

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMA INVESTIMENTI DIRETTRICE SUD

PROGETTAZIONE:



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI- LECCE-TARANTO

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA POTENZA - FOGGIA - AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2: ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE PL E CONSOLIDAMENTO SEDE.

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

Relazione Geologica, idrogeologica, geomorfologica e sismica

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I A 4 K 4 2 E 6 9 R G G E 0 0 0 5 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	ARES	Nov. 21	F.M.Carli	Nov. 21	G. Lestingi	Nov. 21	M. Comedini Nov. 21

Dott. Geol. Massimo Comedini
Ordine dei Geologi del Lazio
n° 2103

File: IA4K 42 E69 RG GE 0001 001 A.docx

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4	ALLEGATI	8
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	9
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	10
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	11
6.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	14
6.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	15
6.4	GEOLOGIA DEL MONTE VULTURE	16
6.4.1	<i>Caratteristiche stratigrafiche</i>	17
6.4.2	<i>Basamento sedimentario</i>	20
7	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE	22
7.1	GEOMORFOLOGIA DELL' APPENNINO LUCANO.....	22
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	23
8.1	ACQUIFERI.....	23
8.1.1	<i>Acquiferi delle successioni continentali e marine</i>	23
8.1.2	<i>Acquiferi delle successioni di bacino e avanfossa</i>	25
8.1.3	<i>Acquiferi delle successioni carbonatiche</i>	25
8.2	IDROGEOLOGIA DEL MONTE VULTURE.....	26
8.2.1	<i>Caratteristiche climatiche</i>	26
8.2.2	<i>Acquifero vulcanico e condizioni al contorno</i>	27
8.2.3	<i>Pozzi e sorgenti</i>	33
8.2.4	<i>Caratteristiche chimico-fisiche delle acque</i>	34
8.2.5	<i>Vulnerabilità intrinseca</i>	39

9	SISMICITÀ DELL'AREA.....	42
9.1	SISMICITÀ STORICA	45
10	LOTTO 4.....	48
10.1	SETTORE DI INTERVENTO NV08	48
10.1.1	<i>Assetto geologico locale</i>	48
10.1.2	<i>Assetto geomorfologico locale</i>	51
10.1.3	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	53
10.1.4	<i>Sismicità</i>	61
10.1.5	<i>Campagna di indagine</i>	70
11	CONCLUSIONI	73
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	75



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	4 di 79

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di uno studio specialistico svolto ai fini della valutazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni in corrispondenza di specifiche aree di approfondimento prospicienti la linea ferroviaria Foggia-Potenza nell'ambito dell'esecuzione della progettazione definitiva per la realizzazione del cavalcaferrovia NV08 nei comuni di Barile/Rionero in Vulture. In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nelle aree di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA4K</td> <td>42</td> <td>E69RG</td> <td>GE 00 01 001</td> <td>A</td> <td>5 di 79</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	5 di 79
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	5 di 79								

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico. Per completezza di trattazione e per consentire una chiara comprensione ed interpretazione del contesto di riferimento, nelle pagine seguenti, vengono proposti ed esposti i caratteri geologici generali relativi alla tratta ferroviaria Rocchetta S. Antonio-Potenza, sulla linea ferroviaria Foggia-Potenza.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2008) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli *standard* metodologici più diffusi in ambito scientifico.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

**“Progetto: ammodernamento della Linea Potenza-Foggia - Sottoprogetto 2: elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione PL e adeguamenti in galleria”
 PROGETTO PRELIMINARE - 2013**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IAZU 00 R69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IAZU 00 R69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
IAZU 00 R69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche	-
IAZU 00 R69 N3 GE0001 001-3 A	Carta geologica	1:25000

**“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Sottoprogetto 2 - Analisi di rischio geomorfologico delle aree prospicienti la linea ferroviaria Foggia-Potenza”
 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0R 00 D69 G3 GE0001 001-2 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e rischio idrogeologico	1:25000
IA0R 00 D69 G4 GE0001 001-5 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia	1:10000
IA0R 00 D69 WZ GE0001 001-6 A	Profili geologici e sezioni	varie
IA0R 00 D69 G4 GE0003 001-5 A	Carta della pericolosità e rischio da frana	1:10000
IA0R 00 D69 SH GE0003 001 A	Schede aree in dissesto	-

**“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Linea Potenza-Foggia - Ammodernamento – Rilievi e sondaggi funzionali alla successiva fase di progettazione definitiva degli interventi di elettrificazione e/o di messa in sicurezza delle linea ferroviaria”
 ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-
IA0R 00 D69 IG GE0005 001 A	Prove di laboratorio	-
IA0R 00 D69 IG GE0005 002 A	Prove di laboratorio	-
IA0R 00 P69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche	-



**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

**LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	7 di 79

**“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento - Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato,
soppressione P.L. e consolidamento sede”**

PROGETTO DEFINITIVO - 2014

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0X 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0X 00 D69 G3 GE0001 001-3 A	Carta geologica di inquadramento	1:25000
IA0X 00 D69 G6 GE0001 001-11 A	Carta e profilo geologico	varie
IA0X 00 D69 G6 GE0002 001-11 A	Carta e profilo idrogeologico	varie
IA0X 00 D69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
IA0X 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-
IA0X 00 D69 IG GE0005 001 A	Prove di laboratorio	-

**“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato,
soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 4–Rettifiche di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”**

PROGETTO ESECUTIVO - 2018

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4K 42 E69IG GE005 001 A	Indagini geofiche	-
IA4K 42 E69IG GE005 001 A	Prove di laboratorio	
-	Stratigrafie sondaggi	

4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4K 42 E69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:5000/500
IA4K 42 E69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca in corrispondenza della linea ferroviaria Foggia-Potenza, nella tratta Ascoli Satriano-Rionero in Vulture. Essa ricade nei territori dei comuni di Barile e Rionero in Vulture in provincia di Potenza (Figura 1).



Figura 1 – Stralcio di ubicazione su Google Satellite con indicazione schematica del tracciato NV08 (in blu), in scala 1:10000.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 187 (Melfi) in scala 1:100000 e nelle Tavole 187 IV NE (Melfi) e 187 IV SE (Atella) in scala 1:25000. Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Basilicata, negli elementi 452053 e 452054 in scala 1:5000.

Dal punto di vista orografico l'area di studio interessa settori di territorio posti a quote comprese tra circa 250 m s.l.m., in corrispondenza dei versanti sud-orientali del Monte Vulture.

Dal punto di vista morfologico l'area di studio è caratterizzata, dai versanti orientali del Monte Vulture. Sotto il profilo amministrativo, i tratti di linea ferroviaria di intervento sono di competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale (ex AdB della regione Puglia).

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale, compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti che si struttura verso l'Avampaese Apulo a partire dal Miocene inferiore (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

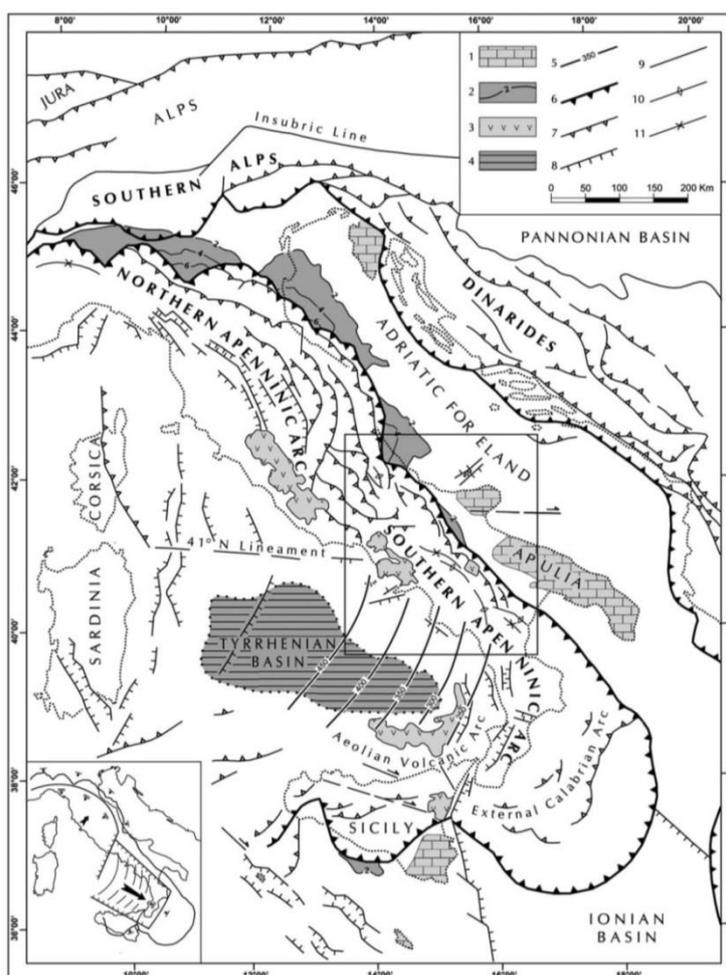


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa dell'Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell'anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell'area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell'Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale (da Patacca & Scandone 2007).

L'assetto tettonico della catena appenninica è schematizzabile attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia

(Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino che di piattaforma, grossomodo corrispondente all'Appennino settentrionale e ai settori interni di quello meridionale, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999).

Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, che invece corrisponde ai settori esterni dell'Appennino meridionale, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007).

Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009). Questo assieme è sovrascorso prima su domini di piattaforma carbonatica e quindi, a partire dal Miocene superiore, si è ulteriormente spostato verso l'esterno coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). Ulteriori eventi compressivi hanno determinato sensibili raccorciamenti nella catena fino al Pleistocene inferiore (Cinque et al. 1993; Mostardini & Merlini 1986).

6.1 Evoluzione geologica

Durante il Mesozoico, il settore Sud-adriatico era caratterizzato dalla presenza di un esteso dominio di piattaforma carbonatica, soggetto ad una persistente e continua subsidenza (Moretti et al. 2011). Tale dominio, comunemente identificato con la Piattaforma Apula, era parte di un'ampia porzione di litosfera continentale di derivazione africana (Promontorio Africano o Microplacca Adriatica), con caratteri tipici di un contesto geodinamico di margine passivo maturo (Bonardi et al. 2009; Moretti et al. 2011).

La Microplacca Adriatica, in corrispondenza del settore pugliese, presenta una struttura piuttosto uniforme, data da un basamento cristallino Variscano ed una copertura sedimentaria spessa circa 6 km (Ricchetti et al. 1988; Bosellini et al. 1993). La successione sedimentaria che copre il basamento presenta i tipici caratteri di un margine passivo ed è caratterizzata, dal punto di vista stratigrafico, da *facies* fluvio-deltizie permo-triassiche (Verrucano), rocce evaporitiche triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica giurassico-cretacica di piattaforma (Moretti et al. 2011).

Il progressivo *block faulting* che ha interessato l'area durante il mesozoico ha portato, quindi, alla strutturazione di un articolato sistema di transizione da margine di piattaforma a bacino, verso Est, e di un esteso bacino intracratonico, verso Ovest (Mostardini & Merlini 1986; Moretti et al. 2011). La successione carbonatica del Calcere di Bari (Giurassico superiore – Cretacico inferiore), in particolare, è costituita da calcari micritici organizzati in associazioni di *facies* riferibili ad ambienti di piattaforma interna, sempre connessi al dominio apulo (D'Argenio 1974). Nel Gargano orientale, invece, i termini di margine (Giurassico superiore – Eocene medio) costituiti da calcareniti oolitico-bioclastiche e da calcari organogeni, insieme agli *apron* carbonatici di pendio e

base pendio (Pavan & Pirini 1965; Bosellini et al. 1993; Graziano 2000), sono l'evidenza della progressiva transizione verso Est ad un ambiente marcatamente bacinale (Moretti et al. 2011).

Tra il Cenomaniano superiore ed il Turoniano, la variazione del regime geodinamico dovuta alle fasi incipienti dell'orogenesi alpina ha portato al progressivo inarcamento della Microplacca Adriatica (*lithospheric buldge*) e all'emersione di estese porzioni della Piattaforma Apula (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011). Inoltre, la presenza dei depositi bacinali dei Calcari di Monte Acuto (Santoniano) ad Ovest della successione di piattaforma interna indica che, almeno fino al Cretacico superiore, le fasi tettoniche distensive hanno interessato la piattaforma carbonatica producendo ulteriori aree bacinali, anche lungo il margine orientale del Gargano (Moretti et al. 2011). La presenza di sottili filoni di rocce ultrabasiche all'interno dei calcari mesozoici testimonia, quindi, la persistenza del regime distensivo almeno fino all'inizio del Terziario.

A partire dall'Oligocene la Microplacca Adriatica entra in collisione con quella Europea, andando in subduzione verso Ovest. Tale variazione del regime geodinamico dell'area determina l'inizio dell'orogenesi Sud-appenninica e, quindi, il conseguente passaggio dell'area pugliese da un contesto di margine passivo ad uno di margine attivo (Moretti et al. 2011). In questo nuovo contesto tettonico, l'area di avampaese stabile è rappresentata dal dominio dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, Moretti et al. 2011), di cui il Gargano rappresenta uno dei più estesi tratti affioranti, insieme alle Murge ed al Salento. L'Avampaese Apulo quindi, individuatosi nel Terziario durante l'orogenesi appenninica, risulta costituito prevalentemente da una regione carbonatica autoctona e poco deformata, che si sviluppa sia in aree emerse che in aree sommerse (D'Argenio et al. 1973; Doucet et al. 1990; Moretti et al. 2011).

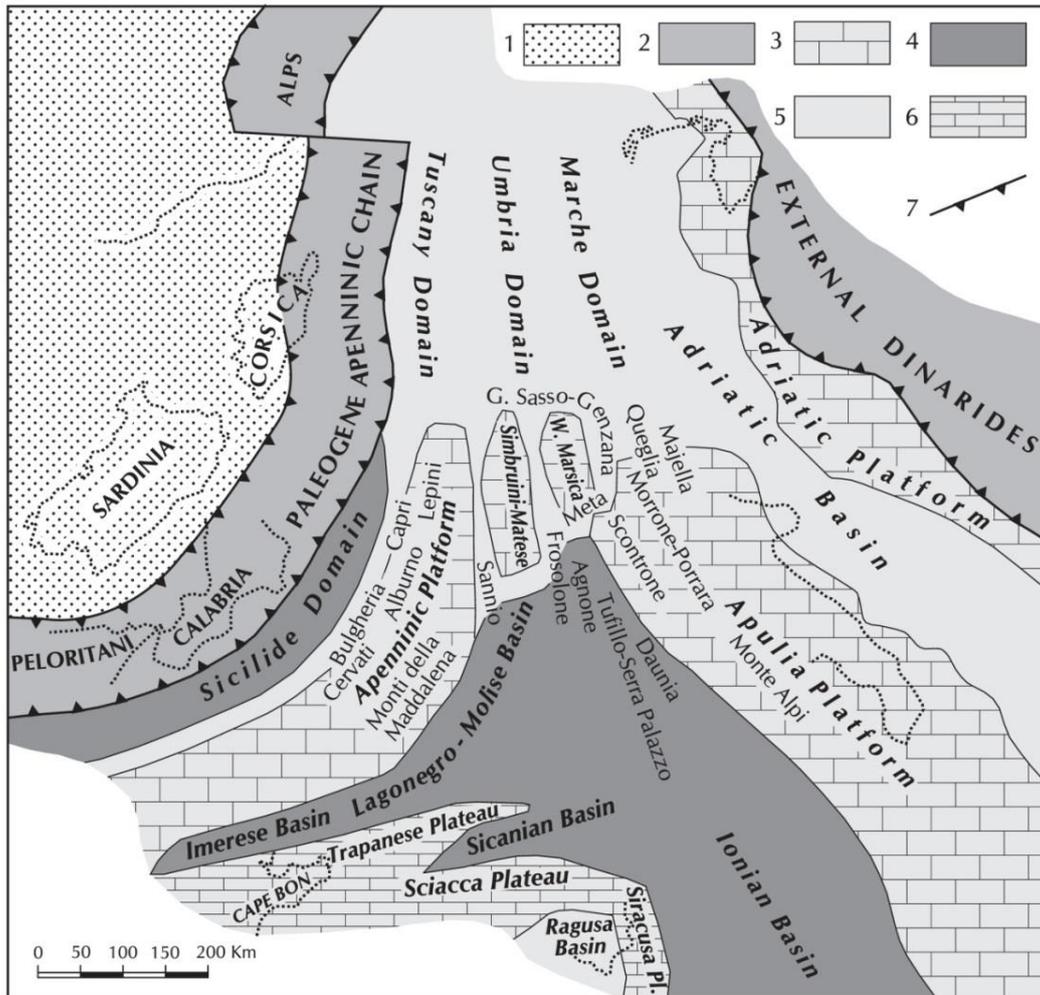


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell’area centro-mediterranea nell’Oligocene superiore, mostrante la distribuzione dei domini dell’Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena (da Patacca & Scandone, 2007).

Dal Miocene al Quaternario, a seguito dell’arretramento della Microplacca Adriatica, il sistema Sud-appenninico migra verso Est coinvolgendo anche l’avanfossa plio-pleistocenica (Dazzaro & Rapisardi 1996; Pescatore et al. 2000), che nel tratto risulta delimitata sia dalla Catena Appenninica che dell’Avampaese Apulo emerso (Ciaranfi et al. 2011; Moretti et al. 2011). Il suddetto arretramento portava, già nel Miocene medio-superiore, alla subsidenza della rampa regionale ed alla conseguente deposizione di unità carbonatiche di mare sottile (Ciaranfi et al. 2011).

L’avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore (Ciaranfi et al. 2011), quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata. Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica (Migliorini 1952), si viene a formare solo dopo la risalita del livello marino alla fine della crisi di salinità del Messiniano, essenzialmente a causa dell’alto strutturale costituito dalle successioni carbonatiche mesozoiche (Moretti et al. 2011).



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	14 di 79

Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese (Ciaranfi et al. 2011). Tale dominio tende a migrare progressivamente verso Est per effetto dell'arretramento e abbassamento della rampa stessa, mentre le falde appenniniche avanzano verso i settori orientali immettendo nel bacino ingenti volumi di depositi clastici (Bigi et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999; Ciaranfi et al. 2011). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999; Ciaranfi et al. 2011), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Moretti et al. 2011).

Lungo il margine orientale della catena, i sedimenti terrigeni derivanti dallo smantellamento dei rilievi alimentavano estesi sistemi costieri in *facies* di spiaggia o delta, progressivamente passanti verso Est ad una sedimentazione marina essenzialmente pelitica (Ciaranfi et al. 2011; Moretti et al. 2011). Nei settori più interni e profondi della Fossa Bradanica, dove gli effetti della subsidenza erano più evidenti, si accumulavano invece spessi depositi torbiditici di natura sabbioso-limosa, che costituiscono la parte basale della successione plio-pleistocenica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Nei settori più esterni dell'avampaese, al di sopra di un substrato carbonatico subsidente, avviene quindi la deposizione di sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali che terrigeni (Calcarenite di Gravina), rappresentati da materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici dell'area garganica (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). Successivamente, con il progressivo approfondimento dell'area, la sedimentazione carbonatica viene sostituita da quella terrigena grazie all'arrivo di ingenti apporti silicoclastici di provenienza appenninica, che vanno a costituire una spessa successione pelitica (Argille Subappennine) diffusa in tutta l'area bradanica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Durante l'ultimo milione di anni, cessano i fenomeni di subsidenza e inizia il sollevamento del bacino di avanfossa e di una parte del dominio di avampaese (Ciaranfi et al. 2011), che porta ad un graduale ritiro del mare e alla conseguente emersione delle aree di sedimentazione plio-pleistoceniche (Demangeot 1965; Ambrosetti et al. 1982; Pizzi 2003; D'Alessandro et al. 2003; Moretti et al. 2011). In particolare, la regressione marina è controllata sia dal continuo sollevamento regionale che dalle numerose oscillazioni eustatiche succedutesi in tale periodo. Durante il Pleistocene medio-superiore si assiste, quindi, sia all'accumulo di depositi costieri ed alluvionali che all'erosione di estesi settori di territorio, con la conseguente formazione di un *pediment* regionale di carattere sia erosivo che deposizionale (Moretti et al. 2011).

6.2 Caratteristiche stratigrafiche

Il settore di studio si colloca nei settori centrali dell'Appennino meridionale, nella zona di transizione tra i domini di catena e quelli di avanfossa (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). Dal punto di vista stratigrafico, i settori di catena sono caratterizzati da spesse successioni marine meso-cenozoiche, variamente giustapposte tra loro a causa dell'importante tettonica compressiva che ha portato alla strutturazione dell'edificio a falde appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). I settori di avanfossa, al contrario, sono contraddistinti da importanti successioni marine e transizionali plio-pleistoceniche, solo parzialmente interessate dai fronti di sovrascorrimento più recenti ed esterni (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011).

In particolare, le successioni sedimentarie del dominio di catena sono riferibili a quattro distinte unità strutturali, di differente provenienza paleogeografica (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007), denominate rispettivamente Unità Sicilide, Unità della Daunia, Unità di Tufillo-Serra Palazzo e Unità del Sannio. Tali unità sono costituite essenzialmente da depositi marini in *facies* di bacino e di scarpata, con un'età compresa tra il Cretacico inferiore e il Miocene superiore (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). La parte bassa delle successioni è sempre costituita da sedimenti pelitici e calcareo-marnosi di mare profondo, con

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA IA4K</p>	<p>LOTTO 42</p>	<p>CODIFICA E69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

locali passaggi di litotipi essenzialmente carbonatici o diasprigni (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Verso l'alto si rinvencono, quindi, depositi di scarpata a composizione prevalentemente arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, sempre passanti a sedimenti argilloso-marnosi e calcareo-marnosi di bacino (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

Le suddette successioni sedimentarie risultano parzialmente ricoperte, in discordanza stratigrafica, da spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Al di sopra di tali terreni si rinvencono estesi depositi di *thrust-top sheet* a composizione prevalentemente arenacea e arenaceo-marnosa e, quindi, sedimenti evaporitici messiniani e terreni caotici composti da olistostromi, frane e olistoliti con differente composizione e provenienza (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007). La sequenza sedimentaria di catena è chiusa, quindi, da depositi pliocenici prevalentemente argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, chiaramente connessi alle ultime fasi di strutturazione dell'edificio appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007).

Durante le fasi terminali di strutturazione della catena, si assiste quindi alla deposizione di spesse successioni silicoclastiche nei settori di avanfossa che si venivano a creare lungo il margine orientale dell'edificio a falde (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). Lungo il margine interno di tale dominio strutturale si realizzano sistemi deposizionali in *facies* deltizia, progressivamente passanti a sistemi di piattaforma esterna-bacino, caratterizzati dalla sedimentazione dei depositi pelitici delle Argille Subappennine (Casnedi 1978; Spalluto & Moretti 2006; Ciaranfi et al. 2011). In corrispondenza dei depocentri del bacino (Casnedi 1988), si accumulano torbiditi terrigeni sabbioso-limose (Balduzzi et al. 1982; Ciaranfi et al. 2011), costituenti la porzione inferiore della successione dell'Avanfossa pliocenico-quadernaria.

Le suddette successioni sono ricoperte, quindi, da sedimenti regressivi di piattaforma e da depositi marini e terrazzati (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996), che testimoniano le fasi di sollevamento del sistema avanfossa-avampaese a partire dal Pleistocene medio. Nei settori più interni, le interazioni fra variazioni cicliche del clima e sollevamento regionale portano inoltre all'accumulo di estesi depositi alluvionali terrazzati, localmente caratterizzati da una porzione basale con caratteri di *facies* di spiaggia (Ciaranfi et al. 2011). Infine, in corrispondenza del margine più orientale della catena, sono localmente presenti spessi prodotti lavici e piroclastici connessi all'attività vulcanica medio-pleistocenica del Monte Vulture (Bonadonna et al. 1998; Giannandrea et al. 2006).

6.3 Caratteristiche strutturali

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica, i settori esterni dell'Appennino meridionale sono caratterizzati da tre importanti fasi deformative (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999), chiaramente connesse con la strutturazione ed il sollevamento della catena a falde (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009):

la **fase compressiva** (Miocene inferiore – Pliocene medio) è contraddistinta dallo sviluppo di sottili ed estesi *thrust sheet* a vergenza orientale, al di sotto dei quali il dominio apulo si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007);

la **fase trascorrente** (Pliocene superiore – Pleistocene inferiore) è caratterizzata da importanti sistemi di faglie ad asse N-S ed E-W, che coinvolgono sia le unità tettoniche superficiali che quelle più profonde, derivanti dalla deformazione del dominio apulo sepolto (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Scrocca & Tozzi 1999);

la **fase estensionale** (Pleistocene medio – Olocene) è contraddistinta da estesi sistemi di faglie normali a direzione circa SW-NE e NW-SE, che hanno portato alla definizione degli attuali assetti geologici ed alla creazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

In particolare, il settore di interesse è caratterizzato dalla presenza di strutture tettoniche riconducibili a tutte e tre le fasi deformative suddette, in quanto posto ricadente a cavallo tra i domini di catena e quelli più propriamente di avanfossa (Ciaranfi et al. 2011). I settori di catena, più interni e meridionali, sono infatti contraddistinti dalla presenza di numerosi sovrascorrimenti e faglie inverse connesse con la tettonica compressiva mio-pliocenica, oltre che da faglie dirette e trascorrenti dovute alla più recente tettonica plio-pleistocenica (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). I settori di avanfossa, più esterni e settentrionali, sono invece caratterizzati da prevalenti strutture normali e trascorrenti ad alto angolo, riferibili alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico di tale dominio strutturale (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006).

6.4 Geologia del Monte Vulture

Il Monte Vulture è uno strato-vulcano di età pleistocenica, situato nel settore nord-orientale della Regione Basilicata. L'edificio vulcanico ricade lungo il margine occidentale dell'Avanfossa Bradanica e, in generale, è connesso con le ultime fasi di strutturazione della Catena Appenninica meridionale (La Volpe et al. 1984; Boenzi et al. 1987; Giannandrea et al. 2004; Schiattarella et al. 2016). Il vulcano si è sviluppato nel periodo compreso tra i 0.73 ed i 0.130 Ma fa (Crisci et al. 1983; Villa 1986; Brocchini et al. 1994; Buettner et al. 2006), anche se il periodo di massima attività è variabile tra 0.80 e 0.58 Ma (Boenzi et al. 1987).

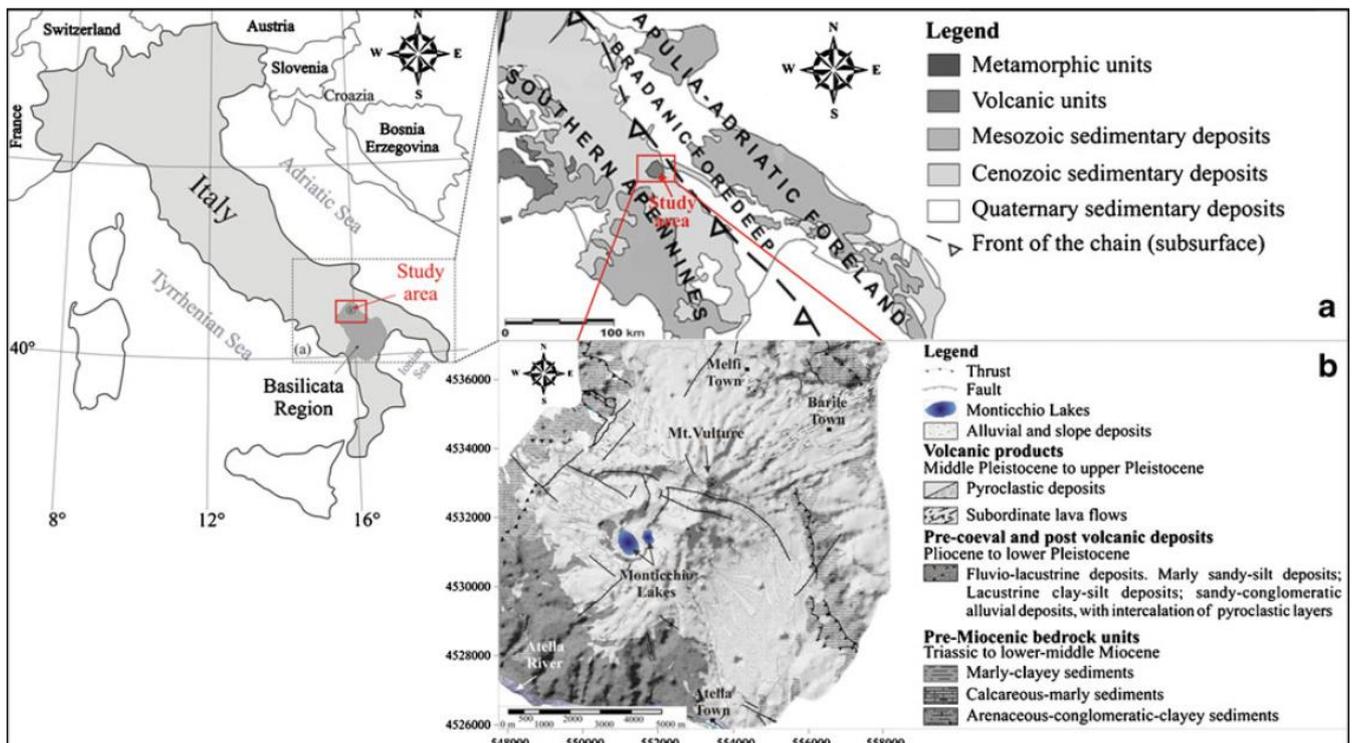


Figura 4 – Inquadramento geologico strutturale e carta geologica schematica del M. Vulture (da Giannandrea et al. 2004, modificata da Parisi et al. 2011).



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	17 di 79

Il vulcano del M. Vulture si differenzia chiaramente dagli altri vulcani della Provincia Co-magmatica Romana, sia per la sua posizione lungo il versante orientale della Catena Appenninica che per la presenza dell'haugna come feldspatoide dominante al posto della leucite (La Volpe & Principe 1989). Inoltre, le lave basiche presentano un rapporto K_2O/Na_2O prossimo a quelle dei magmi della serie HKS e la composizione isotopica dello stronzio è la più bassa tra le vulcaniti ricche in potassio dell'Italia peninsulare (De Fino et al. 1986; La Volpe & Principe 1989; Schiattarella et al. 2016).

6.4.1 Caratteristiche stratigrafiche

L'attività vulcanica del M. Vulture presenta una distribuzione molto irregolare degli episodi eruttivi nel tempo (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016). Tutti gli eventi sono infatti distribuiti in un certo numero di *cluster* (Brocchini et al. 1994; Bonadonna et al. 1998) connessi con l'avvicinarsi di eventi tettonici di importanza regionale (Stoppa & Principe 1998; Stoppa 2003). I primi due stadi evolutivi dell'edificio vulcanico sono raggruppabili nel Supersintema di Monte Vulture, mentre l'ultimo stadio di evoluzione costituisce il Supersintema di Monticchio (Schiattarella et al. 2016).

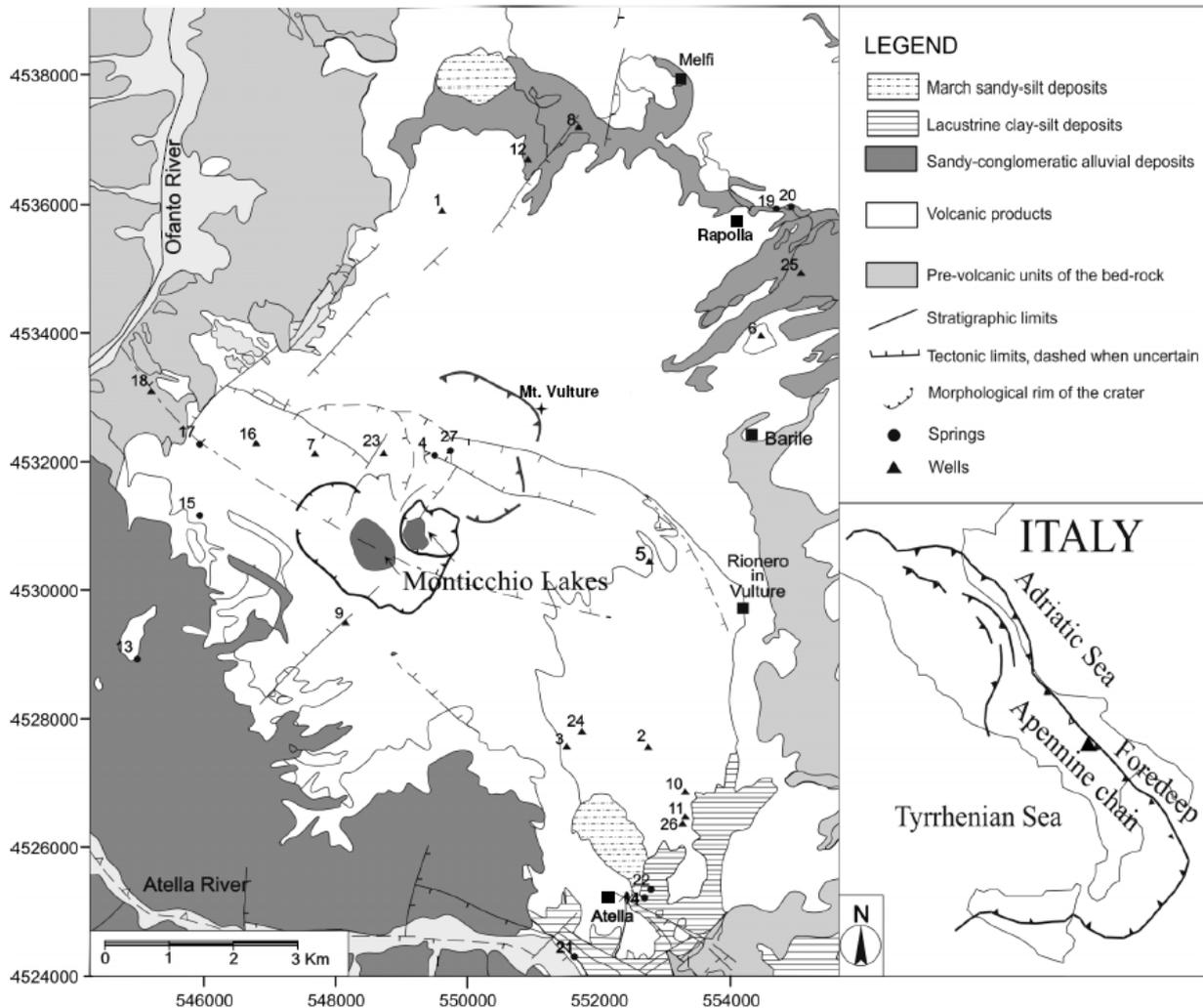


Figura 5 – Carta geologica schematica dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Giannandrea et al. 2004, modificata da Paternoster et al. 2010).

Il primo episodio vulcanico, del Pleistocene medio, è rappresentato dalla messa in posto di filoni intrusi nel basamento sedimentario, nei settori nord-orientali dell'attuale edificio vulcanico (Bonadonna et al. 1998; Schiattarella et al. 2016). Successivamente si formano prima la successione di depositi di caduta con al tetto un flusso piroclastico e, quindi, i depositi ignimbrici presenti in corrispondenza della paleo-fiumara dell'Arcidiaconata, del bacino lacustre di Atella e del versante nord-occidentale dell'edificio vulcanico (Giannandrea et al. 2006; Schiattarella et al. 2016).

Al di sotto dell'edificio di Vulture - San Michele è presente una zona di paleo-basso morfologico riconducibile ad una possibile struttura calderica, probabilmente connessa con l'ultima delle due fasi ignimbriche principali (Giannandrea et al. 2006). La crescita della restante parte del vulcano avviene a partire da questo basso morfologico relativo e dà luogo ad un edificio vulcanico composto (Schiattarella et al. 2016). Alla fine di questa fase si ha la formazione di depositi a forte componente freatomagmatica, che segnano l'inizio dello smantellamento dell'edificio vulcanico (Schiattarella et al. 2016).

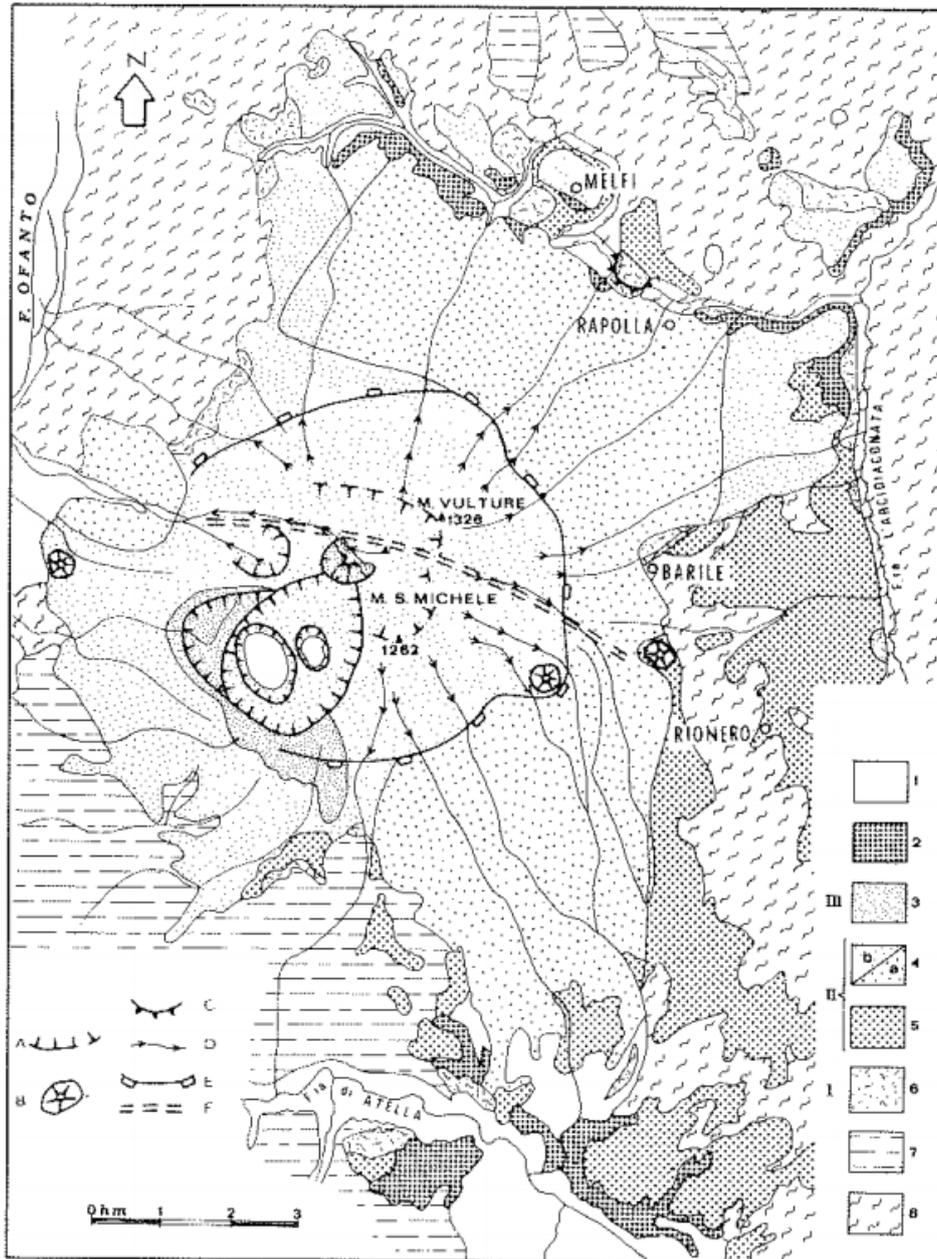


Figura 6 – Carta geologica di dettaglio dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Boenzi et al. 1987): 1) depositi alluvionali recenti e attuali, travertini, 2) depositi limno-vulcanici, 3) prodotti vulcanici del terzo stadio, 4) prodotti vulcanici del secondo stadio (a lahars, b piroclastiti e lave), 5) depositi piroclastici delle fasi iniziali del secondo stadio, 6) prodotti del primo stadio, 7) sedimenti plio-pleistocenici del substrato sedimentario, 8) sedimenti oligo-miocenici del substrato sedimentario.

Il passaggio alla successiva fase di attività vulcanica è marcato da un periodo di relativa inattività protrattosi per circa 70 ka (Schiattarella et al. 2016). Questo periodo è caratterizzato dalla formazione di un esteso paleosuolo e dall'accumulo di spessi depositi epiclastici e travertinosi, oltre che da lave riferibili a due piccoli centri eruttivi

(Schiattarella et al. 2016). In particolare, il paleosuolo che separa le due fasi di attività vulcanica sutura gli elementi tettonici (Schiattarella et al. 2005) che hanno prodotto il ribassamento della porzione meridionale dell'edificio vulcanico (La Volpe et al. 1984; Ciccacci et al. 1999) e il collasso del suo quarto sud-occidentale (Schiattarella et al. 2005; Giannandrea et al. 2006).

Nella seconda fase, l'attività del vulcano è volumetricamente ridotta e risulta caratterizzata da un chimismo melilititico e carbonatico (Stoppa & Principe 1998; Stoppa 2003). Tale attività è rappresentata da piccoli centri di emissione allineati secondo strutture tettoniche di importanza regionale, ad andamento N30°-40° e N120° (Schiattarella et al. 2016). Le datazioni ad oggi disponibili sul centro di emissione più recente fanno risalire la fine di attività a circa 0.130 Ma (Brocchini et al. 1994).

6.4.2 Basamento sedimentario

L'edificio vulcanico del M. Vulture poggia un substrato sedimentario costituito da depositi marini oligo-miocenici e plio-pleistocenici. I depositi oligo-miocenici sono di natura prevalentemente flyschoidi e risultano rappresentati dai termini litologici del Flysch Rosso, delle Argille Varicolori, del Flysch Numidico, della Formazione di Serra Palazzo e della Formazione della Daunia (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016). I depositi plio-pleistocenici sono di natura prevalentemente bacinale e risultano costituiti dai sedimenti del Bacino di Potenza-Tricarico, dal Bacino dell'Ofanto e di Ripacandida e dell'Avanfossa Bradanica (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016).

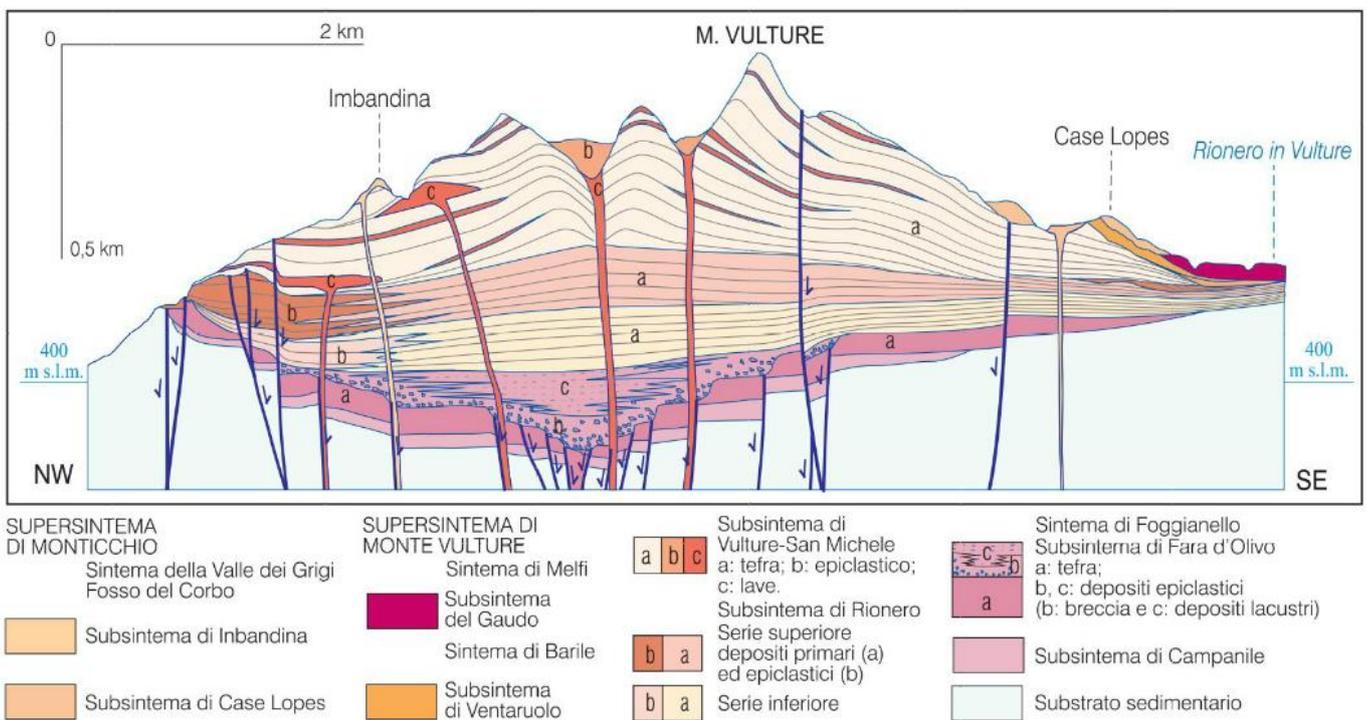


Figura 7 – Schema dei rapporti stratigrafici delle unità vulcaniche e assetto del basamento sedimentario del M. Vulture (da Schiattarella et al. 2016).

