaro M., Ghiara M.R., Stanzione D. (1982): *Geochemical studies of deep waters at Ischia island (Italy): proposal for a geothermal model* (in corso di stampa).
167. D'Elia E., Mendia L., Rigillo Troncone M. (1974): *Inquinamento dei corpi idrici della Campania: condizioni d'inquinamento del comprensorio del fiume Sarno*. Quaderni dell'Istituto di ricerca sulle acque, n. 1, Roma.
168. D'Elia O. (1950): *Nuove valutazioni chimiche e chimico-fisiche dell'acqua di Stabia*. La clinica termale, n. 3, Roma.
169. de Medici G.B., De Riso R. (1978): *La vulnerabilità potenziale all'inquinamento delle falde idriche dei massicci carsici della Campania*. Atti del seminario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
170. Denozza M. (1907): *Analisi dell'acqua di Cava Scura*. Atti del regio Istituto di incoraggiamento, n. 6, Napoli.
171. Dentice di Accadia R. (1955/a): *Le ricerche idriche sotterranee nell'Italia meridionale e nelle isole: interventi della Cassa per il Mezzogiorno*. Atti dell'8° convegno nazionale di ingegneria, Milano.
172. Dentice di Accadia R. (1955/b): *Le ricerche idriche nel quadro del piano di intervento per il Mezzogiorno in Cassa per il Mezzogiorno - Dodici anni 1950-1962*. Edizioni Laterza, Bari.
173. Dentice di Accadia R. (1965): *La ricerca e l'utilizzazione di acque sotterranee in Italia nell'attuale struttura legislativa e organizzativa*. Atti del convegno sul problema delle acque in Italia, F.A.S.T., Milano.
174. De Paola G. (1939): *Sull'origine della grotta di Pertosa in provincia di Salerno*. Gli Abissi, n. 4, Napoli.
175. D'Erasmo G. (1931): *Studio geologico dei pozzi profondi della Campania*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 43, Napoli.
176. de Riso R. (1973): *Analisi di alcune prove di portata nella falda del substrato carbonatico della piana Campana*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
177. De Vito L. (1977): *Risorse e fabbisogni attuali e futuri della piana Pontina*. Convegno di studio su «L'acqua per la piana Pontina: situazione e prospettive», Latina.
178. Di Nocera S., Nardella A., Rodriguez A. (1972): *Geomorfologia della grotta di Castelcivita*. Atti degli «Incontri internazionali di speleologia», Salerno.
179. Dramis F. (1973): *Caratteristiche idrochimiche delle sorgenti dell'Appennino marchigiano*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
180. Ducci A., Segre A.G. (1954): *Osservazioni geologiche sulle ricerche di acqua recentemente effettuate ad Anacapri (Napoli)*. Giornale del Genio Civile, n. 92, Roma.
181. Ente Nazionale Idrocarburi (1972): *Acque dolci sotterranee (Inventario dei dati raccolti dall'A.G.I.P. durante la ricerca di idrocarburi in Italia)*. E.N.I., Roma.
182. Ercolani E. (1970): *Metodologia di studio idrogeologico in vista di applicazioni pratiche per la gestione ottimale di falde alluvionali*. Atti del 1° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
183. Fiorelli T. (1926): *Cenni sull'andamento delle falde acquifere nel sottosuolo della zona fra Napoli e Pomigliano d'Arco in relazione con la costituzione geologica e la topografia e idrologia superficiale del territorio medesimo*. Annali del Ministero dei lavori pubblici, n. 69, Roma.
184. Fischer E. (1913): *Studio sulle sorgenti di Serino*. Atti del regio Istituto di incoraggiamento, n. 10, Napoli.
185. Formica C. (1965): *L'utilizzazione delle acque nel Matese*. Atti del 14° congresso geografico italiano, Como.
186. Formichi R. (1935/a): *Contributo che danno e che possono ancora dare le acque del sottosuolo allo sviluppo delle colture intensive nel litorale abruzzese tra la Torre di Cerano e la Torre Mucchia*. Atti del 7° congresso nazionale sulle acque sotterranee. Associazione idrotecnica italiana, Bari.
187. Formichi R. (1935/b): *La falda artesianiana di Pescara e dintorni*. Atti del 7° congresso nazionale sulle acque. Associazione idrotecnica italiana, Bari.

188. Fossa D. (1976): *Accumulazione idrica sotterranea e sua regolazione (con particolare riguardo alla piana Alifana)*. Grafica Grillo, Piedimonte Matese.
189. Franchetti C. (1955): *Le cours souterrain du Bussento (Salerno)*. Atti del 1° congresso internazionale di speleologia, Paris.
190. Frosini P. (1935): *Le sorgenti italiane - agro Pontino e bacino di Fondi*. Atti del 7° congresso nazionale sulle acque. Associazione idrotecnica italiana, Bari.
191. Frosini P., Novarese V., Nuccarini R. (1934): *Le sorgenti italiane: agro Pontino e bacino di Fondi*. Ministero dei lavori pubblici - Servizio idrografico, pubblicazione n. 14, Roma.
192. Funicello R., Parotto M. (1968): *Studio idrogeologico del versante meridionale del monte Artemisio*. Geologica Romana, n. 7, Roma.
193. Galantini Novi-Lena E. (1962): *L'acquedotto pugliese in Cassa per il Mezzogiorno: Dodici Anni 1950-1962. Acquedotti e fognature*, Edizioni Laterza, Bari.
194. Garzia L. (1948/a): *Analisi chimica dell'acqua denominata «Vesuviana Nunziata» sorgente in Torre Annunziata (Lido)*. La clinica termale, n. 3, Roma.
195. Garzia L. (1948/b): *L'acqua minerale del pozzo n. 1 del Grande Albergo delle Terme di Porto d'Ischia*. Istituto di chimica biologica, Perugia.
196. Gasperini G. (1930/a): *Considerazioni sul regime termico delle sorgenti di Castellammare di Stabia*. Giornale italiano di scienze idrominerali e climatologiche, n. 1, Roma.
197. Gasperini G. (1930/b): *Sull'origine delle acque minerali di Castellammare di Stabia*. Rivista di idrologia, climatologia e terapia fisica, n. 41, Roma.
198. Gasperini G. (1949): *Tentativo di classificazione genetica delle sorgenti termali italiane*. Memorie dell'Accademia delle scienze, n. 5, Bologna.
199. Giugliano G. (1958-1969): *Indagini per la redazione di un inventario degli efflussi sottomarini in Italia. Primi risultati*. Quaderni di ricerca scientifica, C.N.R., Roma.
200. Gortani M. (1938): *Le acque sotterranee in Italia*. Ministero dei lavori pubblici. Servizio idrografico, pubblicazione n. 18, Roma.
201. Gortani M. (1961): *Il Matese e le acque del Molise*. Natura e Montagna, n. 3, Bologna.
202. Guadagno M. (1924): *Notizie sul pozzo artesiano recentemente trivellato nella piazza S. Maria la Fede in Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 36, Napoli.
203. Guadagno M. (1926): *Il pozzo artesiano della centrale elettrica del Volturno*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 37, Napoli.
204. Guida D., Guida M., Luise D., Salzano G., Vallario A. (1980): *Considerazioni sull'idrogeologia dell'area cilentana (Campania)*. Atti dell'Accademia pontaniana, n. 30, Napoli.
205. Guida D., Guida M., Luise D., Salzano G., Vallario A. (1980): *Idrogeologia del Cilento (Campania)*. Geologica Romana, n. 19, Roma.
206. Hassert K. (1898): *Il presente ed il passato del lago Fucino*. Rivista abruzzese di scienze, lettere e arti, Teramo.
207. Hassert K. (1933): *Der Fuciner See in den Abruzzen und das Erdbeben von Avezzano*. Geogr. Wochen, Halle.
208. Iacobacci A. (1950): *Condizioni geoidrologiche del rilievo monte Tocco-monte Secine a Roccaraso (Abruzzo)*. Bollettino del Servizio geologico d'Italia, n. 72, Roma.
209. Imbo' G. (1939/a): *Misure della radioattività di alcune acque dell'isola d'Ischia*. La ricerca scientifica, n. 6, Bologna.
210. Imbo' G. (1939/b): *Ulteriori misure di radioattività delle acque di Lacco Ameno e di Cetara*. La ricerca scientifica, n. 11, Roma.
211. Imbrici D. (1956): *Terreni superficiali e acque sotterranee della piana del Sele*. Bollettino della Camera di commercio, industria e agricoltura, n. 6, Napoli.
212. Incoronato A., Nardi G., Ortolani F. (1978/a): *Assetto strutturale del margine nord-orientale dei monti Picentini (Campania) e implicazioni idrogeologiche*. Atti del seminario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
213. Incoronato A., Nardi G., Ortolani F. (1978/b): *Assetto strutturale dei massicci carbonatici della Campania meridionale e implicazioni idrogeologiche*. Atti del semi-