I cinematismi legati all'evoluzione della Catena Appenninica hanno generato una serie di dorsali tettoniche orientate con prevalente direzione appenninica, che hanno condizionato l'andamento plano-altimetrico del substrato sedimentario dell'edificio vulcanico. Sul versante orientale del vulcano i contatti col substrato si sviluppano a quote



**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

**LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	21 di 79

medie di circa 300 m s.l.m., mentre sul versante occidentale il basamento sedimentario si rinviene a quote di circa 800 m s.l.m. (Boenzi et al. 1987).

In questo contesto, l'area dei centri abitati di Barile e Rionero in Vulture costituisce una importante anomalia strutturale, in quanto caratterizzata da un substrato sedimentario posto a quote decisamente più elevate dei settori limitrofi. Tale zona è infatti impostata su un'estesa dorsale morfologica ad andamento appenninico (Boenzi et al. 1987), che rialza i termini del substrato oligo-miocenico del substrato fino a quote di circa 600-700 m s.l.m..

Le quote di affioramento del substrato sedimentario hanno risentito fortemente dell'innalzamento isostatico verificatosi in tutta l'area durante l'ultimo milione di anni (Boenzi et al. 1987). L'entità del sollevamento supera i 300 m circa ed è stata stimata in riferimento alla quota di zero della superficie di chiusura del ciclo sedimentario dell'adiacente Avanfossa Bradanica (Rapisardi 1980; La Volpe & Principe 1989).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA4K</td> <td>42</td> <td>E69RG</td> <td>GE 00 01 001</td> <td>A</td> <td>22 di 79</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	22 di 79
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	22 di 79								

7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

La morfologia superficiale del territorio in esame risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, è strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986) che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale. Solo nei settori più meridionali della zona di studio, sono inoltre presenti ulteriori forme e depositi di una certa rilevanza connessi con l'attività vulcanica plio-pleistocenica del Monte Vulture (Bonadonna et al. 1998; Giannandrea et al. 2006).

7.1 Geomorfologia dell'Appennino Lucano

L'Appennino Lucano si sviluppa dalla porzione più settentrionale della Basilicata fino ai rilievi della catena del Pollino, a ridosso del confine con Regione Calabria. Questo settore montuoso non raggiunge altitudini particolarmente elevate e degrada verso Est nell'ampia fascia collinare del Materano, che a sua volta si affaccia sulle aree pianeggianti del Metapontino, della Murgia pugliese e della valle dell'Ofanto (APAT 2007).

Il territorio è caratterizzato da un esteso reticolo idrografico locale, all'interno del quale ricadono alcuni dei corsi d'acqua principali dell'Appennino meridionale, come il Bradano, il Basento, il Cavone, l'Agri e il Sinni (APAT 2007). Questi fiumi, dopo aver attraversato con andamento circa parallelo una parte della regione in direzione NW-SE, sfociano nel Mar Ionio sempre all'interno del settore costiero della Basilicata.

I fenomeni franosi sono generalmente piuttosto frequenti, in particolare nei settori di affioramento di depositi prevalentemente pelitici, anche se non mancano fenomeni di instabilità in roccia in corrispondenza di termini litologici a dominante lapidea (APAT 2007). Tali processi sono generalmente connessi con le scadenti caratteristiche litotecniche dei terreni e col forte approfondimento del reticolo idrografico locale, che svolge un importante ruolo morfodinamico nell'evoluzione geomorfologica dei versanti di tutta l'area in esame.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Il territorio di studio è caratterizzato da una fortissima eterogeneità e complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al complesso assetto strutturale dell'area che alla grande varietà di termini litologici affioranti (Allocca et al. 2007).

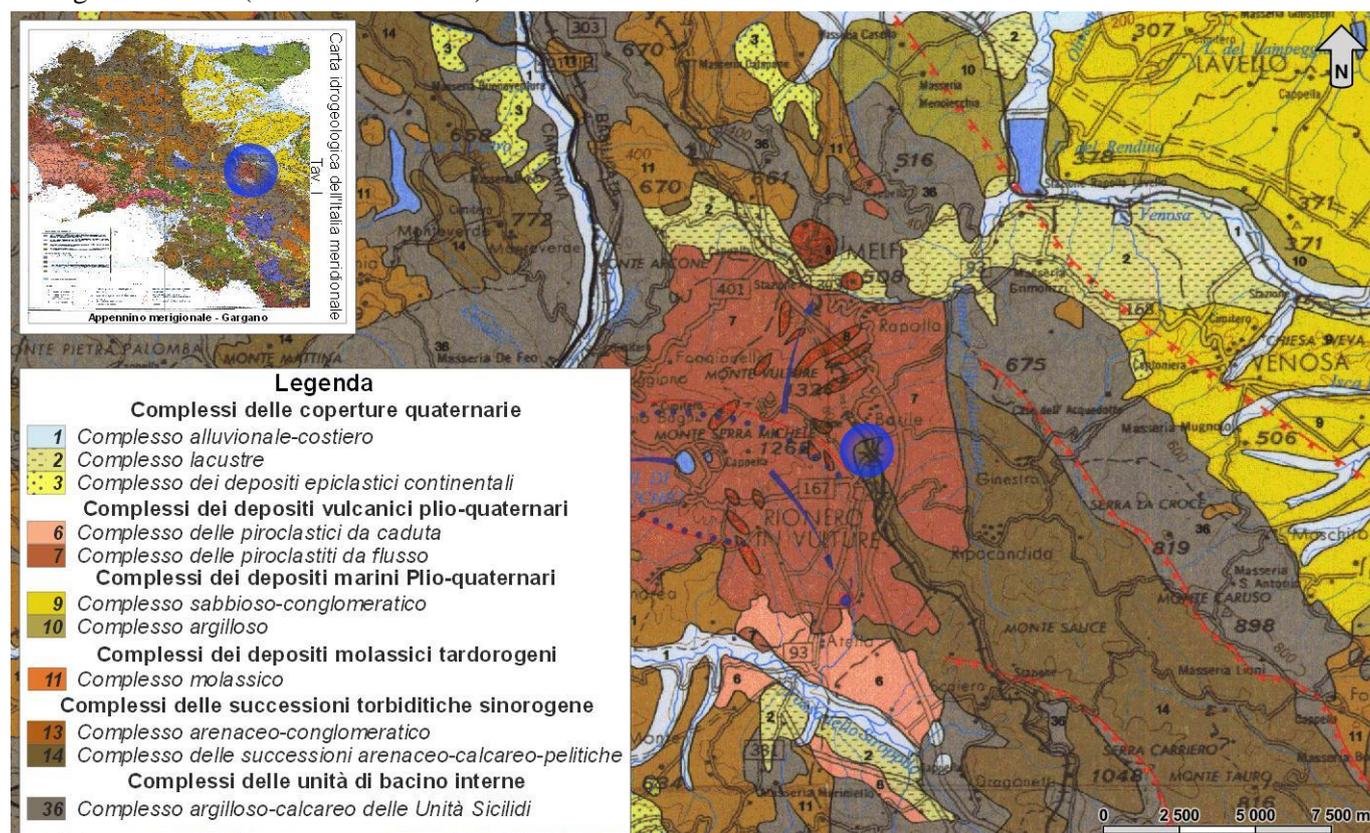


Figura 8 – Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, (da Allocca et al. 2007) in scala 1:250000, dell'area di studio; in colore blu è riportata la tratta ferroviaria in oggetto.

8.1 Acquiferi

In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere raggruppati in tre ambiti idrogeologici principali (Allocca et al. 2007):

- acquiferi delle successioni continentali e marine;
- acquiferi delle successioni vulcaniche;
- acquiferi delle successioni di bacino e avanfossa;
- acquiferi delle successioni carbonatiche.

8.1.1 Acquiferi delle successioni continentali e marine

Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plio-quaternari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi di detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Allocca et al. 2007). Si tratta, ovviamente, di acquiferi di

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 24 di 79

particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Ricchetti et al. 1989; Allocca et al. 2007).

Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Allocca et al. 2007). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Allocca et al. 2007). Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai avuto un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente a questi terreni un carattere eminentemente litoide (Allocca et al. 2007). La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa con le caratteristiche di assortimento granulometrico dei terreni (Celico 1986).

I depositi plio-quadernari che costituiscono questi acquiferi presentano delle particolari caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche, dovute essenzialmente ai processi che ne hanno controllato il trasporto e la deposizione (Allocca et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Allocca et al. 2007).

Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di *talus* e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Allocca et al. 2007). Nei settori dove risultato limitati inferiormente da terreni di bassa permeabilità, tali depositi possono essere sede di falde idriche sotterranee di discreta importanza, in particolare quando soggetti a travasi idrici provenienti da strutture idrogeologiche limitrofe (Allocca et al. 2007).

I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Allocca et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Maggiore et al. 2004; Allocca et al. 2007).

Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Allocca et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Maggiore et al. 2004) Pertanto gli acquiferi alluvionali risultano in genere fortemente eterogenei ed anisotropi, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale e costiera, dove le differenze di comportamento idrogeologico si accentuano per la presenza di terreni a granulometria argilloso-limosa, da scarsamente permeabili ad impermeabili (Maggiore et al. 2004; Allocca et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte. Queste ultime, a loro volta, possono essere caratterizzate da differenti carichi piezometrici, che generano fenomeni di drenanza sia verso l'alto che verso il basso (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Allocca et al. 2007). In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Allocca et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Allocca et al. 2007).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA4K</td> <td>42</td> <td>E69RG</td> <td>GE 00 01 001</td> <td>A</td> <td>25 di 79</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	25 di 79
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	25 di 79								

Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno che dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Allocca et al. 2007). Il recapito delle falde alluvionali è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee e corpi idrici continentali può essere anche di segno opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Allocca et al. 2007).

8.1.2 Acquiferi delle successioni di bacino e avanfossa

Tali acquiferi sono composti da depositi essenzialmente marini, riferibili a successioni sedimentarie di bacino (Allocca et al. 2007). Risultano particolarmente diffusi nei settori collinari di tutta la Catena Appenninica e, generalmente, danno luogo a strutture idrogeologiche di una certa importanza solo per l'approvvigionamento idrico di piccoli centri abitati (Allocca et al. 2007).

I termini litologici in esame costituiscono, quindi, dei complessi idrogeologici omogenei per ciò che riguarda il tipo di permeabilità prevalente, generalmente per fessurazione e porosità (Allocca et al. 2007). In linea di massima, sono contraddistinti da un grado di permeabilità relativa variabile da basso a medio, in funzione della percentuale della componente pelitica, e danno luogo ad emergenze sorgive con portate raramente superiori ad alcune decine di litri al secondo (Allocca et al. 2007; Ciaranfi et al. 2011).

Per le suddette caratteristiche idrogeologiche, la permeabilità dell'ammasso risulta essere relativamente più elevata in prossimità del piano campagna, essenzialmente a causa della maggiore alterazione e fessurazione dei materiali (Celico 1986; Allocca et al. 2007). La presenza di frequenti coperture di geni eluvio-colluviale, unitamente alla variabilità della permeabilità relativa dell'ammasso, favorisce quindi l'instaurazione di una circolazione idrica sotterranea generalmente poco profonda e di modesta rilevanza (Allocca et al. 2007).

Tale circolazione si esplica mediante falde idriche per lo più discontinue, il cui sviluppo spaziale rispecchia generalmente l'andamento della superficie topografica. Ciò comporta una approssimativa coincidenza tra spartiacque sotterranei e superficiali e, in generale, un recapito orientato prevalentemente verso i fondovalle o le sorgenti poste lungo i versanti (Allocca et al. 2007).

8.1.3 Acquiferi delle successioni carbonatiche

Questi acquiferi sono formati dagli ammassi rocciosi prevalentemente carbonatici ampiamente affioranti in tutto l'Appennino centro-meridionale, in buona parte riconducibili alle originarie unità paleogeografiche di piattaforma che caratterizzano questo settore di catena (Allocca et al. 2007). Tali acquiferi rappresentano, in particolare, la principale fonte di approvvigionamento idropotabile della penisola italiana, essendo caratterizzati da un deflusso sotterraneo medio particolarmente elevato, dell'ordine di $4100 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Le principali sorgenti degli acquiferi carbonatici sono collocate prevalentemente in corrispondenza di limiti idrogeologici e di permeabilità, al contatto con terreni sedimentari e vulcanici più recenti, che generalmente costituiscono degli impermeabili relativi (Maggiore et al. 2004; Allocca et al. 2007). Nelle zone dove gli acquiferi terrigeni presentano una permeabilità elevata, invece, questi acquiferi sono alimentati dalle idrostrutture carbonatiche limitrofe attraverso cospicui travasi sotterranei (Allocca et al. 2007). In relazione alle caratteristiche idrogeologiche riscontrabili a grande scala, tali successioni possono essere suddivise in tre grandi gruppi, corrispondenti agli acquiferi prevalentemente calcarei, acquiferi calcareo-silico-marnosi e acquiferi dolomitici (Allocca et al. 2007).

Gli acquiferi calcarei sono caratterizzati da diffuse fenomenologie carsiche, sia epigee che ipogee, che spesso interagiscono direttamente con le sorgenti determinando regimi idrogeologici delle stesse estremamente variabili (Grassi & Tadolini 1992; Allocca et al. 2007). Sono contraddistinti da una grande falda di base, piuttosto profonda, e da una serie di falde sospese di modesta importanza, poste nella porzione più superficiale e carsificata dell'acquifero. Localmente, infine, sono presenti piccole falde sospese al di sopra dei livelli stratigrafici con permeabilità più bassa, come in corrispondenza di fasce cataclastiche di particolare rilevanza (Maggiore et al. 1996, 2004; Allocca et al. 2007).

Gli acquiferi calcareo-silico-marnosi sono sempre contraddistinti da forme carsiche epigee ed ipogee che ne condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo, anche se in misura minore di quelli essenzialmente calcarei (Allocca et al. 2007). Come i precedenti, presentano una falda di base piuttosto profonda e una serie di falde sospese di importanza minore, prodotte dall'esistenza di intercalazioni marnose poco permeabili nell'ambito della successione stratigrafica (Celico 1986; Allocca et al. 2007). La presenza di alternanze cicliche di litotipi a differente grado di permeabilità determina, localmente, un considerevole frazionamento della circolazione idrica sotterranea, con la conseguente formazione di differenti acquiferi sovrapposti (Allocca et al. 2007).

Gli acquiferi prevalentemente dolomitici, infine, non presentano un significativo sviluppo dei sistemi carsici epigee o ipogei (Allocca et al. 2007). Sono sempre caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea di tipo basale, con recapito in sorgenti posizionate al contatto con i depositi bordieri meno permeabili, mentre le falde sospese sono piuttosto rare e di scarsa importanza (Celico 1986; Allocca et al. 2007). Per quanto detto, la circolazione idrica sotterranea è fortemente condizionata dalle condizioni morfologiche dei depositi impermeabili bordieri e dalla presenza di discontinuità tettoniche, oltre che da eventuali acquiferi calcarei idrogeologicamente confinanti con la falda di base (Allocca et al. 2007).

8.2 Idrogeologia del Monte Vulture

Il sistema idrogeologico del M. Vulture si è impostato all'interno degli spessi prodotti effusivi e piroclastici che costituiscono l'edificio vulcanico attuale (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le acque sotterranee di questa idrostruttura sono molto conosciute per la loro importanza ai fini commerciali e, pertanto, sono state ampiamente studiate nel corso degli ultimi decenni (Casoria 1901; Mongelli 1964; Reina 1969; Ciet & Tazioli 1981; Fidelibus et al. 1981; Fuganti et al. 1994; Spilotro et al. 2000; Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005, 2006; Paternoster et al. 2008, 2010; Parisi et al. 2011).

8.2.1 Caratteristiche climatiche

In accordo con gli studi UNESCO/FAO (1963), l'area di studio presenta un clima temperato mediterraneo, con estati moderatamente calde e inverni rigidi (Parisi et al. 2011). La zona mostra una media annuale di precipitazioni di circa 750-770 mm/anno, con un massimo nel periodo tra novembre e gennaio, più evidente nei settori più elevati dell'edificio vulcanico (Spilotro et al. 2005, 2006; Parisi et al. 2011).

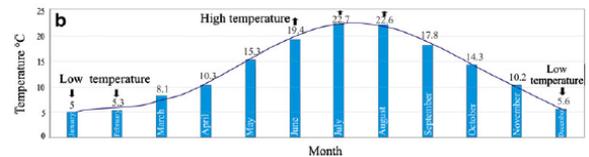
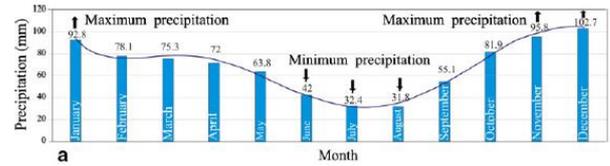
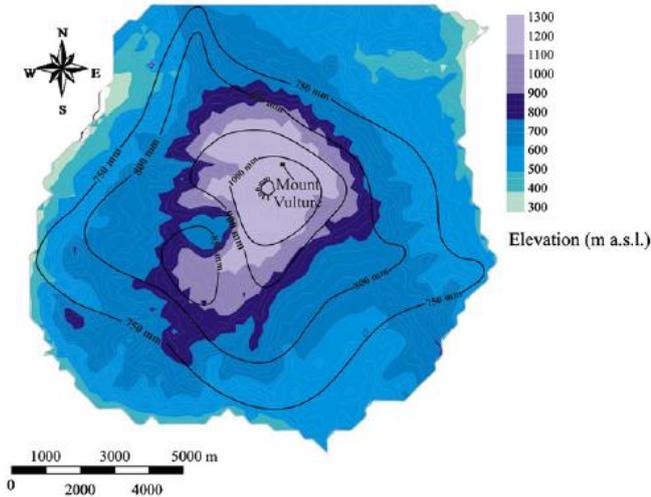


Figura 9 – Media mensile delle precipitazioni basata su 40 anni di osservazioni (da Parisi et al. 2011).

Alcuni autori hanno stimato una media annuale di precipitazioni variabile tra 650 e 850 mm/anno, con un potenziale di evapotraspirazione di circa 580 mm/anno (Spilotro et al. 2000, 2005). La temperatura media annuale dell'area vulcanica è di circa 13°C, con un massimo giornaliero di 22°C tra giugno e agosto e un minimo giornaliero di 5°C tra dicembre e febbraio (Parisi et al. 2011).

8.2.2 *Acquifero vulcanico e condizioni al contorno*

Il basamento sedimentario dell'edificio e del relativo acquifero vulcanico presenta una forma a cono rovesciato (Boenzi et al. 1987; Spilotro et al. 2005), probabilmente a causa del peso dell'edificio stesso. Il tetto del basamento ha una forma piuttosto regolare, anche se disturbata da un allungamento in direzione SE che potrebbe costituire il proseguimento sotto i prodotti vulcanici della preesistente Valle di Vitalba (Spilotro et al. 2005). Esso risente inoltre dei collassi calderici ben evidenti in superficie, che hanno dislocato verso SW i più recenti centri eruttivi (Spilotro et al. 2005).

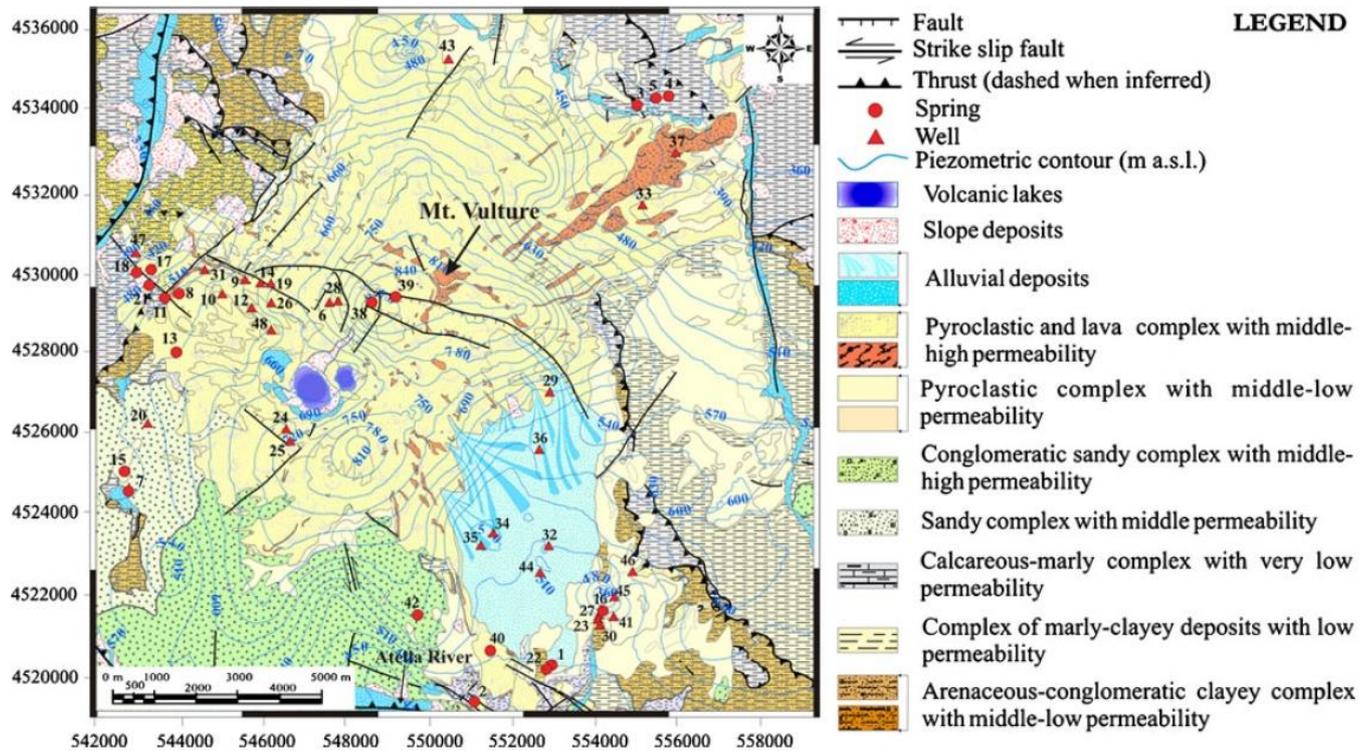


Figura 10 – Carta idrogeologica del bacino del M. Vulture (da Parisi et al. 2011), con indicazione dei principali complessi idrogeologici e della superficie piezometrica.

Dal punto di vista idrogeologico, gran parte del basamento è costituito da argille plioceniche impermeabili (Spilotro et al. 2005; Schiattarella et al. 2016). La restante parte del substrato sedimentario è costituito da depositi flyschoidi oligo-miocenici impermeabili o a bassissima permeabilità e da depositi ghiaiosi moderatamente permeabili (Spilotro et al. 2005). Questi ultimi, in particolare, si rinvencono diffusamente nel settore sud-occidentale e costituiscono una locale estensione dell'acquifero vulcanico soprastante. Ovviamente, le maggiori discontinuità tettonica tagliano anche i termini idrogeologici del basamento e, pertanto, fungono vie preferenziali per l'infiltrazione e la circolazione profonda delle acque (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

L'edificio vulcanico è costituito da depositi piroclastici e subordinati prodotti lavici con differenti caratteristiche di permeabilità, che localmente danno luogo a corpi idrogeologici distinti e separati (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011; Schiattarella et al. 2016). I flussi lavici porosi e fratturati presentano una conducibilità idraulica di circa 10^{-1} cm/s, mentre i tufi e i depositi piroclastici incoerenti mostrano una conducibilità idraulica leggermente inferiore, pari a circa 10^{-1} cm/s (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Nei depositi prevalentemente ghiaiosi del substrato, infine, la conducibilità idraulica è di circa 10^{-2} cm/s (Parisi et al. 2011).

Le caratteristiche idrauliche e gli elementi di anisotropia dell'acquifero sono i maggiori fattori di controllo del deflusso idrico sotterraneo all'interno dell'acquifero (Parisi et al. 2011). Verso SSE lo spessore dell'acquifero diminuisce sensibilmente, consentendo quindi il deflusso delle acque di falda all'interno dei depositi ghiaiosi del substrato (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le direzioni di deflusso e i gradienti idraulici delle acque sotterranee sono quindi controllati dalle proprietà dei termini litologici presenti e dal reticolo di fratture esistente (Celico & Summa 2004; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

La permeabilità delle rocce costituenti l'acquifero varia sensibilmente dalle quote più elevate a quelle più basse dell'edificio vulcanico (Parisi et al. 2011). In particolare, la sovrapposizione dei termini vulcanici molto permeabili su un basamento sedimentario poco o nulla permeabile condiziona fortemente l'andamento delle falde e dei deflussi idrici sotterranei all'interno dell'edificio vulcanico (Celico & Summa 2004; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Sulla base di tali considerazioni, nel corso degli ultimi anni sono stati sviluppati differenti modelli concettuali per descrivere l'assetto idrogeologico del M. Vulture.

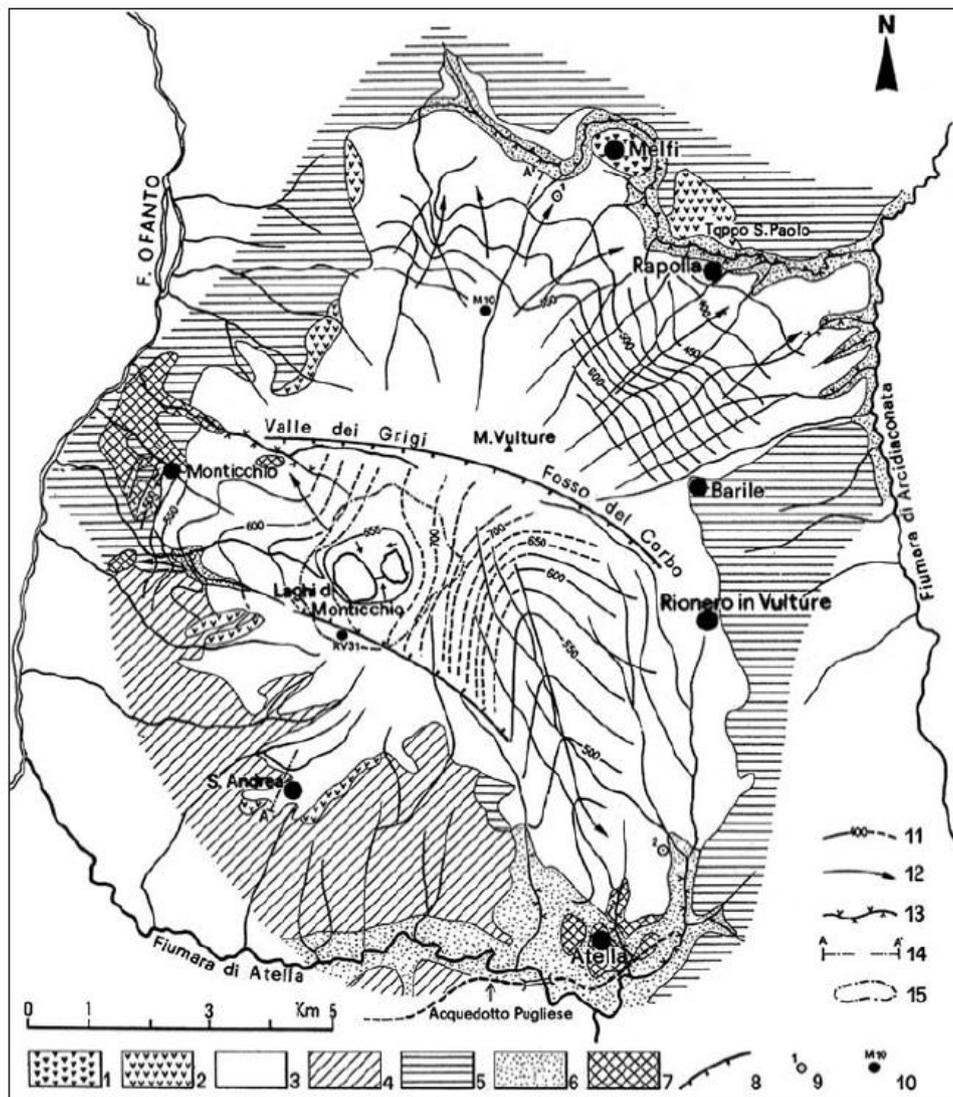


Figura 11 – Schema idrogeologico del M. Vulture (da Celico & Summa 2004): 1) Complesso delle lave, 2) Complesso dei tufi chiari, 3) Complesso dei tufi scuri, 4) Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico, 5) Complesso argilloso-marnoso-arenaceo, 6) Complesso alluvionale, 7) Complesso dei travertini, 8) Faglie, 9) Sorgenti principali, 10) Pozzi, 11) Curve isopiezometriche, 12) Assi di drenaggio preferenziale, 13) Incrementi di portata in alveo, 14) Traccia di sezione, 15) Limite di bacino dei Laghi di Monticchio.

Un primo modello concettuale ipotizza la presenza di due distinti bacini idrogeologici, uno nel settore sud-occidentale di Monticchio-Atella e uno nel settore nord-orientale di Melfi-Barile (Celico & Summa 2004; Barbieri

& Summa 2005). Il bacino sud-occidentale è collocato tra la faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo e quella Meridionale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Schiattarella et al. 2005), mentre il bacino nord-orientale è posto a nord della faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo e presenta un andamento marcatamente radiale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005).

Il bacino di Monticchio-Atella presenta recapiti localizzati in corrispondenza dei due insediamenti abitativi e risulta parzialmente alimentato dalle acque dei laghi (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005). Il bacino di Melfi-Barile presenta una modalità di deflusso idrico sotterraneo decisamente più articolata, soprattutto a causa dei numerosi assi di drenaggio preferenziale connessi alla morfologia del versante (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005). In entrambe i casi, la superficie piezometrica presenta gradienti piuttosto uniformi, generalmente compresi tra il 2% e il 4% (Celico & Summa 2004).

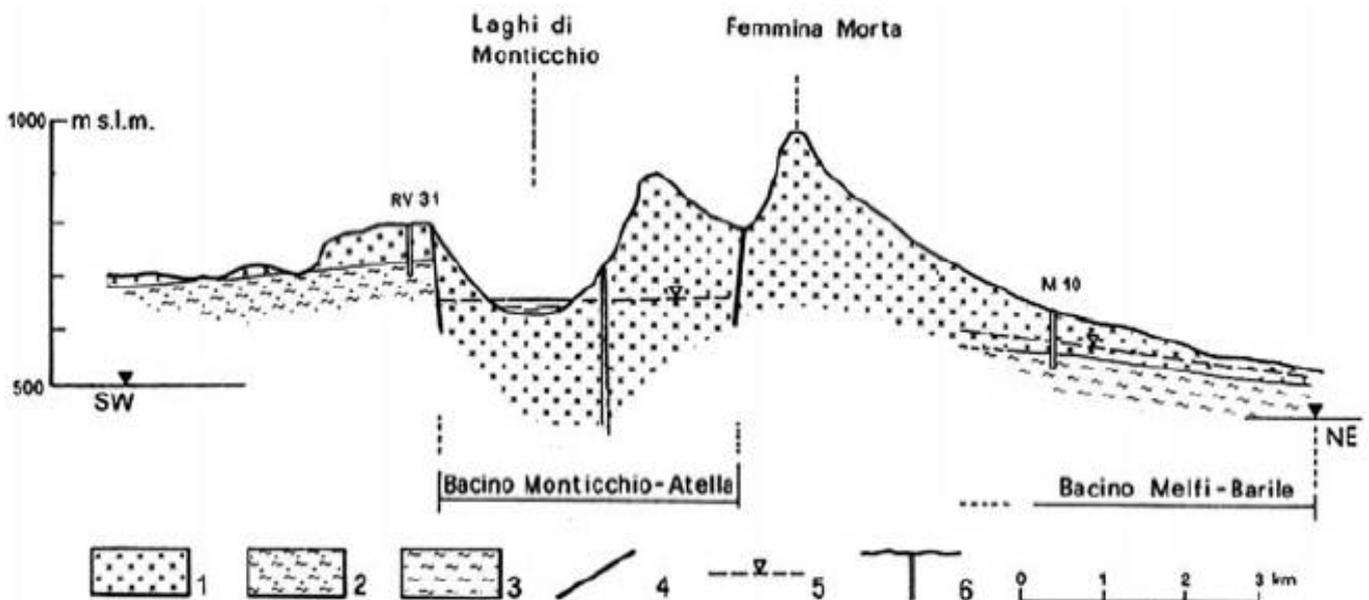


Figura 12 – Sezione idrogeologica NE-SE dell'intera struttura vulcanica del M. Vulture (da Celico & Summa 2004): 1) Complesso dei tufi scuri, 2) Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico, 3) Complesso argilloso-marnoso-arenaceo, 4) Faglie, 5) Superficie piezometrica, 6) Pozzi.

Un secondo modello idrogeologico schematizza l'assetto idrogeologico del M. Vulture attraverso un unico bacino sotterraneo (Spilotro et al. 2005, 2006). Il reticolo di drenaggio superficiale costituisce il limite naturale dell'acquifero e la struttura tettonica di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo è l'unico asse di drenaggio che condiziona il deflusso idrico sotterraneo in tutta l'area (Spilotro et al. 2005, 2006). In questo caso, non sussistono evidenze dirette circa l'influenza esercitata dalla faglia Meridionale sul deflusso idrico sotterraneo delle acque di falda. Le caratteristiche di permeabilità e gli elementi di anisotropia dell'acquifero vulcanico sono il risultato della strutturazione dell'edificio vulcanico e determinano, localmente, la formazione di piccole falde superficiali (Spilotro et al. 2005, 2006). Il regime delle sorgenti presenta una debole variazione stagionale dei flussi, con valori massimi in primavera e valori minimi in autunno (Spilotro et al. 2005).

Per questo secondo modello, le condizioni al contorno sono estremamente variabili e risultano riconducibili ai differenti assetti geologici presenti ai margini dell'edificio vulcanico. Localmente si assiste al deflusso delle acque di falda all'interno di un corpo idrico inferiore di buona permeabilità o allo sversamento delle acque di falda all'interno di depositi continentali e marini di elevata permeabilità (Spilotro et al. 2005, 2006), quali ghiaie di

substrato e depositi detritici recenti. Spesso comunque, gli sversamenti dell'acquifero avvengono attraverso una serie di sorgenti poste al contatto tra l'edificio vulcanico e il basamento sedimentario (Spilotro et al. 2005, 2006), che costituisce quindi un limite di permeabilità per l'acquifero vulcanico.

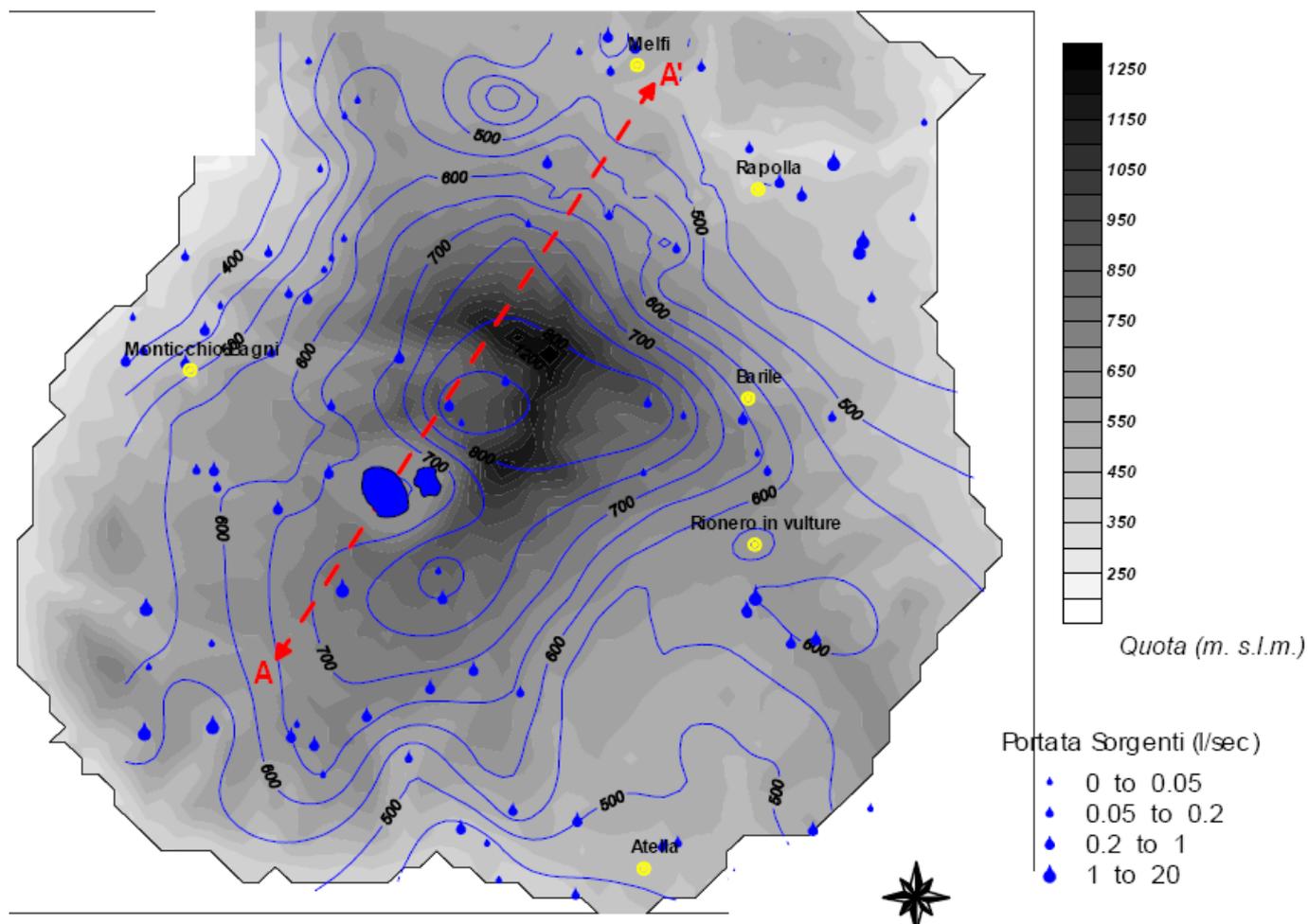


Figura 13 – Andamento della superficie piezometrica all'interno dell'edificio vulcanico e indicazione delle principali emergenze sorgentizie (da Spilotro et al. 2005).

Il modello più aggiornato evidenzia la presenza di una zona centrale caratterizzata da precipitazioni e assorbimenti più consistenti, in cui si assiste al percorso di infiltrazione in ambiente non saturo delle acque di infiltrazione (Spilotro et al. 2005, 2006). L'acquifero saturo si fraziona in una serie di livelli che seguono la stratificazione dei corpi vulcanoclastici, che risultano frequentemente separati da livelli argillificati e paleosuoli poco permeabili (Spilotro et al. 2005). Le falde si diramano con simmetria grossomodo assiale e risultano sostanzialmente interconnesse in termini di carico totale attraverso le numerose discontinuità presenti sia nei termini lavici che negli orizzonti piroclastici (Spilotro et al. 2005, 2006).

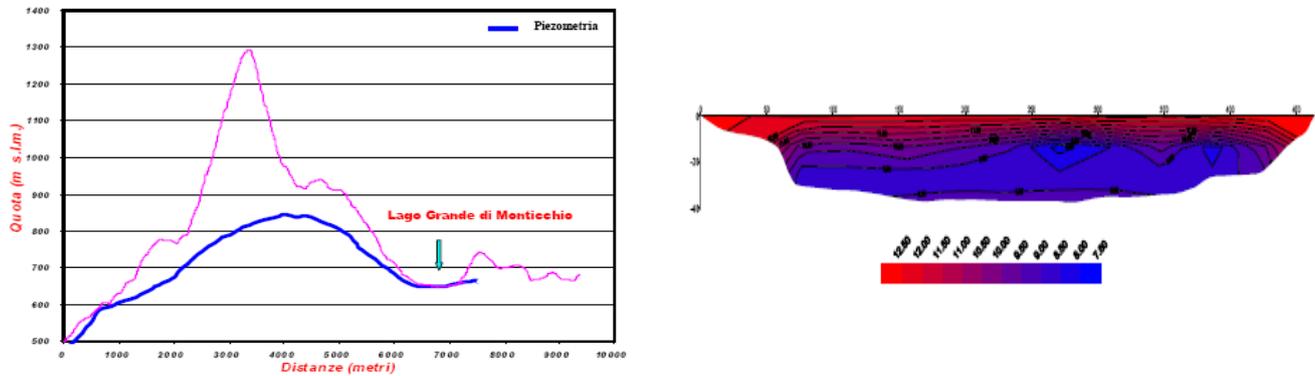


Figura 14 – Profilo piezometrico all'interno dell'edificio vulcanico lungo la sezione SW-NE e tomografia termica del Lago Piccolo di Monticchio (da Spilotro et al. 2005).

La successiva ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica effettuata attraverso i dati di 106 sorgenti e 119 pozzi ha permesso di definire le principali direzioni di deflusso idrico sotterraneo dell'intero edificio vulcanico del M. Vulture (Parisi et al. 2011). In conformità col modello a singolo acquifero (Spilotro et al. 2005, 2006), la ricostruzione della superficie di falda evidenzia un andamento del deflusso idrico sotterraneo radiale rispetto al centro dell'edificio vulcanico, favorito dall'assetto giaciturale dei prodotti vulcanici affioranti (Parisi et al. 2011). Ancora una volta, le irregolarità presenti nei settori nord-orientali e sud-occidentali sono da attribuire alla presenza di elementi tettonici trasversali, come la faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo (Parisi et al. 2011).

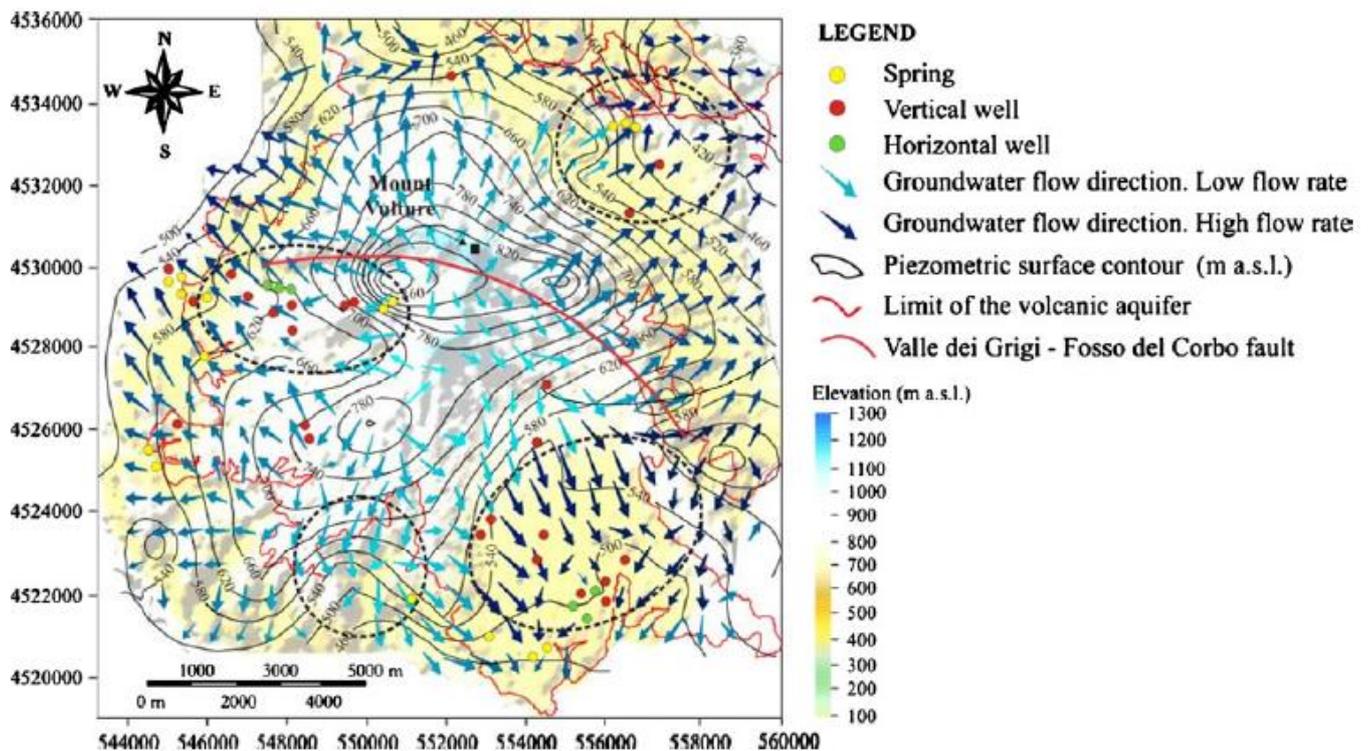


Figura 15 – Mappa della superficie piezometrica e delle principali direzioni di deflusso idrico sotterraneo dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Parisi et al. 2011).

8.2.3 Pozzi e sorgenti

La struttura idrogeologica del M. Vulture è caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti naturali, pozzi e opere di captazione, ad uso sia agricolo che idropotabile (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Tra queste, assumono particolare rilevanza le opere di captazione utilizzate dagli stabilimenti per la produzione di acque minerali, come Gaudianello, Lilia, Sveva e Vivien, situati nei settori meridionali e sud-occidentale del distretto vulcanico.

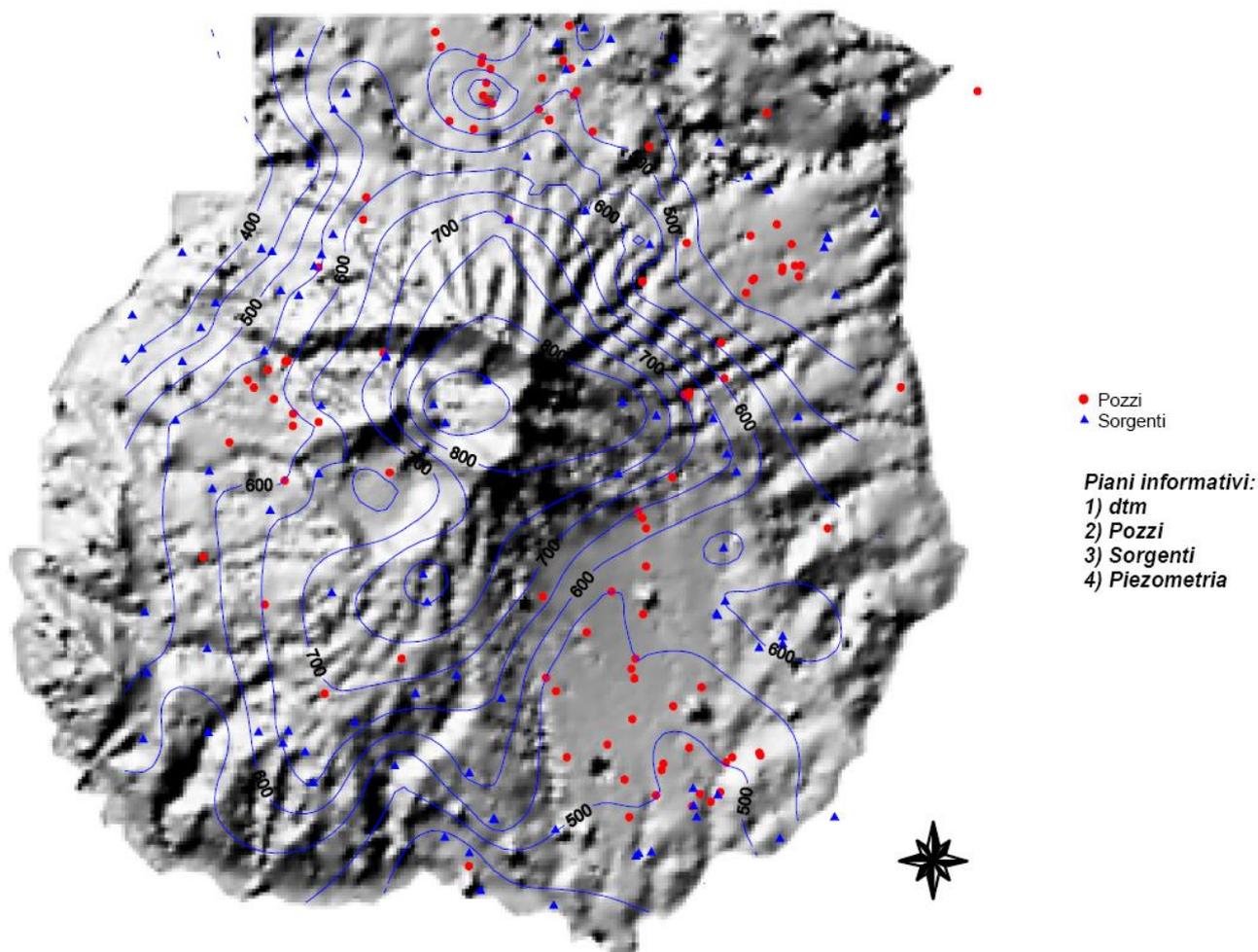


Figura 16 – Ubicazione di emergenze sorgentizie e pozzi su DTM dell'edificio vulcanico del M. Vulture, con indicazione della superficie piezometrica a grande scala (da Spilotro et al. 2005).

Nell'area sono presenti oltre 100 emergenze sorgentizie, con carattere prevalentemente stagionale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011), con massimi primaverili e minimi autunnali (Spilotro et al. 2005). Tale regime evidenzia una netta prevalenza dei circuiti superficiali, direttamente soggetti a ricarica stagionale, anche se non è possibile escludere la coesistenza con circuiti più profondi (Spilotro et al. 2005). In taluni casi, si assiste a importanti variazioni di portata connesse ad interferenze derivanti dalle attività di estrazione antropica (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

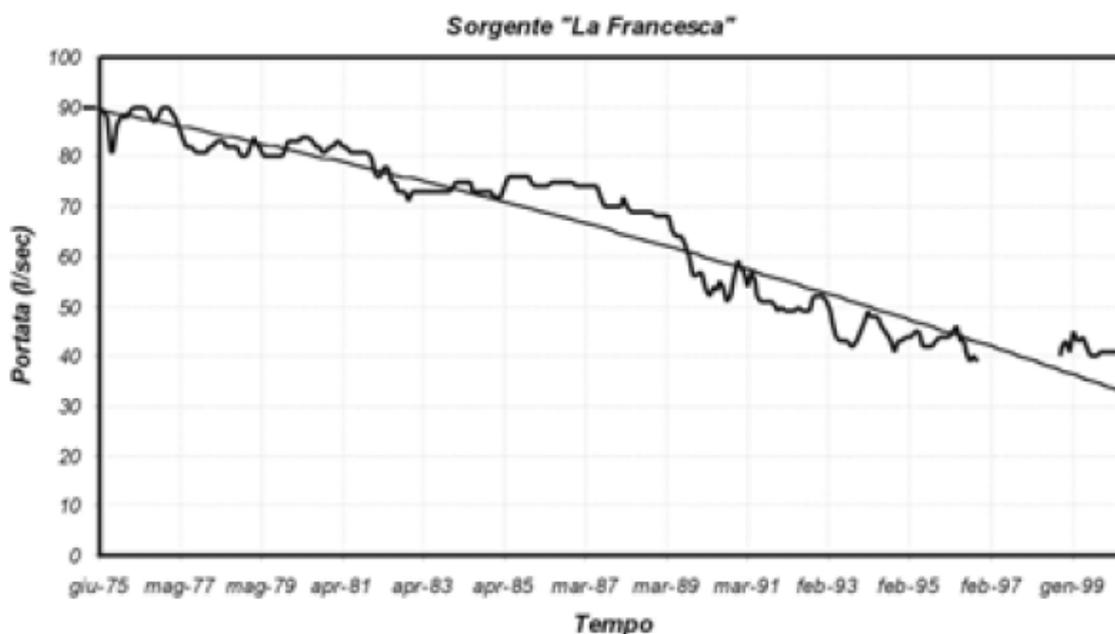


Figura 17 – Andamento nel tempo della portata (l/sec) della Sorgente La Francesca (da Spilotro et al. 2005).

Anche i pozzi sono molti numerosi e superano i 100 all'interno di tutta la struttura vulcanica (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le portate emunte variano da qualche l/s fino a circa 20 l/s, mentre solo in un caso si ha un pozzo con una portata di circa 30 l/s (Spilotro et al. 2005). Le profondità sono estremamente variabili e comunque comprese tra i 10 ed i 200 m (Barbieri & Summa 2005). I pozzi sono ubicati prevalentemente nelle zone di Monticchio, Rionero-Atella e Melfi-Barile (Barbieri & Summa 2005; Parisi et al. 2011), ovvero dove le condizioni per la captazione sono più favorevoli.

8.2.4 Caratteristiche chimico-fisiche delle acque

Le caratteristiche idrochimiche delle acque del M. Vulture sono state spesso oggetto di studio, anche se raramente con visione unitaria (Fidelibus et al. 1981; Fuganti et al. 1994; Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005, 2006; Paternoster et al. 2008, 2010; Parisi et al. 2011). Una prima ricerca volta alla ricostruzione della circolazione idrica sotterranea all'interno dell'edificio vulcanico fu svolta da Fidelibus et al. (1981), che nonostante il campionamento di un numero esiguo di emergenze sorgentizie riuscirono comunque a fornire un primo quadro delle caratteristiche idrochimiche dell'area.

Le acque di alta e media quota circolanti esclusivamente nelle vulcaniti risultano di facies bicarbonato-calcica, con contenuti salini medi pari a 0.3 g/l, pH neutro o leggermente acido, temperature tra 10 e 14 °C e contenuti in CO₂ e SiO₂ bassi (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le acque delle sorgenti presenti alla base del massiccio, in alcuni casi circolanti al contatto con il substrato sedimentario, risultano di facies bicarbonato-sodica, con contenuti salini superiori a 1.0 g/l, pH acido, temperature tra 15 e 17 °C e contenuti in CO₂ e SiO₂ piuttosto alti (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

Pertanto, le acque del M. Vulture possono essere suddivise in due distinte facies idrochimiche (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011), quella bicarbonato-calcica (facies A) e quella bicarbonato-sodica (facies B). La facies bicarbonato-calcica prevale alle basse salinità, mentre quella bicarbonato-sodica prevale per TDS > 2 g/l (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010). Il passaggio dalla facies A a quella B è

legato alla sola variazione della percentuale cationica, data l'invarianza della connotazione anionica della facies che rimane bicarbonatica (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010).

No.	Station Name	Field pH	Field EC (mS cm ⁻¹)	Field Eh mV	Field Temp. °C	Li ⁺ (mg L ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Field HCO ₃ ⁻	SiO ₂	TDS	Charge balance error (%)
1	Atella F1	6.8	17.97	-27	16.3	1.90	4,190	875	142	175	1.4	1,160	40	4,970	6,128	29	17,712	-4.9
2	Atella F3	6.4	11.7	16	17.1	3.41	3,652	416	97	241	1.1	1,080	56	4,110	3,892	33	13,580	4.9
3	Rapolla 2	6.5	7.66	11	16.3	1.49	2,363	150	27	177	1.0	820.0	39	2,710	2,147	89	8,525	2.1
4	Rapolla 1	6.1	4.13	37	16.5	0.78	1,170	93	17	96	1.4	350	30	1,097	1,452	70	4,377	4.3
5	Acetosella	6.3	2.59	24	16.8	0.64	1,080	76	14	64	1.3	240	16	770	1,721	80	4,063	3.8
6	Pozzo 22 V	5.9	2.59	NM	19.1	0.09	145	57	59	89	0.3	33	1.7	74	841	106	1,406	4.7
7	S.Maria de Luco 2	5.9	2.15	48	15.1	0.05	132	20	17	169	0.2	54	36	73	715	31	1,247	4.7
8	Eudria 5	5.9	1.89	50	17.3	0.09	169	57	74	45	0.4	48	10	145	792	99	1,442	-2.1
9	Sorgente 34 bis	6.1	1.84	NM	15.1	0.01	41	22	11	33	0.5	26	2	41	209	108	493	-4.2
10	Gaudio 11 V	5.8	1.77	NM	19	0.07	144	39	47	117	0.5	38	12	87	911	97	1,492	-4.7
11	Eudria 2	6.0	2.64	39	19.4	0.17	312	68	117	114	0.3	46	3.6	205	1,435	111	2,412	4.9
12	Pozzo 20 V	5.9	1.45	NM	19.8	0.11	184	56	75	48	0.3	41	1.1	170	780	110	1,465	2.8
13	Crocco	5.9	1.33	51	16.6	0.11	125	38	52	130	0.4	34	0.3	130	794	107	1,410	2.6
14	Sorgente 35	5.7	1.33	NM	17.2	0.08	93	33	35	105	0.5	35	3.4	99	568	104	1,076	4.4
15	S.Maria de Luco 1	6.1	1.27	33	14.8	0.03	62	12	12	51	0.3	44	42	40	252	31	546	-4.9
16	Nettuno	5.8	1.15	NM	15.5	0.12	148	47	31	135.2	1.1	28	18	75	825	95	1,402	4.5
17	Eudria 3	5.6	1.57	63	16.5	0.06	76	28	42	136	0.6	64	94	86	515	104	1,146	4.8
18	Eudria 4	5.4	1.15	-31	15.3	0.07	128	41	61	135	0.4	42	20	117	828	109	1,481	4.6
19	Sorgente 36	5.9	0.97	NM	18.2	0.09	173	55	74	83	0.5	36	2.4	154	964	97	1,639	-4.9
20	Pozzo 23 V	5.9	0.9	NM	19	0.05	74	39	35	95	0.5	31	2.1	39	609	106	1,030	0.9
21	Eudria 1	5.5	0.89	69	15.9	0.06	72	31	33	101	0.6	26	8.2	41	585	100	998	3.4
22	Atella 2	5.8	0.88	62	15.2	0.08	97	26	16	91	1.2	32	11	92	451	83	899	2.5
23	Fonte Itala 1	5.9	0.73	NM	17.6	0.06	80	32	15	62	1.1	19	15	44	443	100	811	-3.8
24	Giovanna	7.3	0.7	-31	13	BDL	30	22	14	78	0.6	13	37	23	341	49	608	-1.8
25	Angelicchio	7.5	0.68	-36	13.6	BDL	39	16	19	75	0.6	30	83	21	307	52	642	-4.2
26	Gaudio 21 V	5.9	0.53	NM	15.9	0.03	54	32	13	53	0.5	25	12	14	338	112	653	4.9
27	Fonte Itala 2	5.9	0.51	NM	15.8	0.05	56	19	10	38	1.5	14	35	20	258	86	538	-0.1
28	Pozzo 24 V	5.8	0.46	NM	16	0.02	42	29	10	33	0.5	26	9	11	250	107	518	-3.4
29	Pozzo 4	5.6	0.44	185	14	0.02	35	16	11	36	0.5	31	40	16	180	77	443	-4.3
30	San Marco	5.8	0.42	NM	15.9	0.03	39	17	18	57	0.5	16	29	13	340	92	621	-4.8
31	Pozzo 15 V	5.9	0.41	NM	19.6	0.19	258	57	94	106	0.5	44	3.2	188	1,178	103	2,031	4.9
32	Pozzo 3	6.3	0.39	38	13.5	0.01	125	16	13	53	0.6	15	26	9	543	82	882	-4.2
33	Pozzo D	6.5	0.32	24	16.1	BDL	38	16	7	45	0.3	18	17	15	237	81	475	-1.7
34	Pozzo 5	7.0	0.29	-13	15.6	0.03	27	17	5	23	1.4	12	28	9	136	82	341	-1.6
35	Pozzo A	7.1	0.29	-14	15.7	BDL	27	13	7	35	0.9	13	28	8	176	71	377	3.1
36	Pozzo B	6.3	0.29	38	15.7	BDL	32	23	BDL	18	0.7	13	21	7	148	85	347	-1.2
37	Pozzo 2	5.8	0.28	67	14.8	BDL	31	20	5	23	0.3	15	14	8	147	97	360	4.1
38	Fontana dei Faggi	6.7	0.26	15	10	BDL	16	9	6	33	0.6	21	2.8	10	122	50	269	4.1
39	Piloni	7.4	0.19	-29	10.3	BDL	14	7	5	22	0.3	19	3.7	15	89	42	217	-4.3
40	Fonte Tripoli	5.8	0.74	64	15.3	BDL	14	3	BDL	12	0.2	7	3.3	9	55	104	208	-2.8
41	Pozzo Dilva	6.4	0.31	29	14.6	BDL	28	19	8	55	0.7	11	25	12	202	38	399	-4.0
42	Sorgente Bosco della Bufara	6.4	4.71	29	15.8	0.67	491	112	45	75	0.2	188	2.9	660	871	67	2,512	-4.8
43	Savino	7.2	0.84	-24	16.5	0.07	112	32	8	34	1.5	37	0.5	102	319	70	718	-4.3
44	Sveva 2	6.1	2.1	40	19	0.3	267	63	43	201	1.2	28	0.3	110	1,488	88	2,291	-2.6
45	Sveva	6.2	0.96	36	15.6	0.07	157	20	13	70	0.9	37	18	125	463	83	986	2.9
46	Lilia 2	6.1	0.45	40	16.7	0.08	56	26	9	58	1.1	16	8.9	11	338	97	621	4.6
47	Toka	6.4	0.54	24	15.7	0.13	405	101	54	167	0.8	95	31	355	1,284	64	2,556	0.9
48	Solaria	6.2	2.81	33	16.1	0.12	52	24	19	86	1.1	33	6.5	60	291	83	655	-4.7

Figura 18 – Caratteristiche chimico-fisiche delle acque del M. Vulture (da Parisi et al. 2011).

Le acque della facies B sono caratterizzate da alti contenuti in litio (fino a 3300 mg/l) e boro (fino a 31500 mg/l), oltre che dai massimi contenuti di CO₂ (fino a 1000 mg/l). Tali caratteristiche delle acque bicarbonato-sodiche sono

tipiche delle acque che si incontrano in molte regioni sede di attività vulcanica Quaternaria o più recente (Spilotro et al. 2005, 2006; Parisi et al. 2011). Molte di queste aree non sono soggette alla diretta influenza di esalazioni magmatiche, anche se i flussi termali generati dalle camere magmatiche si diffondono su aree notevolmente ampie in profondità, causando metamorfismo termico di spessi strati di roccia (Spilotro et al. 2005). A temperatura di 350-400 °C questi processi causano quindi la liberazione di CO₂ primaria dalle rocce, che risale verso la superficie terrestre saturando le acque sotterranee di orizzonti profondi (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

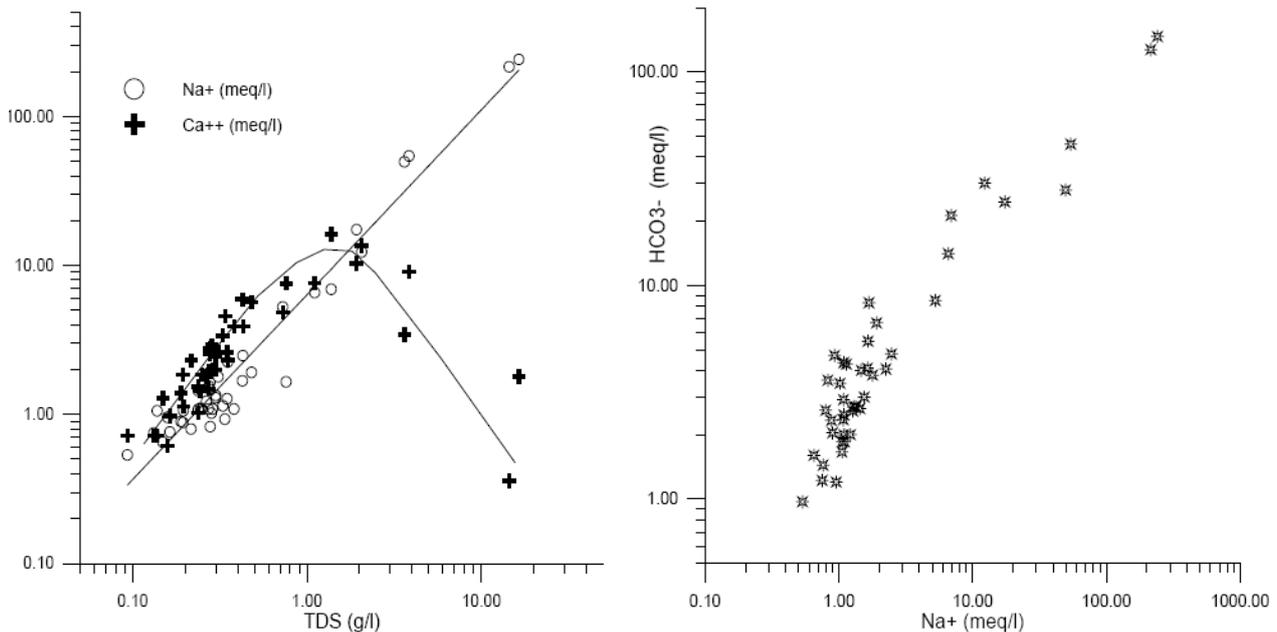


Figura 19 – Variazione delle caratteristiche chimiche delle acque: nel grafico di sinistra è riportata la variazione di calcio (Ca++) e di sodio (Na+), nel grafico di destra è riportata la relazione tra le concentrazioni di bicarbonati (HCO₃⁻) e quelle di sodio (Na+) (da Spilotro et al. 2005).

Per quanto detto, la CO₂ presente nelle acque sotterranee del M. Vulture è verosimilmente di origine profonda (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Tale ipotesi è confermata dalle caratteristiche chimiche delle acque delle sorgenti Gaudianello, che evidenziano gas costituiti da percentuali di CO₂ variabili tra il 96 e il 98%, con minore presenza di idrocarburi, azoto, idrogeno, argon ed elio (Spilotro et al. 2005). Per queste acque, le caratteristiche del carbonio inorganico disciolto e i valori del rapporto isotopico dell'elio (3He/4He) indicano che l'anidrite carbonica è di origine magmatica (Spilotro et al. 2005).

Le caratteristiche generali delle acque di facies B sono compatibili con quelle delle acque carbo-gassose, per cui anche la loro genesi trova spiegazione nell'interazione delle acque sotterranee con i flussi gassosi profondi, come evidenziato dalle anomalie di concentrazione di anidride carbonica, boro, litio e TDS (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011). Queste acque presentano composizione chimica molto variabile, ma generalmente dominata dai bicarbonati e dal sodio (Spilotro et al. 2005). Normalmente, i cationi associati ai bicarbonati sono solo quelli alcalini quando i percorsi delle acque avvengono in rocce cristalline, mentre il calcio compare quando i percorsi sono in rocce sedimentarie o formazioni vulcaniche (Spilotro et al. 2005). Il pH è generalmente basso e le acque presentano sempre alti contenuti in silice e boro, anche se le acque con contenuto di bicarbonati superiore a 15-20 meq/l sono solo raramente calciche (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011).

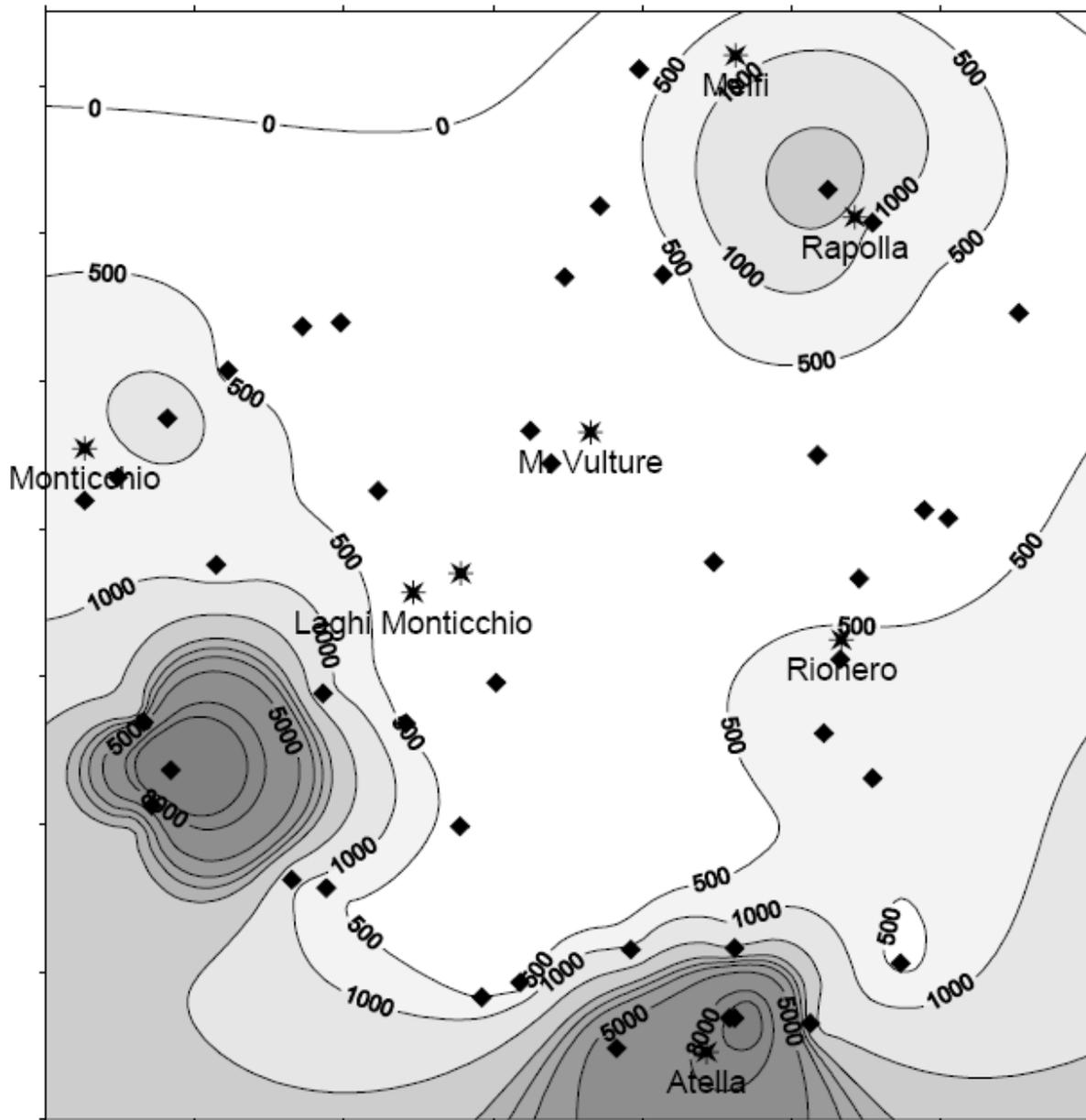


Figura 20 – Distribuzione areale dei contenuti in boro (in µg/l) all'interno dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Per tutte e due le facies, la composizione chimica è connessa alla dissoluzione dei feldspati in presenza di gas carbonico (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Il processo di dissoluzione procede in forma più blanda alle alte quote, laddove i tempi di interazione sono più brevi e le concentrazioni di anidride gassosa ascendente più basse, dando così origine ad acque fredde poco mineralizzate (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011). Quando i circuiti si spingono a maggiore profondità, invece, aumenta l'influenza degli influssi gassosi provenienti dal basso, portando ad una più efficace dissoluzione dei feldspati e ad un conseguente aumento in salinità (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010).

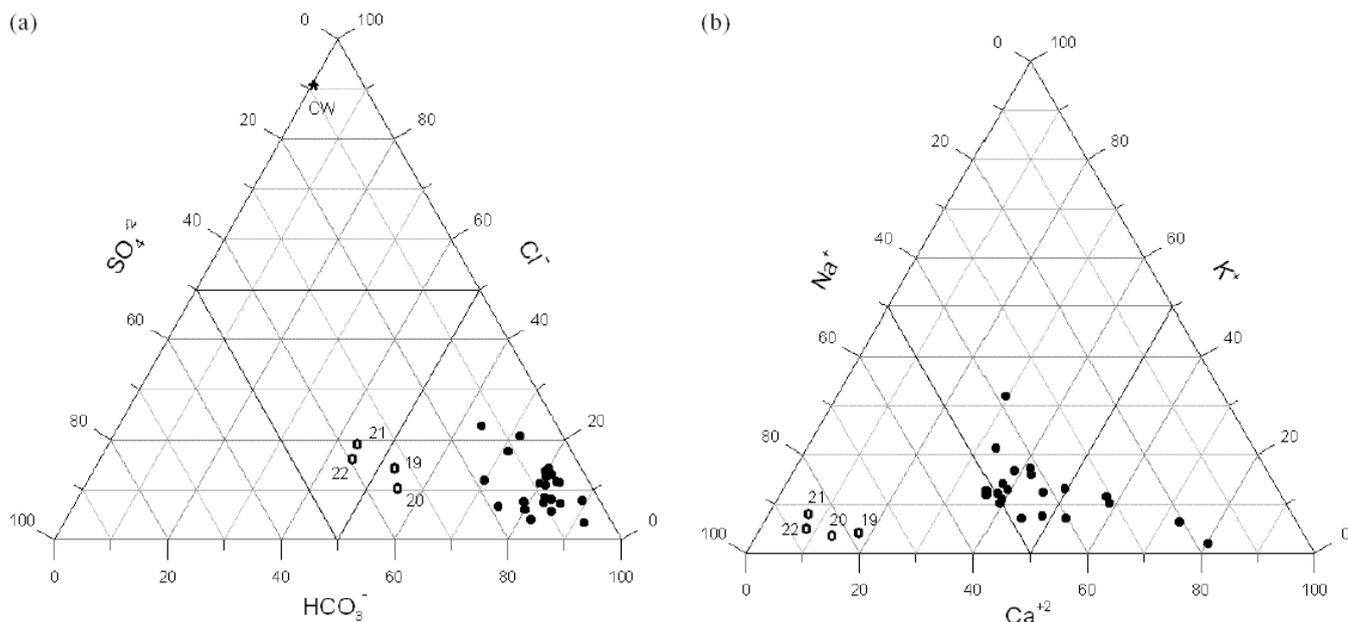


Figura 21 – Composizione chimica delle acque del M. Vulture su diagrammi triangolari (da Paternoster et al. 2010).

Pertanto per le acque più dolci della facies A, emergenti alle quote medio-alte del rilievo, risulta particolarmente evidente la scarsa influenza dell'interazione acqua-roccia (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010). Gli studi isotopici condotti dimostrano un'origine meteorica per tutte le acque sotterranee dell'edificio vulcanico (Ciet & Tazioli 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011), in quanto la diversa caratterizzazione chimica dipende dai diversi tempi di residenza e dalla lunghezza e profondità dei circuiti (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Come per la maggior parte delle acque, la mineralizzazione è quindi acquisita durante il deflusso ed è connessa sia alla dissoluzione dei minerali che al contributo di gas di origine profonda (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

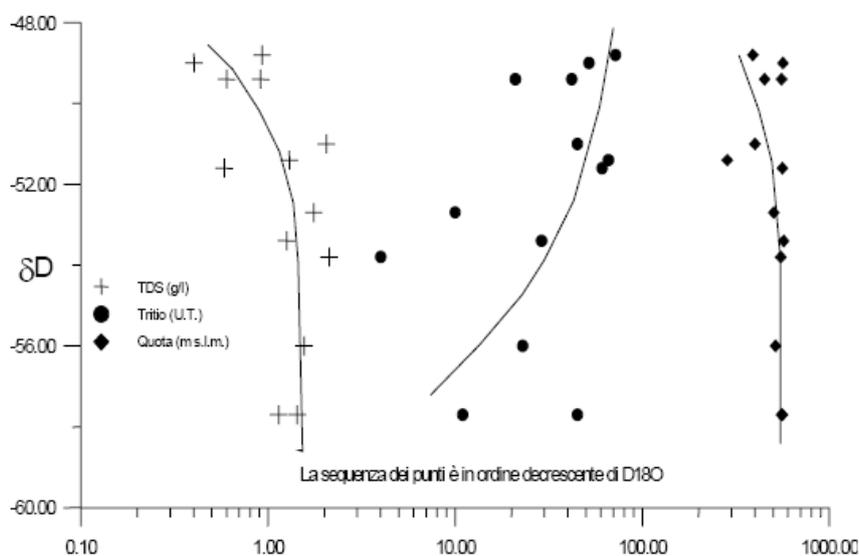


Figura 22 – Variazioni del totale dei solidi disciolti (TDS), dei contenuti in tritio e delle quote di emergenza in relazione al valore del δD per alcune sorgenti del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Analizzando i valori di TDS, del tritio e la quota di emergenza delle sorgenti in funzione del δD , si nota che le emergenze sorgentizie che presentano i valori più bassi del δD e del $\delta^{18}O$ sono anche quelle che hanno il TDS più elevato (Spilotro et al. 2005). Inoltre tali sorgenti sono quelle che emergono alle quote più basse e presentano i minori contenuti in tritio (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Al contrario, ai valori di δD e del $\delta^{18}O$ più alti corrispondono i contenuti salini più bassi, le quote di emergenza più alte ed i valori di tritio più elevati (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

8.2.5 Vulnerabilità intrinseca

I numerosi dati idrogeologici disponibili hanno permesso di definire il grado di vulnerabilità intrinseca dell'intero acquifero vulcanico del M. Vulture (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). L'analisi è stata condotta attraverso il noto protocollo metodologico SINTACS (Civita 1994; Civita et al. 1997).

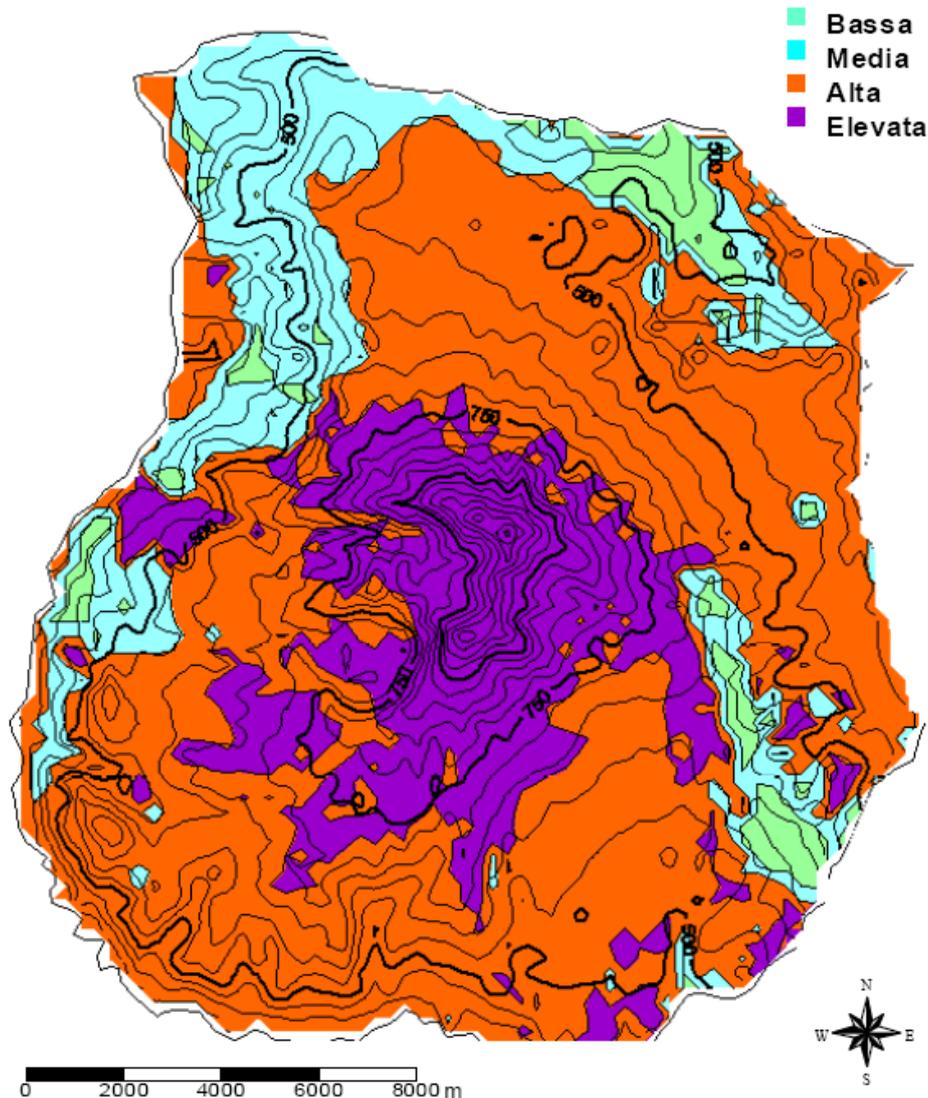


Figura 23 – Carta della vulnerabilità intrinseca dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Il metodo si basa sull'analisi di alcuni parametri idrogeologici di particolare rilevanza, a cui vengono attribuiti relativi punteggi e pesi. Tali parametri sono la Soggiacenza, l'Infiltrazione efficace, l'effetto di autodepurazione del Non saturo, la Tipologia di copertura, la tipologia dell'Acquifero, la Conducibilità idraulica e l'acclività della Superficie topografica (Civita et al. 1997).

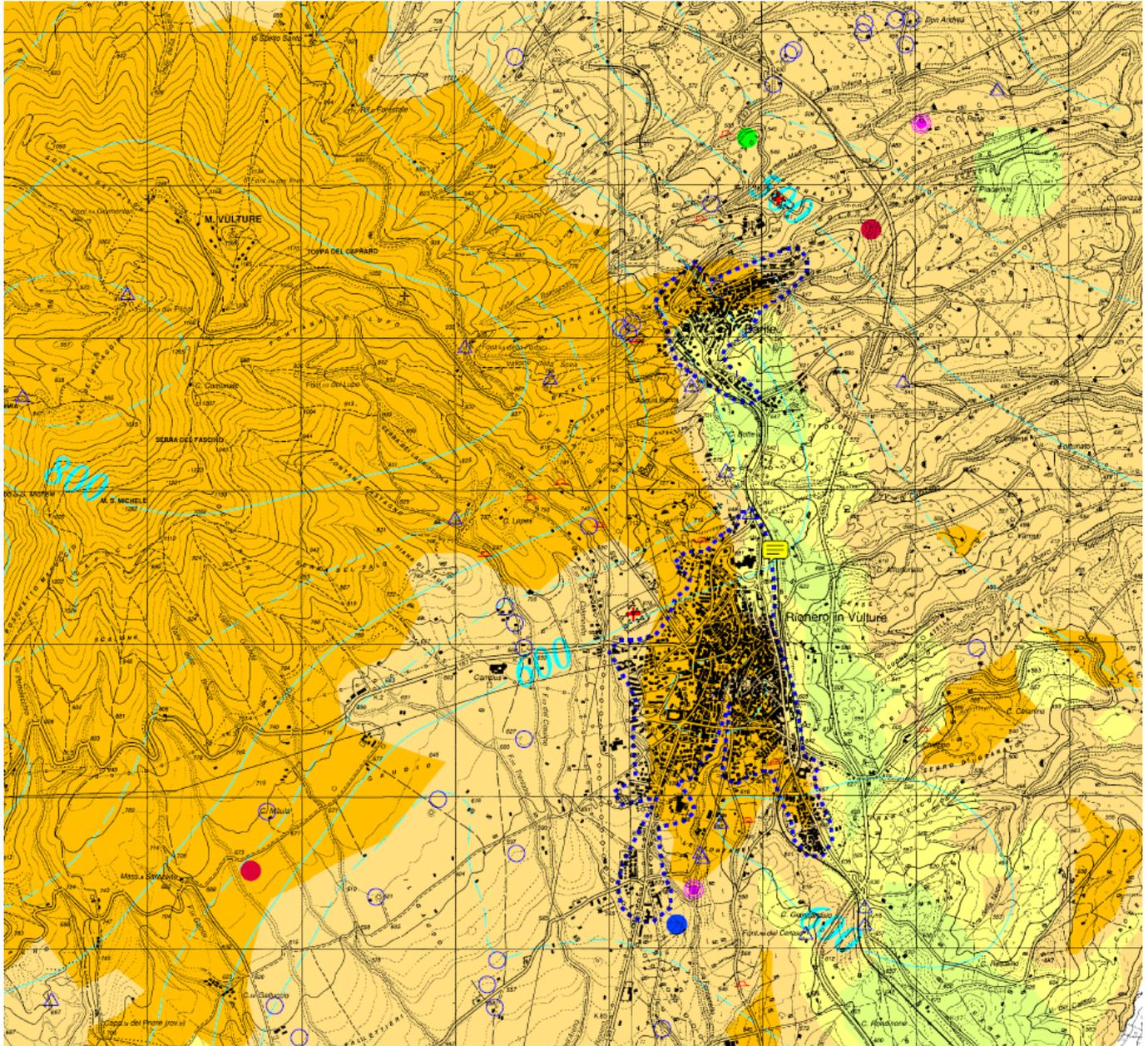


Figura 24 – Stralcio della carta della vulnerabilità dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 1996) relativo ai settori di studio, con indicazione delle curve isopiezometriche e dei principali pozzi e sorgenti.

Gli studi a disposizione evidenziano un grado di vulnerabilità alto o elevato per gran parte dell'acquifero vulcanico, soprattutto nei settori più elevati dello stesso (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). Tale condizione è dovuta sia alla



**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

**LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	41 di 79

elevata conducibilità idraulica dei termini litologici affioranti che alle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero in esame (Spilotro et al. 2005).

I settori esterni e in particolare le aree di affioramento dei termini litologici di substrato sono invece caratterizzati da un grado di vulnerabilità medio o basso, sia per la scarsa permeabilità dei litotipi presenti che per le specifiche caratteristiche idrogeologiche che contraddistinguono i presenti settori di territorio (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). In particolare, tale condizione è evidente nei settori di stretto interesse progettuale, dove a causa della presenza in affioramento di termini flyschoidi poco permeabili, il grado di vulnerabilità all'inquinamento è variabile tra nullo e basso (Spilotro et al. 1996).

	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA4K</td> <td>42</td> <td>E69RG</td> <td>GE 00 01 001</td> <td>A</td> <td>42 di 79</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	42 di 79
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	42 di 79								

9 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità dell'area compresa tra Puglia e Basilicata sono da porre in relazione, essenzialmente, con il complesso assetto strutturale dei settori più esterni della Catena Appenninica e della fascia di transizione tra i domini di Avanfossa e quelli di Avampaese (Del Gaudio et al. 2007; Pino et al. 2008). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito una accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi in questo settore di territorio, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Frepoli & Amato 2000; Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008; Pino et al. 2008).