- nario internazionale sui processi paleocarsici e neocarsici e loro importanza economica nell'Italia meridionale, Napoli.
214. Incoronato A., Nardi G., Ortolani F. (1978/c): *Assetto strutturale dei massicci carbonatici della Campania meridionale. Implicazioni idrogeologiche*. Rendiconti dell'Accademia di scienze fisiche e matematiche, n. 45, Napoli.
 215. Intonti R. (1939): *Analisi spettrale dell'acqua di Fonte di Fiuggi*. Annali di chimica applicata, n. 36, Roma.
 216. Johnstos-Levis H.J. (1889): *Il pozzo di Ponticelli*. Rendiconti della regia Accademia di scienze, n. 6, Napoli.
 217. Ippolito F. (1940): *Considerazioni idrogeologiche sulle acque minerali di Castellammare di Stabia* in Bisogni G.: *Le sorgenti Vanacore delle Terme Stabiane*. Ed. Municipio di Castellammare di Stabia.
 218. Ippolito F. (1942/a): *Su alcuni pozzi profondi del Napoletano*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 43, Napoli.
 219. Ippolito F. (1942/b): *Studio idrogeologico delle acque del Chiatamone in Napoli*. Atti della Fondazione politecnica del Mezzogiorno, n. 2, Napoli.
 220. Ippolito F. (1949): *La sorgente «Formia» in tenimento di Gragnano (penisola Sorrentina)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 58, Napoli.
 221. Ippolito F. (1950): *Sulle sorgenti termominerali di Contursi in provincia di Salerno*. La ricerca scientifica, 20, Roma.
 222. Ippolito F. (1951): *Considerazioni geologiche sull'approvvigionamento idrico dell'isola di Capri*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 59, Napoli.
 223. Ippolito F., Cotecchia V. (1950): *Su taluni pozzi trivellati nella zona industriale di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 58, Napoli.
 224. Ippolito G., Viparelli C. (1960): *L'acquedotto campano e l'utilizzazione delle acque del Biferno*. Istituto di idraulica e costruzioni idrauliche dell'Università di Napoli.
 225. Labi A.E., Lamaglia E. (1967): *L'acqua nell'industria: problemi di utilizzazione con particolare riguardo agli aspetti idrologici del sottosuolo della Campania*. Calore, n. 12, Milano.
 226. Lambertini D. (1952): *Relazione sull'esame analitico di un'acqua sulfurea, bicarbonata sorgente in territorio del comune di Ailano (Caserta)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 61, Napoli.
 227. Lambertini D. (1957): *Ancora sulle acque artesiane nella zona orientale della città di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 46, Napoli.
 228. Lambertini D. (1960/a): *Relazione sull'esame analitico di un'acqua termominerale rinvenuta in località Arso di Basso (Porto d'Ischia)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 68, Napoli.
 229. Lambertini D. (1960/b): *Le acque sotterranee del sottosuolo di Napoli e dintorni utilizzate a scopo industriale*. Atti del convegno su «Le acque industriali: aspetti tecnologici», Società chimica italiana, Milano.
 230. Lambertini D. (1960/c): *Acque sotterranee nell'ambito del centro urbano della città di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 69, Napoli.
 231. Lambertini D., Cardinale A. (1960): *Le acque delle falde sotterranee della zona a nord della città di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 69, Napoli.
 232. Lambertini D., Esposito A.M. (1961): *Acque del sottosuolo dei Campi Flegrei utilizzate a scopo industriale*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 69, Napoli.
 233. Lambertini D., Meo F. (1951): *Relazione sull'esame analitico delle acque di due pozzi esistenti in località Cetara nel territorio del comune di Forio d'Ischia*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 60, Napoli.
 234. Lambertini D., Mondelli G. (1958): *Relazione sull'esame dell'acqua della sorgente «Pantaniello» nella frazione di Fratte di Salerno*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 66, Napoli.
 235. Lambertini D., Mondelli G. (1960/a): *Controllo analitico delle acque sorgive del Serino*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 68, Napoli.
 236. Lambertini D., Mondelli G. (1960/b): *Relazione sull'esame dell'acqua della sorgente «La Marchesa», in comune di Mercogliano (Avellino)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 68, Napoli.

237. Lambertini D., Mondelli G. (1961/a): *Acque minerali carbonatico-ferruginose esistenti sul territorio del comune di Torre Annunziata*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 69, Napoli.
238. Lambertini D., Mondelli G. (1961/b): *Ricerche idrogeologiche alla base di monte Olivano (Pozzuoli)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 69, Napoli.
239. Lambertini D., Mondelli G. (1962/a): *Relazione sull'esame analitico di un'acqua termale sorgente presso la località «Cava delle Petrelle» in territorio di Sant'Angelo, nell'isola d'Ischia*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 70, Napoli.
240. Lambertini D., Mondelli G. (1962/b): *Relazione sull'esame di un'acqua profonda rinvenuta nella zona litoranea in prossimità del palazzo reale di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 70, Napoli.
241. Lambertini D., Mondelli G. (1962/c): *La sorgente «San Benedetto» nel comune di Montecorvino Rovella (Salerno)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 70, Napoli.
242. Lambertini D., Mondelli G. (1966): *Relazione sull'esame analitico delle acque termominerali esistenti in località «Le Vagnole» nel comune di Mondragone*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 74, Napoli.
243. Lambertini D., Scorza V. (1956/a): *Le acque delle falde sotterranee nella zona sud-orientale della città di Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 64, Napoli.
244. Lambertini D., Scorza V. (1956/b): *Relazione sull'esame dell'acqua di un pozzo artesiano esistente nell'interno del nuovo palazzo del Banco di Napoli, a via Roma (Napoli)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 65, Napoli.
245. Lambertini D., Sersale R. (1960): *Relazione sull'esame analitico di un'acqua termale sorgente presso il lido «Lo Grado» nell'isola d'Ischia*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 68, Napoli.
246. Lapegna U. (1976-77): *La sorgente termominerale dello Scraio nel contesto della piana di Vico Equense - Napoli*. Annuario speleologico della sezione di Napoli del Club alpino italiano, n. 4, Napoli.
247. La Rotonda C., Petrosini G. (1938): *Analisi chimica e chimico-fisica dell'acqua sulfurea di Maiori (Salerno)*. Annali di chimica applicata, n. 28, Roma.
248. Laureti L. (1960): *Nuovi contributi alla conoscenza del corso sotterraneo del Busento (Cilento)*. Bollettino della Società geografica italiana, n. 11-12, Roma.
249. Lazzari A. (1955): *Le condizioni geoidrologiche del bacino del basso Sinello*. Geotecnica, n. 2, Milano.
250. Leonardi P. (1940): *Le «mefite» di Rocca S. Felice nell'Irpinia*. Le Vie d'Italia, n. 46, Milano.
251. Lippi-Boncampi C. (1943): *Il piano calcareo di Arcinazzo in val di Aniene: la terra nera e le acque percolanti. Il loro effetto carsico in parallelo all'azione salutare della Fonte di Fiuggi*. Annali della Facoltà di agraria dell'Università, n. 2, Perugia.
252. Lombardi S. (1975): *Il ruolo dell'idrologia nei confronti del vulcanismo freatico albano*, in Civitelli G., Funicello R., Parotto M.: *Caratteri deposizionali dei prodotti del vulcanismo freatico nei Colli Albani*. Geologica Romana, n. 14, Roma.
253. Macchi A. (1974): *Tecniche adottate per la costruzione sotto la città di Salerno della galleria ferroviaria «Santa Lucia» di Km 10 + 265 per la direttissima Salerno-Napoli*. Ingegneria Ferroviaria, numero speciale, novembre 1974, Roma.
254. Macchi A. (1974): *Geologia e idrologia del territorio interessato dalla galleria ferroviaria S. Lucia di Km 10 + 265 per la direttissima Salerno-Napoli*. Ingegneria Ferroviaria, numero speciale, novembre 1974, Roma.
255. Macchi A. (1975): *Problemi geoidrologici e tecniche speciali per l'esecuzione del traforo ferroviario Salerno-Nocera di Km 10 + 265*. Bollettino dell'Associazione mineraria subalpina, n. 3, Torino.
256. Maddalena L. (1933/a): *Studio geoidrologico delle sorgenti Santuccia e Sonola alle falde orientali del vulcano di Roccamonfina e considerazioni generali sulle acque profonde dei gruppi vulcanici*. Atti della 21ª riunione della Società italiana per il progresso delle scienze, 5, Roma.
257. Maddalena L. (1933/b): *Sopra il primo pozzo artesiano nella pianura di Sulmona*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 52, Roma.
258. Maddalena L. (1933/c): *Studi geoidrologici nel gruppo vulcanico di Roccamonfina*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 52, Roma.

259. Maddalena L. (1934): *Il pozzo eseguito dalle Ferrovie dello Stato per il nuovo palazzo postale di Napoli*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 53, Roma.
260. Maddalena L. (1941): *Un'interessante ricerca d'acqua alle falde del vulcano spento di Roccamonfina*. La Tecnica Professionale, n. 4, Roma.
261. Maddalena L. (1950): *Le influenze regolatrici dei grandi massicci calcarei dell'Italia centrale sulla portata delle sorgenti di sfioratore*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 69, Roma.
262. Maglietta M. (1939): *La migliore utilizzazione dell'acqua della sorgente del fiume Biferno per il Molise e il Foggiano*. L'Acqua, n. 17, Roma.
263. Mainolo S. (1953): *Le acque radioattive di Lacco Ameno*. Ed. Pithecusa, Pavia.
264. Malquori G., Susanna V. (1948): *Rappresentazione grafica della composizione delle acque di Castellammare di Stabia*. La clinica termale, n. 1, Roma.
265. Manfredini A. (1956): *Alcuni studi geofisici per la ricerca di acqua eseguiti nell'Italia centrale e meridionale*. Bollettino del servizio geologico italiano, n. 78, Roma.
266. Manfredini A., Manfredini M. (1951): *Contributo allo studio dell'idrogeologia laziale: ricerca idrica presso Sezze-Romano*. Bollettino del servizio geologico italiano, n. 73, Roma.
267. Manfredini M. (1975): *Lineamenti geologici della catena del Gran Sasso d'Italia in AA.VV. «Omaggio al Gran Sasso», Club alpino italiano, L'Aquila*.
268. Manfredini M. (1964): *Schema idrogeologico dell'Abruzzo in Ministero dei lavori pubblici - Servizio idrografico: Le sorgenti italiane - Abruzzo, n. 9, Roma*.
269. Manfredini M. (1967): *Problemi idrogeologici della piana costiera laziale a sud dei colli Albani*. L'Industria Mineraria, n. 2, Roma.
270. Manfredini M. (1969): *Considerazioni idrogeologiche sulla sorgente dell'Acquedotto Pugliese presso Caposele (Avellino)*. Rassegna del Ministero dei lavori pubblici, n. 4, Roma.
271. Manfredini M. (1972): *Studio idrogeologico della piana di Rieti*. Quaderni dell'IRSA, n. 6, Roma.
272. Manfredini M. (1977): *Orientamenti per l'analisi idrogeologica dell'agro Pontino*. Atti del convegno su «L'acqua per la piana Pontina: situazione e prospettive», Latina.
273. Manfredonia G. (1958): *Le Terme Stabiane*. Rassegna del Ministero dei lavori pubblici, n. 5, Roma.
274. Maniscalco A., Pasquini G. (1963): *Note sull'idrologia e il carsismo nel Matese meridionale*. Bollettino della Società geografica italiana, n. 11-12, Roma.
275. Marcheggiano S., Rigo F. (1968): *Studio idrogeologico nella zona del Gran Sasso d'Italia (L'Aquila)*. Geologia Tecnica, n. 15, Milano.
276. Marozzi P. (1934): *L'Acquedotto del Ruzzo in provincia di Teramo*. Le Vie d'Italia, n. 40, Milano.
277. Marotta D. (1938): *Le acque minerali del Lazio in I problemi dell'economia del Lazio*. Istituto studi romani, Roma.
278. Marotta A. (1945): *Le acque solfuree di Castellammare di Stabia*. Edizioni Columella.
279. Marotta A. (1950): *Polimorfismo delle acque di Castellammare di Stabia*. Atti del 1° congresso dell'Associazione medica italiana di idroclimatologia e terapia fisica, Napoli.
280. Marotta D., Sorrentino E. (1935): *Analisi chimica e chimico-fisica dell'acqua minerale della sorgente Valleverde (Abruzzo)*. Annali di chimica applicata, n. 9, Roma.
281. Martelli A. (1975): *Ricerca di acqua sotterranea per i comuni di Ferentino-Alatri*. Atti del 3° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
282. Martinez Y., Carrera P. (1956): *I notabili abbagli sulle origini delle acque delle grotte di Pertosa*. Bollettino della Camera di commercio, industria e agricoltura, n. 8, Salerno.
283. Martini P., Simeoni F. (1973): *Primo contributo alla conoscenza delle sorgenti delle Capore (Rieti)*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
284. Masoni L. (1930): *Sull'idrologia del lago del Matese*. Atti dell'11° congresso geografico italiano, n. 2, Napoli.

285. Maucci W. (1956): *La grotta termale di Acquasanta (Ascoli Piceno)*. Le Grotte d'Italia, n. 1, Trieste.
286. Meo F. (1952/a): *Relazione sull'esame dell'acqua di un pozzo trivellato durante gli scavi di fondazione dei nuovi fabbricati nelle adiacenze della chiesa dei Fiorentini in Napoli*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 61, Napoli.
287. Meo F. (1952/b): *Relazione sull'esame analitico di un'acqua sulfurea, bicarbonata, sorgente in territorio del comune di Ailano (Caserta)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 61, Napoli.
288. Meo F., Scorza V. (1951): *Relazione sull'esame dell'acqua della sorgente «Tre Fontane» in comune di Sepino (Campobasso)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 40, Napoli.
289. Merlano M. (1935): *L'acquedotto del Ruzzo, in provincia di Teramo*. Annali del Ministero dei lavori pubblici, n. 73, Roma.
290. Messina V. (1966): *L'adduzione delle sorgenti del Biferno all'acquedotto campano attraverso l'Appennino*. L'Acqua, n. 44, Roma.
291. Ministero agricoltura e commercio (1892-1914): *Carta idrografica d'Italia e relative memorie illustrative*, Roma.
292. Ministero dell'interno (1940): *Classifica delle acque minerali italiane autorizzate a tutto il 31 dicembre 1939*. Supplemento dell'Annuario sanitario del Regno, n. 2, Roma.
293. Ministero dell'interno (Istituto superiore sanità) (1942): *L'approvvigionamento idrico dell'agro Pontino*. Rendiconti dell'Istituto della sanità pubblica, n. 5, Roma.
294. Ministero dei lavori pubblici (1934): *Le sorgenti italiane - agro Pontino e bacino di Fondi*. Pubblicazione n. 14 del Servizio idrografico, Roma.
295. Ministero dei lavori pubblici (1942): *Le sorgenti italiane - Campania*. Pubblicazione n. 14 del Servizio idrografico, Roma.
296. Ministero dei lavori pubblici (1952): *Le sorgenti Italiane - Molise*. Pubblicazione n. 14 del Servizio idrografico, Roma.
297. Ministero dei lavori pubblici (1963): *Dati caratteristici dei corsi d'acqua italiani*. Pubblicazione n. 17 del Servizio idrografico, Roma.
298. Ministero dei lavori pubblici (1964): *Le sorgenti italiane - Abruzzo*. Pubblicazione n. 14 del Servizio idrografico, Roma.
299. Ministero dei lavori pubblici (1966): *Distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955*. Pubblicazione n. 21 del Servizio idrografico, Roma.
300. Ministero dei lavori pubblici (1968/a): *Precipitazioni medie mensili ed annue e numero di giorni piovosi per il trentennio 1921-1950*. Pubblicazione n. 24 del Servizio idrografico, Roma.
301. Ministero dei lavori pubblici (1968/b): *Piano regolatore generale degli acquedotti*. D.P.R. 02774 del 3-8-1968, Roma.
302. Miraglia L. (1948): *Sorgente «pulsante» del Sammaro (massiccio del Cervati)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 57, Napoli.
303. Mondelli G., Lambertini D. (1967/a): *Acqua minerale rinvenuta nel bacino idrostrutturale del Lucrino*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 78, Napoli.
304. Mondelli G., Lambertini D. (1967/b): *Contributo alla conoscenza delle acque termominerali di Porto d'Ischia*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 78, Napoli.
305. Mondelli G., Lambertini D. (1967/c): *Acqua minerale rinvenuta alle pendici del Somma Vesuvio*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 78, Napoli.
306. Mondelli G., Lambertini D. (1970): *Indagini idrogeologiche nel sottosuolo dell'area di industrializzazione di Napoli (agglomerato di Giugliano)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 78, Napoli.
307. Monjoie A. (1975): *Hydrogeologie du massif du Gran Sasso (Apennin central)*. Colana di pubblicazioni della facoltà di scienze applicate dell'Università, n. 53, Liège.
308. Moretti A., Pannuzo L., Stamponi G., Zattini N. (1965): *Synthese des connaissances géo-hydrologiques des formations calcaires en Italie*. Colloque Hydrogéologie des Roches Fissurées, Dubrovnic.
309. Mouton J. (1970): *Evapotraspirazione reale ed infiltrazione efficace in Italia meridionale*. Atti del 1° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.