Gli eventi sismici più forti sono avvenuti in corrispondenza dei settori di catena, lungo faglie normali ad asse circa NW-SE dovute al cuneo di mantello in risalita al di sotto dell'orogene appenninico (Frepoli & Amato 2000). In corrispondenza dei settori di avampaese, invece, i principali terremoti storici presentano una intensità decisamente inferiori ai precedenti e risultano connessi, in buona sostanza, a faglie distensive e trascorrenti orientate circa E-W (Pierri et al. 2008).

La consultazione del database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, vers. 3.2.1 - 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto risulta interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche.

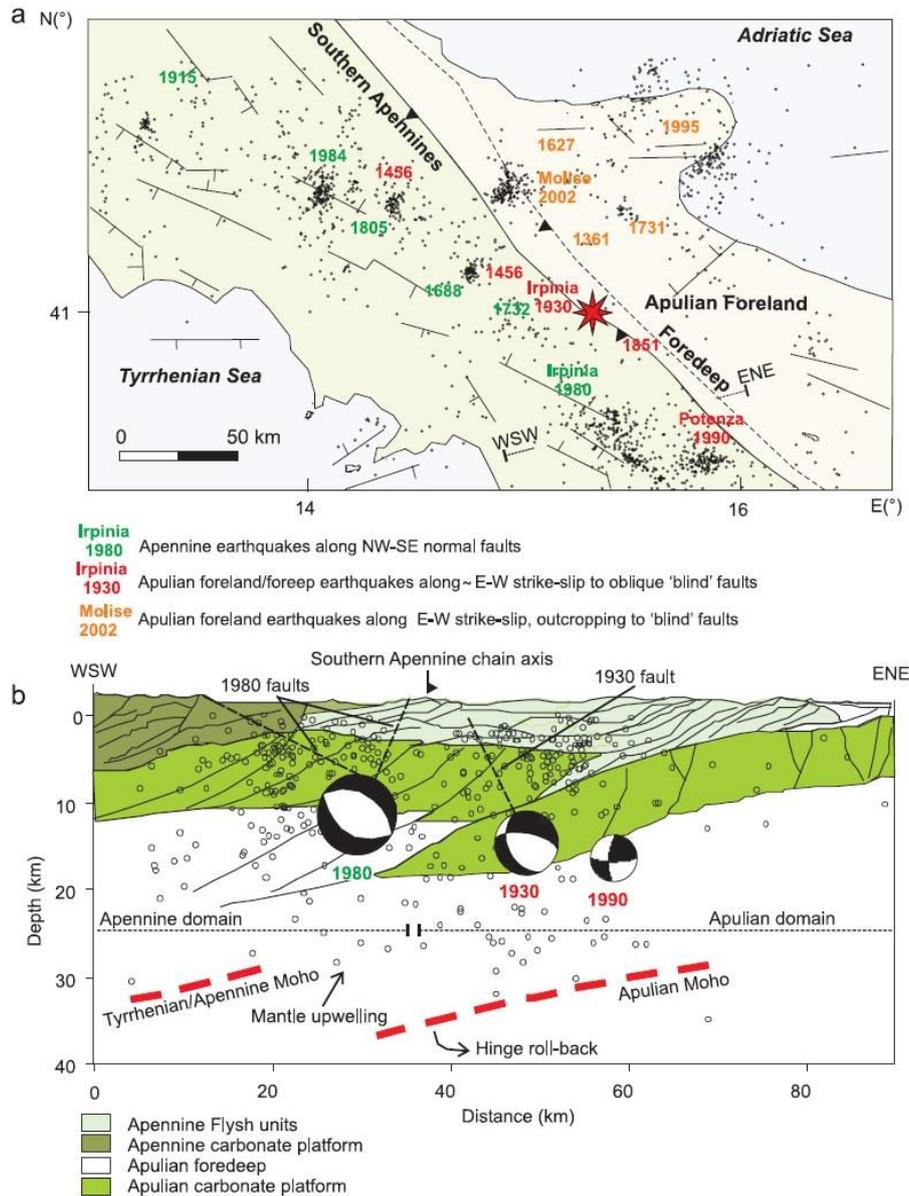


Figura 25 – Interpretazione dei principali elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale: (a) in pianta e (b) in sezione (Pino et al. 2008).

Le opere in progetto (cavalcaferrovia NV08) intercetta nel tratto settentrionale la fascia di sorgenti composite ITCS089 Rapolla-Spinazzola (profondità stimata 12.0-23.0 km, magnitudo massima 6.3, *Slip rate* 0.1-0.5 mm/anno), che include a sua volta la sorgente individuale ITIS081 Melfi (profondità stimata 12.0-22.8 Km, magnitudo massima 6.3, ultimo evento 14 agosto 1851).

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA IA4K</p>	<p>LOTTO 42</p>	<p>CODIFICA E69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

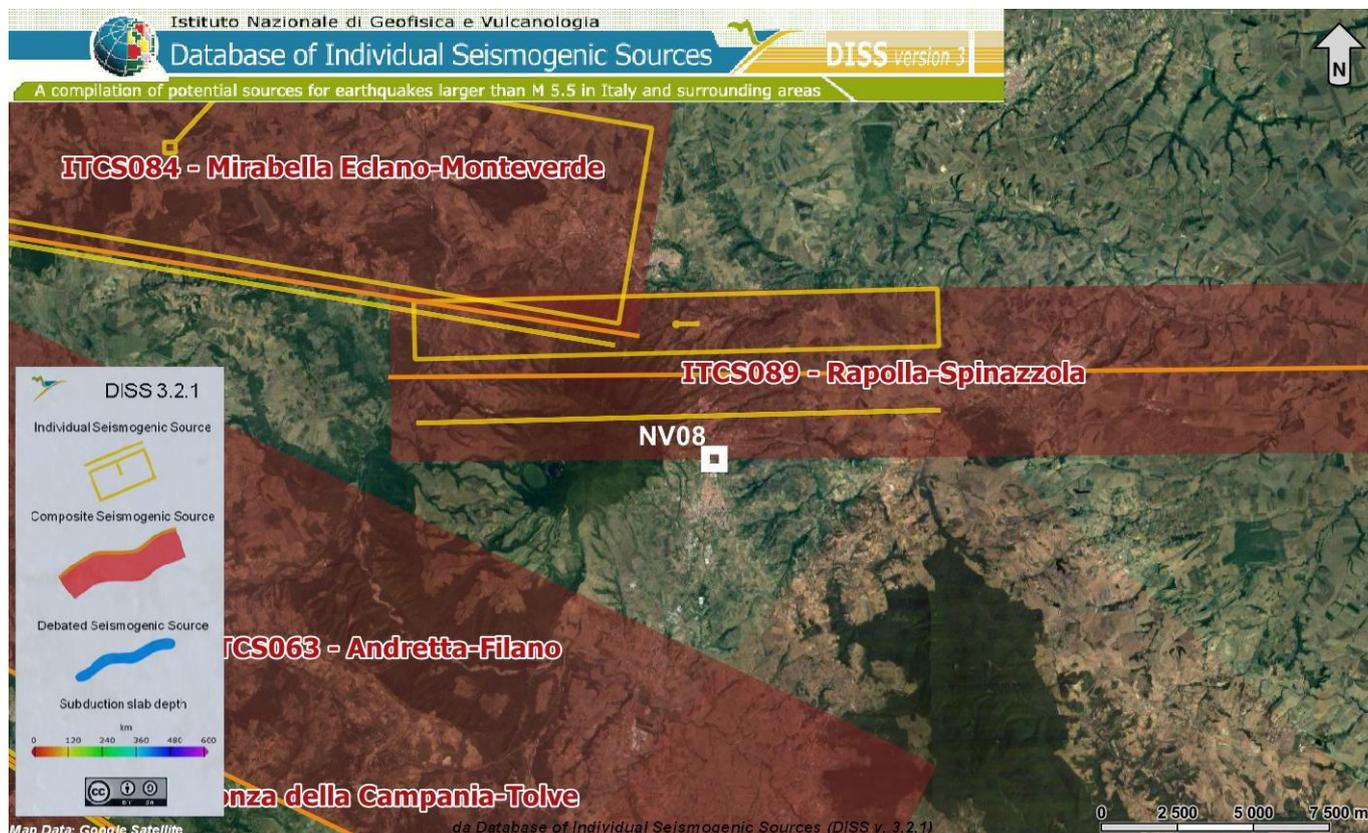


Figura 26 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell’area di studio, in scala 1:250000, (da DISS Working group 2018, *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), le opere in progetto, a partire dalla pk 0+040, ricadono all’interno della **Zona 925 Ofanto**, in cui sono attesi terremoti piuttosto profondi ($P = 12-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.

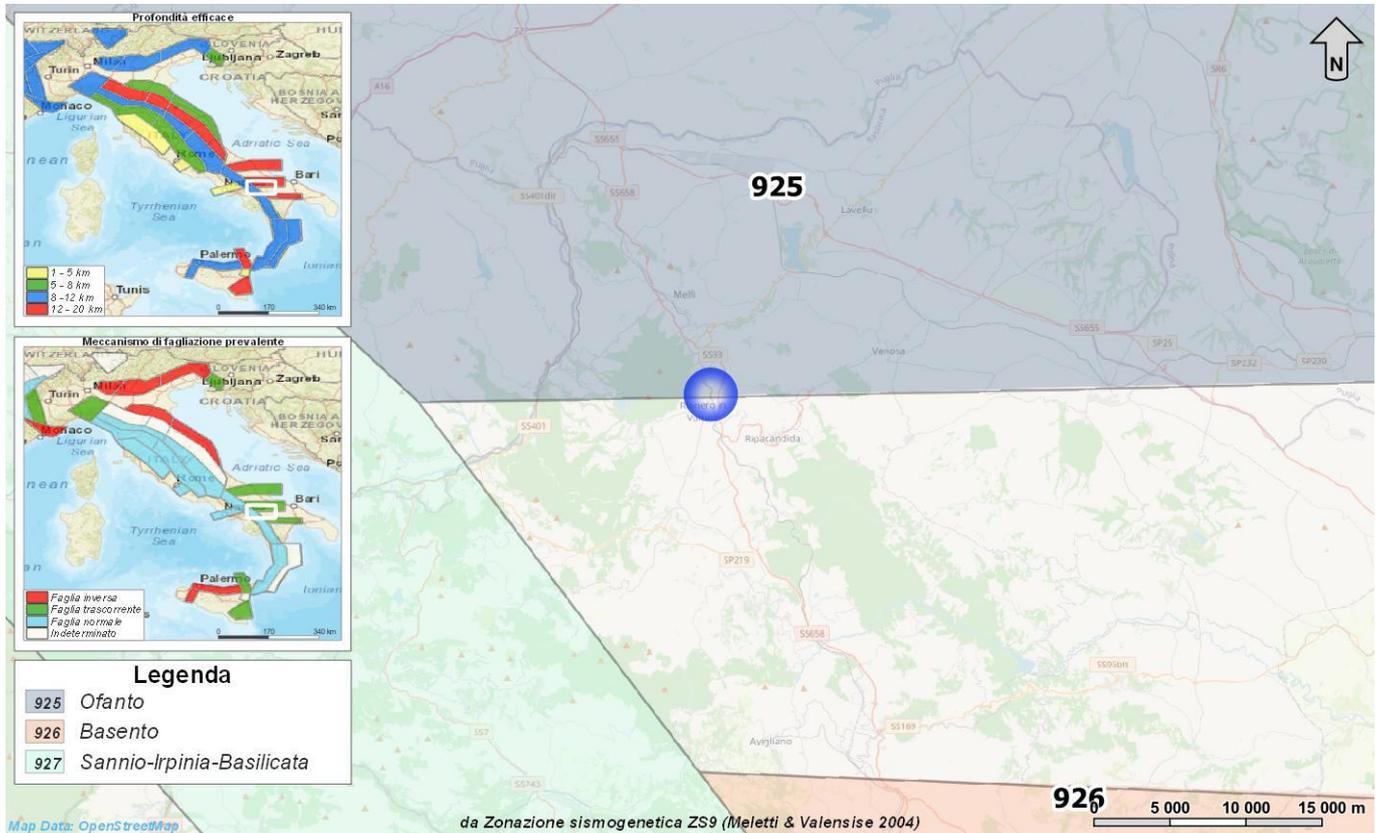


Figura 27 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 dell’area di studio, riprodotto in scala 1:500000, con individuazione delle opere in progetto (blu).

9.1 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati si sono concentrati nell’arco di sei secoli, tra il 1456 e il 1980, anche per via della maggiore accuratezza e della completezza dei documenti storici rinvenuti. L’ultimo terremoto di grande intensità epicentrale, infatti, è stato quello del 1980, la cui Magnitudo momento è stata valutata pari a 6.81. Nella Tabella 1 sono riportati, in ordine temporale, i parametri sismici relativi ai principali terremoti registrati nell’Appennino meridionale, nella zona compresa tra le regioni Puglia, Basilicata, Campania e Molise.

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I ₀	M _w
05/12/1456	-	Appennino centro-meridionale	9	11	7.19
05/06/1688	15:30	Sannio	11	11	7.06
08/09/1694	11:40	Irpinia-Basilicata	6	10	6.73
14/03/1702	05:00	Sannio-Irpinia	9	10	6.56
29/10/1732	07:40	Irpinia	7-8	10-11	6.75
26/07/1805	21:00	Molise	8	10	6.68
14/08/1851	13:20	Vulture	F	10	6.52

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I ₀	M _w
16/12/1857	21:15	Basilicata	7-8	11	7.12
08/09/1905	01:43	Calabria meridionale	3	10-11	6.95
13/01/1915	06:52	Marsica	5	11	7.06
23/07/1930	00:08	Irpinia	7-8	10	6.67
21/08/1962	18:19	Irpinia	7	9	6.15
23/11/1980	18:34	Irpinia-Basilicata	7	10	6.89

Tabella 1 – Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici dell'area al confine tra le regioni Puglia, Basilicata, Campania e Molise (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I= intensità massima, I₀= intensità epicentrale, M_w= Magnitudo momento.

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata da diversi eventi sismici di una certa intensità, come ad esempio quello del 1930 di magnitudo 6.67 (Irpinia) o del 1851 di magnitudo 6.52 (Vulture). Tuttavia quest'area in passato ha mostrato di subire danni anche per terremoti più forti ma localizzati in aree piuttosto lontane, come quello del 1456 di magnitudo 7.19 (Appennino centro-meridionale).

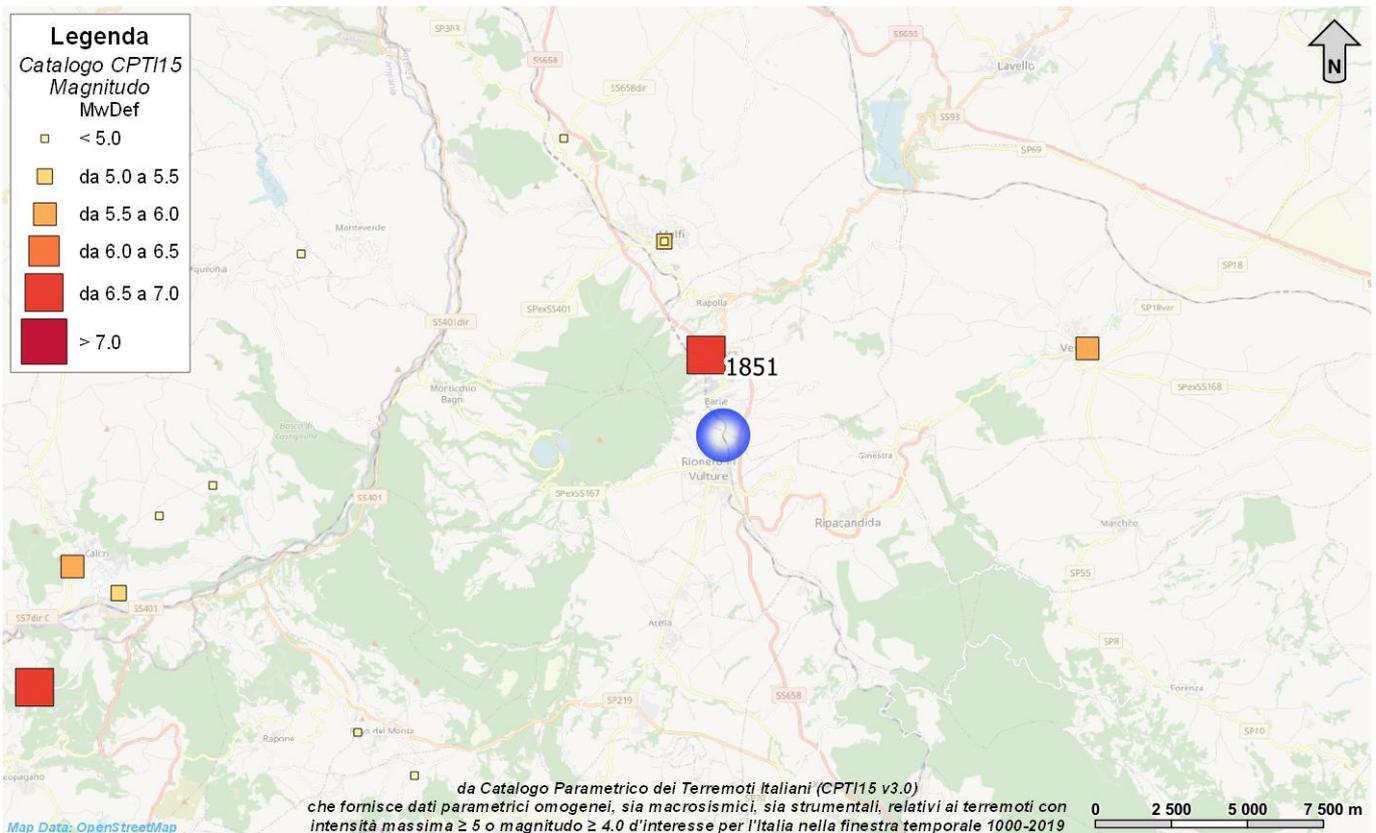


Figura 28 – Ubicazione dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio (da catalogo CPTI15 v3.0), con indicazione del settore di intervento (blu).

14 August 1851 13:20:-- , Vulture

MDP set by CFTI4med
NMDP 103 I_{max} 10

CPTI15 ★ 40.960, 15.669 Mw 6.52 ±0.11
macroseismic □ 40.960, 15.669 Mw 6.52 ±0.11

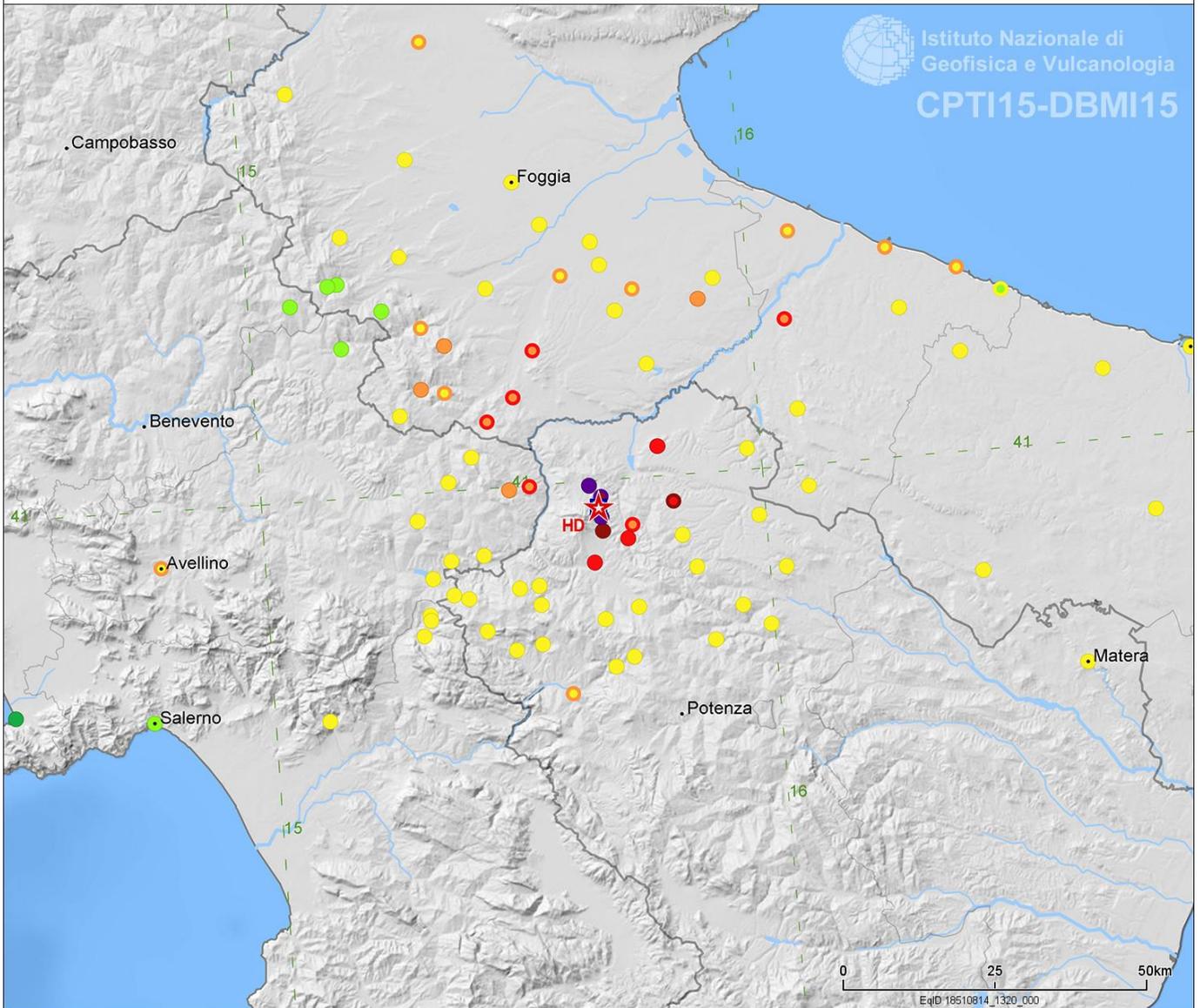


Figura 29 – Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 1851 (Vulture) di magnitudo pari a 6.5.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

10 LOTTO 4

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed ai profili longitudinali ricostruiti lungo l'asse delle opere in progetto. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne di indagine esplicate.

10.1 Settore di intervento NV08

Tale settore ricade nell'area centro-meridionale del settore di studio, tra le km 72+700 e 75+500 circa della linea Foggia-Potenza, nei territori comunali di Rionero in Vulture e Barile. Le opere in progetto ricadono nel lotto 4.2 della "Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede". In tale settore è prevista la realizzazione di un cavalcaferrovia (NV08) per la soppressione del PL al km 73+295.

10.1.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare cinque unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.1.1.1 Unità Tettonica San Chirico

L'unità tettonica in questione è costituita da una singola sequenza marina tardo-cenozoica, ampiamente affiorante nella porzione orientale dei settori di studio.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

10.1.1.1.1 **Formazione di Serra Palazzo**

Questa formazione si rinviene ampiamente nella porzione orientale dell'area di studio. È formata da calcisiltiti di colore grigio chiaro e biancastro (**PAA**), in strati generalmente sottili, con interstrati e lamine ondulate di marne calcaree grigiastre; localmente si rinvengono passaggi di arenarie litiche di colore giallo chiaro, siltiti grigie ben stratificate e argille limose grigiastre; a differenti altezze stratigrafiche sono presenti intercalazioni decimetriche di calcareniti medio-fini di colore grigio, in strati da sottili a medi. L'unità è costituita da depositi di bacino con uno spessore massimo di circa 800 m ed è ascrivibile all'intervallo Burdigaliano superiore - Serravalliano.

10.1.1.2 Unità Tettonica Vaglio Basilicata

La suddetta unità tettonica è rappresentata da una singola successione marina meso-cenozoica, ampiamente affiorante lungo una fascia S-N nel settore centrale dell'area di studio.

10.1.1.2.1 **Flysch Rosso**

Tale successione affiora nel settore centrale e centro settentrionale dell'area di studio. È costituita da argille, argille marnose e argilliti di colore rossastro e grigio verdastro (**FYR2**), generalmente laminate, con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti di colore rosato e biancastro, in strati da sottili a spessi, e locali passaggi di radiolariti, argille marnose e argille silicizzate di colore rosso e verdastro, in strati da molto sottili a sottili. L'unità è rappresentata da depositi di bacino e base scarpata con uno spessore massimo di circa 800, ascrivibili al Cretacico inferiore - Miocene inferiore.

10.1.1.3 Unità Tettonica Groppa D'Anzi

L'unità tettonica in questione è rappresentata da una successione marina meso-cenozoica, affiorante nel settore meridionale dell'area di studio.

10.1.1.3.1 **Flysch Numidico**

Tale unità è presente ampiamente nella parte meridionale della zona di studio, ad est di Rionero in Vulture. Si tratta di quarzoareniti medio-grossolane di colore grigio o giallo-arancio (**FYN2**), in strati da medi a molto spessi, con locali passaggi di quarzosiltiti grigie e subordinate intercalazioni decimetriche di argille marnose, marne e calcari marnosi di colore grigio e grigio-verdastro; alla base della successione si rinvengono alternanze di quarzoareniti giallo-arancio e marne argillose di colore rossastro. La sequenza in esame è composta da depositi di bacino con uno spessore compreso tra 200 e 350 m, riferibili al periodo Burdigaliano superiore - Langhiano.

10.1.1.4 Unità vulcano-sedimentarie del Monte Vulture

Questo gruppo è composto da due successioni vulcaniche e alluvionali plio-pleistoceniche, ampiamente affioranti nei settori occidentali dell'area di studio, in corrispondenza del rilievo vulcanico del Monte Vulture.

10.1.1.4.1 **Unità di Rionero**

Tale unità affiora ampiamente lungo il margine orientale dell'edificio vulcanico del Monte Vulture, nel settore occidentale dell'area di intervento. Si tratta di ceneri fini di colore nocciola e grigio chiaro (**sri**), in banchi massivi o in strati con strutture ad onda, associati ad orizzonti di ceneri con lapilli accrezionali e di pomici centimetriche biancastre (655±25 ka); verso l'alto passano ad una fitta alternanza di ceneri, pomici e scorie di colore grigio scuro, in strati prevalentemente decimetrici, e subordinati depositi decimetrici di ceneri giallastre massive (612±19-655±25 ka); al tetto della successione si rinvengono banchi di breccie con blocchi lavici metrici; le litofacies

vulcaniche sono in eteropia con depositi epiclastici costituiti da conglomerati, ceneri e peliti massive o con stratificazione pianoparallela e incrociata. L'unità è composta da depositi vulcanici, alluvionali e lacustri con uno spessore massimo di circa 30, ascrivibili interamente al Pleistocene medio.

10.1.1.4.2 Unità di Vulture-San Michele

La successione in esame si rinviene diffusamente lungo il fianco orientale del Monte Vulture, nei pressi del centro abitato di Rionero in Vulture, e non interessa direttamente le opere in progetto. È formata da ceneri massive con blocchi eterolitologici decimetrici (svs), alternata a subordinati livelli di pomici scure di spessore decimetrico ($601 \pm 7 - 629.6 \pm 4.7$ ka); a differenti altezze stratigrafiche sono presenti dicchi e colate laviche di colore grigio scuro, mediamente vescicolate e con strutture laminate da flusso; le litofacies vulcaniche sono in eteropia con depositi epiclastici costituiti da conglomerati, ceneri e peliti massive o con stratificazione pianoparallela e incrociata; al tetto la sequenza è chiusa da uno spesso paleosuolo di colore bruno-arancio, mentre a diverse altezze stratigrafiche sono presenti prodotti emessi da centri secondari, come coni di scorie, lave e ceneri fini di colore bruno. L'unità è composta da depositi vulcanici, alluvionali e lacustri con uno spessore massimo di circa 500 m, sempre riferibili al Pleistocene medio.



Foto 1 – Affioramento dell’Unità di Vulture-San Michele a NW del centro abitato di Rapolla, nei pressi del Vallone dello Spirito Santo lungo la SS 303.

10.1.2 Assetto geomorfologico locale

Dal punto di vista geomorfologico, l'area di studio si colloca lungo il margine orientale dell'apparato vulcanico del Monte Vulture. Pertanto, l'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con l'accumulo di depositi vulcanici legati ai principali centri eruttivi dell'area e al deflusso delle acque correnti superficiali e di prima infiltrazione e con l'azione della gravità. In particolare il deflusso idrico, sia superficiale che sotterraneo, rappresenta uno dei maggiori fattori predisponenti e/o scatenanti al verificarsi di fenomeni gravitativi (frane s.s. e deformazioni viscosi delle coltri) e la causa di accumulo di depositi quaternari di genesi diversa (depositi alluvionali e coltri eluvio-colluviali). I fenomeni gravitativi, invece, svolgono una azione di erosione ed accumulo lungo i versanti.

Lungo i versanti il reticolo idrografico, come detto, presenta uno sviluppo piuttosto ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, le principali direttrici tettoniche dell'area e le principali linee di fratturazione. La struttura della rete idrografica superficiale è, quindi, condizionata sia dalla natura litologica del

substrato sia dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Nell'area di studio sono presenti numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dalla Fiumara l'Arcidiaconata, un importante corso d'acqua a carattere perenne che si sviluppa in direzione S-N, e che scorre a est dell'area di studio. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere sia perenne che stagionale.

In linea generale tutti i corsi d'acqua presenti nell'area hanno una marcata tendenza all'approfondimento e sono, pertanto, la causa della genesi di forme caratteristiche come valli a V, scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Il deflusso idrico superficiale non regimato, invece, genera forme sia lineari che areali quali solchi da ruscellamento concentrato (*gully erosion*), zone a ruscellamento embrionale (*rill erosion*) e aree a ruscellamento diffuso (*sheet erosion*).

Il tracciato si sviluppa prevalentemente lungo la parte medio-alta dei rilievi collinari e, pertanto, è interessato solo marginalmente dai fenomeni di dissesto presenti lungo i versanti. Esso pertanto si colloca a monte di diverse aree impluviali interessate da estesi processi di *creep* e/o soliflusso e da movimenti franosi di importanza variabile, essenzialmente riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra, con stato sia attivo che quiescente.

I rilievi di campo condotti hanno evidenziato la presenza, lungo i versanti nord-orientali del Vallone di Catavatto, a valle della viabilità NV08, di un colamento lento con stato quiescente che allo stato attuale non presenta alcuna interferenza diretta o indiretta con il settore d'intervento. La buona regolarità del profilo topografico dell'area e l'assenza di fenomeni erosivi superficiali connessi col deflusso non regimato delle acque correnti superficiali, infatti, evidenziano la generale stabilità del settore in esame e l'assenza di pericolosità connesse con fenomenologie di gravitativo, sia nel breve che nel lungo periodo.

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino regionale Puglia (Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale) sono presenti areali di pericolosità a sud dell'area di intervento che non interessano direttamente le opere in progetto. Si tratta di un lambisce un areale di pericolosità **PG2**, dovuto a deformazioni superficiali e un areale a pericolosità **PG3** connesso alla presenza di modeste fenomeni franosi riconducibili a frane complesse e colamenti lenti che lambisce all'altezza del km 74+100 circa il tracciato ferroviario della linea Foggia-Potenza.

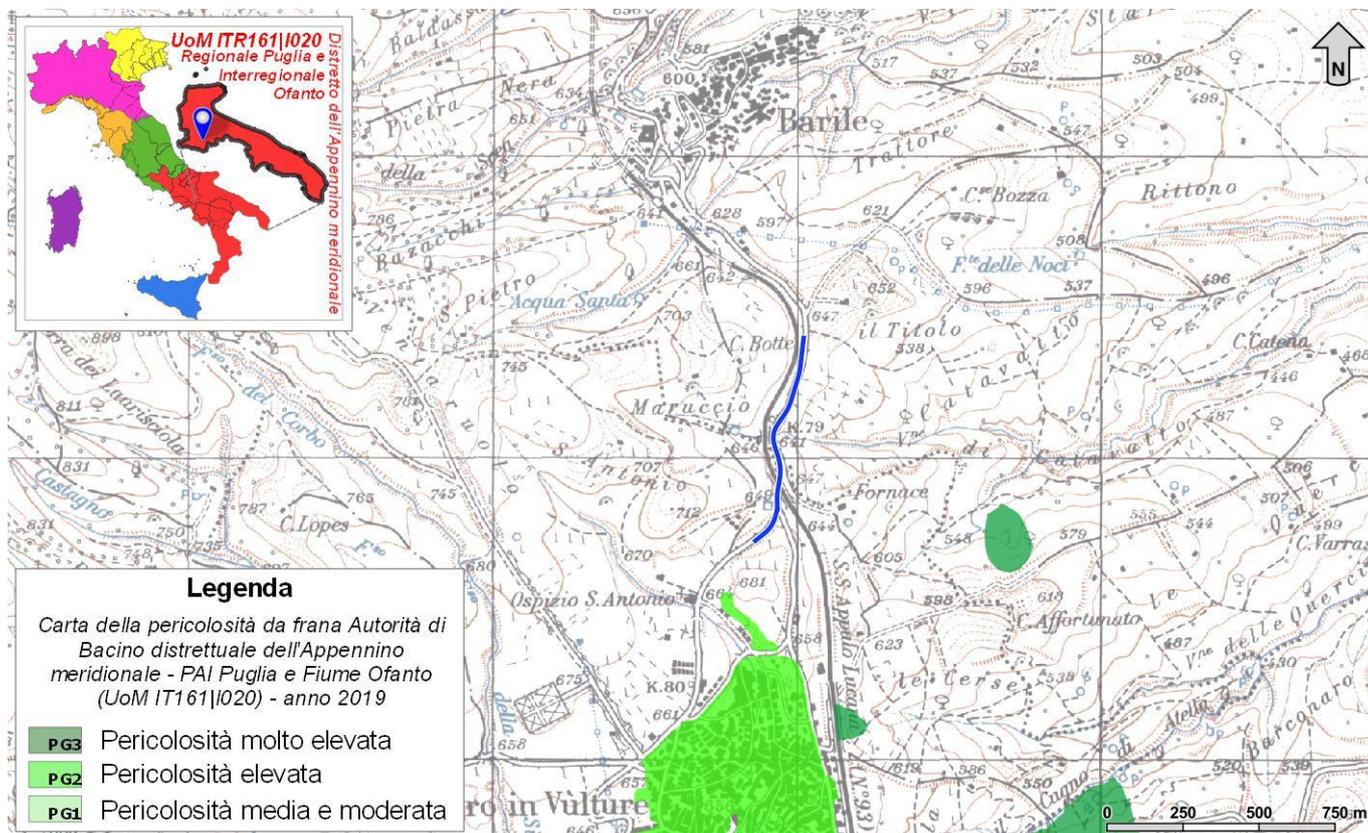


Figura 30 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino regionale Puglia e Fiume Ofanto (2005, aggiornamento 2019) – Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, con indicazione schematica del tracciato NV08.

10.1.3 Assetto idrogeologico locale

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA IA4K</p>	<p>LOTTO 42</p>	<p>CODIFICA E69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.1.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari di ognuno dei complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.1.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, sempre costituiti da successioni sedimentarie meso-cenozoiche localmente affioranti nei settori centrali e orientali della zona di studio.

10.1.3.1.1.1 *Complesso argilloso-marnoso*

A questo complesso sono associati i terreni prevalentemente pelitici del Flysch Rosso (**FYR2**). Si tratta di argille, argille marnose e argilliti generalmente laminate (**CAM**), con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti, in strati da sottili a spessi; a luoghi si rinvengono passaggi di radiolariti, argille marnose e argille silicizzate, in strati da molto sottili a sottili.

Tali litotipi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti lateralmente o verticalmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquitard* di notevole importanza; non sono presenti corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale contenute all'interno delle porzioni lapidee più fessurate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10.1.3.1.1.2 *Complesso calcisiltitico-marnoso*

Al complesso in questione sono riferiti i termini calcisiltitico-marnosi della Formazione di Serra Palazzo (**PAA**) e del Flysch Numidico (**FYN2**). È formato da calcisiltiti in strati generalmente sottili (**CCM**), con interstrati e lamine ondulate di marne calcaree; a luoghi sono presenti passaggi di arenarie, siltiti, argille marnose e calcareniti, in strati da sottili a medi; localmente si rinvengono quarzoareniti in strati da medi a molto spessi, con subordinate intercalazioni di argille marnose, marne, calcari marnosi, quarzosiltiti e sabbie.

Tali litotipi costituiscono acquiferi misti di ridotta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di scarsa rilevanza, generalmente discontinue e a carattere stagionale, contenute nelle porzioni lapidee più fessurate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

10.1.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da un singolo complesso idrogeologico, essenzialmente costituito da depositi vulcano-sedimentari quaternari ampiamente affioranti in tutta l'area di studio.

10.1.3.1.2.1 Complesso cineritico-scoriaceo

A questo complesso sono associati i depositi vulcanici ed epiclastici delle diverse successioni quaternarie che costituiscono l'edificio vulcanico del M. Vulture (**sri, svS**). Dal punto di vista litologico è composto da ceneri, scorie e pomice massive o ben stratificate (**CCS**), con locali banchi di breccie, blocchi lavici e paleosuoli più o meno evoluti; sono inoltre presenti lave compatte o fessurate, a luoghi vescicolate e laminate, con locali intercalazioni di scorie e ceneri; a luoghi si rinvengono conglomerati a ciottoli prevalentemente vulcanici, massivi o a stratificazione incrociata, orizzontale e obliqua, con rare intercalazioni sabbiose e frequenti passaggi di ceneri e peliti.

I terreni in esame costituiscono acquiferi misti di elevata trasmissività, estremamente eterogenei ed anisotropi; sono sede di una falda idrica sotterranea di notevole importanza, talora frazionata ma generalmente a deflusso unitario, e di locali falde secondarie a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-4} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.1.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore del Lotto 4.2 Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S12	CV	Lefranc	9.0 - 10.0	5.34E-05	CAM
S14	CV	Lefranc	10.0 - 11.0	2.09E-05	CAM

Tabella 2 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0X00D-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S76	LF_01	Lefranc	4.2 – 6.0	9.91E-07	CAM
S76	LF_02	Lefranc	14.7 – 17.3	1.06E-05	CAM
S77	LF_01	Lefranc	2.7 - 5.4	7.88E-07	CAM
S77	LF_02	Lefranc	11.4 – 14.3	3.75E-04	CAM
S78	LF_01	Lefranc	4.0 – 7.0	3.49E-08	CAM
S78	LF_02	Lefranc	17.8 – 21.4	4.84E-08	CAM
S79	LF_01	Lefranc	4.2 – 6.6	1.83E-06	CAM
S79	LF_02	Lefranc	13.2 – 15.5	1.37E-04	CAM

Tabella 3 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4K42E-2018, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.1.3.3 Monitoraggio piezometrico

Di seguito si riportano i dati del livello piezometrico registrati in fase di perforazione con indicazione delle principali caratteristiche del foro (**sigla, piezometro, data, profondità falda e note**).

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	note
-------	------------	------	----------------------------------	------

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	note
S12	Tubo aperto	11/2014	12.20	
S14	Tubo aperto	11/2014	15.30	

Tabella 4 - Dati del livello piezometrico registrato in fase di perforazione nei fori di sondaggio della campagna indagine IA0X00D-2014, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda.

sigla	piezometro	data	prof. falda <i>m dal p.c.</i>	note
S76	-	10/2017	6.25	
S77	-	10/2017	14.50	
S78	-	10/2017	8.70	
S79	-	10/2017	3.20	

Tabella 5 - Dati del livello piezometrico registrato in fase di perforazione nei fori di sondaggio della campagna indagine IA4K42E-2018, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda.

10.1.3.4 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Il deflusso idrico sotterraneo del settore di studio è fortemente influenzato dalla sovrapposizione di termini vulcano-sedimentari molto permeabili sulle successioni sedimentarie del substrato poco permeabili. Tale assetto geologico, ricostruito sulla scorta delle informazioni bibliografiche disponibili e del rilevamento geologico appositamente condotto, è stato successivamente validato e confermato dalle indagini geognostiche e geofisiche appositamente realizzate nell'area durante le diverse fasi di studio.

Come detto, l'edificio vulcanico del M. Vulture è caratterizzato dalla presenza di una estesa falda freatica defluente in direzione radiale rispetto all'asse del vulcano. I termini cineritico-scoriacei (**CCS**) ampiamente affioranti a monte della zona di intervento, pertanto, costituiscono la propaggine più orientale del suddetto acquifero. I termini vulcano-sedimentari del medesimo complesso idrogeologico (**CCS**) affioranti nei settori più orientali, invece, risultano idraulicamente separati dai precedenti a causa dell'interposizione di terreni sedimentari poco permeabili (**CAM** e **CCM**) e pertanto sono sede di falde secondarie a carattere prevalentemente stagionale.

Gli studi bibliografici disponibili e le curve isopiezometriche desunte dalle cartografie idrogeologiche reperite dalla Carta della Vulnerabilità del M. Vulture (Spilotro et al. 1996) evidenziano che l'acquifero vulcanico principale è quasi completamente saturo e caratterizzato da un livello di falda spesso prossimo alla superficie topografica. La falda risulta defluente verso i settori orientali e meridionali dell'area di studio, mentre il settore di intervento rappresenta una zona di spartiacque per i deflussi idrici sotterranei più importanti.

Le curve isopiezometriche sono state estratte dal citato lavoro in quanto la scarsità di dati idrogeologici disponibili e l'impossibilità di eseguire indagini geognostiche dirette volte alla individuazione del livello di falda nei settori di intervento, non ha permesso di ricostruire col dovuto grado di dettaglio l'andamento plano-altimetrico della superficie freatica. Ad ogni modo, si sottolinea che le suddette curve isopiezometriche hanno significato solo a grande scala, mentre sono poco rappresentative della condizione idrogeologica locale, così come dimostrato dalle quote relative spesso più elevate di alcune decine di metri della stessa superficie topografica.

La condizione idrogeologica suddetta e l'importanza del tamponamento operato dai termini sedimentari di substrato sono evidenziati dall'allineamento di emergenze sorgentizie in corrispondenza della zona di contatto tra l'acquifero vulcanico (**CCS**) e il basamento sedimentario (**CAM** e **CCM**). Si tratta essenzialmente di sorgenti per soglia di

permeabilità (Civita 1972; Celico 1986), determinate dal forte contrasto di permeabilità esistente tra i depositi di copertura e il substrato sedimentario. Le emergenze sorgentizie presentano un evidente carattere stagionale e, in generale, sono caratterizzate da portate per lo più modeste.

Mentre i termini vulcano-sedimentari di copertura sono caratterizzati dalla presenza di un'importante falda freatica, i termini sedimentari del substrato sono contraddistinti dall'assenza di una circolazione idrica attiva. Nella maggior parte dei casi, infatti, i terreni del substrato sono caratterizzati unicamente dalla presenza di acque di saturazione provenienti sia dall'acquifero di monte che dall'infiltrazione delle acque meteoriche. All'interno di tali litotipi le falde sono piuttosto rare e limitate alle porzioni più fessurate ed alterate dell'ammasso.

10.1.3.5 Analisi chimico-fisiche delle acque

Per poter definire il regime di circolazione idrica dell'area e la provenienza delle acque sotterranee presenti nei settori di intervento, nel corso dello studio sono state condotte delle analisi chimico-fisiche sulle acque di alcune emergenze sorgentizie presenti nell'area. Le analisi sono state condotte su n. 3 sorgenti censite durante il rilevamento idrogeologico di campo e sono state svolte al fine di investigare tutte le principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque in questione (Tabella 6).