310. Mouton J. (1972): *Esquisse hydrogéologique du Quaternaire en Italie centro-méridionale et en Sicile*. Atti del Congress géologie international, Montréal.
311. Mouton J. (1973): *Contributo allo studio delle acque sotterranee del Lazio meridionale*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
312. Mouton J. (1974): *Contribution de la prospection électrique à l'étude des aquifères dans les massifs volcaniques de l'Italie centrale*. International symposium hydrology of volcanic rocks, Lanzarote, islas Canarias.
313. Mouton J. (1977): *Contributo allo studio delle acque sotterranee dell'agro Pontino e Romano*. Convegno di studio su «L'acqua per la piana Pontina: situazione e prospettive», Latina.
314. Nasini A., Porlezza C., Bovalini E. (1931): *Indagini chimiche e chimico-fisiche delle Ferrarelle presso Riardo*. Annali di chimica applicata, n. 21, Roma.
315. Nicotera P. (1953): *Studi di geologia applicata su talune sorgenti del Sannio*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 5, Napoli.
316. Nicotera P. (1959/a): *Rilevamento e indagini geologiche per la captazione delle sorgenti di Sorbo Serpico (Avellino)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 7, Napoli.
317. Nicotera P. (1959/b): *Ricerche idrogeologiche nel distretto di bonifica di Licola-Varcaturò (Napoli)*. Geotecnica, n. 1, Roma.
318. Nicotera P. (1973): *Methods for the study of ground water circulation in carbonate rocks*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
319. Nicotera P., Civita M. (1969/a): *Indagini idrogeologiche per la captazione delle sorgenti S. Marina di Lavorate (Sarno)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 11, Napoli.
320. Nicotera P., Civita M. (1969/b): *Ricerche idrogeologiche per la realizzazione delle opere di presa delle sorgenti Mercato e Palazzo in Sarno (Campania)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 11, Napoli.
321. Nicotera P., Civita M. (1969/c): *Idrogeologia della piana del basso Garigliano (Italia meridionale)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 11, Napoli.
322. Nicotera P., Corniello A. (1977): *Le risorse idriche sotterranee della Campania*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 13, Napoli.
323. Nicotera P., de Riso R. (1969): *Idrogeologia del Vallo di Diano*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 11, Napoli.
324. Nicotera P., Tonnetti G. (1972): *Su una ricerca idrica per l'agglomerato industriale di Giugliano-Qualiano (Napoli)*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 12, Napoli.
325. Nota d'Elogio E. (1979): *Le acque minerali e termali della provincia di Napoli. I Contributo: la zona di Torre Annunziata*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 14, Napoli.
326. Nota d'Elogio E. (1979): *Le acque minerali e termali della provincia di Napoli*. Memorie e Note dell'Istituto di geologia applicata, n. 15, Napoli.
327. Novarese V. (1930): *Trivellazione profonda dell'agro Pontino*. Bollettino del regio ufficio geologico d'Italia, n. 55, Roma.
328. Novarese V. (1931): *Le sorgenti di Formia*. Bollettino del regio ufficio geologico d'Italia, n. 56, Roma.
329. Novarese V. (1934): *Agro Pontino e bacino di Fondi. Geologia e permeabilità dei terreni* in Ministero dei lavori pubblici - Servizio Idrografico: *Le sorgenti italiane*, n. 14, Roma.
330. Novarese V. (1942): *Le sorgenti dell'Amaseno*. Bollettino del regio ufficio geologico d'Italia, n. 67, Roma.
331. Nuccorini R. (1934): *Sulla composizione chimica delle acque di alcune sorgenti* in Ministero dei lavori pubblici - Servizio idrografico: *Le sorgenti italiane*, n. 14, Roma.
332. Nunziata C., Rapolla A. (1981): *Interpretation of gravity and magnetic data in the Phlegrean Fields geothermal area Naples, Italy*. Journal volcanologic geothermics Research, 5, 209-225.
333. Oglialoro A., Bakunin M., Arena F. (1908): *La sorgente minerale di Valle di Pompei. Analisi chimica e batteriologica*. Atti della regia accademia di scienze fisiche e matematiche, n. 14, Napoli.

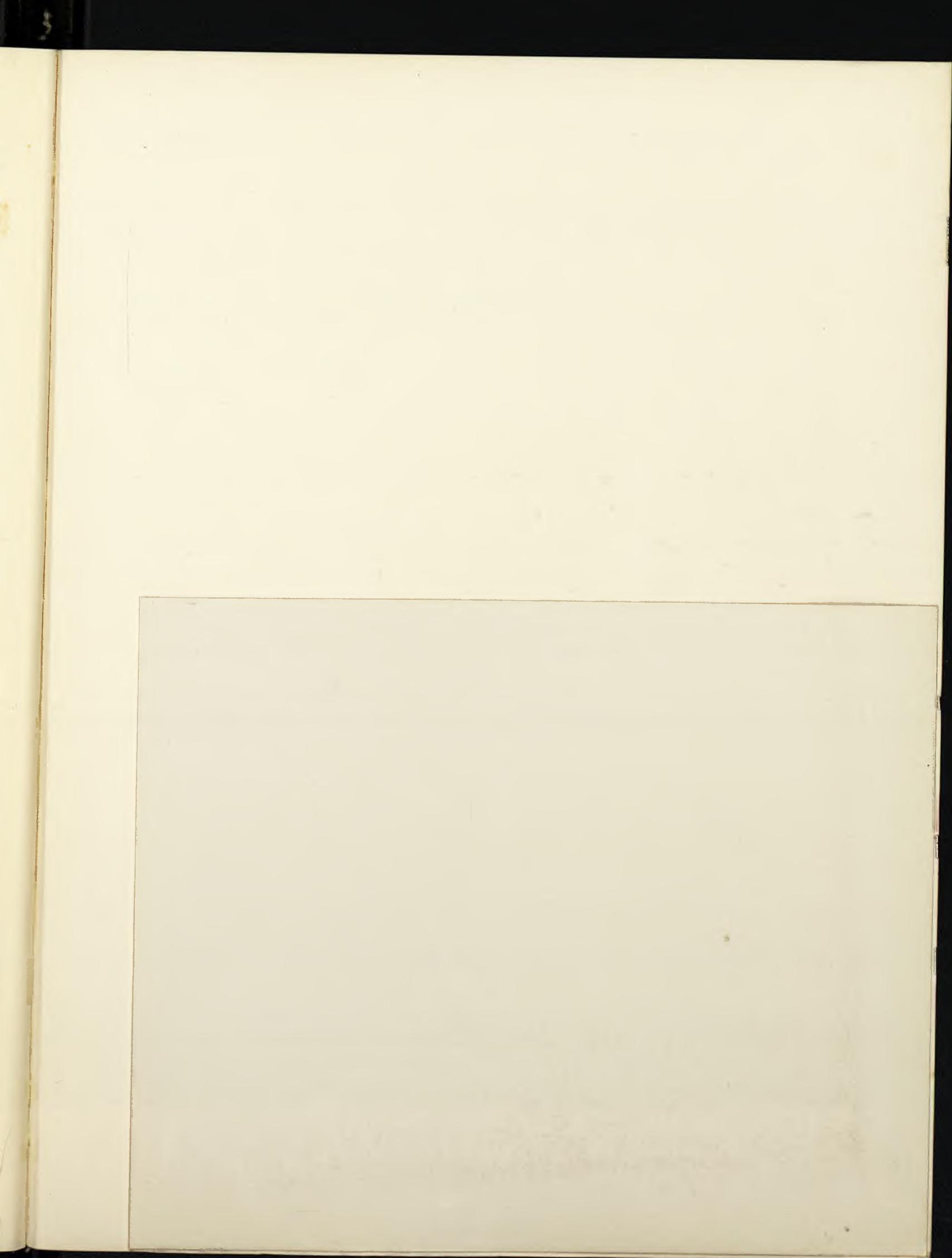
334. Ortolani F. (1974): *Assetto strutturale dei monti Picentini, della valle del Sele e del gruppo di monte Marzano-monte Ognà (Appennino meridionale). Implicazioni idrogeologiche*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 94, Roma.
335. Palmieri P. (1887): *Il pozzo artesiano dell'Arenaccia, del 1880, confrontato con quello del palazzo reale di Napoli, del 1847*. Lo Spettacolo del Vesuvio e dei Campi Flegrei, n. 1, Napoli.
336. Parascandola A. (1937): *Il bacino idrotermale di Lucrino e dell'Averno nei Campi Flegrei*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 48, Napoli.
337. Parascandola A. (1969): *Sguardo alle acque del golfo di Napoli da Castellammare a Cuma*. Atti del 5° congresso internazionale su «Le acque minerali nelle regioni vulcaniche» dell'Associazione italiana di tecnica idrotermale, Agnano Terme.
338. Penta F. (1950/a): *Risultati di sondaggi nelle pianure del Volturno e del Garigliano*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 49, Roma.
339. Penta F. (1950/b): *Risultati di alcune perforazioni nei territori di Rivisondoli e di Pescocostanzo in Abruzzo*. Bollettino della Società geologica italiana, n. 69, Roma.
340. Penta F. (1954): *Ricerche e studi sui fenomeni esalativo-idrotermali ed il problema delle forze endogene*. Annali di geofisica, n. 3, Roma.
341. Penta F. (1961): *Étude schématique géologique et hydrothermale de l'île d'Ischia*. Memorie International Association Hydrogeology, n. 4, Congresso di Roma.
342. Penta F. (1963): *Sulle caratteristiche idrotermogeologiche dell'Isola d'Ischia (Napoli)*. Atti dell'Accademia nazionale dei Lincei, n. 1, Roma.
343. Penta F., Conforto B. (1951/a): *Sulle misure di temperatura del sottosuolo nei fori trivellati in presenza di acqua e sui relativi rilievi freaticometrici in regioni idrotermali*. Annali di geofisica, n. 1, Roma.
344. Penta F., Conforto B. (1951/b): *Risultati di sondaggi e di ricerche geominerarie nell'isola d'Ischia dal 1939 al 1943 nel campo del vapore, delle acque termali e delle forze endogene in generale*. Annali di geofisica, n. 2, Roma.
345. Petot H. (1923): *Progetto di convogliamento delle sorgenti Acquaro e Pelosi*. Bollettino dell'Associazione nazionale ingegneri, Portici.
346. Pistilli G. (1950): *Isola di Capri: il problema dell'approvvigionamento di acqua potabile*. Libreria Lupi, Napoli.
347. Piutti A., Comanducci E. (1912): *Analisi chimica dell'acqua minerale «Minerva» in Torre Annunziata*. Atti della regia Accademia di scienze fisiche e matematiche, n. 15, Napoli.
348. Pizzi G., Suzanne P. (1973): *Ottimizzazione dei prelievi della falda alluvionale del fiume Vomano mediante modelli analogici e matematici*. Atti del 2° convegno sulle acque sotterranee, Palermo.
349. Platania G. (1933): *Radioattività di alcune sorgenti termali di Lacco Ameno (isola d'Ischia)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 45, Napoli.
350. Platania G. (1934): *Le stufe di S. Lorenzo e le fumarole dell'isola d'Ischia*. Atti della 23ª riunione della Società italiana di progresso scientifico, Napoli.
351. Porfirio A., Anelli V. (1973): *Problemi idrogeologici incontrati nello scavo delle gallerie di captazione delle sorgenti del Biferno dell'acquedotto campano e della variante ferroviaria della linea Napoli-Salerno fra Nocera Inferiore e Salerno*. Atti dell'11° convegno di geotecnica, Milano.
352. Porlezza G., Gamba G. (1969): *Considerazioni e indagini sulla composizione delle acque minerali del bacino idrologico di Castellammare di Stabia e recenti ritrovamenti di acque medio minerali. Comunicazione I e II*. Atti del 5° congresso internazionale su «Le acque minerali nelle regioni vulcaniche» dell'Associazione italiana di tecnica idrotermale, Agnano Terme.
353. Postiglione L. (1972): *L'evapotraspirazione potenziale a Scafati nel periodo 1949-1971*. «Il Tabacco», n. 742, Roma.
354. Puntoni V. (1934): *Le acque minerali di Castellammare di Stabia*. Annali d'igiene, n. 44, Roma.
355. Puntoni V. (1948): *Una caratteristica chimica ed una caratteristica biologica delle acque di Castellammare di Stabia*. La Clinica termale, n. 1, Roma.
356. Raffa U., Giuffrida G. (1973): *Alimentazione delle falde attraverso l'alveo dei corsi d'acqua*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.