	Analita	U.d.m	Sorgente Sant'Antonio	Sorgente delle Noci	P.to di prelievo Sorgente Acqua Santa
PARAMETRI CHIMICI	Temperatura °C	°C	14.2	14.6	13.1
	Temperatura ambiente	°C	12	12	12
	pH	unità	7.42	7.24	7.92
	Conducibilità	µS/cm	639	712	439.6
	Potenziale Redox	mV	47.7	95.7	44.1
	Cloruri	mg/l	46.1	35.9	15
	Fluoruri	mg/l	0.57	0.65	0.51
	Solfati	mg/l	58.6	118	27.2
	Solfuri	mg/l	< 1	< 1	< 1
	Ossigeno disciolto	mg/l	5.94	7.42	8.66
	Anidride Carbonica Aggressiva	mg/l	22	13.2	< 0,1
	Indice di permanganato	mg/l	0.6	0.8	0.5
	Silice	mg/l	58	55	53
	Bromuri	mg/l	< 0,1	0.11	< 0,1
	Ioduro	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Azoto ammoniacale	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	Azoto nitrico	mg N/l	9.5	4.1	3.7
	Azoto nitroso	mg N/l	0.1	0.11	0.11
	Durezza totale	°F	21	25	13.3
	Residuo fisso a 180°C	mg/l	360	410	255
T A	Bicarbonati	mg/l	166	196	176
	Magnesio	mg/l	13.2	15	7.4

Analita	U.d.m	Sorgente Sant'Antonio	Sorgente delle Noci	P.to di prelievo Sorgente Acqua Santa
Sodio	mg/l	35.2	36.9	33
Calcio	mg/l	61.2	75.2	39.7
Potassio	mg/l	9.8	13	13.1
Litio	µg/l	6.8	4.6	6.5
Stronzio	µg/l	1230	1080	564

Tabella 6 - Sintesi delle analisi chimico-fisiche condotte sulle acque prelevate in corrispondenza delle 3 emergenze sorgentizie censite.

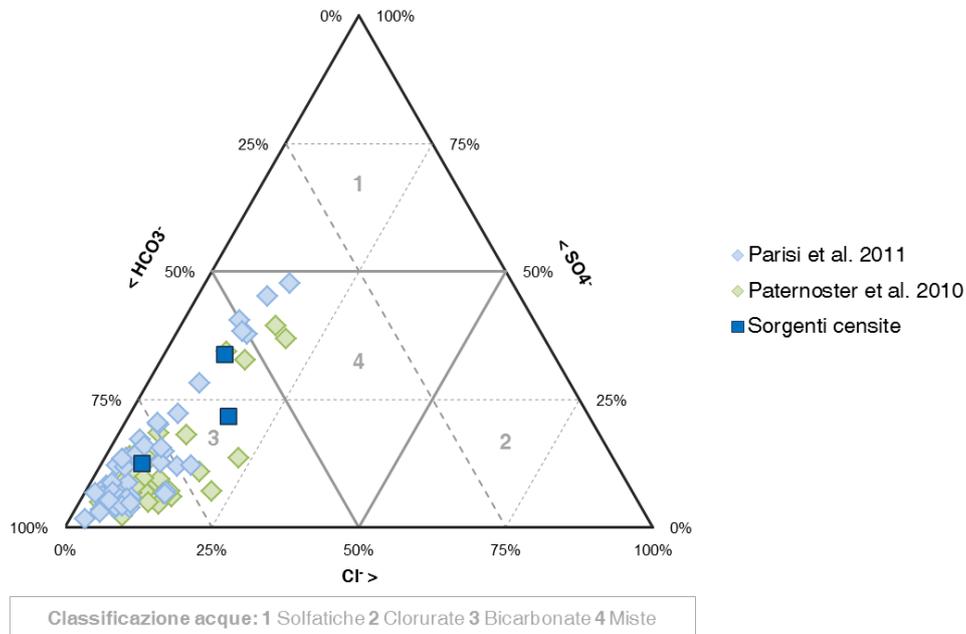


Figura 31 – Diagramma triangolare della composizione anionica delle acque delle sorgenti censite e dei dati bibliografici disponibili.

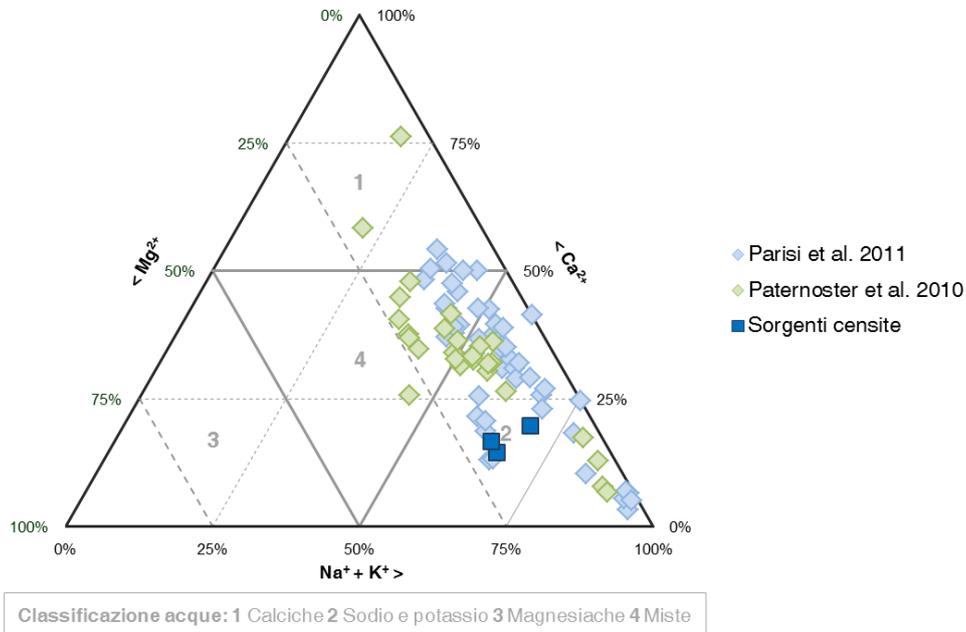


Figura 32 – Diagramma triangolare della composizione cationica delle acque delle sorgenti censite e dei dati bibliografici disponibili.

I dati chimici ottenuti sono stati plottati su grafici triangolari per valutare la composizione anionica e cationica delle acque analizzate e confrontare la stessa con quelle dei punti d'acqua reperiti da fonti bibliografiche (Figura 31 e Figura 32). Tutte le acque delle emergenze sorgentizie presenti nell'area sono state così classificate dal punto di vista chimico, al fine di rendere più agevole l'analisi delle caratteristiche idrogeologiche dell'area e del regime di circolazione idrica sotterranea che la caratterizza.

Come evidenziato dagli studi bibliografici disponibili, gran parte delle acque del M. Vulture sono di tipo bicarbonato-sodiche e bicarbonato-sodico-potassiche, anche se non mancano acque di tipo bicarbonato-calciche e miste. Le acque delle sorgenti analizzate, invece, sono sempre di tipo bicarbonato-sodico-potassiche e, pertanto, presentano caratteristiche chimiche molto simili a quelle di gran parte delle emergenze sorgentizie afferenti all'acquifero vulcanico del M. Vulture.

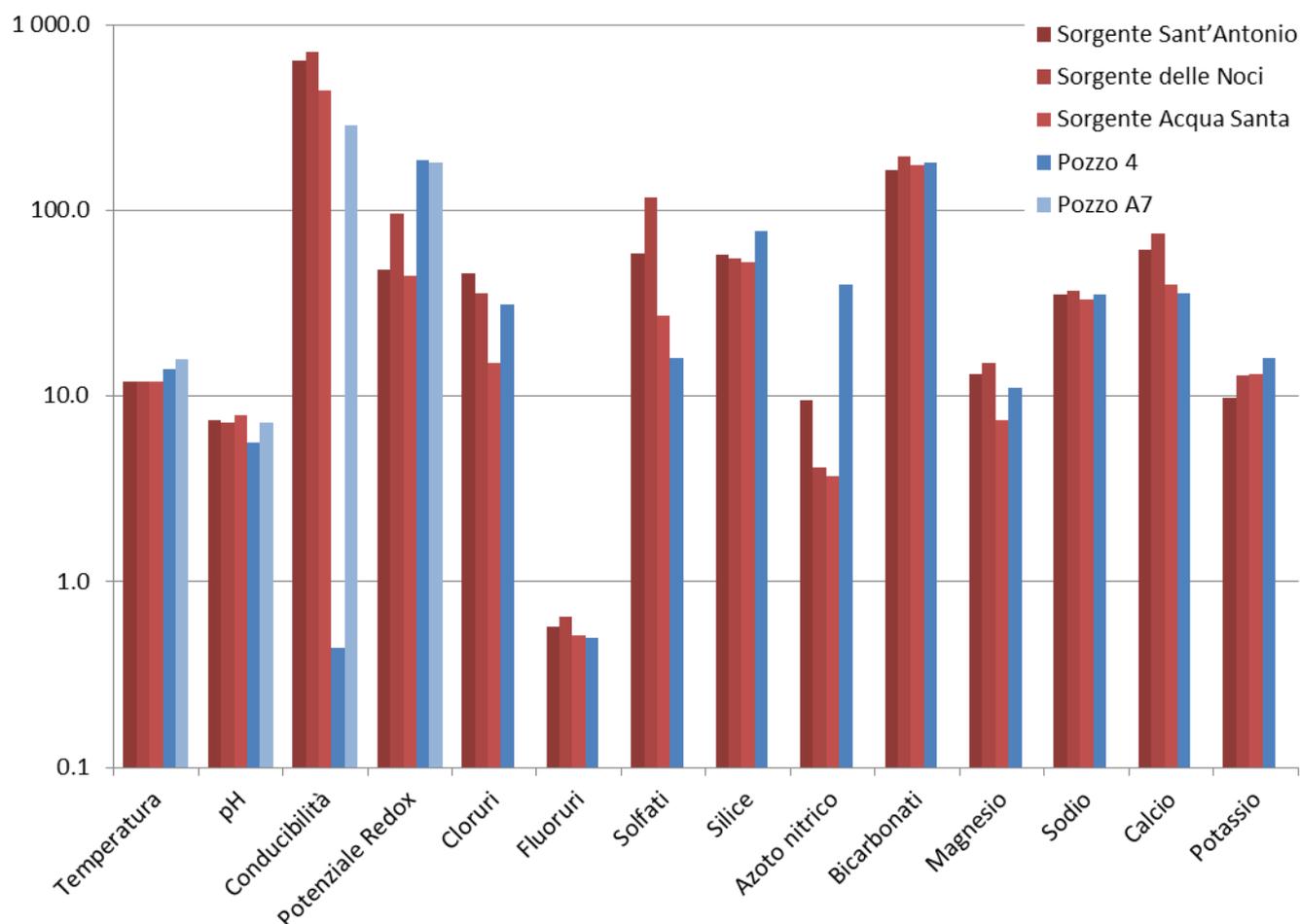


Figura 33 – Istogramma delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque delle 3 sorgenti analizzate e dei 2 pozzi campione presenti in prossimità dei settori di intervento.

I parametri chimico-fisici delle acque di sorgente, determinati tramite analisi di laboratorio, sono stati confrontati con quelli di n. 2 pozzi campione (Figura 33), ricadenti nelle vicinanze della zona di intervento e quindi rappresentativi delle condizioni idrogeochimiche dell'acquifero vulcanico a monte dei settori di interesse progettuale. Il Pozzo A7 (Paternoster et al. 2010) ricade nel settore più occidentale dell'area di studio, mentre il Pozzo 4 (Parisi et al. 2011) è situato a SSW del precedente, al margine dell'area di studio.

Il confronto delle analisi chimico-fisiche a disposizione dimostra che le acque delle emergenze sorgentizie censite presentano caratteristiche estremamente simili a quelle dei pozzi provenienti da studi bibliografici (Figura 33). Gran parte dei parametri a disposizione, infatti, non presentano scostamenti significativi tra i due gruppi analizzati, soprattutto per quanto concerne temperatura, pH, potenziale redox, cloruri, fluoruri, solfati, silice, bicarbonati, magnesio, sodio, calcio e potassio. Gli unici parametri che presentano sostanziali differenze tra sorgenti e pozzi sono la conducibilità elettrica e l'azoto nitrico, influenzati da fattori esterni che da una reale differenza di caratteristiche delle acque sotterranee.

I parametri chimico-fisici a disposizione avvalorano il modello idrogeologico proposto e lo schema di circolazione idrica sotterranea precedentemente delineato. Infatti, le acque delle emergenze sorgentizie censite sono chiaramente

provenienti dall'acquifero vulcanico del M. Vulture e dovute all'effetto di tamponamento prodotto dai termini sedimentari del substrato sui prodotti vulcanici più permeabili. I depositi flyschoidi meso-cenozoici pertanto, svolgono un prevalente ruolo di *acquitard* e non sono sede corpi idrici sotterranei di importanza significativa.

10.1.4 Sismicità

Nelle tabelle seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15 v3.0) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Barile e Rionero in Vulture (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Barile

[40.945, 15.673]

Numero eventi: 30

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6-7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
10	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
F	1852 04 02 09 30	Vulture	5	4	4.13
8	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
5	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
5	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
NF	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
8-9	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
5	1931 11 10 21 10	Vulture	7	5	4.16
6	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4	1983 02 02 08 14 16.00	Potentino	42	5	4.35
3	1986 07 23 08 19 50.87	Potentino	48	6	4.61
5	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino	62	5	4.54
4	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
2-3	1990 08 28 19 02 52.35	Potentino	84		4.21
6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1991 06 20 11 32 18.38	Potentino	26	5-6	3.71
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4-5	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31

Effetti	In occasione del terremoto del:				
3-4	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4.34
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
3	2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3.82
3-4	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 7 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Barile (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_o intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

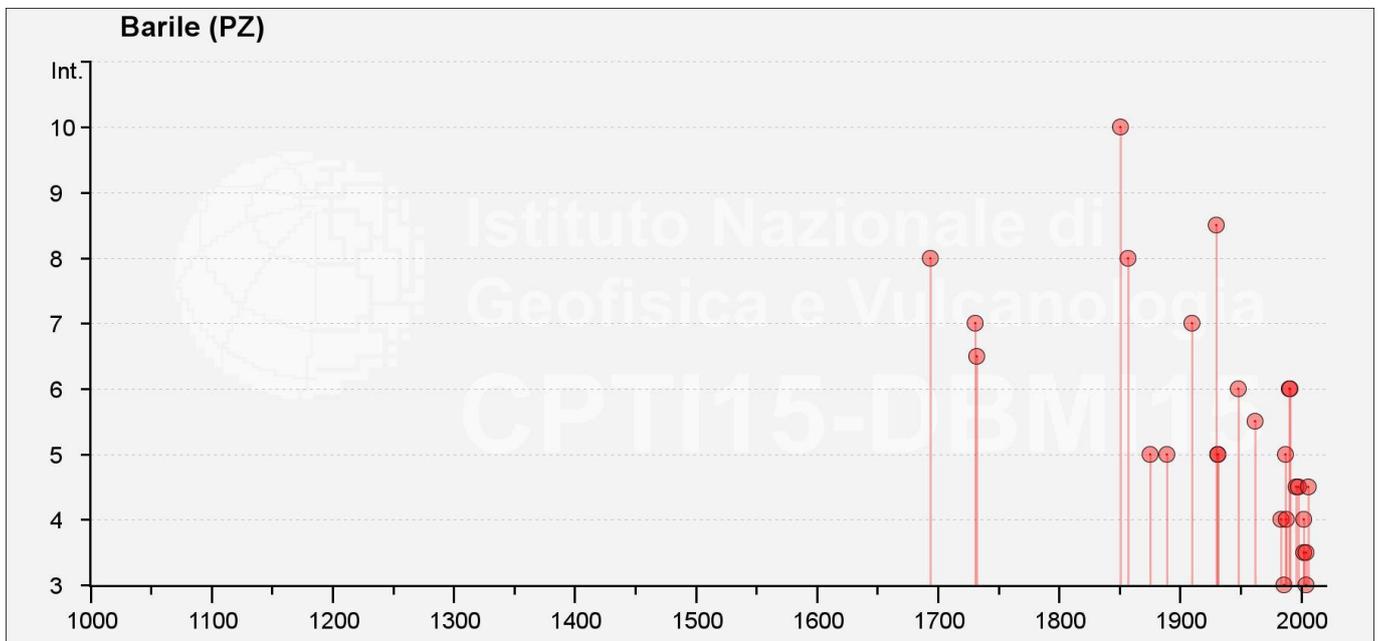


Figura 34 – Grafico illustrante la storia sismica di Barile. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Rionero in Vulture

[40.924, 15.674]

Numero eventi: 40

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	I _o	M _w
8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
9	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
F	1852 04 02 09 30	Vulture	5	4	4.13
6-7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
5	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
F	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15

Effetti	In occasione del terremoto del:				
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
3-4	1904 04 08 08 22	Gargano	27	6	4.75
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
6	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
5-6	1954 08 06 19 21 12.00	Potentino	13	5-6	5.18
3	1957 05 03 03 29 34.00	Potentino	36	5	4.09
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
2	1966 10 04 04 51 51.00	Potentino	15	5	4.16
F	1969 11 14 06 48 07.00	Potentino	34	5	4.62
F	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1980 12 03 23 54 22.00	Irpinia-Basilicata	11	6	4.83
5	1981 11 29 05 06 45.00	Potentino	14	5	4.51
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5.62
3	1986 07 23 08 19 50.87	Potentino	48	6	4.61
5	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino	62	5	4.54
4	1988 01 08 13 05 46.75	Pollino	169	7	4.7
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
4-5	1990 08 28 19 02 52.35	Potentino	84		4.21
6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1991 06 20 11 32 18.38	Potentino	26	5-6	3.71
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
3-4	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
2	1998 04 26 05 38 05.59	Potentino	67	4-5	3.76
3-4	1999 04 05 07 51 58.33	Irpinia	57	4-5	3.99
3	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4.34
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
3-4	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
4	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 8 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Rionero in Vulture (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_o intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

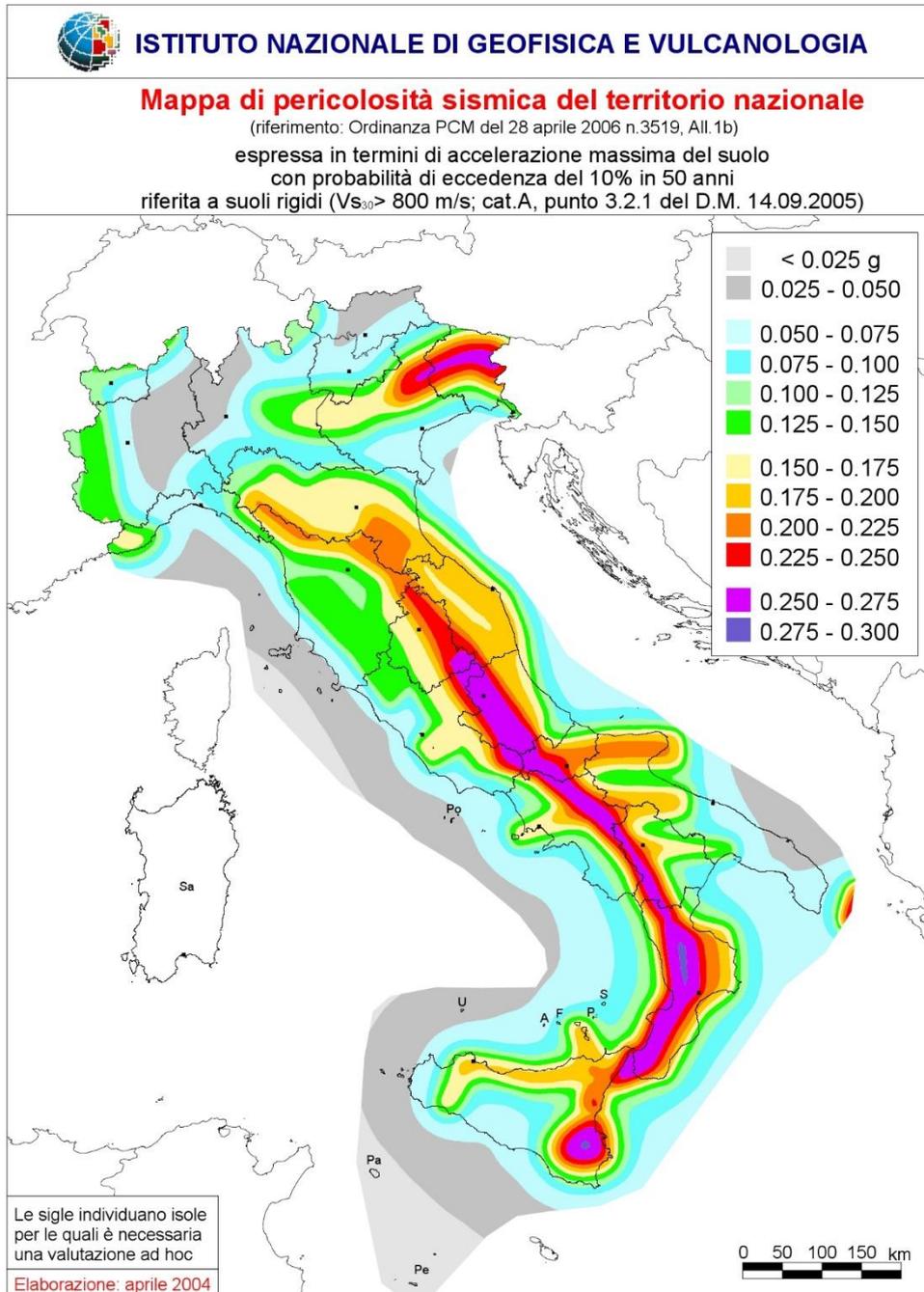


Figura 36 – Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva,

infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (Figura 37). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.150-0.200 a_g (accelerazione massima del suolo).

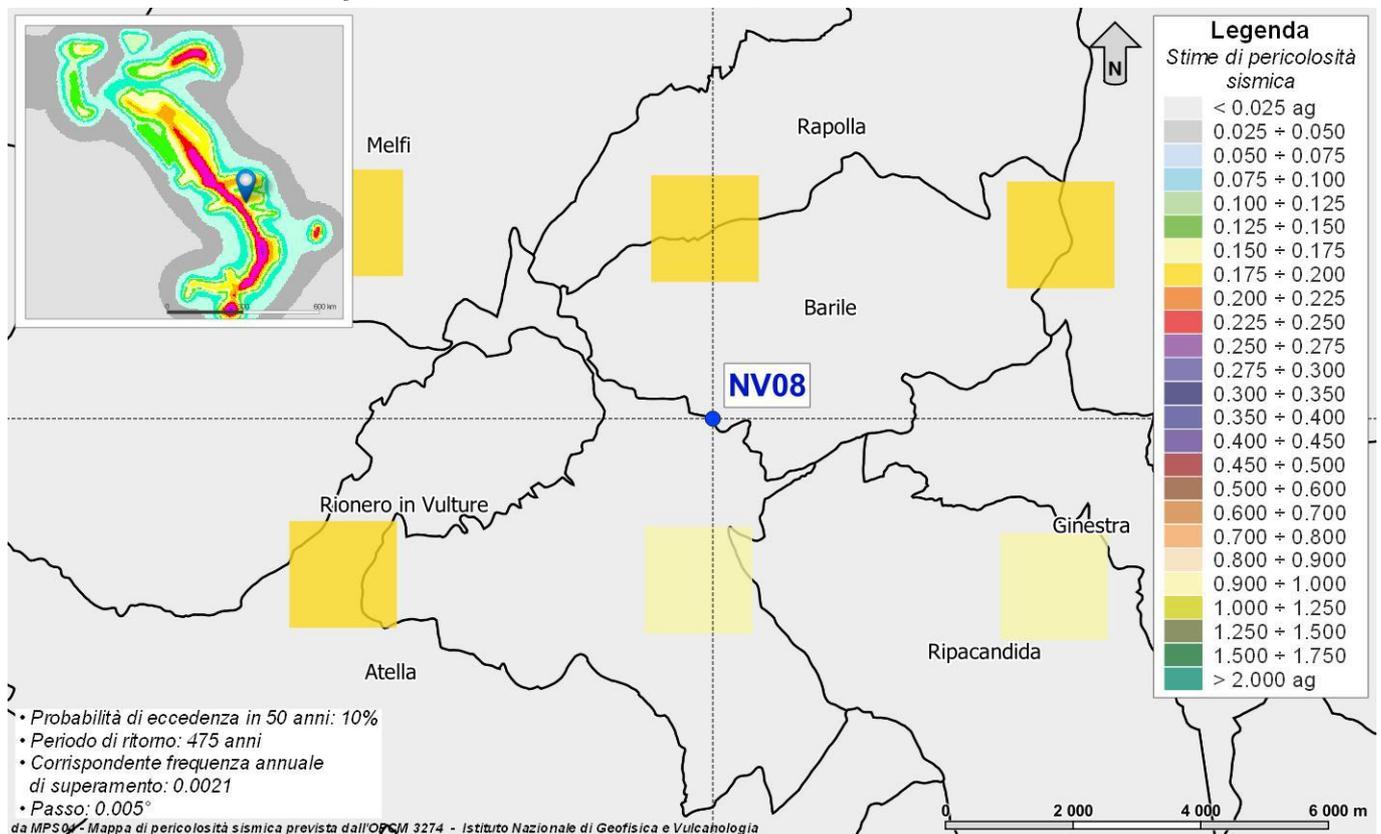


Figura 37 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from CApable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, nessuno di essi interessa direttamente il tracciato ferroviario mentre solo uno si colloca nelle sue vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle

caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

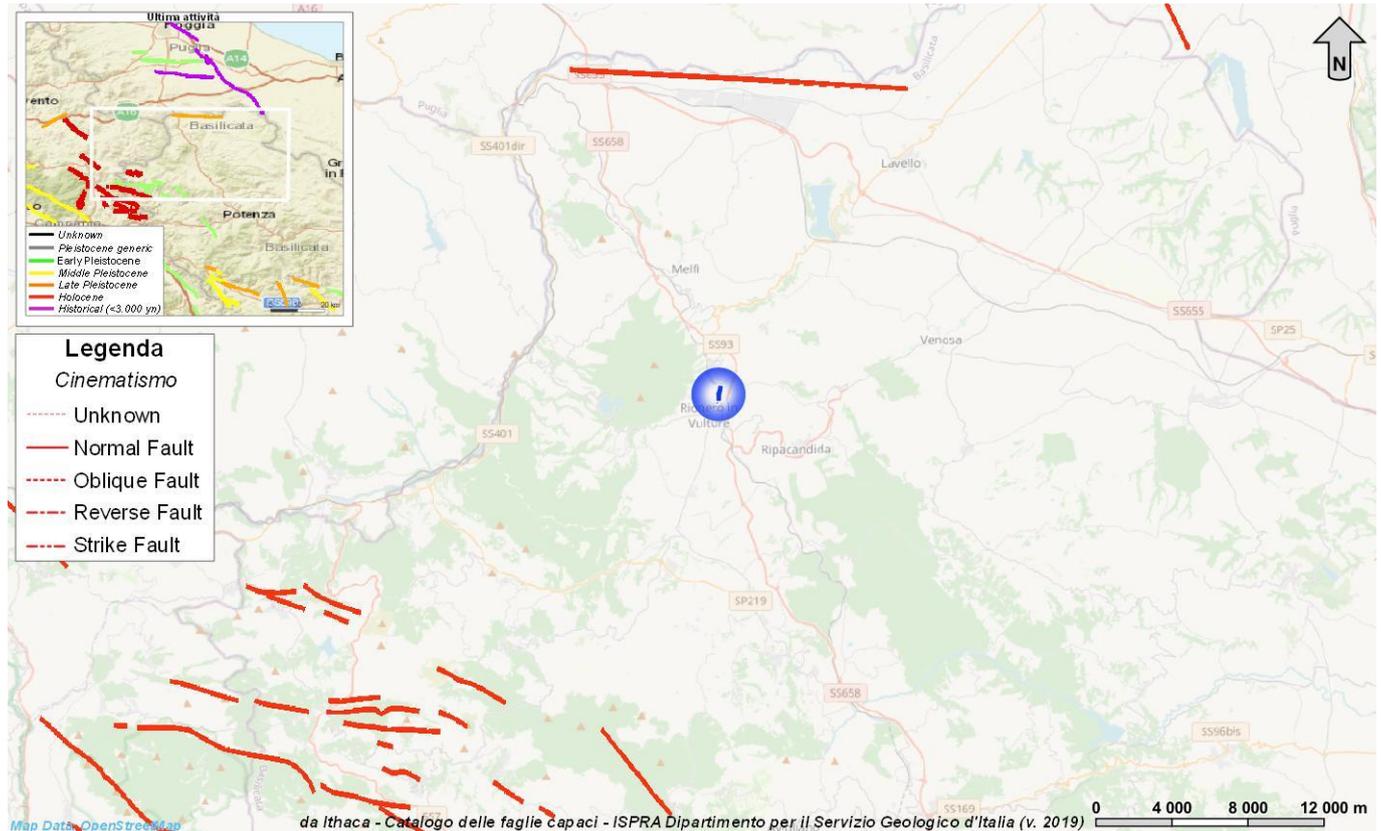


Figura 38 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione delle opere in progetto (in blu) e delle faglie capaci (in rosso).

10.1.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella “Mappa di Pericolosità Sismica” dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. Per i valori di a_g , F_0 e T_c^* , necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (come previsto dalle NTC 2018 cfr. paragr. 3.2). I parametri forniti possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

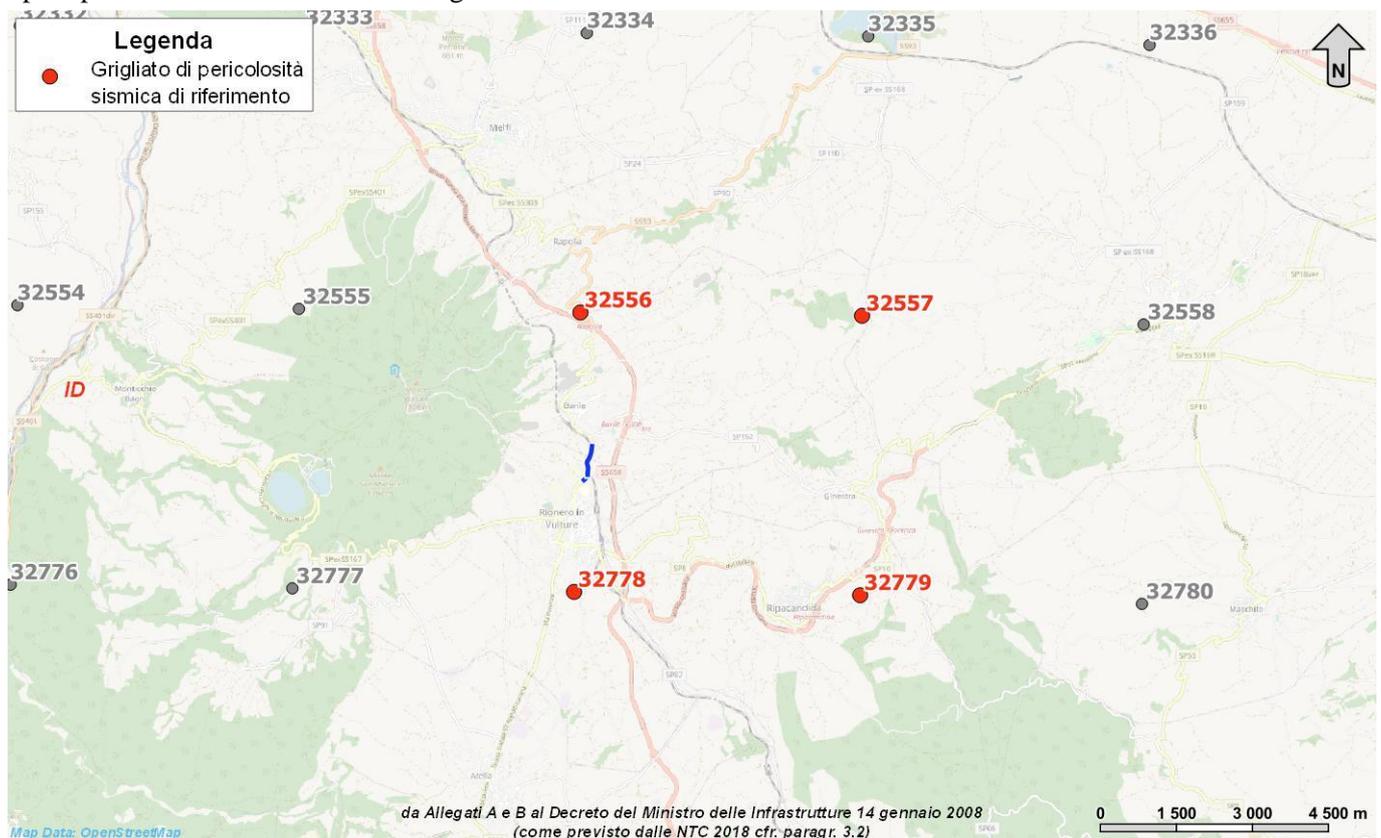


Figura 39 – Griglia di riferimento per il settore di intervento NV08, con individuazione dell'area di interesse progettuale (in blu) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
32778	15.673	40.914	0.1735	2.49	0.43
32556	15.675	40.964	0.1850	2.48	0.42

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
32779	15.740	40.913	0.1646	2.54	0.43
32557	15.741	40.963	0.1785	2.50	0.42

Tabella 9 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni, le coordinate sono espresse in gradi decimali (EPSG:4230).

10.1.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La normativa citata prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – G.U. Serie Generale n. 42 del 20-2-2018), la determinazione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s) per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** *ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m;
- **B:** *rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- **C:** *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;
- **D:** *depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s;
- **E:** *terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione della prova MASW disponibile nel settore di intervento. Nella Tabella 10 si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4K	LOTTO 42	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Sigla	Tipologia	Lungh./Prof. <i>m</i>	Vs,eq <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M16	MASW	57	460	B	FYR2

Tabella 10 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.1.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito hanno permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore del lotto 4.2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 6 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 4 non attrezzati e 2 strumentati con piezometro;
- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 2 stendimenti sismici a rifrazione;
- n. 1 prove MASW;
- n. 6 prove geoelettriche/rifrazione;
- n. 6 misure di microtremori.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 10, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 38.

10.1.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, X e Y nel sistema di riferimento WGS84/UTM zona 33N (EPSG 32633), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	X	Y	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S12	73+067	556824	4531884	637.0	piezometro	30.0	4	4	1
S14	73+241	556895	4531731	646.5	piezometro	30.0	4	4	1
Totale							8	8	2

Tabella 11 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S79	72+950	556907	4532034	644.9	non attrezzato	30.0	4	8	2
S77	73+110	556834	4531888	640.5	non attrezzato	40.0	6	8	2
S78	73+183	556829	4531587	657.0	non attrezzato	30.0	7	7	2
S76	73+398	556951	4531637	636.6	non attrezzato	40.0	5	7	2
Totale							22	30	8

Tabella 12 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4K42-2018, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.1.5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, X e Y nel sistema di riferimento WGS84/UTM zona 33N (EPSG 32633), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	X	Y	Quota <i>m s.l.m.</i>	Tipologia di prova	Profondità <i>m</i>
P8 CPTU 8	73+242	556895	4531731	641.4	prova penetrometrica statica	4.6

Tabella 13 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencate in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.1.5.3 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, X e Y di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento WGS84/UTM zona 33N (EPSG 32633), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	pk	X	Y	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
M16	73+281	556899	4531687	MASW	57.0

Tabella 14 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
L88	73+118	556879	4531841	geoelettrica	237.0



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	72 di 79

Sigla	pk	X	Y	Tipologia indagine	Lunghezza m
L8	73+332	556860	4531606	geoelettrica	251.0

Tabella 15 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	X	Y	Tipologia indagine	Lunghezza m
ERT+Rifr1	556690	4531851	Geoelettrica/Rifrazione	120
ERT+Rifr2	556714	4531719	Geoelettrica/Rifrazione	140
ERT+Rifr3	556878	4531848	Geoelettrica/Rifrazione	70
ERT+Rifr4	556950	4531896	Geoelettrica/Rifrazione	120
ERT+Rifr5	556991	4531781	Geoelettrica/Rifrazione	107
ERT+Rifr6	556994	4531694	Geoelettrica/Rifrazione	136
HVSR1	556838	4531903	Misure di microtremori	-
HVSR2	556780	4531855	Misure di microtremori	-
HVSR3	556822	4531840	Misure di microtremori	-
HVSR4	556888	4531714	Misure di microtremori	-
HVSR5	556772	4531734	Misure di microtremori	-
HVSR6	556930	4531795	Misure di microtremori	-

Tabella 16 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA4K42-2018.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA IA4K</p>	<p>LOTTO 42</p>	<p>CODIFICA E69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

11 CONCLUSIONI

La presente relazione è stata redatta nell'ambito dell'esecuzione dello studio "Sottoprogetto 2: elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione pl e consolidamento sede". In particolare, sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. Le opere in progetto prevedono la realizzazione di un cavalcaferrovia (NV08) per la soppressione del PL al km 73+295, tra i comuni di Rionero in Vulture e Rionero. L'area di studio si colloca in corrispondenza della linea ferroviaria Foggia-Potenza, nella tratta Ascoli Satriano-Rionero in Vulture.

Gli approfondimenti condotti dallo scrivente hanno consentito di definire i principali aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici dell'area, nonché l'assetto litostratigrafico locale e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dalle opere in progetto, il tutto in misura commisurata alla loro incidenza specifica sul terreno e sul contesto ambientale complessivo.

Le opere in progetto presentano una lunghezza di circa 0+720 km e si sviluppano da SW a NE. In particolare, nel settore sud-occidentale il cavalcaferrovia intercetta i litotipi vulcanici dell'Unità di Rionero (**sri**) con uno spessore massimo di circa 3 m. Questi terreni poggiano in discordanza sul substrato geologico dell'area, rappresentato dai litopiti argilloso-marnosi del Flysch Rosso (**FYR2**), direttamente intercettati dalle opere in progetto nel settore centrale e settentrionale dell'area di intervento. Tali litotipi passano verso il basso sulla Formazione di Serra Palazzo (**PAA**), attraverso un sovrascorrimento orientato circa S-N che porta i termini più recenti dell'Unità Tettonica Vaglio Basilicata sui termini dell'Unità tettonica San Chirico.

Dal punto di vista geomorfologico si tratta di un settore caratterizzato da diverse aree impluviali interessate da estesi processi di *creep* e/o soliflusso e da movimenti franosi di importanza variabile, essenzialmente riconducibili a colamenti, con stato quiescente. In particolare, i versanti settentrionali del Vallone di Catavatto è presente un colamento quiescente di modeste dimensioni, che allo stato attuale non interessa le opere in progetto.

Gli studi idrogeologici e idrogeochimici condotti, unitamente alle fonti bibliografiche disponibili, hanno permesso di definire le caratteristiche di circolazione idrica sotterranea dell'area di intervento. Inizialmente, l'assetto idrogeologico dell'area e l'andamento dei principali corpi idrici sotterranei è stato definito in funzione dei dati di letteratura a disposizione, dei rilievi condotti e delle caratteristiche idrogeologiche delle emergenze sorgentizie censite nell'area (distribuzione spaziale, variazione delle portate, tipologia di sorgente, caratteristiche chimicofisiche delle acque). Tali informazioni sono state opportunamente integrate con le risultanze delle indagini geognostiche appositamente condotte nei settori di intervento.

Come descritto in precedenza, l'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di spessi depositi vulcano-sedimentari, che costituiscono l'edificio vulcanico del Monte Vulture. Tali terreni sono sede di un esteso acquifero centrale a deflusso radiale, spesso sfruttato per l'approvvigionamento idropotabile e la produzione di acque minerali. L'acquifero è tamponato alla base dalle spesse successioni sedimentarie del substrato che, a causa della marcata differenza dei valori di permeabilità, condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo portando alla formazione di emergenze sorgentizie di notevole importanza.

Per quanto detto in precedenza, i termini del Complesso argilloso-marnoso (**CAM**) costituiscono un *acquitard* per l'acquifero vulcanico del Monte Vulture e, nel complesso, non presentano evidenze di circolazione idrica attiva. Tali depositi sono quindi privi di falde idriche sotterranee, anche se contengono localmente acque di saturazione nella porzione più superficiale ed alterata.

I termini del Complesso cineritico-scoriaceo (**CCS**), invece, rappresentano il margine più occidentale dell'acquifero vulcanico. Così come evidenziato dalle ridotte portate della Sorgente Sant'Antonio, che risulta secca per gran parte



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	74 di 79

dell'anno, il deflusso idrico sotterraneo in questo settore è piuttosto scarso e fortemente influenzato del regime pluviometrico. Questa zona rappresenta un importante spartiacque per l'acquifero vulcanico e, pertanto, non esiste interferenza diretta tra le acque sotterranee di tale settore e le sorgenti captate presenti a SW del centro abitato di Rionero in Vulture. I termini del Complesso calcisiltitico-marnoso (CCM) tamponano l'acquifero vulcanico verso st ma, come nel caso precedente, sono caratterizzati dall'assenza di una circolazione idrica attiva.

Nella porzione più settentrionale, le opere in progetto ricadono quasi esclusivamente all'interno dei termini poco permeabili del Complesso argilloso-marnoso (CAM), mentre nella porzione più meridionale interessano solo marginalmente il Complesso cineritico-scoriaceo (CCS) posto a copertura del Complesso calcisiltitico-marnoso (CCM). Il settore di intervento ricade pertanto sostanzialmente al di fuori dell'acquifero vulcanico del M. Vulture, mostrando una interferenza nulla o debole con lo stesso.

Le analisi chimico-fisiche condotte sulle acque prelevate in corrispondenza di n. 3 emergenze sorgentizie presenti in prossimità dei settori di intervento hanno permesso di definire le principali caratteristiche idrogeochimiche delle acque sotterranee e di dettagliare ulteriormente il modello idrogeologico proposto (10.1.3.5 - Analisi chimico-fisiche delle acque). In particolare, tutte le acque analizzate sono classificabili come bicarbonato-sodico-potassiche e, pertanto, presentano caratteristiche chimicofisiche analoghe a quelle delle altre sorgenti del M. Vulture.

Tale dato, pienamente congruente col modello idrogeologico proposto, dimostra che le emergenze sono dovute all'effetto di tamponamento operato dalle successioni sedimentarie del substrato sui termini vulcano-sedimentari sede dell'acquifero vulcanico. Quest'ultimo viene solo lambito marginalmente dalle opere in progetto, in quanto la quasi totalità delle fondazioni si innesta sul substrato sedimentario. Quest'ultimo è caratterizzato unicamente dalla presenza di acque di saturazione nelle porzioni più superficiali ed alterate, mentre non sono presenti falde idriche sotterranee o settori con circolazione attiva.

I termini vulcano-sedimentari del Monte Vulture, come esposto in precedenza, sono parzialmente interessati dalle opere in progetto solo nel settore più meridionale dell'area di intervento. In questo caso, i termini vulcano-sedimentari intercettati presentano uno spessore estremamente limitato, nell'ordine di pochi decimetri (o al massimo qualche metro), e pertanto non sono sede di corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Dato l'assetto geologico dell'area e le specifiche condizioni idrogeologiche del settore di intervento, le acque contenute nell'orizzonte vulcano-sedimentario superficiale sono estremamente scarse e non direttamente connesse alla falda principale dell'edificio vulcanico.

Quanto sopra affermato trova corrispondenza nel documento *RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA: in merito alla "Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello-interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel Comune di Rionero in Vulture (PZ) - Nota della Regione Basilicata del 12 marzo 2018, protocollo n° 44692/24* ag il quale viene allegato alla presente relazione.

Sulla base della suddetta relazione i sondaggi sono stati autorizzati dalla Regione Basilicata, Dipartimento Presidenza - Ufficio Geologico ed Attività Estrattive con nota 149736 del 29 agosto 2018.

12 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Allocca V., Celico F., Celico P., De Vita P., Fabbrocino S., Mattia S., Monacelli G., Musilli I., Piscopo V., Scalise A.R., Summa G., Tranfaglia G., 2007. Note illustrative della Carta idrogeologica dell'Italia meridionale (Responsabili Scientifici: Celico P., De Vita P., Monacelli G., Tranfaglia G. Celico P., De Vita P., Monacelli G., Tranfaglia G.). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G., Dramis F., 1982. Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia 2: 219-223.

APAT, 2007. Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici 78: 681.

Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino meridionale, 2005. Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico UoM Regione Puglia (ITR161). Aggiornamento 2019. L.R. 18.05.1999 n. 183.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U., Mostardini F., Tonna M., 1982. Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino Lucano (Avanfossa Appenninica). *Geologica Romana* 21: 89-111.

Barbieri M., Summa G., 2005. Caratterizzazione idrogeochimica e rapporti isotopici $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nelle acque del distretto vulcanico del Monte Vulture (Basilicata): implicazioni idrogeologiche. *Giornale di Geologia Applicata* 2: 459-466.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E., 2008. he Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. *Tectonophysics*.

Boenzi F., La Volpe L., Rapisardi L., 1987. Evoluzione geomorfologica del complesso vulcanico del Monte Vulture (Basilicata). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 106: 673-682.

Bonadonna F.P., Brocchini D., Laurenzi M.A., Principe C., Ferrara G., 1998. Stratigraphical and chronological correlations between Monte Vulture volcanics and sedimentary deposits of the Venosa basin. *Quaternary International* 47: 87-96.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrosso I., Torre M., 2009. Carta delle Principali Unità Cinematiche dell'Appennino Meridionale. Nota Illustrativa. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 128: 47-60.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L., Gasperini P., 2000. Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997. *Annali di Geofisica* 43: 609-868.

Bosellini A., Neri C., Luciani V., 1993. Platform margin collapses and sequence stratigraphic organization of carbonate slopes: Cretaceous-Eocene, Gargano Promontory, Southern Italy. *Terra Nova* : 282-297.

Brocchini D., Laurenzi M.A., La Volpe L., Principe C., 1994. Storia evolutiva del Monte Vulture. *Plinius* 1: 22-55.

Buettner A., Principe C., Villa I.M., Brocchini D., 2006. Geocronologia ^{39}Ar - ^{40}Ar del Monte Vulture. In Principe C. (ed), *La Geologia del Monte Vulture, Regione Basilicata*.

Buonanno A., Pertusati S., Zuppetta A., 2007. Structural Evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 126: 497-510.

Casnedi R., 1978. Sedimentazione e Tettonica Pliocenica nel Sottosuolo della Bassa Valle del Fortore (Foggia). *Memorie della Società Geologica Italiana* 19: 605-612.

Casnedi R., 1988. La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione. *Memorie della Società Geologica Italiana* 35: 439-448.

Casoria E., 1901. Le acque carbonatiche delle falde orientali del Vulture in relazione alla costituzione chimica dei materiali vulcanici. *Annali della Reale Scuola Superiore di Agricoltura di Portici* 11: 1-40.

Celico P., 1986. *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.

Celico P., Summa G., 2004. Idrogeologia dell'area del Vulture (Basilicata). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 123: 343-356.

Ciaranfi N., Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L.E., Vezzani L., 1983. Carta Neotettonica dell'Italia meridionale. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica: 515.

Ciaranfi N., Loiacono F., Moretti M., 2011. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 408, Foggia. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Ciccacci S., Del Gaudio V., La Volpe L., Sansò P., 1999. Geomorphological features of Monte Vulture Pleistocene Volcano (Basilicata, Southern Italy). *Zeitschrift für Geomorphologie* NF 114: 29-48.

Ciet V., Tazioli G.S., 1981. Dati sul regime idrogeologico e termico delle sorgenti del Monte Vulture (Basilicata). Atti del 2° Seminario Informativo sull'Energia Geotermica, Roma.

Cinque A., Patacca E., Scandone P., Tozzi M., 1993. Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures. *Annali di Geofisica* 36: 249-260.

Civita M., 1994. Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica. Pitagora Editrice, Bologna.

Civita M., De Maio M., Berberi F., 1997. Sintacs: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: metodologia e automatizzazione. Pitagora Editrice, Bologna.

CNR-PFG, 1985. Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Corrado S., Di Bucci D., Naso G., Butler H.W.R., 1997. Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise region (Italy): implications to the Neogene-Quaternary Evolution of the Central Apennine Orogenic System. *Journal of the Geological Society of London* 154: 679-688.

Cotecchia V., 1956. Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie. *L'Acqua* 34: 168-180.

Crisci G., De Fino M., La Volpe L., Rapisardi L., 1983. Pleistocene ignimbrites of Monte Vulture (Basilicata, Southern Italy). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte* 12: 731-746.

D'Argenio B., Pescatore T., Scandone P., 1973. Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania). In "Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino". *Accademia Nazionale Dei Lincei Quad.* 183: 49-72.

D'Alessandro A., La Perna R., Ciaranfi N., 2003. Response of Macrobenthos to Changes in Palaeoenvironments in the Lower-Middle Pleistocene (Lucania Basin, Southern Italy). *Il Quaternario* 16: 167-182.

D'Argenio B., 1974. Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea. *Memorie della Società Geologica Italiana* 13: 137-160.

Dazzaro L., Rapisardi L., 1996. Schema Geologico del Margine Appenninico tra il F. Fortore e il F. Ofanto. *Memorie della Società Geologica Italiana* 51: 143-147.

De Fino M., La Volpe L., Peccerillo A., Piccarreta G., Poli G., 1986. Petrogenesis of Monte Vulture Volcano (Italy): interferences from mineral chemistry, major and trace element data. *Contributi di Mineralogia e Petrologia* 92: 135-145.

Del Gaudio V., Pierri P., Frepoli A., Calcagnile G., Venisti N., Cimini G.B., 2007. A critical revision of the seismicity of Northern Apulia, Adriatic Plate (Southern Italy) and implication of seismogenic structures. *Tectonophysics* 436: 9-35.

Demangeot J., 1965. *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques. Mémoires et documents C.N.R.S.*: 403 pp.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G., Parotto M., Praturlon A., 1999. Evoluzione Tettonica Neogenico-Quaternaria dell'Area Molisana. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 118: 13-30.

Di Staso A., Giardino S., 2002. New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation, North-Calabrian Unit (Southern Apennines). *Bollettino della Società Geologica Italiana* vol. spec. 1: 517-526.

DISS Working Group, 2018. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1.: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Doglionni C., Mongelli F., Pieri P., 1994. The Puglia Uplift (SE Italy): An Anomaly in the Foreland of the Apenninic Subduction due to



**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO,
SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

**LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI
DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI
RIONERO IN VULTURE E BARILE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	42	E69RG	GE 00 01 001	A	77 di 79

Buckling of a Thick Continental Lithosphere. *Tectonics* 13: 1309-1321.

Doucet A., Cazzola C., Marinelli S., 1990. Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero. *Memorie della Società Geologica Italiana* 45: 783-789.

Fidelibus D., Tazioli G.S., Tittozzi P., Vurro F., 1981. Chimismo delle acque sotterranee del M. Vulture - Basilicata. *Atti del 2° Seminario Informativo sull'Energia Geotermica*, Roma.

Frepoli A., Amato A., 2000. Spatial variation in stresses in peninsular Italy and Sicily from background seismicity. *Tectonophysics* 317: 109-124.

Fuganti A., Morteani G., Preinfalk C., Blamart D., Bulgarelli G., Festa A., 1994. Geochemical and isotopic (3H, D, 18O) study of the natural sparkling mineral water found on the western slope of the Monte Vulture volcano and bottled by the Monticchio-Gaudianello Co. (Provincia di Potenza, South Italy). Abstract of the 16th General Meeting of IMA, Pisa.

Gambini R., Tozzi M., 1996. Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate. *Terra Nova* 8: 593-602.

Giannandrea P., La Volpe L., Principe C., Schiattarella M., 2004. Carta geologica del Monte Vulture alla scala 1:25000. *Litografia Artistica Cartografica*.

Giannandrea P., La Volpe L., Principe C., Schiattarella M., 2006. Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 125: 67-92.

Grassi D., Tadolini T., 1992. Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano. *CNR-GNDCI* 538: 375-416.

Graziano R., 2000. The Aptian-Albian of the Apulia carbonate platform (Gargano Promontory, southern Italy): evidence of paleoceanographic and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the platform margin. *Cretaceous Research* 21: 107-126.

ISIDe Working Group, 2007. Italian Seismological Instrumental and Parametric Database (ISIDe). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

ISPRA, 2014. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 452, Rionero in Vulture. Servizio Geologico d'Italia.

ITHACA Working Group, 2019. ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>. ISPRA Geological Survey of Italy.

La Volpe L., Patella D., Rapisardi L., Tramacere A., 1984. The evolution of the Monte Vulture volcano (Southern Italy): Inferences from volcanological, geological and deep dipole electrical soundings data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 22: 147-162.

La Volpe L., Principe C., 1989. Guida alla escursione sul Monte Vulture del 19-19 ottobre 1989. *Atti del Convegno su Genesi ed Aspetti Geodinamici del Vulcanismo Potassico ed Ultrapotassico: Stato dell'Arte e Prospettive di Ricerca*, Bari.

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Monaco C., 1990. Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia. *Studi Geologici Camerti vol. suppl.* 1990: 19-26.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A., 2021. Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Maggiore M., Masciale R., Massari R., Pappagallo G., Passarella G., Vurro M., 2004. Caratteri idrostrutturali del Tavoliere di Puglia ed elaborazione di una carta geolitologica a finalità idrogeologiche. *Geologi e Territorio* 2: 6-16.

Maggiore M., Nuovo G., Pagliarulo P., 1996. Caratteristiche Idrogeologiche e Principali Differenze Idrochimiche delle Falde Sotterranee del Tavoliere di Puglia. *Memorie della Società Geologica Italiana* 51: 669-684.

Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C., Valensise G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9 - App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE</p> <p>LOTTO 4 – OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA – CAVALCAFERROVIA NV08 NEI COMUNI DI RIONERO IN VULTURE E BARILE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>	<p>COMMESSA IA4K</p>	<p>LOTTO 42</p>	<p>CODIFICA E69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

Migliorini C., 1952. Lo stato odierno della conoscenza del sottosuolo della Fossa Bradanica. Atti VII Convegno Nazionale Metano e Petroli: 183-188.

Mongelli F., 1964. Influenza delle acque sotterranee sul regime termico dell'apparato vulcanico del Vulture. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata 6: 328-332.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G., Spalluto L., 2011. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 396, San Severo. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Mostardini F., Merlini S., 1986. Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale. Memorie della Società Geologica Italiana 35: 177-202.

Parisi S., Paternoster M., Kohfahl C., Pekdeger A., Meyer H., Hubberten H.W., Spilotro G., Mongelli G., 2011. Groundwater Recharge Areas of a Volcanic Aquifer System Inferred from Hydraulic, Hydrogeochemical and Stable Isotope Data: Mount Vulture, Southern Italy. Hydrogeology Journal 19: 133-153.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R., Sassi F.P., 1992. Carta geologica d'Italia 1:50000, Guida al Rilevamento. Quaderni serie III 1: 203.

Patacca E., Scandone P., 1989. Post-Tortonian mountain building in the Apennines, the role of the passive sinking of a relic lithospheric slab. In: The Lithosphere in Italy - Advances in Earth Science Research. Atti dei convegni Lincei 80: 157-176.

Patacca E., Scandone P., 2007. Geology of the Southern Apennines. Bollettino della Società Geologica Italiana vol. spec. 7: 75-119.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N., Santini U., 1992. La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise. Studi Geologici Camerti vol. spec. 1991/2: 417-441.

Paternoster M., Liotta M., Favara R., 2008. Stable isotope ratios in meteoric recharge and groundwater at Mt. Vulture volcano, southern Italy. Journal of Hydrology 348: 87-97.

Paternoster M., Parisi S., Caracausi A., Favara R., Mongelli G., 2010. Groundwaters of Mt. Vulture volcano, southern Italy: Chemistry and sulfur isotope composition of dissolved sulfate. Geochemical Journal 44: 125-135.

Pavan G., Pirini C., 1965. Stratigrafia del Foglio 157, "Monte S. Angelo". Bollettino del Servizio Geologico d'Italia 86: 123-189.

Pescatore T., Di Nocera S., Matano F., Pinto F., 2000. L'Unità del Fortore nel Quadro della Geologia del Settore Orientale dei Monti del Sannio (Appennino Meridionale). Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 587-601.

Pierri P., Del Gaudio V., Calcagnile G., 2008. Ridefinizione della zonazione sismogenetica della Puglia settentrionale e implicazioni per le stime di pericolosità. Atti GNGTS - Sessione 2.2..

Pino N.A., Palombo B., Ventura G., Perniola B., Ferrari G., 2008. Waveform modeling of historical seismograms of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on "blind" faulting in southern Apennines (Italy). Journal of Geophysical Research 113: B05303.

Pizzi A., 2003. Plio-Quaternary uplift rates in the outer zone of Central Apennines fold-and-thrust belt, Italy. Quaternary International 101-102: 229-237.

Rapisardi L., 1980. Osservazioni sulla neotettonica del Foglio 187 "Melfi". Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica 356: 121-131.

Reina C., 1969. Le acque della regione del Vulture. Atti del V Congresso Internazionale di Tecnica Idrotermale, Agnono Terme-Castellammare di Stabia.

Ricchetti E., Salvemini A., Tadolini T., 1989. A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola. Atti del Congresso Internazionale Geoingegneria 1: 533-540.

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F., Pieri P., 1988. Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampese apulo. Memorie della Società Geologica Italiana 41: 57-82.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., 2021. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15),

versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Schiattarella M., Beneduce P., Di Leo P., Giano S.I., Giannandrea P., Principe C., 2005. Assetto strutturale ed evoluzione morfotettonica quaternaria del vulcano del Monte Vulture (Appennino Lucano). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 124: 543-562.

Schiattarella M., Giannandrea P., Principe C., La Volpe L., 2016. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000. Foglio 451, Melfi. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.

Scrocca D., Tozzi M., 1999. Tettogenesi Mio-Pliocenica dell'Appennino Molisano. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 118: 255-286.

Spalluto L., Moretti M., 2006. Evidenze di Neotettonica (Pliocene Medio - Pleistocene Superiore) nel Settore Occidentale del Promontorio del Gargano (Italia Meridionale). *Il Quaternario* 19: 143-154.

Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., 2000. Piano di Tutela e Sviluppo del Bacino Idrominerario del Monte Vulture. Regione Basilicata, Potenza.

Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., Fidelibus M., Leandro G., 2005. Idrogeologia del M. Vulture (Basilicata, Italia). *International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk 4th Congress on the Protection and Management of Groundwater*, Colorno.

Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., Fidelibus M.D., Leandro G., 2006. Hydrogeology of M. Vulture. In: Principe C. (eds), *La geologia del Monte Vulture*, Potenza 2006.

Spilotro G., Coppola L., Nicolai M., 1996. Carta della vulnerabilità del Monte Vulture; stralcio dal Piano di Tutela del Bacino Idrominerario del Vulture. Regione Basilicata, Dipartimento Ambiente e Territorio, Potenza.

Stoppa F., 2003. Consensus and open questions about Italian CO2 driven magma from the mantle. *Periodico di Mineralogia* 72: 1-8.

Stoppa F., Principe C., 1998. Eruption style and petrology of a new carbonatic suite from the Mt. Vulture (Southern Italy): The Monticchio Lakes Formation. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 80: 137-153.

Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G., 2004. Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V., Pierri P., 2004. Combined analysis of seismic and gravimetric data in Adriatic plate. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 142: 89-100.

Villa I.M., 1986. Cronologia ³⁹Ar/⁴⁰Ar del complesso vulcanico del Monte Vulture. *Rendiconti Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* 41: 146-147.

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE



ALLEGATO ALLA NOTA
n° 143796 del 29 AGO. 2018
UFFICIO GEOLOGICO E ATTIVITÀ ESTRATTIVE



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI-LECCE-TARANTO

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA POTENZA-FOGGIA

SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 4 - OPERE AGGIUNTIVE PER OTTEMPERANZA PRESCRIZIONI DI CDS ISTRUTTORIA - CAVALCA FERROVIA NV08 NEL COMUNE DI RIONERO IN VULTURE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA in merito alla "Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello-interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel Comune di Rionero in Vulture (PZ).

SCALA:

-

Nota della Regione Basilicata del 12 marzo 2018, protocollo n° 44692/24 ag.

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I	A	4	K	4	2	E	6	9	R	H	G	E	0	0	0	1	0	0	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
0	Emissione per commenti	S. Romano	Giugno 2018	F.M. Carli	Giugno 2018		Giugno 2018	F. Marchese

ITALFERR S.p.A.
Dott. Geologo Francesco MARCHESI
UFFICIO GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE
Ordinanza Geologica L. 179 ES

INDICE

1	Premessa.....	4
2	Scopo del documento.....	4
3	Documenti di riferimento	4
4	Allegati	6
5	CAMPAGNA DI INDAGINE.....	7
5.1	SONDAGGI GEOGNOSTICI	7
5.2	PROVE PENETROMETRICHE	8
5.3	PROSPEZIONI SISMICHE.....	8
6	GEOLOGIA DEL MONTE VULTURE	10
6.1	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	10
6.2	BASAMENTO SEDIMENTARIO	13
6.3	ANALISI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE.....	14
	IDROGEOLOGIA DEL MONTE VULTURE	16
6.4	CARATTERISTICHE CLIMATICHE	16
6.5	ACQUIFERO VULCANICO E CONDIZIONI AL CONTORNO	16
6.6	POZZI E SORGENTI	22
6.7	CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICHE DELLE ACQUE	23
6.8	VULNERABILITÀ INTRINSECA	28
7	CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA	31
7.1	ASSETTO STRATIGRAFICO.....	32
7.1.1	Unità tettonica San Chirico.....	32
7.1.2	Unità tettonica Vaglio Basilicata	32
7.1.3	Unità tettonica Groppa D'Anzi	32
7.1.4	Unità vulcano-sedimentarie del Monte Vulture.....	33
7.2	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	35

8	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA.....	36
8.1	PUNTI ACQUA	37
8.2	PROVE DI PERMEABILITÀ	37
8.3	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	38
8.3.1	<i>Complessi delle unità di substrato.....</i>	38
8.3.2	<i>Complessi dei terreni di copertura.....</i>	38
8.4	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	39
8.5	ANALISI CHIMICO-FISICHE DELLE ACQUE	40
9	CONCLUSIONI.....	44
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	46

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di uno studio specialistico finalizzato alla definizione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area di interesse per la progettazione di un nuovo viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello – interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel comune di Rionero in Vulture (PZ). In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici e idrogeologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili;
- realizzazione di una apposita campagna di indagini geognostiche consistente in prospezioni geofisiche di superficie (sismica a rifrazione, geoelettrica e misure di microtremori);
- campionamento delle acque di sorgente ed esecuzione di analisi chimico-fisiche di sito e di laboratorio;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Nell'ambito delle procedure autorizzative per l'esecuzione di una specifica campagna di indagini geognostiche dirette in sito, la Regione Basilicata, **con nota del 12 marzo 2018, protocollo n° 44692/24 ag**, ha richiesto l'esecuzione di *"uno studio idrogeologico di dettaglio della circolazione idrica sotterranea volto a stabilire la natura mineralizzata o meno dell'acquifero intercettato, utilizzando metodi indiretti per scongiurare interferenze con il bacino idrominerario"*.

Tale richiesta avviene a seguito della **Delibera Regionale n°126 del 24 febbraio 2017** nella quale si esprime *"positiva volontà d'intesa per le opere contenute nel Progetto Definitivo denominato "Linea Potenza - Foggia – Ammodernamento. Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede", previste nel contratto istituzionale di Sviluppo per la realizzazione della direttrice ferroviaria Napoli – Bari – Lecce – Taranto e codificato al n° ID34/b.*

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica e idrogeologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti significativi dal punto di vista idrogeologico.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

"Progetto: ammodernamento della Linea Potenza-Foggia - Sottoprogetto 2: elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione PL e adeguamenti in galleria"

PROGETTO PRELIMINARE

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IAZU 00 R69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IAZU 00 R69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
IAZU 00 R69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche	-
IAZU 00 R69 N3 GE0001 001-3 A	Carta geologica	1:25000

“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Sottoprogetto 2 - Analisi di rischio geomorfologico delle aree prospicienti la linea ferroviaria Foggia-Potenza”

ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0R 00 D69 G3 GE0001 001-2 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e rischio idrogeologico	1:25000
IA0R 00 D69 G4 GE0001 001-5 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia	1:10000
IA0R 00 D69 WZ GE0001 001-6 A	Profili geologici e sezioni	varie
IA0R 00 D69 G4 GE0003 001-5 A	Carta della pericolosità e rischio da frana	1:10000
IA0R 00 D69 SH GE0003 001 A	Schede aree in dissesto	-

“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Linea Potenza-Foggia - Ammodernamento – Rilievi e sondaggi funzionali alla successiva fase di progettazione definitiva degli interventi di elettrificazione e/o di messa in sicurezza della linea ferroviaria”

ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento - Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”

PROGETTO DEFINITIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0X 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0X 00 D69 G3 GE0001 001-3 A	Carta geologica di inquadramento	1:25000
IA0X 00 D69 G6 GE0001 001-11 A	Carta e profilo geologico	varie
IA0X 00 D69 G6 GE0002 001-11 A	Carta e profilo idrogeologico	varie
IA0X 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 4–Rettifiche di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”

PROGETTO ESECUTIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4K 41 E69 N5 GE0001 001	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 1 di 1	1:5000/500
IA4K 41 E69 N5 GE0002 001	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 1 di 1	1:5000/500



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA in merito alla "Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello-interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel Comune di Rionero in Vulture (PZ).

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	4.2	E69RH	GE 00 01 001	0	6 di 48

"Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 4–Opere aggiuntive per ottemperanza prescrizioni di cds istruttoria-Cavalca ferrovia NV08 nei comuni di Barile/Rionero"

PROGETTO ESECUTIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4K 42 E 69 IG GE0005 001	Indagini geofisiche	-
-	Indagini geognostiche	-

4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

1. Carta Geologica con profili geologici
2. Carta Idrogeologica con profili idrogeologici
3. Profilo Geologico di dettaglio
4. Profilo Idrogeologico di dettaglio
5. Analisi Chimico Fisica delle acque provenienti dalle sorgenti Noci, Acquasanta e Sant'Antonio

5 CAMPAGNA DI INDAGINE

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche pregresse disponibili; inoltre sono state appositamente realizzate ulteriori indagini indirette finalizzate alla caratterizzazione geologica ed idrogeologica del sito in esame, condotte nel periodo aprile – maggio 2018. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di studio specialistico in corso, circa contesto geologico e idrogeologico dell'area per la quale è possibile definire un'interrelazione con le opere in progetto.

Nel corso del complesso iter progettuale sino ad oggi espletato, per gli interventi di ammodernamento della tratta Foggia-Potenza, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nel settore in esame complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- Indagini eseguite dal 2013 al 2017
 - n. 2 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 1 attrezzato per sismica in foro;
 - n. 1 prova penetrometrica statica;
 - n. 2 prove geofisiche;
 - n. 2 prove MASW;
- Indagini indirette eseguite nel 2018
 - n. 6 prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica;
 - n. 6 stendimenti di sismica a rifrazione con tecnica tomografica;
 - n. 6 stazioni con misura di microtremori.
 - n. 3 campionamenti di acque in altrettanti punti di emergenza sorgentizia;
 - n. 3 set di analisi chimico-fisiche su campioni di acqua prelevata.

5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento WGS84 – UTM 33, quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità (m)	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S77	556833	4531887	637.0	piezometro	40.0	6	8	2
S78	556828	4531587	646.5	piezometro	30.0	7	8	2
Totale						13	16	4

Tabella 1 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4K42-2017.

5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento WGS 84 – UTM 33, quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Tipologia di prova	Profondità (<i>m</i>)
P8 CPTU 8	556895	4531731	641.4	prova penetrometrica statica	4.6

Tabella 1 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

5.3 Prospezioni geofisiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento WGS84 – UTM 33, tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza (<i>m</i>)
M16	556899	4531687	MASW	57.0

Tabella 2 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

Sigla	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza (<i>m</i>)
L88	556879	4531841	geoelettrica	237.0
L8	556860	4531606	geoelettrica	251.0

Tabella 3 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014.

Sigla	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza (<i>m</i>)
M_8	557170	4530190	MASW	69

Tabella 4 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini L4-2017.

Sigla	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza (<i>m</i>)
ERT+Rifr1	556690	4531851	Geoelettrica/Rifrazione	120
ERT+Rifr2	556714	4531719	Geoelettrica/Rifrazione	140
ERT+Rifr3	556878	4531848	Geoelettrica/Rifrazione	70
ERT+Rifr4	556950	4531896	Geoelettrica/Rifrazione	120
ERT+Rifr5	556991	4531781	Geoelettrica/Rifrazione	107
ERT+Rifr6	556994	4531694	Geoelettrica/Rifrazione	136
HVSR1	556838	4531903	Misure di microtremori	-
HVSR2	556780	4531855	Misure di microtremori	-

Sigla	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
HVSR3	556822	4531840	Misure di microtremori	-
HVSR4	556888	4531714	Misure di microtremori	-
HVSR5	556772	4531734	Misure di microtremori	-
HVSR6	556930	4531795	Misure di microtremori	-

Tabella 5 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA4K42-2018.

6 GEOLOGIA DEL MONTE VULTURE

Il Monte Vulture è uno strato-vulcano di età pleistocenica, situato nel settore nord-orientale della Regione Basilicata. L'edificio vulcanico ricade lungo il margine occidentale dell'Avanfossa Bradanica e, in generale, è connesso con le ultime fasi di strutturazione della Catena Appenninica meridionale (La Volpe et al. 1984; Boenzi et al. 1987; Giannandrea et al. 2004; Schiattarella et al. 2016). Il vulcano si è sviluppato nel periodo compreso tra i 0.73 ed i 0.130 Ma fa (Crisci et al. 1983; Villa 1986; Brocchini et al. 1994; Buettner et al. 2006), anche se il periodo di massima attività è variabile tra 0.80 e 0.58 Ma (Boenzi et al. 1987).

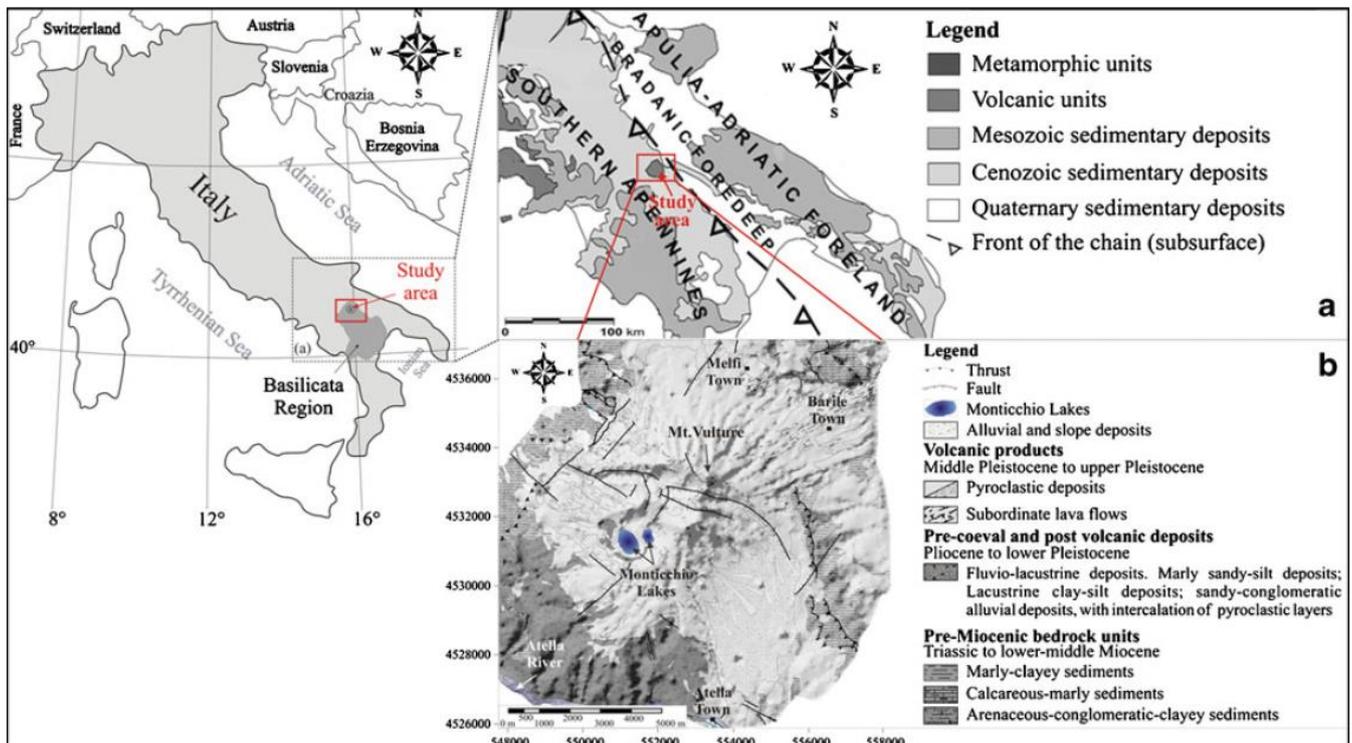


Figura 1 – Inquadramento geologico strutturale e carta geologica schematica del M. Vulture (da Giannandrea et al. 2004, modificata da Parisi et al. 2011).

Il vulcano del M. Vulture si differenzia chiaramente dagli altri vulcani della Provincia Co-magmatica Romana, sia per la sua posizione lungo il versante orientale della Catena Appenninica che per la presenza dell'hauyna come feldspatoide dominante al posto della leucite (La Volpe & Principe 1989). Inoltre, le lave basiche presentano un rapporto K_2O/Na_2O prossimo a quelle dei magmi della serie HKS e la composizione isotopica dello stronzio è la più bassa tra le vulcaniti ricche in potassio dell'Italia peninsulare (De Fino et al. 1986; La Volpe & Principe 1989; Schiattarella et al. 2016).

6.1 Caratteristiche stratigrafiche

L'attività vulcanica del M. Vulture presenta una distribuzione molto irregolare degli episodi eruttivi nel tempo (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016). Tutti gli eventi sono infatti distribuiti in un certo numero di *cluster* (Brocchini et al. 1994; Bonadonna et al. 1998) connessi con l'avvicinarsi di eventi tettonici di importanza

regionale (Stoppa & Principe 1998; Stoppa 2003). I primi due stadi evolutivi dell'edificio vulcanico sono raggruppabili nel Supersistema di Monte Vulture, mentre l'ultimo stadio di evoluzione costituisce il Supersistema di Monticchio (Schiattarella et al. 2016).

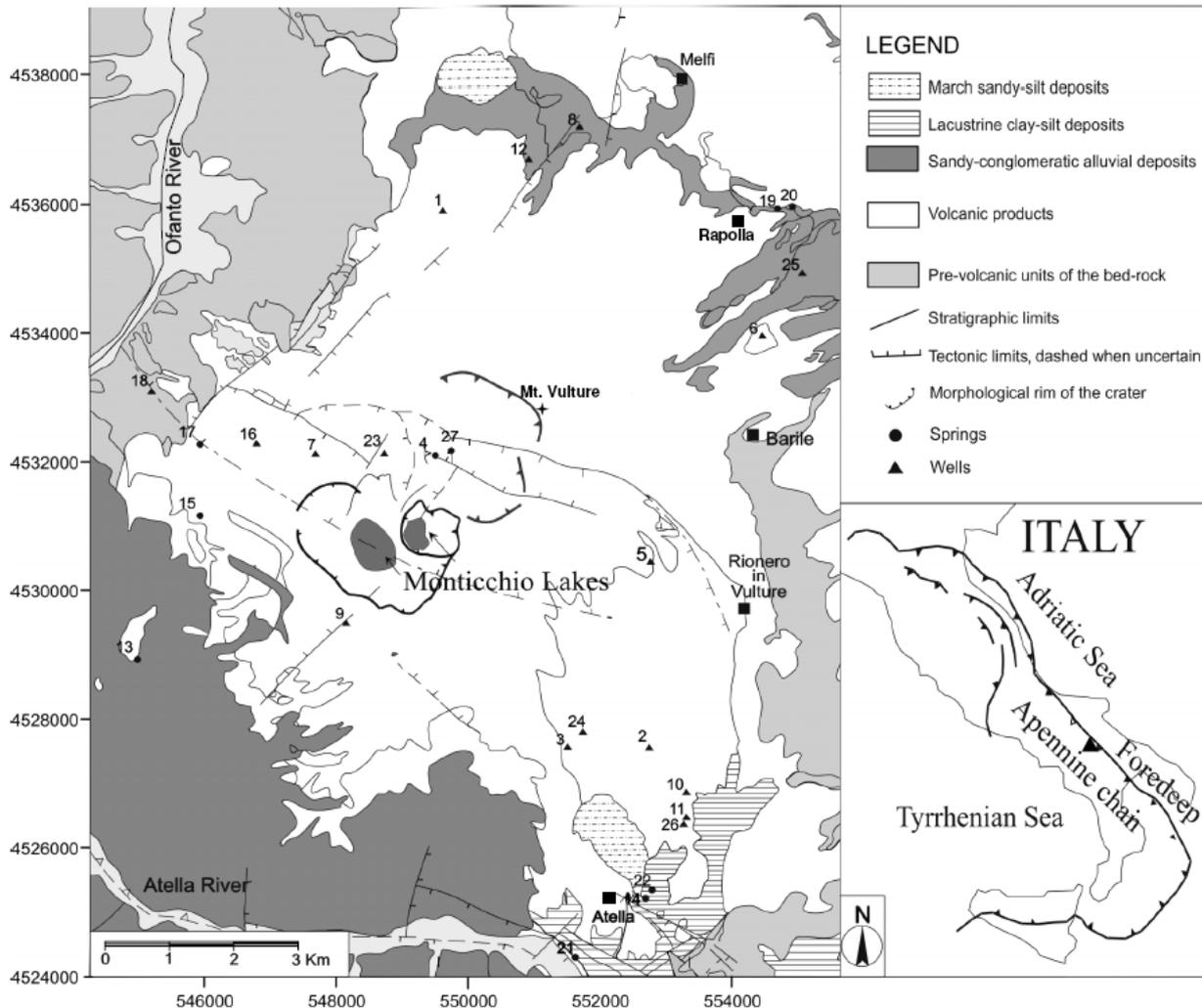


Figura 2 – Carta geologica schematica dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Giannandrea et al. 2004, modificata da Paternoster et al. 2010).

Il primo episodio vulcanico, del Pleistocene medio, è rappresentato dalla messa in posto di filoni intrusi nel basamento sedimentario, nei settori nord-orientali dell'attuale edificio vulcanico (Bonadonna et al. 1998; Schiattarella et al. 2016). Successivamente si formano prima la successione di depositi di caduta con al tetto un flusso piroclastico e, quindi, i depositi ignimbrici presenti in corrispondenza della paleo-fiumara dell'Arcidiaconata, del bacino lacustre di Atella e del versante nord-occidentale dell'edificio vulcanico (Giannandrea et al. 2006; Schiattarella et al. 2016).

Al di sotto dell'edificio di Vulture - San Michele è presente una zona di paleo-basso morfologico riconducibile ad una possibile struttura calderica, probabilmente connessa con l'ultima delle due fasi ignimbriche principali (Giannandrea et al. 2006). La crescita della restante parte del vulcano avviene a partire da questo basso

morfológico relativo e dà luogo ad un edificio vulcanico composto (Schiattarella et al. 2016). Alla fine di questa fase si ha la formazione di depositi a forte componente freatomagmatica, che segnano l'inizio dello smantellamento dell'edificio vulcanico (Schiattarella et al. 2016).

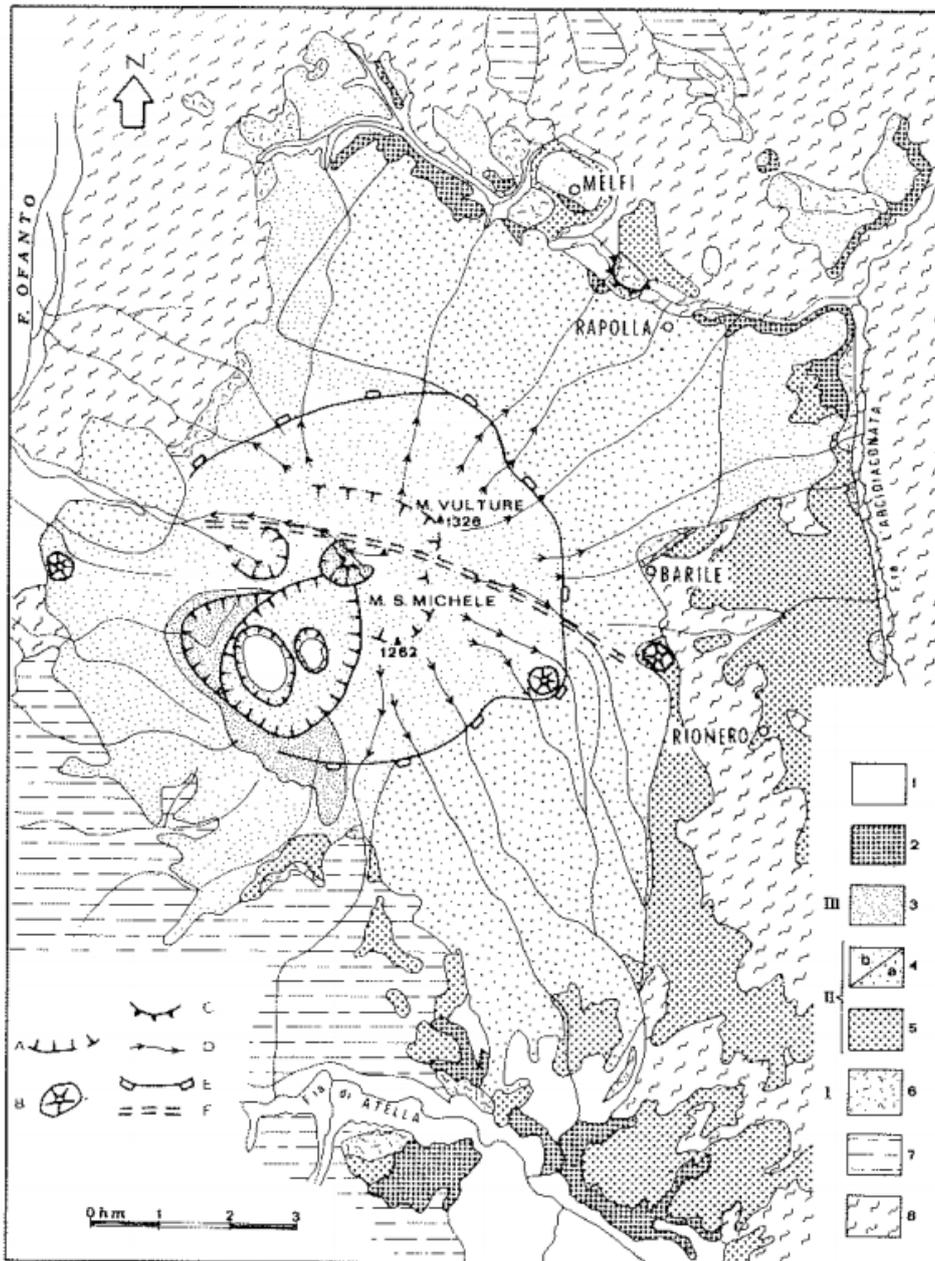


Figura 3 – Carta geologica di dettaglio dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Boenzi et al. 1987): 1) depositi alluvionali recenti e attuali, travertini, 2) depositi limno-vulcanici, 3) prodotti vulcanici del terzo stadio, 4) prodotti vulcanici del secondo stadio (a lahars, b piroclastiti e lave), 5) depositi piroclastici delle fasi iniziali del secondo stadio, 6) prodotti del primo stadio, 7) sedimenti plio-pleistocenici del substrato sedimentario, 8) sedimenti oligo-miocenici del substrato sedimentario.

Il passaggio alla successiva fase di attività vulcanica è marcato da un periodo di relativa inattività protrattosi per circa 70 ka (Schiattarella et al. 2016). Questo periodo è caratterizzato dalla formazione di un esteso paleosuolo e dall'accumulo di spessi depositi epiclastici e travertinosi, oltre che da lave riferibili a due piccoli centri eruttivi (Schiattarella et al. 2016). In particolare, il paleosuolo che separa le due fasi di attività vulcanica sutura gli elementi tettonici (Schiattarella et al. 2005) che hanno prodotto il ribassamento della porzione meridionale dell'edificio vulcanico (La Volpe et al. 1984; Ciccacci et al. 1999) e il collasso del suo quarto sud-occidentale (Schiattarella et al. 2005; Giannandrea et al. 2006).

Nella seconda fase, l'attività del vulcano è volumetricamente ridotta e risulta caratterizzata da un chimismo melilititico e carbonatico (Stoppa & Principe 1998; Stoppa 2003). Tale attività è rappresentata da piccoli centri di emissione allineati secondo strutture tettoniche di importanza regionale, ad andamento N30°-40° e N120° (Schiattarella et al. 2016). Le datazioni ad oggi disponibili sul centro di emissione più recente fanno risalire la fine di attività a circa 0.130 Ma (Brocchini et al. 1994).

6.2 Basamento sedimentario

L'edificio vulcanico del M. Vulture poggia un substrato sedimentario costituito da depositi marini oligo-miocenici e plio-pleistocenici. I depositi oligo-miocenici sono di natura prevalentemente flyschoidi e risultano rappresentati dai termini litologici del Flysch Rosso, delle Argille Varicolori, del Flysch Numidico, della Formazione di Serra Palazzo e della Formazione della Daunia (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016). I depositi plio-pleistocenici sono di natura prevalentemente bacinale e risultano costituiti dai sedimenti del Bacino di Potenza-Tricarico, dal Bacino dell'Ofanto e di Ripacandida e dell'Avanfossa Bradanica (Boenzi et al. 1987; Schiattarella et al. 2016).

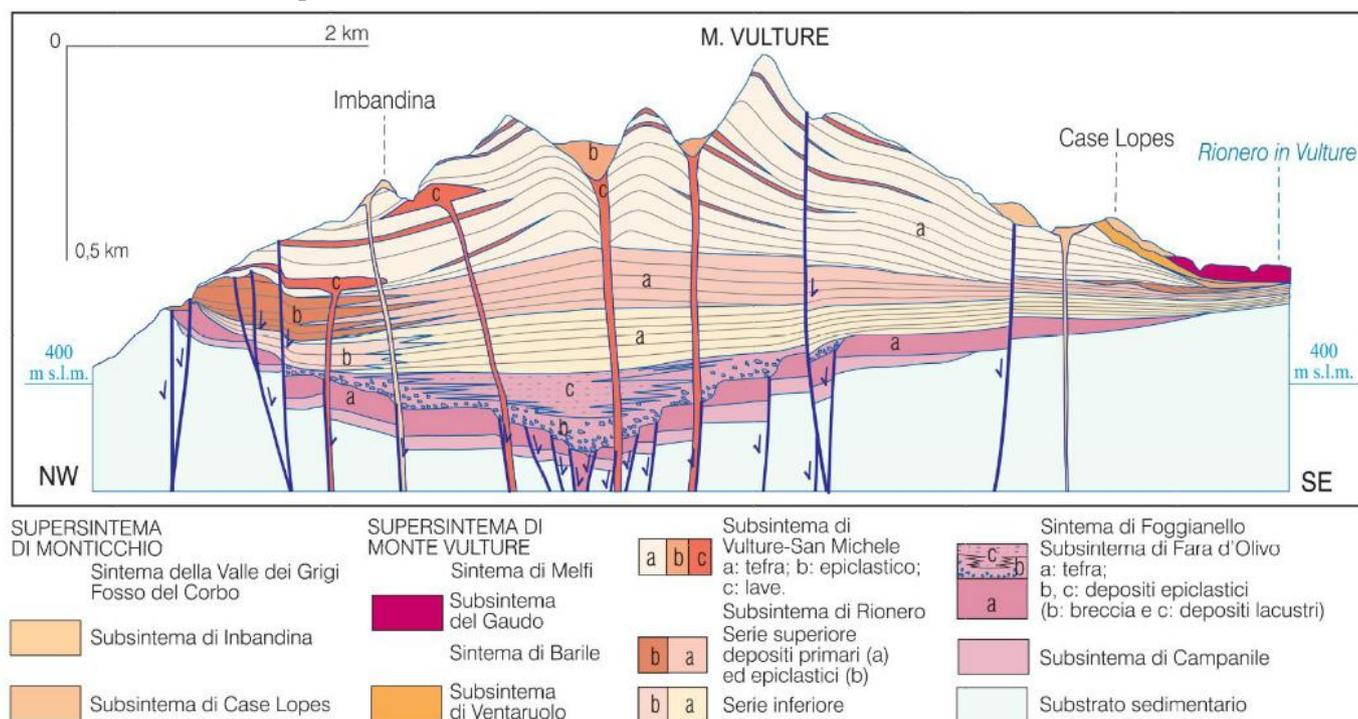


Figura 4 – Schema dei rapporti stratigrafici delle unità vulcaniche e assetto del basamento sedimentario del M. Vulture (da Schiattarella et al. 2016).