357. Ragone A. (1973): *Bilancio idrico del massiccio del Terminio*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
358. Ranieri P. (1974): *Le risorse minerarie e idriche dell'Abruzzo*. Iapadre Editore, Pescara.
359. Rebuffat O. (1907): *Dell'acqua Mirtina nell'isola d'Ischia e della costituzione di alcune acque minerali dei Campi Flegrei*. Atti del regio Istituto di incoraggiamento, n. 59, Napoli.
360. Rebuffat O. (1926): *Sulle acque del sottosuolo di Napoli*. Atti del regio Istituto di incoraggiamento, n. 78, Napoli.
361. Rebuffat O., Aloe M., De Robertis A. (1926): *Analisi di alcune acque minerali della zona flegrea*. Atti del regio Istituto di incoraggiamento, n. 78, Napoli.
362. Regione Lazio (1976): *Le risorse idriche del Lazio*. Relazione conclusiva del gruppo di studio coordinato da G. Angelini, Ingegneria Sanitaria, Roma.
363. Regione Molise (1975): *Verifica delle disponibilità e delle utilizzazioni delle risorse idriche nella regione Molise. Indagini sulle risorse idriche sotterranee*. Regione Molise - Tecneco-Idrotecneco, Campobasso (studio inedito).
364. Ricci A. (1948): *Le acque ferruginose bicarbonato-alcaline delle terme del Chiatomone*. La clinica termale n. 1, Roma.
365. Romagnoli C. (1961): *Le acque sotterranee nel territorio occidentale della bonifica di Latina*. Economia Pontina, n. 7, Latina.
366. Rossi E. (1932): *Cenni sulle acque di Napoli. Acque latenti*. Annali di ingegneria n. 5, Napoli.
367. Rossitto G. (1950): *Le sorgenti delle terme stabiane*. Giornale scientifico di medicina, n. 5, Roma.
368. Rotundi L. (1968): *Galleria di valico del Matese per l'acquedotto campano (captazione delle sorgenti del Biferno e prima metà del valico appenninico)*. Rivista tecnica dell'A.N.C.E., Roma.
369. Ruggiero P. (1922/a): *Sulle sorgenti di Serino. Primo contributo agli studi della misurazione dei corsi d'acqua*. Tipografia Società Varese.
370. Ruggiero P. (1922/b): *Alcune osservazioni intorno alle sorgenti di Serino*. Stabilimento Tipografico della Società cartiere centralizzate, Roma.
371. Ruggiero P. (1926): *Risultati di alcune indagini sul regime idrologico del massiccio del Matese*. Annali dei lavori pubblici, n. 5, Roma.
372. Ruggiero P. (1930): *Falde artesiane di Napoli e dintorni*. Atti dell'11° congresso geografico italiano, n. 2, Napoli.
373. Ruggiero P. (1933/a): *Condizioni idriche del sottosuolo nelle zone malariche del basso Volturno e del Sele*. L'Acqua, n. 11, Milano.
374. Ruggiero P. (1933/b): *Ricerche idriche per la valorizzazione agraria del Mezzogiorno*. Annali d'ingegneria, n. 7, Napoli.
375. Ruggiero P. (1935): *Il contributo delle acque sotterranee e sorgentizie alla irrigazione in Campania*. Atti del 7° congresso nazionale sulle acque. Associazione idrotecnica italiana, Bari.
376. Saccardi P., Giannella V. (1955): *Ricerche chimiche e chimico-fisiche sulle sorgenti termali di Acquasanta (Ascoli Piceno)*. Bollettino del Servizio geologico d'Italia, n. 77, Roma.
377. Sacco F. (1943): *Geoidrologia del Serino (Acquedotto di Napoli)*. Bollettino di geologia applicata, n. 5, Milano.
378. Santi B. (1955): *Manifestazioni esalativo-idrotermali dell'isola d'Ischia*. Bulletin Vulcanologique, n. 16, Napoli.
379. Santi B., Di Noi A. (1955): *Sulle manifestazioni esalativo-idrotermali dell'isola d'Ischia*. L'industria mineraria, n. 6, Roma.
380. Scandellari F. (1970): *Situazione idrogeologica del basso corso del fiume Sangro (Abruzzo)*. Atti del 1° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
381. Scarpa O. (1933): *La grande radioattività di alcune acque termali dell'isola d'Ischia*. La ricerca scientifica, n. 11-12, Roma.
382. Scarpa O. (1939): *Sulla radioattività delle acque termali e dei gas delle fumarole dell'isola d'Ischia*. La ricerca scientifica, n. 11, Roma.

383. Selmo L. (1930): *Note idrologiche sul lago del Matese*. L'energia Elettrica, n. 7, Napoli.
384. Servizio Geologico D'Italia (1967-1971): *Note illustrative della carta Geologica d'Italia alla scala 1 : 100.000*. FF. 109, 133-134, 141, 148, 152, 155, 161, 171, 172, 174, 175, 185, 186, 197, 198, 199, 209, 210, Roma.
385. Sgrosso I. (1971): *Alcune considerazioni sulla grotta del Sambuco (Serino-Avellino)*. Annuario speleologico del Club alpino italiano, sezione di Napoli.
386. Signorini R. (1949): *Relazione idrogeologica sull'isola di Capri* in Aprea E. (1950): *Il problema idrico dell'Isola di Capri*. Tipografia G. Barca, Napoli.
387. Sinno R. (1956): *Su alcuni pozzi profondi perforati alla base del Gauro (Campi Flegrei)*. Bollettino della Società dei Naturalisti, n. 64, Napoli.
388. Stegango G., Segre A.G. (1950): *Note geoidrologiche sulle sorgenti della Tornola per l'acquedotto di Bagnoli Irpino*. La ricerca scientifica, n. 20, Roma.
389. Talenti M., Borgioli N. (1948): *L'acqua ipertermale di S. Antonio al Monte (Terme Rosapepe) in Contursi (Salerno)*. Annali di chimica applicata, n. 38, Roma.
390. Talenti M., Ragno A. (1936): *L'acqua minerale sulfurea del laghetto di Fontana Liri inferiore (Frosinone) detto Solfatara*. Annali di chimica applicata, n. 26, Roma.
391. Taramelli T. (1905): *Le sorgenti del Sele e l'acquedotto pugliese dal lato geologico*. Bollettino della Società degli ingegneri e degli architetti italiani, n. 13, Roma.
392. Taricco M. (1935): *L'idrogeologia della regione pontina in relazione all'approvvigionamento idrico dei suoi centri abitati*. Atti del 3° congresso di studi romani, Roma.
393. Tedeschi C. (1971): *Trivellazioni profonde per captazione di acqua industriale: la centrale termoelettrica Napoli Levante*. Rivista italiana di geotecnica, Napoli.
394. Terracciano S. (1976): *Disponibilità ed esigenze delle risorse idriche per l'uso potabile*. Atti del convegno regionale campano Rotary International su «Risorse idriche della Campania: situazione attuale e prospettive future», Napoli.
395. Tissier B. (1976): *Reconnaissance isotopique de l'écoulement souterraine dans un massif carbonaté (Simbruini-Ernici, Italie Centrale)*. These de doctorat, Université P.M. Curie, Paris.
396. Toffoli C., Eudokimoff (1945): *Acque di Roccaraso (Abruzzo)*. Annali di chimica applicata, n. 35, Roma.
397. Unesco (1970): *Légende internationale des cartes hydrogéologiques*. UNESCO/IASH/IAH/Institut of Geology Sciences, London.
398. Viparelli C. (1956): *Bilanci idrologici di alcuni gruppi di bacini impermeabili dell'Italia meridionale e insulare*. L'Acqua, n. 34, Roma.
399. Viparelli C. (1964): *Idrologia applicata all'ingegneria*. Fondazione politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, n. 5, Napoli.
400. Viparelli C. (1967): *Le acque sotterranee*. In «Il sottosuolo di Napoli», vol. 3, Associazione geotecnica italiana, Atti dell'8° convegno di geotecnica, Cagliari.
401. Viparelli C., Viparelli M. (1961): *Possibilità irrigue nella provincia di Avellino*. Amministrazione provinciale, Avellino.
402. Viparelli M. (1973): *Il regime idraulico delle sorgenti di Sorbo Serpico*. Atti del 2° convegno internazionale sulle acque sotterranee, Palermo.
403. Viparelli M. (1978): *Le acque sotterranee ad oriente di Napoli*. Fondazione politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, n. 111, Napoli.
404. Viparelli M., Dentice Di Accadia R. (1961): *Contrôle du bilan d'une nappe souterraine*. Memoire A.I.H., n. 4, Congresso di Roma.
405. Visentin B. (1954): *Alcune caratteristiche relative alle acque che scaturiscono in località Lacco Ameno e sul rispettivo versante dell'Epomeo (isola d'Ischia)*. Rendiconti dell'Istituto di sanità, n. 17, Roma.
406. Visentin B. (1956): *Analisi delle acque termali radioattive della fonte di Santa Restituta (Novissima) in Lacco Ameno*. Collana scientifica, Centro studi Ischia Terme.
407. Visentin B., Oliveto F., Chiostrì E. (1968): *La captazione della sorgente Madonna delle Terme di Castellammare di Stabia*. Atti del 7° Symposium internazionale dell'Associazione italiana di tecnica idrotermale, Castrocaro Terme.
408. Zambonini F., Carobbi G., Cagliotti V. (1925): *Ricerche chimiche e chimico-fisiche su tre acque minerali di Agnano (Napoli)*. Annali dell'Osservatorio Vesuviano, n. 2, Napoli.

Edito a cura
dell'Ufficio Documentazione
della Divisione Stampa e Pubbliche Relazioni
della Cassa per il Mezzogiorno
Roma - 1983

Edito da
la Società Anonima
della Casa per il Mezzogiorno
Roma - 1983



La collana dei «Quaderni» si propone di corrispondere, in forma organica e sistematica, ad una esigenza avvertita e segnalata da più parti: quella di offrire periodicamente all'opinione pubblica ed agli ambienti culturali, politici ed economici, un mezzo per approfondire e completare la conoscenza del patrimonio di esperienze amministrative, scientifiche e tecniche accumulato dalla Cassa per il Mezzogiorno, nel corso della sua attività.

I «Quaderni» ospitano, di volta in volta, studi, ricerche, progetti, dibattiti, consuntivi ed ogni altro contributo scientifico e culturale, direttamente od anche indirettamente connesso agli interventi della Cassa. Con ciò intendendo soddisfare sia le esigenze divulgative, che quelle degli ambienti più specializzati.

In tale quadro, un posto di rilievo è occupato dai «Quaderni» sui progetti speciali, destinati ad offrire al lettore, in forma cronologica, gli elementi più significativi per seguire l'iter programmatico e di attuazione di ciascun progetto.

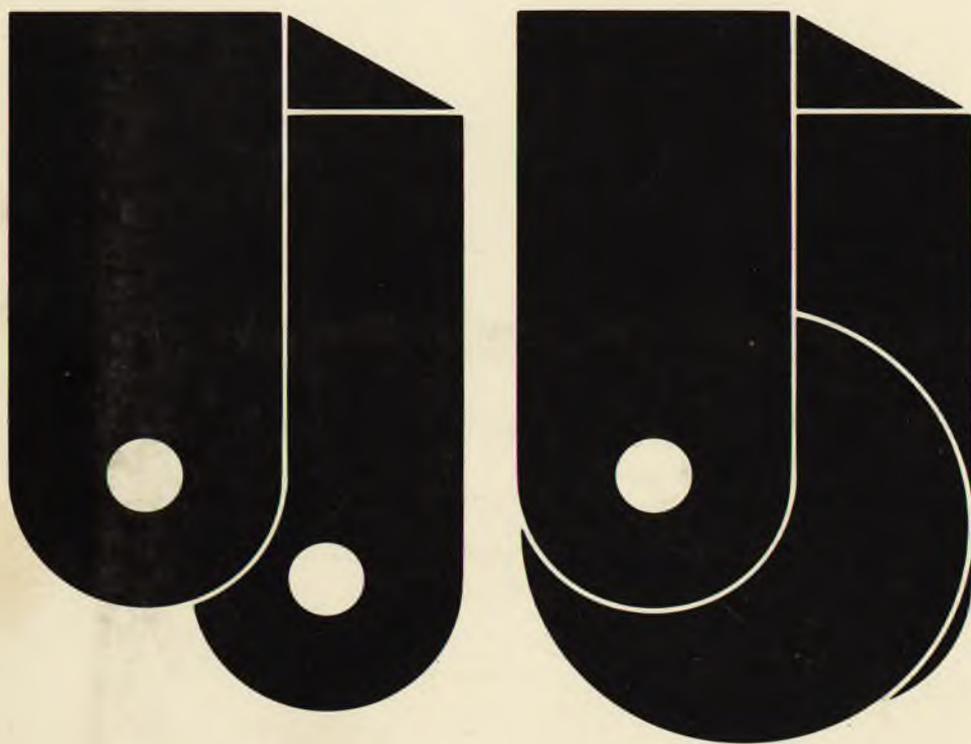
Gli argomenti vengono preliminarmente illustrati, nel loro complesso, in forma semplice e accessibile a tutti.

Segue una seconda parte dove sono riprodotti, nei loro aspetti essenziali, i provvedimenti adottati in sede governativa per indirizzare gli interventi e la documentazione amministrativa e tecnica predisposta dalla Cassa.

In alcuni casi, vengono anche presentati, sotto forma di schede, i dati relativi ai singoli programmi annuali e al loro andamento.

A completamento della documentazione pubblicata, i «Quaderni» contengono, infine, materiale fotografico, cartografie, grafici e tabelle riferiti agli argomenti trattati.

L'allestimento e la diffusione della «Collana» avviene a cura della Divisione Stampa e P. R. della Cassa per il Mezzogiorno.



4/2

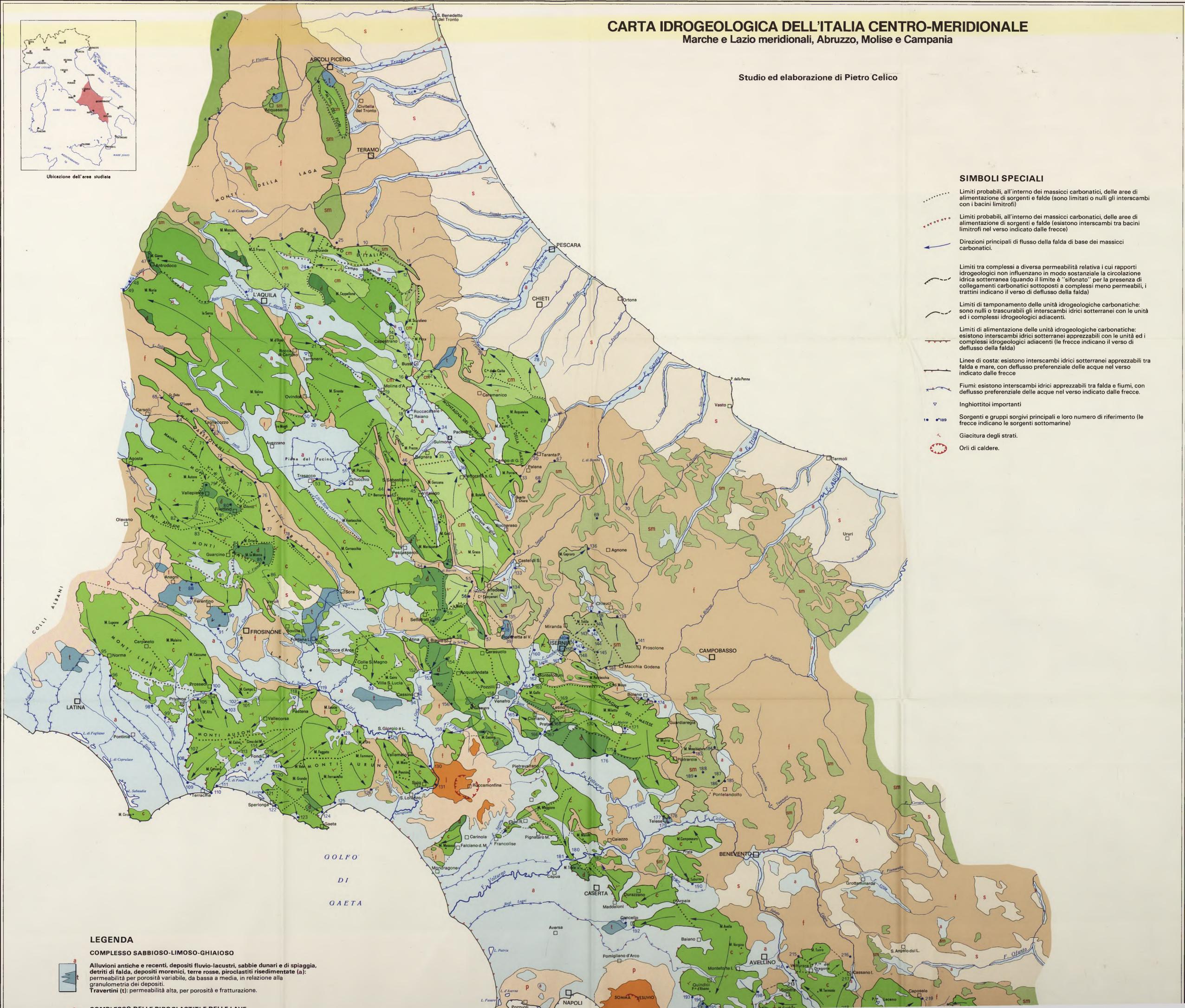
CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ITALIA CENTRO-MERIDIONALE

Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania

Studio ed elaborazione di Pietro Celico



Ubicazione dell'area studiata



SIMBOLI SPECIALI

- Limiti probabili, all'interno dei massicci carbonatici, delle aree di alimentazione di sorgenti e falde (sono limitati o nulli gli interscambi con i bacini limitrofi)
- Limiti probabili, all'interno dei massicci carbonatici, delle aree di alimentazione di sorgenti e falde (esistono interscambi tra bacini limitrofi nel verso indicato dalle frecce)
- Direzioni principali di flusso della falda di base dei massicci carbonatici.
- Limiti tra complessi a diversa permeabilità relativa i cui rapporti idrogeologici non influenzano in modo sostanziale la circolazione idrica sotterranea (quando il limite è "sifonato" per la presenza di collegamenti carbonatici sottoposti a complessi meno permeabili, i trattini indicano il verso di deflusso della falda)
- Limiti di tamponamento delle unità idrogeologiche carbonatiche: sono nulli o trascurabili gli interscambi idrici sotterranei con le unità ed i complessi idrogeologici adiacenti.
- Limiti di alimentazione delle unità idrogeologiche carbonatiche: esistono interscambi idrici sotterranei apprezzabili con le unità ed i complessi idrogeologici adiacenti (le frecce indicano il verso di deflusso della falda)
- Linee di costa: esistono interscambi idrici sotterranei apprezzabili tra falda e mare, con deflusso preferenziale delle acque nel verso indicato dalle frecce
- Fiumi: esistono interscambi idrici apprezzabili tra falda e fiumi, con deflusso preferenziale delle acque nel verso indicato dalle frecce.
- Inghiottitoi importanti
- Sorgenti e gruppi sorgivi principali e loro numero di riferimento (le frecce indicano le sorgenti sotterranee)
- Giacitura degli strati.
- Orli di caldere.