I cinematismi legati all'evoluzione della Catena Appenninica hanno generato una serie di dorsali tettoniche orientate con prevalente direzione appenninica, che hanno condizionato l'andamento plano-altimetrico del substrato sedimentario dell'edificio vulcanico. Sul versante orientale del vulcano i contatti col substrato si sviluppano a quote medie di circa 300 m s.l.m., mentre sul versante occidentale il basamento sedimentario si rinviene a quote di circa 800 m s.l.m. (Boenzi et al. 1987).

In questo contesto, l'area dei centri abitati di Barile e Rionero in Vulture costituisce una importante anomalia strutturale, in quanto caratterizzata da un substrato sedimentario posto a quote decisamente più elevate dei settori limitrofi. Tale zona è infatti impostata su un'estesa dorsale morfologica ad andamento appenninico (Boenzi et al. 1987), che rialza i termini del substrato oligo-miocenico del substrato fino a quote di circa 600-700 m s.l.m..

Le quote di affioramento del substrato sedimentario hanno risentito fortemente dell'innalzamento isostatico verificatosi in tutta l'area durante l'ultimo milione di anni (Boenzi et al. 1987). L'entità del sollevamento supera i 300 m circa ed è stata stimata in riferimento alla quota di zero della superficie di chiusura del ciclo sedimentario dell'adiacente Avanfossa Bradanica (Rapisardi 1980; La Volpe & Principe 1989).

6.3 Analisi delle prospezioni geofisiche 2018

Nell'ambito del presente studio, stante l'impossibilità di eseguire ulteriori indagini dirette sui terreni affioranti nell'area di intervento, sono state condotte una serie di indagini geofisiche di superficie, consistenti in n. 6 prospezioni geoelettriche con tecnica tomografica, n. 6 stendimenti di sismica a rifrazione con tecnica tomografica e n. 6 stazioni di misura di microtremori. Tali prospezioni, unitamente alle indagini geognostiche disponibili e ai rilievi di campo appositamente condotti, hanno permesso di definire con la dovuta precisione l'assetto litostratigrafico dell'area.

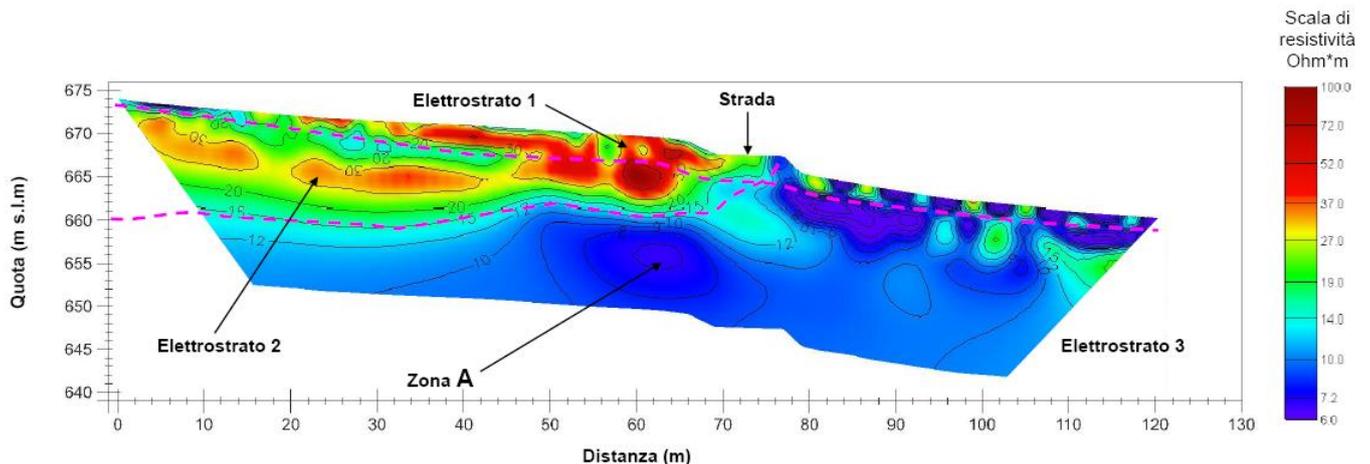


Figura 5 – Risultati della prospezione geoelettrica ERT1, IA4K42-2018, in cui è possibile apprezzare il contrasto di resistività elettrica tra i termini vulcano-sedimentari del M. Vulture e il substrato sedimentario dell'area (Zona A).

In particolare, le indagini geofisiche appositamente condotte hanno consentito di individuare il contatto stratigrafico tra i termini vulcano-sedimentari del M. Vulture e le successioni flyschoidi del substrato presenti alla base degli stessi. Tale evidenza risulta particolarmente importante ai fini della ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, in quanto consente di definire i rapporti esistenti tra l'acquifero vulcanico di alta potenzialità e il basamento poco permeabile dello stesso, che determina la formazione delle numerose emergenze sorgentizie presenti in prossimità del contatto.

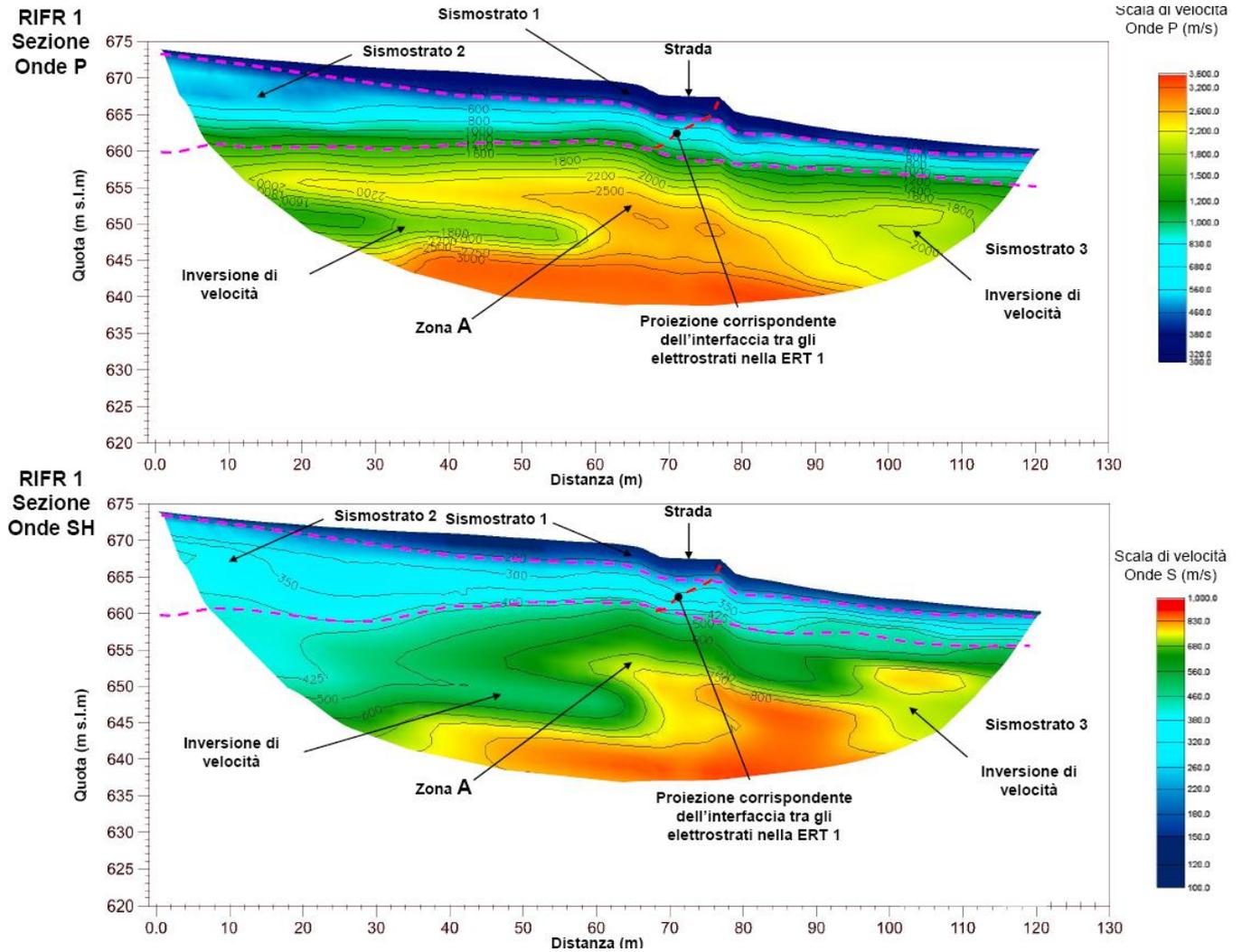


Figura 6 – Risultati della prospezione sismica RIFR 1 in onde P e SH, IA4K42-2018, in cui è possibile apprezzare il contrasto di rigidezza tra i termini vulcano-sedimentari del M. Vulture e il substrato sedimentario dell'area.

IDROGEOLOGIA DEL MONTE VULTURE

Il sistema idrogeologico del M. Vulture si è impostato all'interno degli spessi prodotti effusivi e piroclastici che costituiscono l'edificio vulcanico attuale (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le acque sotterranee di questa idrostruttura sono molto conosciute per la loro importanza ai fini commerciali e, pertanto, sono state ampiamente studiate nel corso degli ultimi decenni (Casoria 1901; Mongelli 1964; Reina 1969; Ciet & Tazioli 1981; Fidelibus et al. 1981; Fuganti et al. 1994; Spilotro et al. 2000; Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005, 2006; Paternoster et al. 2008, 2010; Parisi et al. 2011).

6.4 Caratteristiche climatiche

In accordo con gli studi UNESCO/FAO (1963), l'area di studio presenta un clima temperato mediterraneo, con estati moderatamente calde e inverni rigidi (Parisi et al. 2011). La zona mostra una media annuale di precipitazioni di circa 750-770 mm/anno, con un massimo nel periodo tra novembre e gennaio, più evidente nei settori più elevati dell'edificio vulcanico (Spilotro et al. 2005, 2006; Parisi et al. 2011).

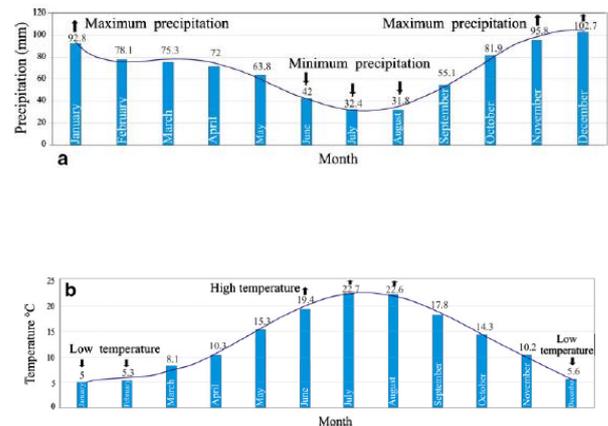
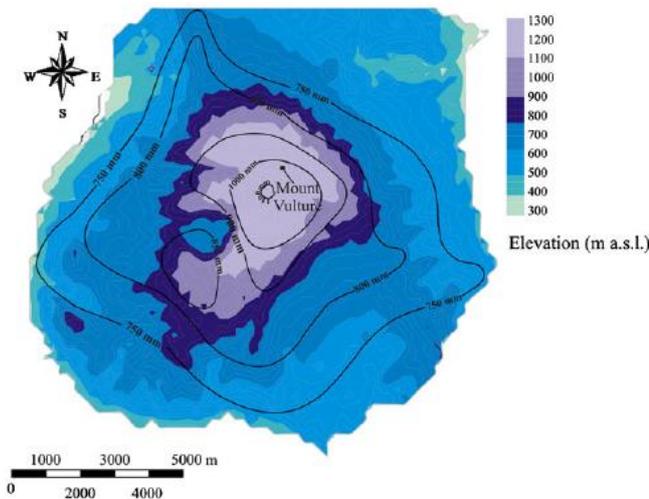


Figura 7 – Media mensile delle precipitazioni basata su 40 anni di osservazioni (da Parisi et al. 2011).

Alcuni autori hanno stimato una media annuale di precipitazioni variabile tra 650 e 850 mm/anno, con un potenziale di evapotraspirazione di circa 580 mm/anno (Spilotro et al. 2000, 2005). La temperatura media annuale dell'area vulcanica è di circa 13°C, con un massimo giornaliero di 22°C tra giugno e agosto e un minimo giornaliero di 5°C tra dicembre e febbraio (Parisi et al. 2011).

6.5 Acquifero vulcanico e condizioni al contorno

Il basamento sedimentario dell'edificio e del relativo acquifero vulcanico presenta una forma a cono rovesciato (Boenzi et al. 1987; Spilotro et al. 2005), probabilmente a causa del peso dell'edificio stesso. Il tetto del basamento ha una forma piuttosto regolare, anche se disturbata da un allungamento in direzione SE che potrebbe costituire il proseguimento sotto i prodotti vulcanici della preesistente Valle di Vitalba (Spilotro et al. 2005). Esso risente

inoltre dei collassi calderici ben evidenti in superficie, che hanno dislocato verso SW i più recenti centri eruttivi (Spilotro et al. 2005).

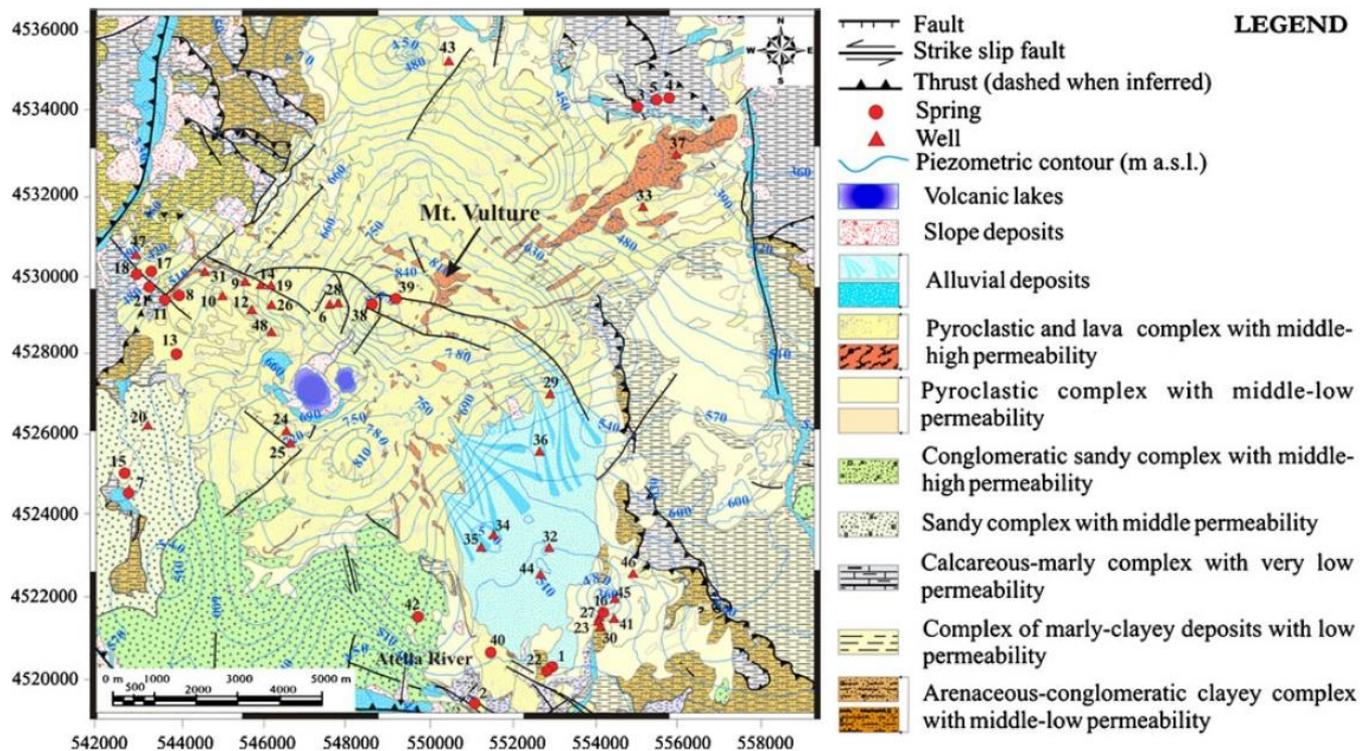


Figura 8 – Carta idrogeologica del bacino del M. Vulture (da Parisi et al. 2011), con indicazione dei principali complessi idrogeologici e della superficie piezometrica.

Dal punto di vista idrogeologico, gran parte del basamento è costituito da argille plioceniche impermeabili (Spilotro et al. 2005; Schiattarella et al. 2016). La restante parte del substrato sedimentario è costituito da depositi flyschoidi oligo-miocenici impermeabili o a bassissima permeabilità e da depositi ghiaiosi moderatamente permeabili (Spilotro et al. 2005). Questi ultimi, in particolare, si rinvencono diffusamente nel settore sud-occidentale e costituiscono una locale estensione dell'acquifero vulcanico soprastante. Ovviamente, le maggiori discontinuità tettonica tagliano anche i termini idrogeologici del basamento e, pertanto, fungono vie preferenziali per l'infiltrazione e la circolazione profonda delle acque (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

L'edificio vulcanico è costituito da depositi piroclastici e subordinati prodotti lavici con differenti caratteristiche di permeabilità, che localmente danno luogo a corpi idrogeologici distinti e separati (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011; Schiattarella et al. 2016). I flussi lavici porosi e fratturati presentano una conducibilità idraulica di circa 10^{-1} cm/s, mentre i tufi e i depositi piroclastici incoerenti mostrano una conducibilità idraulica leggermente inferiore, pari a circa 10^{-1} cm/s (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Nei depositi prevalentemente ghiaiosi del substrato, infine, la conducibilità idraulica è di circa 10^{-2} cm/s (Parisi et al. 2011).

Le caratteristiche idrauliche e gli elementi di anisotropia dell'acquifero sono i maggiori fattori di controllo del deflusso idrico sotterraneo all'interno dell'acquifero (Parisi et al. 2011). Verso SSE lo spessore dell'acquifero diminuisce sensibilmente, consentendo quindi il deflusso delle acque di falda all'interno dei depositi ghiaiosi del substrato (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le direzioni di deflusso e i gradienti idraulici delle acque

sotterranee sono quindi controllati dalle proprietà dei termini litologici presenti e dal reticolo di fratture esistente (Celico & Summa 2004; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

La permeabilità delle rocce costituenti l'acquifero varia sensibilmente dalle quote più elevate a quelle più basse dell'edificio vulcanico (Parisi et al. 2011). In particolare, la sovrapposizione dei termini vulcanici molto permeabili su un basamento sedimentario poco o nulla permeabile condiziona fortemente l'andamento delle falde e dei deflussi idrici sotterranei all'interno dell'edificio vulcanico (Celico & Summa 2004; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Sulla base di tali considerazioni, nel corso degli ultimi anni sono stati sviluppati differenti modelli concettuali per descrivere l'assetto idrogeologico del M. Vulture.

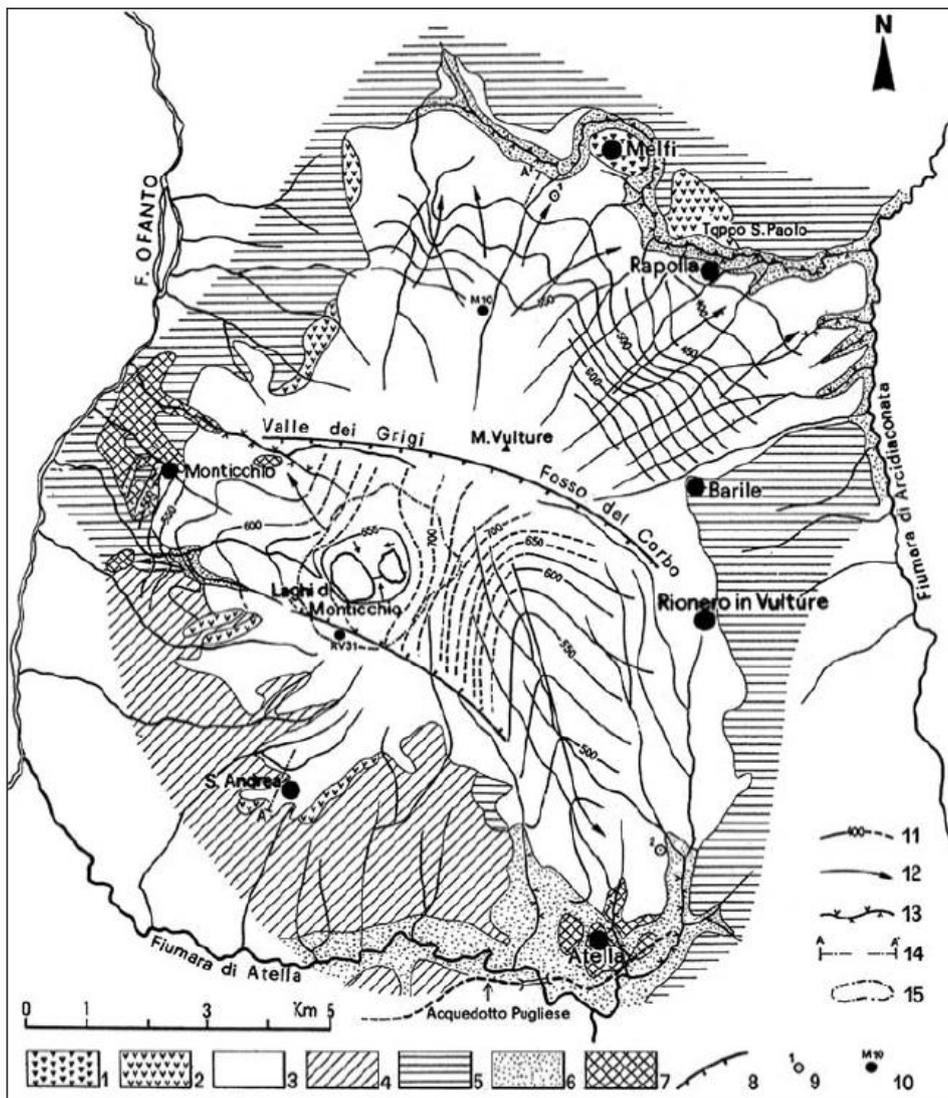


Figura 9 – Schema idrogeologico del M. Vulture (da Celico & Summa 2004): 1) Complesso delle lave, 2) Complesso dei tufi chiari, 3) Complesso dei tufi scuri, 4) Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico, 5) Complesso argilloso-marnoso-arenaceo, 6) Complesso alluvionale, 7) Complesso dei travertini, 8) Faglie, 9) Sorgenti principali, 10) Pozzi, 11) Curve isopiezometriche, 12) Assi di drenaggio preferenziale, 13) Incrementi di portata in alveo, 14) Traccia di sezione, 15) Limite di bacino dei Laghi di Monticchio.

Un primo modello concettuale ipotizza la presenza di due distinti bacini idrogeologici, uno nel settore sud-occidentale di Monticchio-Atella e uno nel settore nord-orientale di Melfi-Barile (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005). Il bacino sud-occidentale è collocato tra la faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo e quella Meridionale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Schiattarella et al. 2005), mentre il bacino nord-orientale è posto a nord della faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo e presenta un andamento marcatamente radiale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005).

Il bacino di Monticchio-Atella presenta recapiti localizzati in corrispondenza dei due insediamenti abitativi e risulta parzialmente alimentato dalle acque dei laghi (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005). Il bacino di Melfi-Barile presenta una modalità di deflusso idrico sotterraneo decisamente più articolata, soprattutto a causa dei numerosi assi di drenaggio preferenziale connessi alla morfologia del versante (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005). In entrambe i casi, la superficie piezometrica presenta gradienti piuttosto uniformi, generalmente compresi tra il 2% e il 4% (Celico & Summa 2004).

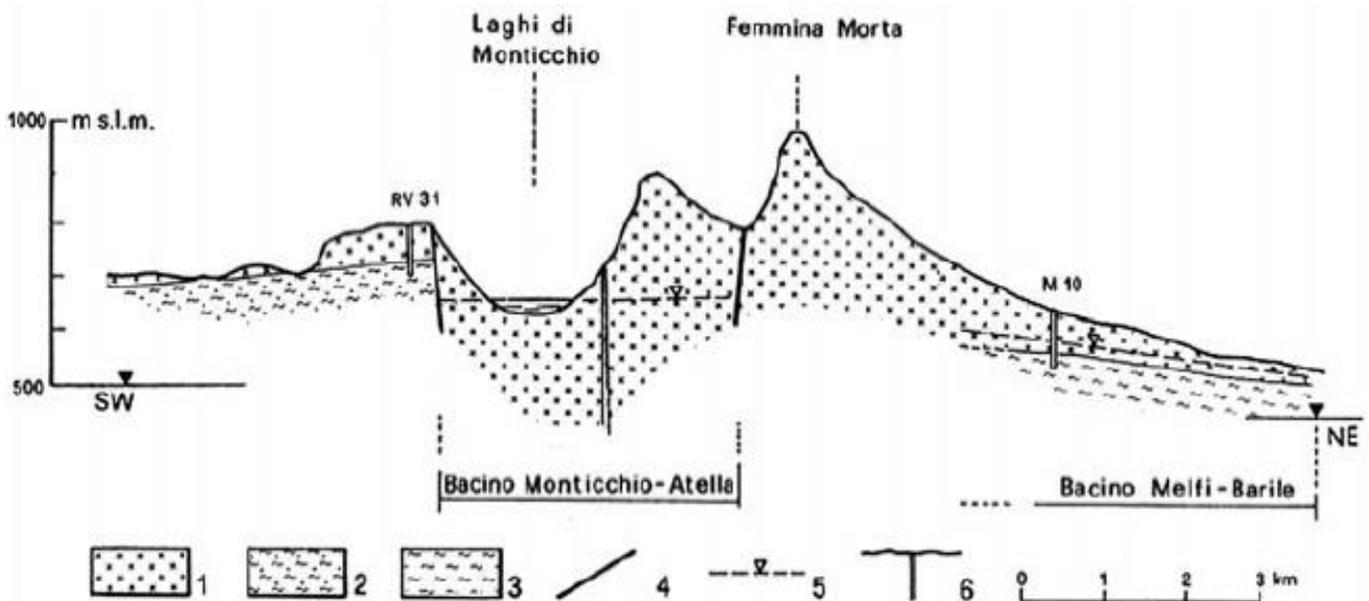


Figura 10 – Sezione idrogeologica NE-SE dell'intera struttura vulcanica del M. Vulture (da Celico & Summa 2004): 1) Complesso dei tufi scuri, 2) Complesso argilloso-sabbioso-conglomeratico, 3) Complesso argilloso-marnoso-arenaceo, 4) Faglie, 5) Superficie piezometrica, 6) Pozzi.

Un secondo modello idrogeologico schematizza l'assetto idrogeologico del M. Vulture attraverso un unico bacino sotterraneo (Spilotro et al. 2005, 2006). Il reticolo di drenaggio superficiale costituisce il limite naturale dell'acquifero e la struttura tettonica di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo è l'unico asse di drenaggio che condiziona il deflusso idrico sotterraneo in tutta l'area (Spilotro et al. 2005, 2006). In questo caso, non sussistono evidenze dirette circa l'influenza esercitata dalla faglia Meridionale sul deflusso idrico sotterraneo delle acque di falda. Le caratteristiche di permeabilità e gli elementi di anisotropia dell'acquifero vulcanico sono il risultato della strutturazione dell'edificio vulcanico e determinano, localmente, la formazione di piccole falde superficiali (Spilotro et al. 2005, 2006). Il regime delle sorgenti presenta una debole variazione stagionale dei flussi, con valori massimi in primavera e valori minimi in autunno (Spilotro et al. 2005).

Per questo secondo modello, le condizioni al contorno sono estremamente variabili e risultano riconducibili ai differenti assetti geologici presenti ai margini dell'edificio vulcanico. Localmente si assiste al deflusso delle acque

di falda all'interno di un corpo idrico inferiore di buona permeabilità o allo sversamento delle acque di falda all'interno di depositi continentali e marini di elevata permeabilità (Spilotro et al. 2005, 2006), quali ghiaie di substrato e depositi detritici recenti. Spesso comunque, gli sversamenti dell'acquifero avvengono attraverso una serie di sorgenti poste al contatto tra l'edificio vulcanico e il basamento sedimentario (Spilotro et al. 2005, 2006), che costituisce quindi un limite di permeabilità per l'acquifero vulcanico.

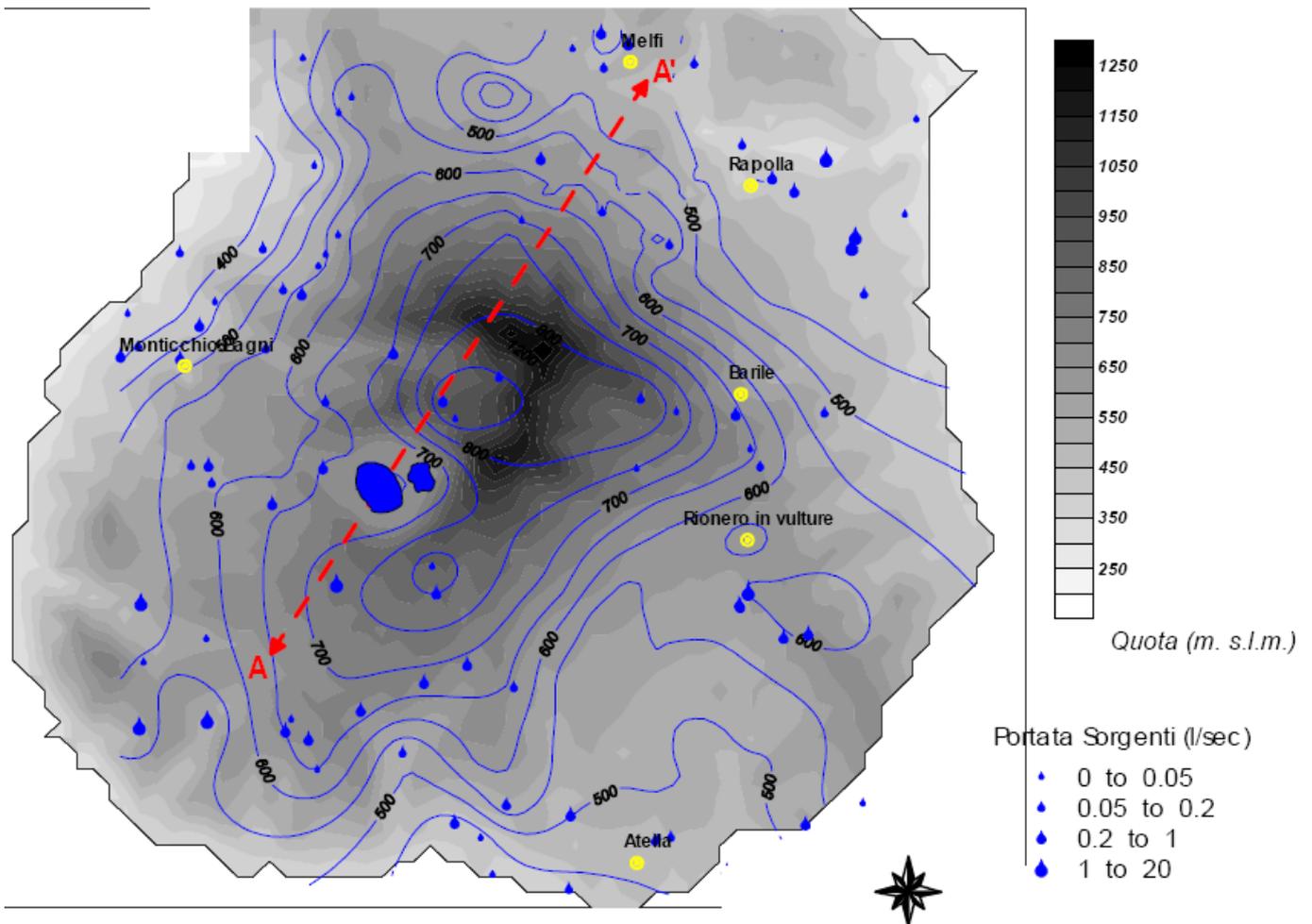


Figura 11 – Andamento della superficie piezometrica all'interno dell'edificio vulcanico e indicazione delle principali emergenze sorgentizie (da Spilotro et al. 2005).

Il modello più aggiornato evidenzia la presenza di una zona centrale caratterizzata da precipitazioni e assorbimenti più consistenti, in cui si assiste al percorso di infiltrazione in ambiente non saturo delle acque di infiltrazione (Spilotro et al. 2005, 2006). L'acquifero saturo si fraziona in una serie di livelli che seguono la stratificazione dei corpi vulcanoclastici, che risultano frequentemente separati da livelli argillificati e paleosuoli poco permeabili (Spilotro et al. 2005). Le falde si diramano con simmetria grossomodo assiale e risultano sostanzialmente interconnesse in termini di carico totale attraverso le numerose discontinuità presenti sia nei termini lavici che negli orizzonti piroclastici (Spilotro et al. 2005, 2006).

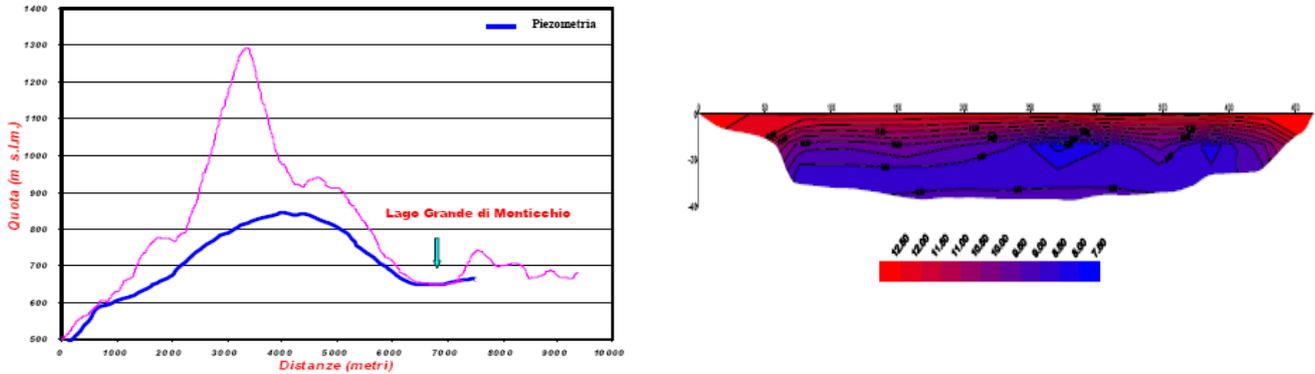


Figura 12 – Profilo piezometrico all'interno dell'edificio vulcanico lungo la sezione SW-NE e tomografia termica del Lago Grande di Monticchio (da Spilotro et al. 2005).

La successiva ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica effettuata attraverso i dati di 106 sorgenti e 119 pozzi ha permesso di definire le principali direzioni di deflusso idrico sotterraneo dell'intero edificio vulcanico del M. Vulture (Parisi et al. 2011). In conformità col modello a singolo acquifero (Spilotro et al. 2005, 2006), la ricostruzione della superficie di falda evidenzia un andamento del deflusso idrico sotterraneo radiale rispetto al centro dell'edificio vulcanico, favorito dall'assetto giaciturale dei prodotti vulcanici affioranti (Parisi et al. 2011). Ancora una volta, le irregolarità presenti nei settori nord-orientali e sud-occidentali sono da attribuire alla presenza di elementi tettonici trasversali, come la faglia di Valle dei Grigi-Fosso del Corbo (Parisi et al. 2011).

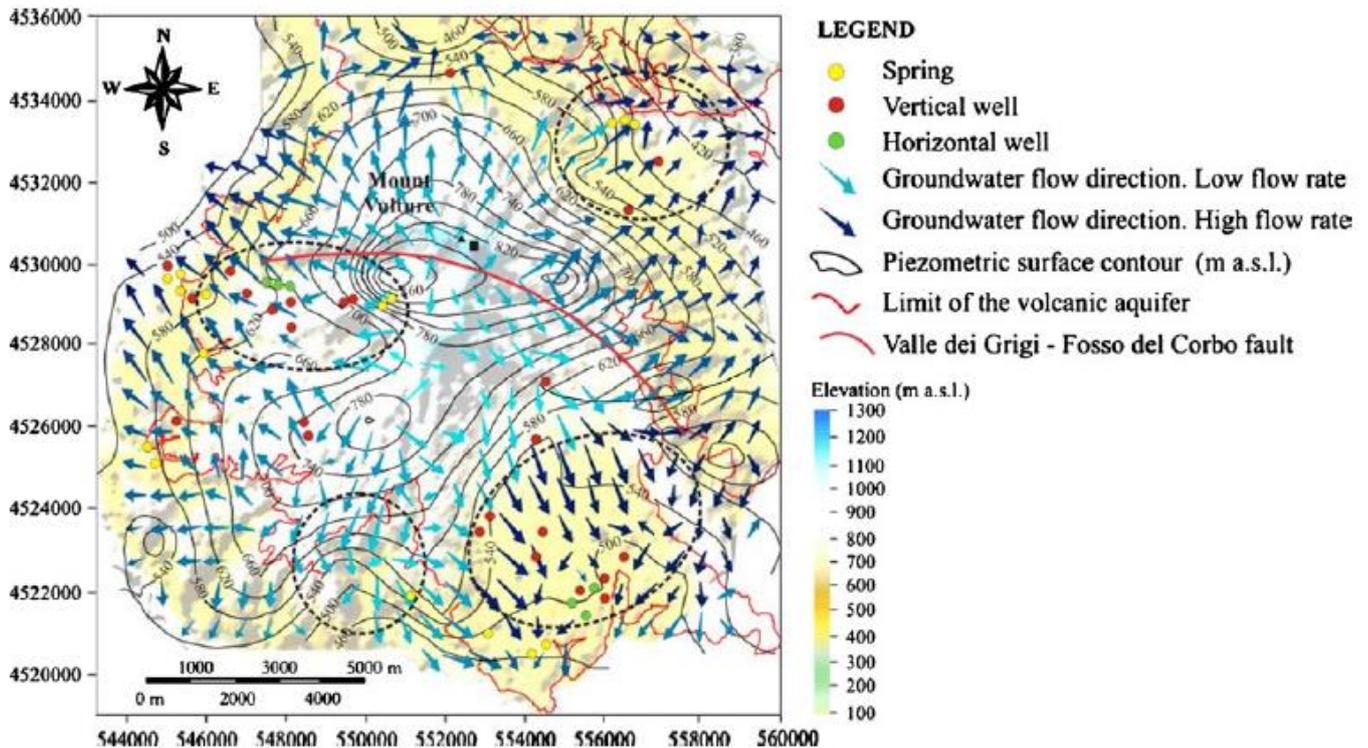


Figura 13 – Mappa della superficie piezometrica e delle principali direzioni di deflusso idrico sotterraneo dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Parisi et al. 2011).

6.6 Pozzi e sorgenti

La struttura idrogeologica del M. Vulture è caratterizzata dalla presenza di numerose sorgenti naturali, pozzi e opere di captazione, ad uso sia agricolo che idropotabile (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Tra queste, assumono particolare rilevanza le opere di captazione utilizzate dagli stabilimenti per la produzione di acque minerali, come Gaudianello, Lilia, Sveva e Vivien, situati nei settori meridionali e sud-occidentale del distretto vulcanico.

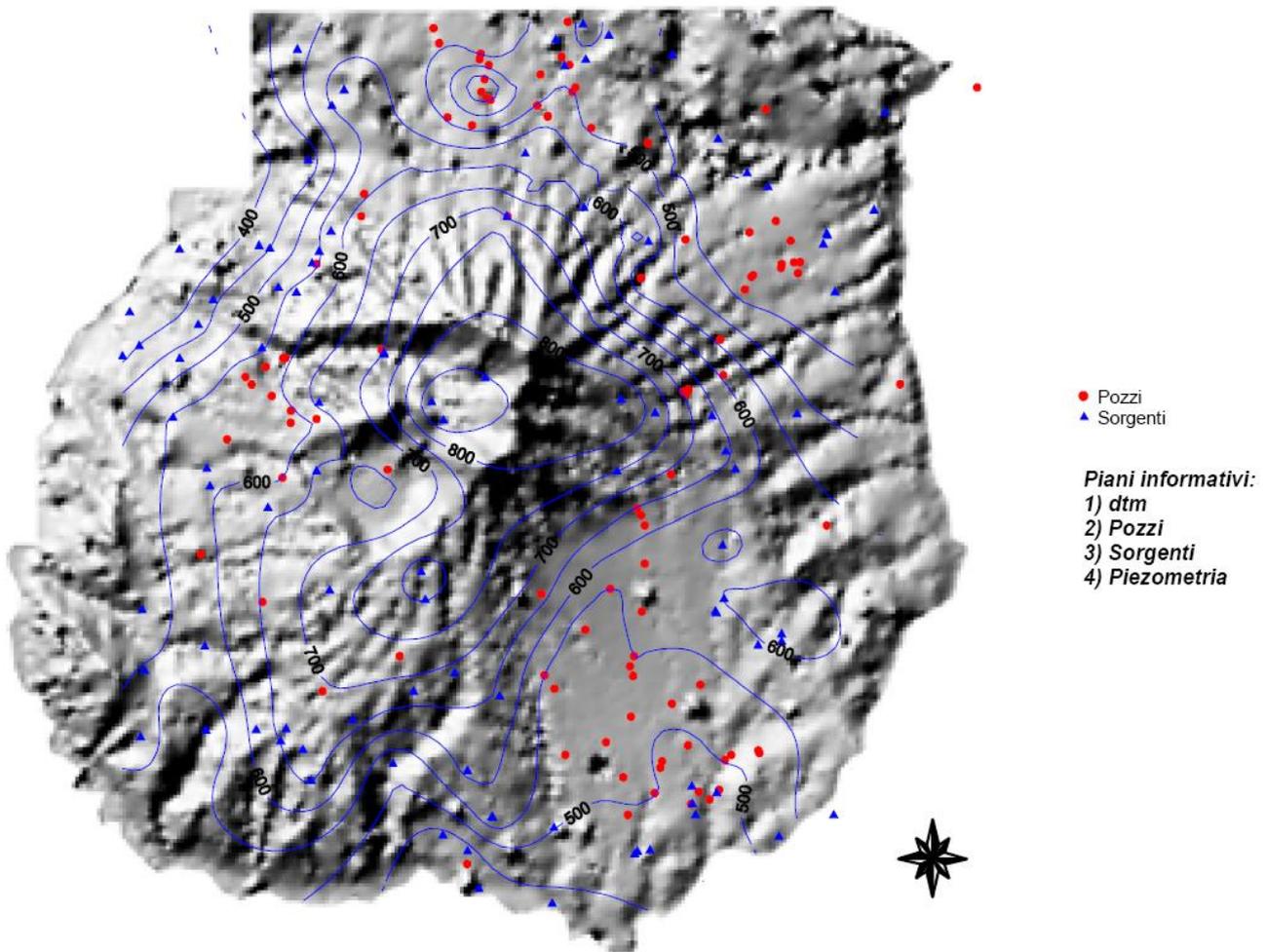


Figura 14 – Ubicazione di emergenze sorgentizie e pozzi su DTM dell'edificio vulcanico del M. Vulture, con indicazione della superficie piezometrica a grande scala (da Spilotro et al. 2005).