LEGENDA

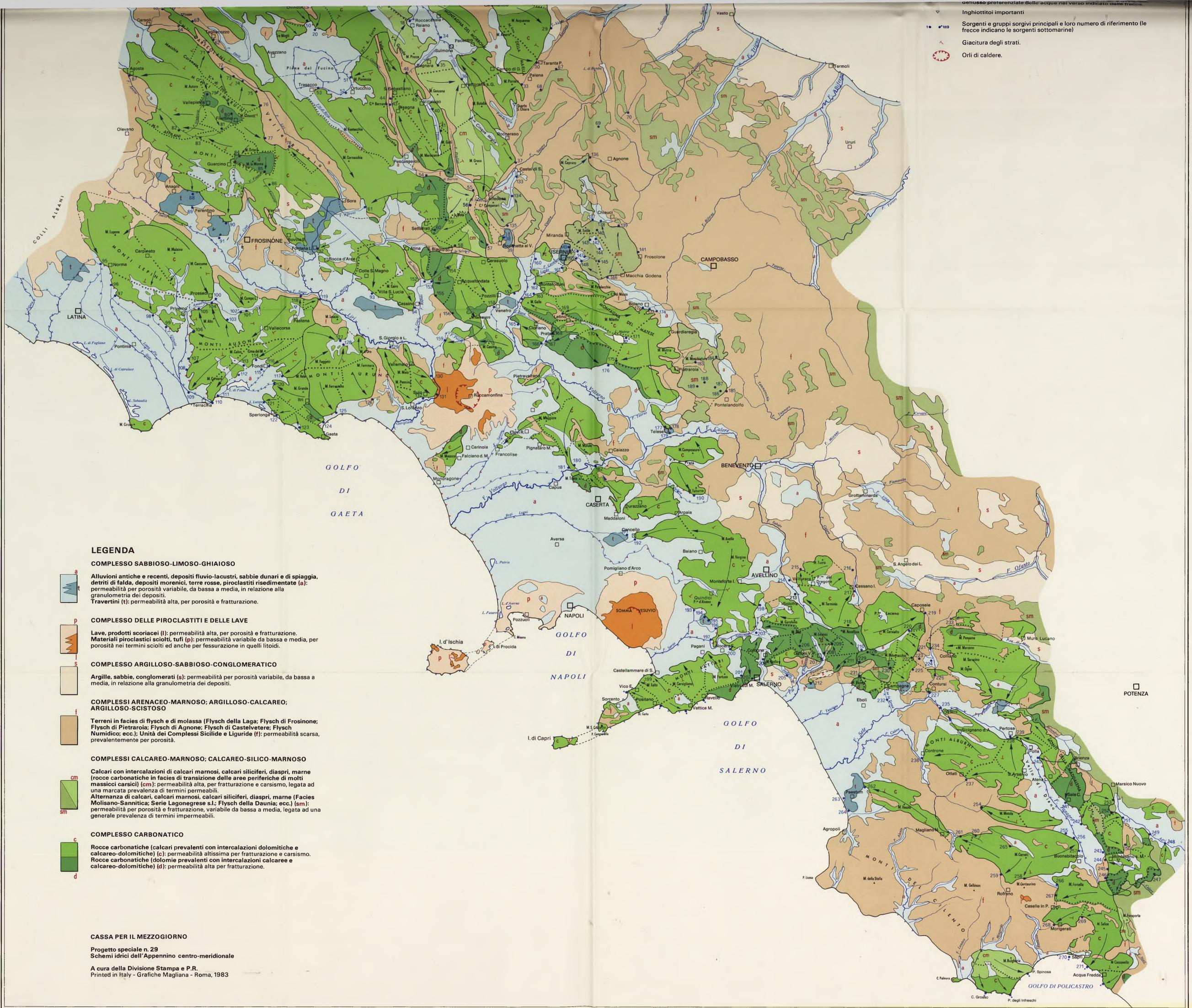
COMPLESSO SABBIOSO-LIMOSO-GHIAIOSO

Alluvioni antiche e recenti, depositi fluvio-lacustri, sabbie dunari e di spiaggia, detriti di falda, depositi morenici, terre rosse, piroclastiti risedimentate (a): permeabilità per porosità variabile, da bassa a media, in relazione alla granulometria dei depositi.
 Travertini (t): permeabilità alta, per porosità e fratturazione.

COMPLESSO DELLE PIROCLASTITI E DELLE LAVI



Inghiottoi importanti
 Sorgenti e gruppi sorgivi principali e loro numero di riferimento (le frecce indicano le sorgenti sotterranee)
 Giacitura degli strati.
 Orli di caldere.



LEGENDA

COMPLESSO SABBIOSO-LIMOSO-GHIAIOSO


 Alluvioni antiche e recenti, depositi fluvio-lacustri, sabbie dunari e di spiaggia, detriti di falda, depositi morenici, torse rosse, piroclastiti risedimentate (a): permeabilità per porosità variabile, da bassa a media, in relazione alla granulometria dei depositi. Travertini (t): permeabilità alta, per porosità e fratturazione.

COMPLESSO DELLE PIROCLASTITI E DELLE LAVE


 Lave, prodotti scorie (l): permeabilità alta, per porosità e fratturazione. Materiali piroclastici sciolti, tufi (p): permeabilità variabile da bassa e media, per porosità nei termini sciolti ed anche per fessurazione in quelli litoidi.

COMPLESSO ARGILLOSO-SABBIOSO-CONGLOMERATICO


 Argille, sabbie, conglomerati (s): permeabilità per porosità variabile, da bassa a media, in relazione alla granulometria dei depositi.

COMPLESSI ARENACEO-MARNOSO; ARGILLOSO-CALCAREO; ARGILLOSO-SCISTOSO


 Terreni in facies di flysch e di molassa (Flysch della Laga; Flysch di Frosinone; Flysch di Pietraroia; Flysch di Agnone; Flysch di Castelvetere; Flysch Numidico; ecc.); Unità dei Complessi Sicilide e Liguride (f): permeabilità scarsa, prevalentemente per porosità.

COMPLESSI CALCAREO-MARNOSO; CALCAREO-SILICO-MARNOSO


 Calcari con intercalazioni di calcari marnosi, calcari siliciferi, diaspri, marne (rocce carbonatiche in facies di transizione delle aree periferiche di molti massicci carsici) (cm): permeabilità alta, per fratturazione e carsismo, legata ad una marcata prevalenza di termini permeabili. Alternanza di calcari, calcari marnosi, calcari siliciferi, diaspri, marne (Facies Molisano-Sannitica; Serie Lagonegrese s.l.; Flysch della Daunia; ecc.) (sm): permeabilità per porosità e fratturazione, variabile da bassa a media, legata ad una generale prevalenza di termini impermeabili.

COMPLESSO CARBONATICO


 Rocce carbonatiche (calcari prevalenti con intercalazioni dolomitiche e calcareo-dolomitiche) (c): permeabilità altissima per fratturazione e carsismo. Rocce carbonatiche (dolomie prevalenti con intercalazioni calcaree e calcareo-dolomitiche) (d): permeabilità alta per fratturazione.

CASSA PER IL MEZZOGIORNO

Progetto speciale n. 29
 Schemi idrici dell'Appennino centro-meridionale

A cura della Divisione Stampa e P.R.
 Printed in Italy - Grafiche Magliana - Roma, 1983