Nell'area sono presenti oltre 100 emergenze sorgentizie, con carattere prevalentemente stagionale (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011), con massimi primaverili e minimi autunnali (Spilotro et al. 2005). Tale regime evidenzia una netta prevalenza dei circuiti superficiali, direttamente soggetti a ricarica stagionale, anche se non è possibile escludere la coesistenza con circuiti più profondi (Spilotro et al. 2005). In taluni casi, si assiste a importanti variazioni di portata connesse ad interferenze derivanti dalle attività di estrazione antropica (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

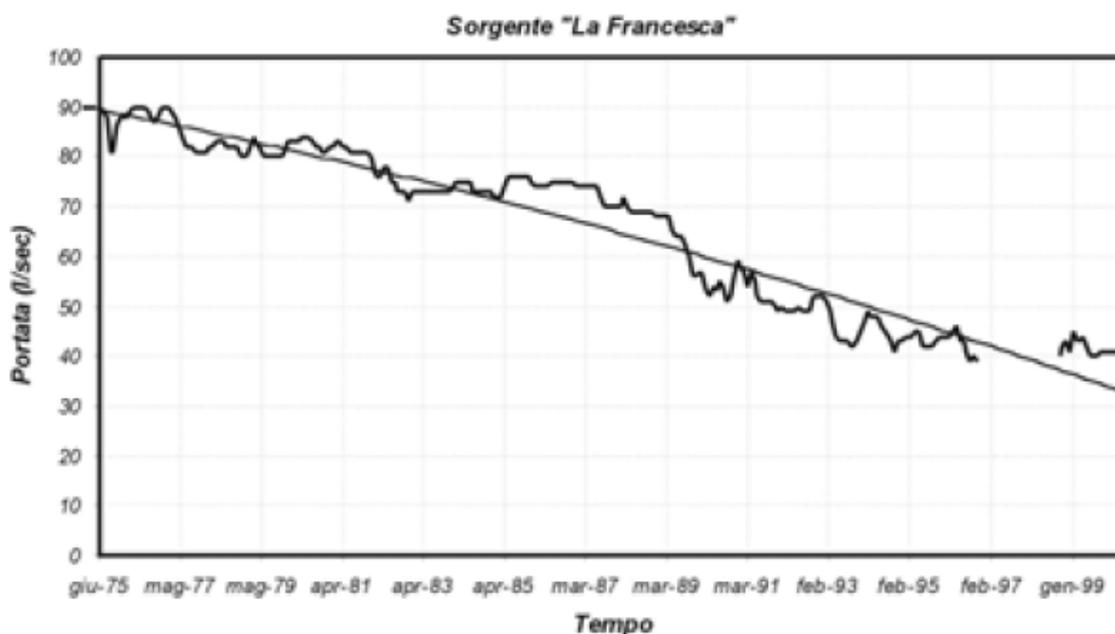


Figura 15 – Andamento nel tempo della portata (l/sec) della Sorgente La Francesca (da Spilotro et al. 2005).

Anche i pozzi sono molti numerosi e superano i 100 all'interno di tutta la struttura vulcanica (Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le portate emunte variano da qualche l/s fino a circa 20 l/s, mentre solo in un caso si ha un pozzo con una portata di circa 30 l/s (Spilotro et al. 2005). Le profondità sono estremamente variabili e comunque comprese tra i 10 ed i 200 m (Barbieri & Summa 2005). I pozzi sono ubicati prevalentemente nelle zone di Monticchio, Rionero-Atella e Melfi-Barile (Barbieri & Summa 2005; Parisi et al. 2011), ovvero dove le condizioni per la captazione sono più favorevoli.

6.7 Caratteristiche chimico-fisiche delle acque del Monte Vulture

Le caratteristiche idrochimiche delle acque del M. Vulture sono state spesso oggetto di studio, anche se raramente con visione unitaria (Fidelibus et al. 1981; Fuganti et al. 1994; Celico & Summa 2004; Barbieri & Summa 2005; Spilotro et al. 2005, 2006; Paternoster et al. 2008, 2010; Parisi et al. 2011). Una prima ricerca volta alla ricostruzione della circolazione idrica sotterranea all'interno dell'edificio vulcanico fu svolta da Fidelibus et al. (1981), che nonostante il campionamento di un numero esiguo di emergenze sorgentizie riuscirono comunque a fornire un primo quadro delle caratteristiche idrochimiche dell'area.

Le acque di alta e media quota circolanti esclusivamente nelle vulcaniti risultano di facies bicarbonato-calcica, con contenuti salini medi pari a 0.3 g/l, pH neutro o leggermente acido, temperature tra 10 e 14 °C e contenuti in CO₂ e SiO₂ bassi (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Le acque delle sorgenti presenti alla base del massiccio, in alcuni casi circolanti al contatto con il substrato sedimentario, risultano di facies bicarbonato-sodica, con contenuti salini superiori a 1.0 g/l, pH acido, temperature tra 15 e 17 °C e contenuti in CO₂ e SiO₂ piuttosto alti (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

Pertanto, le acque del M. Vulture possono essere suddivise in due distinte facies idrochimiche (Fidelibus et al. 1981; Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011), quella bicarbonato-calcica (facies A) e quella bicarbonato-sodica (facies B). La facies bicarbonato-calcica prevale alle basse salinità, mentre quella bicarbonato-sodica prevale per TDS > 2 g/l (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010). Il passaggio dalla facies A a quella B è

legato alla sola variazione della percentuale cationica, data l'invarianza della connotazione anionica della facies che rimane bicarbonatica (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010).

No.	Station Name	Field pH	Field EC (mS cm ⁻¹)	Field Eh mV	Field Temp. °C	Li ⁺ (mg L ⁻¹)	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Field HCO ₃ ⁻	SiO ₂	TDS	Charge balance error (%)
1	Atella F1	6.8	17.97	-27	16.3	1.90	4,190	875	142	175	1.4	1,160	40	4,970	6,128	29	17,712	-4.9
2	Atella F3	6.4	11.7	16	17.1	3.41	3,652	416	97	241	1.1	1,080	56	4,110	3,892	33	13,580	4.9
3	Rapolla 2	6.5	7.66	11	16.3	1.49	2,363	150	27	177	1.0	820.0	39	2,710	2,147	89	8,525	2.1
4	Rapolla 1	6.1	4.13	37	16.5	0.78	1,170	93	17	96	1.4	350	30	1,097	1,452	70	4,377	4.3
5	Acetosella	6.3	2.59	24	16.8	0.64	1,080	76	14	64	1.3	240	16	770	1,721	80	4,063	3.8
6	Pozzo 22 V	5.9	2.59	NM	19.1	0.09	145	57	59	89	0.3	33	1.7	74	841	106	1,406	4.7
7	S.Maria de Luco 2	5.9	2.15	48	15.1	0.05	132	20	17	169	0.2	54	36	73	715	31	1,247	4.7
8	Eudria 5	5.9	1.89	50	17.3	0.09	169	57	74	45	0.4	48	10	145	792	99	1,442	-2.1
9	Sorgente 34 bis	6.1	1.84	NM	15.1	0.01	41	22	11	33	0.5	26	2	41	209	108	493	-4.2
10	Gaudio 11 V	5.8	1.77	NM	19	0.07	144	39	47	117	0.5	38	12	87	911	97	1,492	-4.7
11	Eudria 2	6.0	2.64	39	19.4	0.17	312	68	117	114	0.3	46	3.6	205	1,435	111	2,412	4.9
12	Pozzo 20 V	5.9	1.45	NM	19.8	0.11	184	56	75	48	0.3	41	1.1	170	780	110	1,465	2.8
13	Crocco	5.9	1.33	51	16.6	0.11	125	38	52	130	0.4	34	0.3	130	794	107	1,410	2.6
14	Sorgente 35	5.7	1.33	NM	17.2	0.08	93	33	35	105	0.5	35	3.4	99	568	104	1,076	4.4
15	S.Maria de Luco 1	6.1	1.27	33	14.8	0.03	62	12	12	51	0.3	44	42	40	252	31	546	-4.9
16	Nettuno	5.8	1.15	NM	15.5	0.12	148	47	31	135.2	1.1	28	18	75	825	95	1,402	4.5
17	Eudria 3	5.6	1.57	63	16.5	0.06	76	28	42	136	0.6	64	94	86	515	104	1,146	4.8
18	Eudria 4	5.4	1.15	-31	15.3	0.07	128	41	61	135	0.4	42	20	117	828	109	1,481	4.6
19	Sorgente 36	5.9	0.97	NM	18.2	0.09	173	55	74	83	0.5	36	2.4	154	964	97	1,639	-4.9
20	Pozzo 23 V	5.9	0.9	NM	19	0.05	74	39	35	95	0.5	31	2.1	39	609	106	1,030	0.9
21	Eudria 1	5.5	0.89	69	15.9	0.06	72	31	33	101	0.6	26	8.2	41	585	100	998	3.4
22	Atella 2	5.8	0.88	62	15.2	0.08	97	26	16	91	1.2	32	11	92	451	83	899	2.5
23	Fonte Itala 1	5.9	0.73	NM	17.6	0.06	80	32	15	62	1.1	19	15	44	443	100	811	-3.8
24	Giovanna	7.3	0.7	-31	13	BDL	30	22	14	78	0.6	13	37	23	341	49	608	-1.8
25	Angelicchio	7.5	0.68	-36	13.6	BDL	39	16	19	75	0.6	30	83	21	307	52	642	-4.2
26	Gaudio 21 V	5.9	0.53	NM	15.9	0.03	54	32	13	53	0.5	25	12	14	338	112	653	4.9
27	Fonte Itala 2	5.9	0.51	NM	15.8	0.05	56	19	10	38	1.5	14	35	20	258	86	538	-0.1
28	Pozzo 24 V	5.8	0.46	NM	16	0.02	42	29	10	33	0.5	26	9	11	250	107	518	-3.4
29	Pozzo 4	5.6	0.44	185	14	0.02	35	16	11	36	0.5	31	40	16	180	77	443	-4.3
30	San Marco	5.8	0.42	NM	15.9	0.03	39	17	18	57	0.5	16	29	13	340	92	621	-4.8
31	Pozzo 15 V	5.9	0.41	NM	19.6	0.19	258	57	94	106	0.5	44	3.2	188	1,178	103	2,031	4.9
32	Pozzo 3	6.3	0.39	38	13.5	0.01	125	16	13	53	0.6	15	26	9	543	82	882	-4.2
33	Pozzo D	6.5	0.32	24	16.1	BDL	38	16	7	45	0.3	18	17	15	237	81	475	-1.7
34	Pozzo 5	7.0	0.29	-13	15.6	0.03	27	17	5	23	1.4	12	28	9	136	82	341	-1.6
35	Pozzo A	7.1	0.29	-14	15.7	BDL	27	13	7	35	0.9	13	28	8	176	71	377	3.1
36	Pozzo B	6.3	0.29	38	15.7	BDL	32	23	BDL	18	0.7	13	21	7	148	85	347	-1.2
37	Pozzo 2	5.8	0.28	67	14.8	BDL	31	20	5	23	0.3	15	14	8	147	97	360	4.1
38	Fontana dei Faggi	6.7	0.26	15	10	BDL	16	9	6	33	0.6	21	2.8	10	122	50	269	4.1
39	Piloni	7.4	0.19	-29	10.3	BDL	14	7	5	22	0.3	19	3.7	15	89	42	217	-4.3
40	Fonte Tripoli	5.8	0.74	64	15.3	BDL	14	3	BDL	12	0.2	7	3.3	9	55	104	208	-2.8
41	Pozzo Dilva	6.4	0.31	29	14.6	BDL	28	19	8	55	0.7	11	25	12	202	38	399	-4.0
42	Sorgente Bosco della Bufara	6.4	4.71	29	15.8	0.67	491	112	45	75	0.2	188	2.9	660	871	67	2,512	-4.8
43	Savino	7.2	0.84	-24	16.5	0.07	112	32	8	34	1.5	37	0.5	102	319	70	718	-4.3
44	Sveva 2	6.1	2.1	40	19	0.3	267	63	43	201	1.2	28	0.3	110	1,488	88	2,291	-2.6
45	Sveva	6.2	0.96	36	15.6	0.07	157	20	13	70	0.9	37	18	125	463	83	986	2.9
46	Lilia 2	6.1	0.45	40	16.7	0.08	56	26	9	58	1.1	16	8.9	11	338	97	621	4.6
47	Toka	6.4	0.54	24	15.7	0.13	405	101	54	167	0.8	95	31	355	1,284	64	2,556	0.9
48	Solaria	6.2	2.81	33	16.1	0.12	52	24	19	86	1.1	33	6.5	60	291	83	655	-4.7

Figura 16 – Caratteristiche chimico-fisiche delle acque del M. Vulture (da Parisi et al. 2011).

Le acque della facies B sono caratterizzate da alti contenuti in litio (fino a 3300 mg/l) e boro (fino a 31500 mg/l), oltre che dai massimi contenuti di CO₂ (fino a 1000 mg/l). Tali caratteristiche delle acque bicarbonato-sodiche sono

tipiche delle acque che si incontrano in molte regioni sede di attività vulcanica Quaternaria o più recente (Spilotro et al. 2005, 2006; Parisi et al. 2011). Molte di queste aree non sono soggette alla diretta influenza di esalazioni magmatiche, anche se i flussi termali generati dalle camere magmatiche si diffondono su aree notevolmente ampie in profondità, causando metamorfismo termico di spessi strati di roccia (Spilotro et al. 2005). A temperatura di 350-400 °C questi processi causano quindi la liberazione di CO₂ primaria dalle rocce, che risale verso la superficie terrestre saturando le acque sotterranee di orizzonti profondi (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

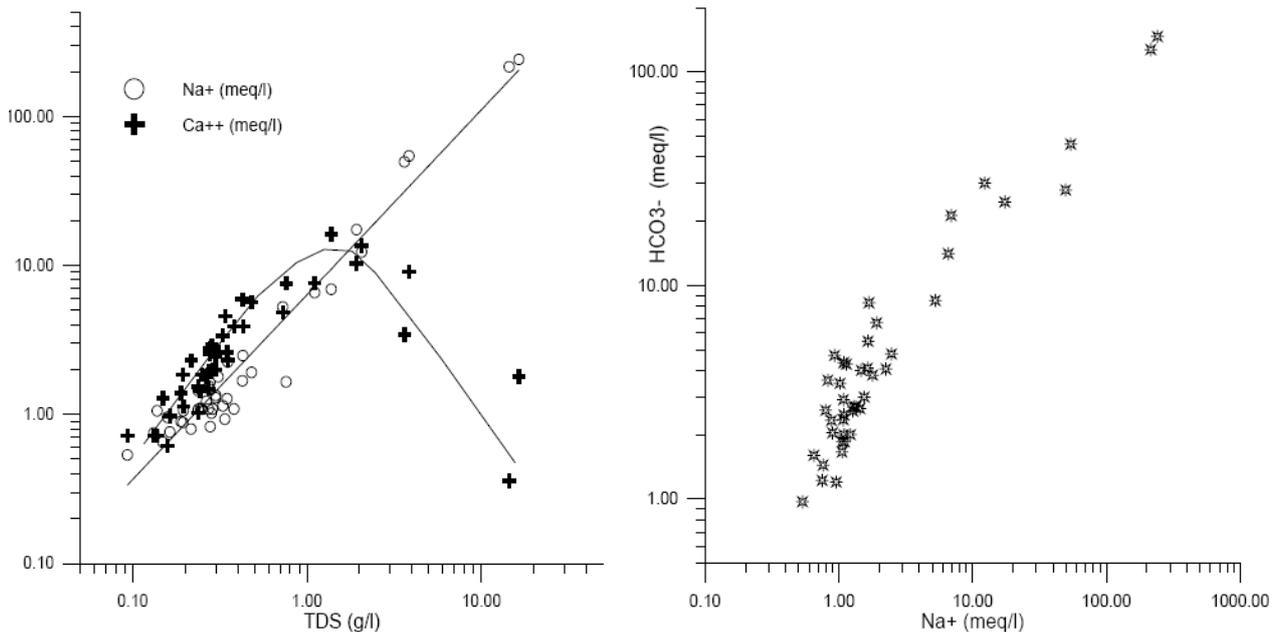


Figura 17 – Variazione delle caratteristiche chimiche delle acque: nel grafico di sinistra è riportata la variazione di calcio (Ca++) e di sodio (Na+), nel grafico di destra è riportata la relazione tra le concentrazioni di bicarbonati (HCO₃⁻) e quelle di sodio (Na+) (da Spilotro et al. 2005).

Per quanto detto, la CO₂ presente nelle acque sotterranee del M. Vulture è verosimilmente di origine profonda (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Tale ipotesi è confermata dalle caratteristiche chimiche delle acque delle sorgenti Gaudianello, che evidenziano gas costituiti da percentuali di CO₂ variabili tra il 96 e il 98%, con minore presenza di idrocarburi, azoto, idrogeno, argon ed elio (Spilotro et al. 2005). Per queste acque, le caratteristiche del carbonio inorganico disciolto e i valori del rapporto isotopico dell'elio (3He/4He) indicano che l'anidrite carbonica è di origine magmatica (Spilotro et al. 2005).

Le caratteristiche generali delle acque di facies B sono compatibili con quelle delle acque carbo-gassose, per cui anche la loro genesi trova spiegazione nell'interazione delle acque sotterranee con i flussi gassosi profondi, come evidenziato dalle anomalie di concentrazione di anidride carbonica, boro, litio e TDS (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011). Queste acque presentano composizione chimica molto variabile, ma generalmente dominata dai bicarbonati e dal sodio (Spilotro et al. 2005). Normalmente, i cationi associati ai bicarbonati sono solo quelli alcalini quando i percorsi delle acque avvengono in rocce cristalline, mentre il calcio compare quando i percorsi sono in rocce sedimentarie o formazioni vulcaniche (Spilotro et al. 2005). Il pH è generalmente basso e le acque presentano sempre alti contenuti in silice e boro, anche se le acque con contenuto di bicarbonati superiore a 15-20 meq/l sono solo raramente calciche (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011).

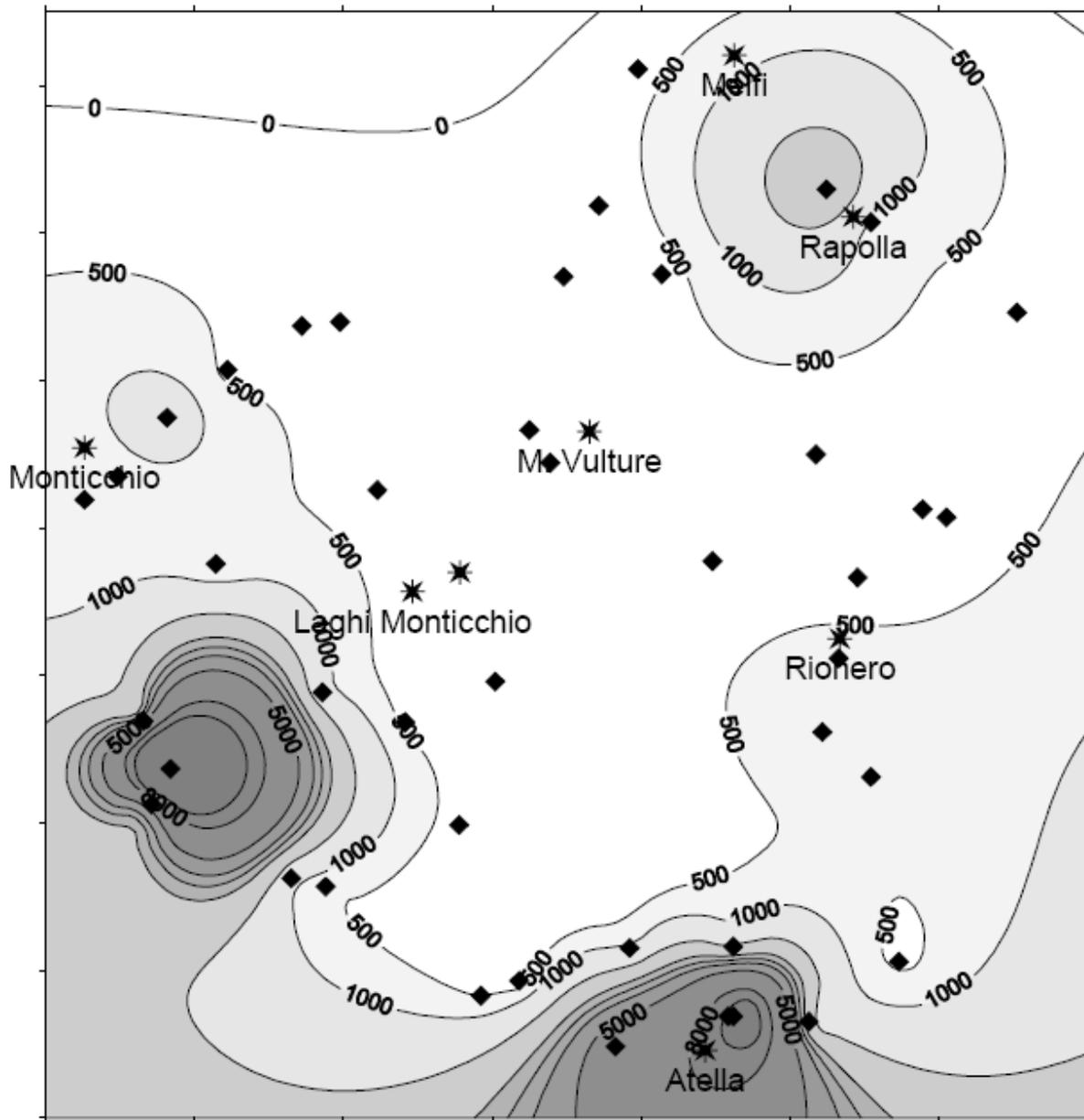


Figura 18 – Distribuzione areale dei contenuti in boro (in µg/l) all'interno dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Per tutte e due le facies, la composizione chimica è connessa alla dissoluzione dei feldspati in presenza di gas carbonico (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Il processo di dissoluzione procede in forma più blanda alle alte quote, laddove i tempi di interazione sono più brevi e le concentrazioni di anidride gassosa ascendente più basse, dando così origine ad acque fredde poco mineralizzate (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010; Parisi et al. 2011). Quando i circuiti si spingono a maggiore profondità, invece, aumenta l'influenza degli influssi gassosi provenienti dal basso, portando ad una più efficace dissoluzione dei feldspati e ad un conseguente aumento in salinità (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010).

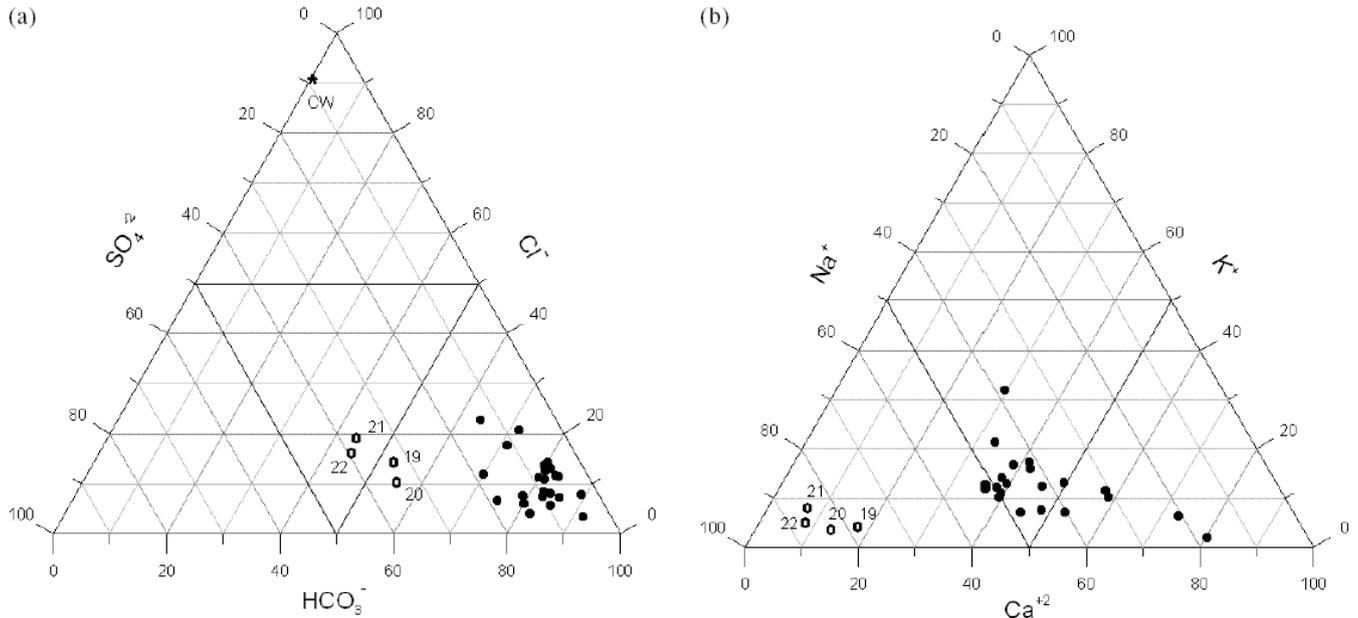


Figura 19 – Composizione chimica delle acque del M. Vulture su diagrammi triangolari (da Paternoster et al. 2010).

Pertanto per le acque più dolci della facies A, emergenti alle quote medio-alte del rilievo, risulta particolarmente evidente la scarsa influenza dell'interazione acqua-roccia (Spilotro et al. 2005; Paternoster et al. 2010). Gli studi isotopici condotti dimostrano un'origine meteorica per tutte le acque sotterranee dell'edificio vulcanico (Ciet & Tazioli 1981; Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011), in quanto la diversa caratterizzazione chimica dipende dai diversi tempi di residenza e dalla lunghezza e profondità dei circuiti (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Come per la maggior parte delle acque, la mineralizzazione è quindi acquisita durante il deflusso ed è connessa sia alla dissoluzione dei minerali che al contributo di gas di origine profonda (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

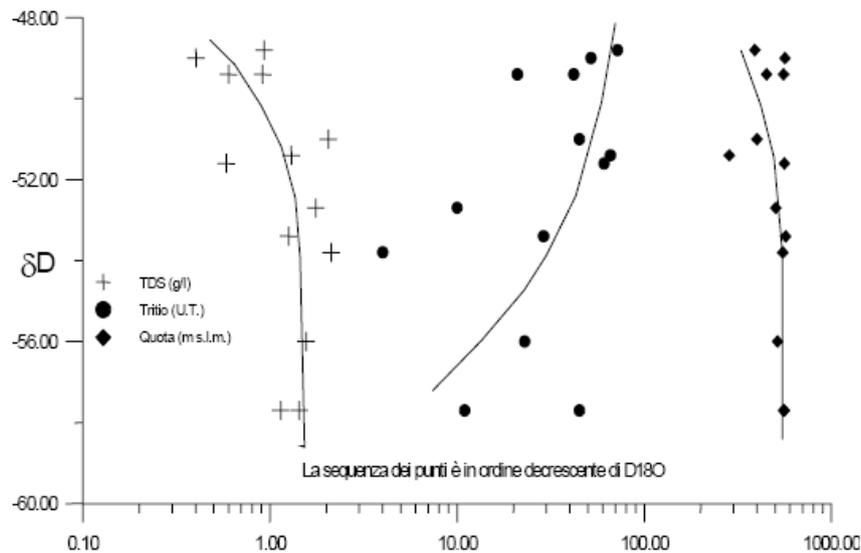


Figura 20 – Variazioni del totale dei solidi disciolti (TDS), dei contenuti in tritio e delle quote di emergenza in relazione al valore del δD per alcune sorgenti del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Analizzando i valori di TDS, del tritio e la quota di emergenza delle sorgenti in funzione del δD , si nota che le emergenze sorgentizie che presentano i valori più bassi del δD e del $\delta^{18}O$ sono anche quelle che hanno il TDS più elevato (Spilotro et al. 2005). Inoltre tali sorgenti sono quelle che emergono alle quote più basse e presentano i minori contenuti in tritio (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011). Al contrario, ai valori di δD e del $\delta^{18}O$ più alti corrispondono i contenuti salini più bassi, le quote di emergenza più alte ed i valori di tritio più elevati (Spilotro et al. 2005; Parisi et al. 2011).

6.8 Vulnerabilità intrinseca

I numerosi dati idrogeologici disponibili hanno permesso di definire il grado di vulnerabilità intrinseca dell'intero acquifero vulcanico del M. Vulture (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). L'analisi è stata condotta attraverso il noto protocollo metodologico SINTACS (Civita 1994; Civita et al. 1997).

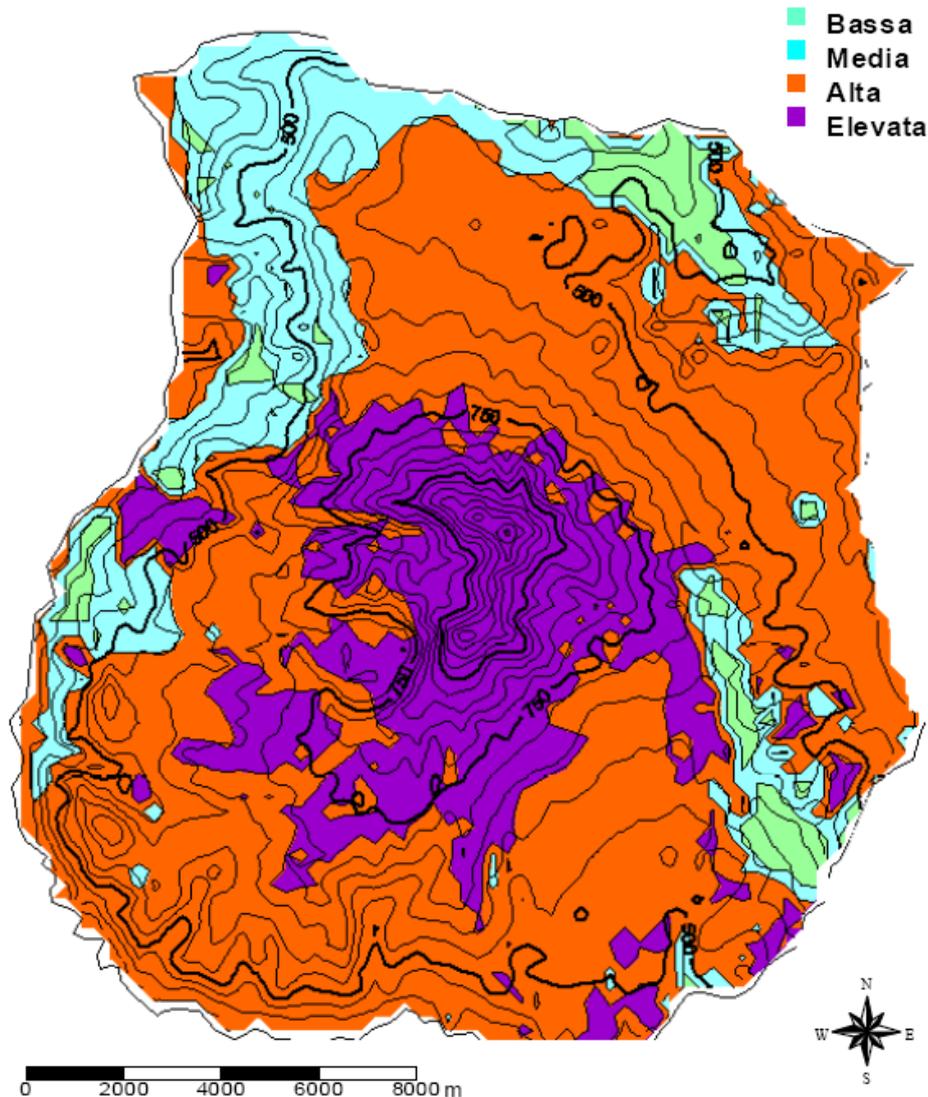


Figura 21 – Carta della vulnerabilità intrinseca dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 2005).

Il metodo si basa sull'analisi di alcuni parametri idrogeologici di particolare rilevanza, a cui vengono attribuiti relativi punteggi e pesi. Tali parametri sono la Soggiacenza, l'Infiltrazione efficace, l'effetto di autodepurazione del Non saturo, la Tipologia di copertura, la tipologia dell'Acquifero, la Conducibilità idraulica e l'acclività della Superficie topografica (Civita et al. 1997).

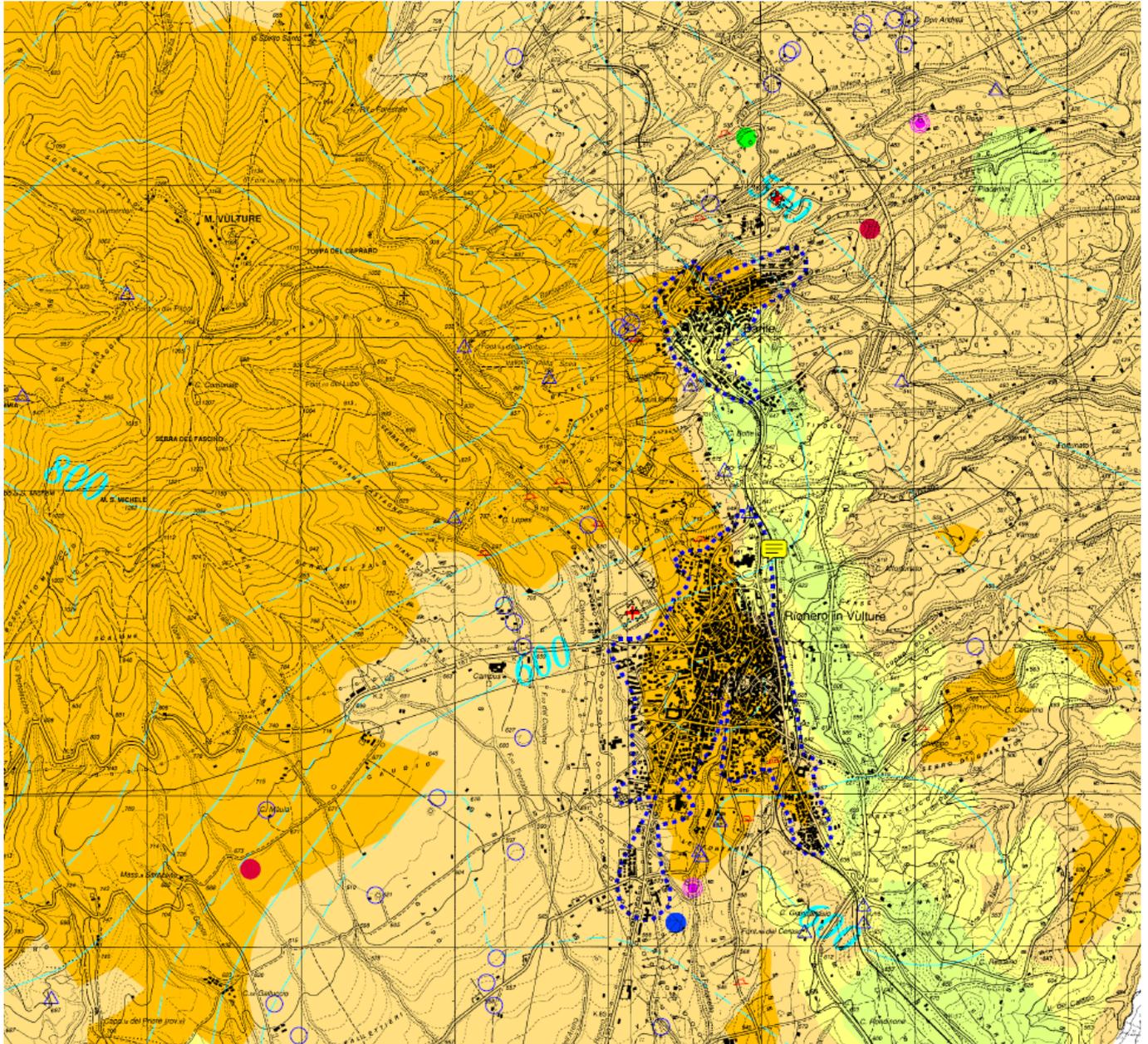


Figura 22 – Stralcio della carta della vulnerabilità dell'edificio vulcanico del M. Vulture (da Spilotro et al. 1996) relativo ai settori di studio, con indicazione delle curve isopiezometriche e dei principali pozzi e sorgenti.

Gli studi a disposizione evidenziano un grado di vulnerabilità alto o elevato per gran parte dell'acquifero vulcanico, soprattutto nei settori più elevati dello stesso (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). Tale condizione è dovuta sia alla

elevata conducibilità idraulica dei termini litologici affioranti che alle caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero in esame (Spilotro et al. 2005).

I settori esterni e in particolare le aree di affioramento dei termini litologici di substrato sono invece caratterizzati da un grado di vulnerabilità medio o basso, sia per la scarsa permeabilità dei litotipi presenti che per le specifiche caratteristiche idrogeologiche che contraddistinguono i presenti settori di territorio (Spilotro et al. 1996, 2005, 2006). In particolare, tale condizione è evidente nei settori di stretto interesse progettuale, dove a causa della presenza in affioramento di termini flyschoidi poco permeabili, il grado di vulnerabilità all'inquinamento è variabile tra nullo e basso (Spilotro et al. 1996).

7 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE DELL'AREA

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di studio è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico di campo con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio. Le analisi effettuate e i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura.

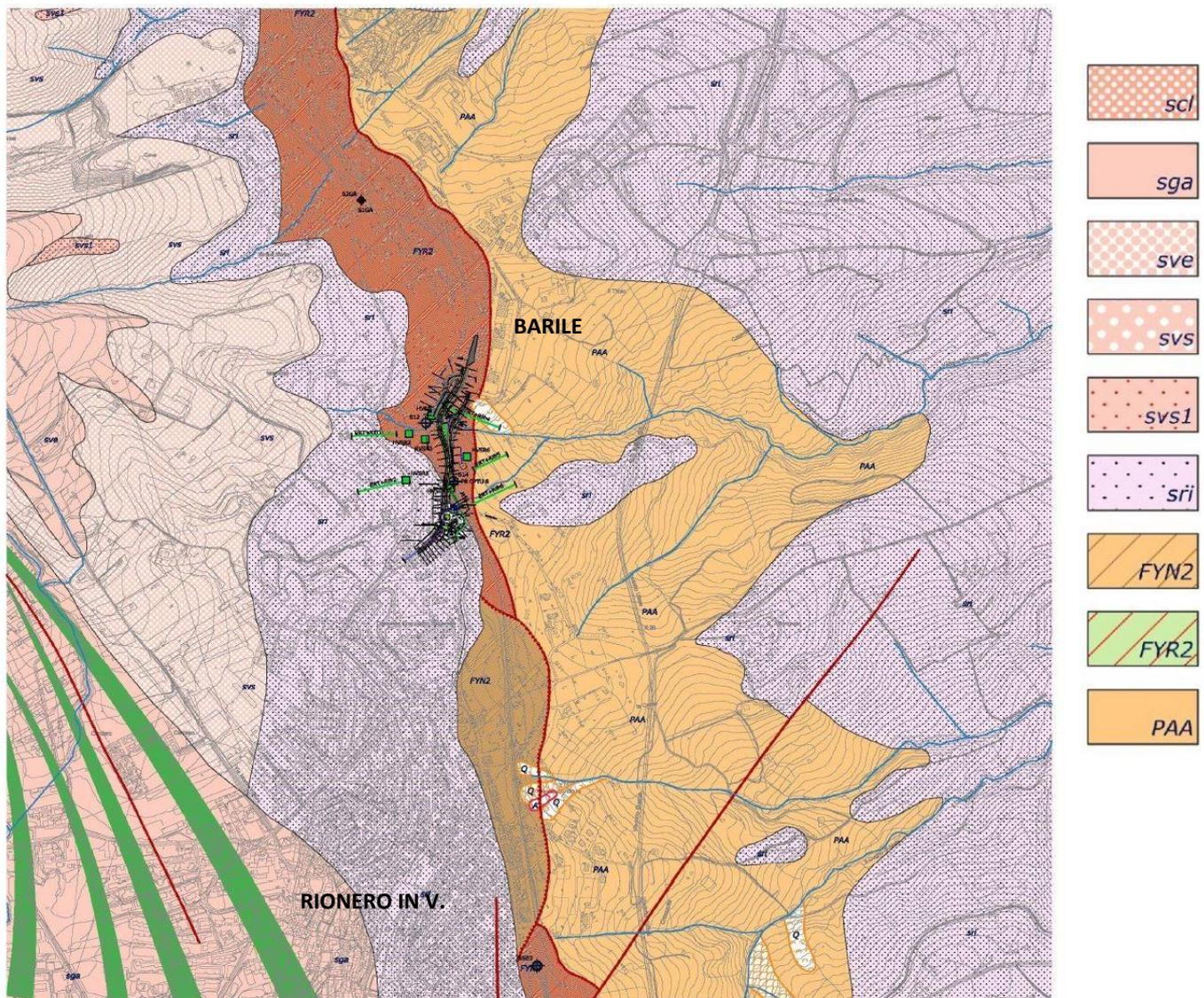


Figura 23 – Carta geologica dell'area di studio, tra i centri abitati di Rionero in Vulture e Barile (in scala 1:20 000), con relativa legenda geologica e indicazione schematica del tracciato stradale in progetto.

7.1 Assetto stratigrafico

Le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura (Boenzi et al. 1987; Bonadonna et al. 1998; Giannandrea et al. 2004, 2006; ISPRA 2010, 2014) ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle indagini geognostiche a disposizione. Nei settori di studio sono state quindi identificate otto unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora contenenti membri e sottunità.

7.1.1 Unità tettonica San Chirico

L'unità tettonica in questione è costituita da una singola sequenza marina tardo-cenozoica, ampiamente affiorante nei settori centrali dell'area di studio.

7.1.1.1 Formazione di Serra Palazzo

Questa formazione si rinviene diffusamente nei settori centrali dell'area di studio, lungo i versanti che bordano verso est l'edificio vulcanico del M. Vulture. Dal punto di vista litologico è formata da calcisiltiti di colore grigio chiaro e biancastro (**PAA**), in strati generalmente sottili, con interstrati e lamine ondulate di marne calcaree grigiastre; localmente si rinvengono passaggi di arenarie litiche di colore giallo chiaro, siltiti grigie ben stratificate e argille limose grigiastre; a differenti altezze stratigrafiche sono presenti intercalazioni decimetriche di calcareniti medio-fini di colore grigio, in strati sottili a medi. L'unità è composta da depositi marini di bacino con uno spessore massimo di circa 800 m ed è ascrivibile all'intervallo Burdigaliano superiore - Serravalliano.

7.1.2 Unità tettonica Vaglio Basilicata

La suddetta unità tettonica è rappresentata da una singola successione marina meso-cenozoica, localmente affioranti nei settori centro-settentrionali e centro-meridionali dell'area di studio.

7.1.2.1 Flysch Rosso

Tale successione si rinviene nella zona centro-settentrionale dell'area di intervento, tra l'Ospedale Oncologico Regionale e il centro abitato di Barile, e nella zona centro-meridionale della stessa, in corrispondenza del centro abitato di Rionero in Vulture. L'unità è costituita da argille, argille marnose e argilliti di colore rossastro e grigio-verdastro (**FYR2**), generalmente laminate, con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti di colore rosato e biancastro, in strati da sottili a spessi, e locali passaggi di radiolariti, argille marnose e argille silicizzate di colore rosso e verdastro, in strati da molto sottili a sottili. La sequenza è formata da depositi marini di bacino e base scarpata con uno spessore massimo di circa 800, generalmente riferibili al periodo Cretacico inferiore - Miocene inferiore.

7.1.3 Unità tettonica Groppa D'Anzi

L'unità tettonica in esame è rappresentata da una sola successione marina tardo-cenozoica, localmente affiorante nel settore centrale dell'area di studio.

7.1.3.1 Flysch Numidico

Tale unità si rinviene nei settori centrali dell'area di studio, tra la Stazione Ferroviaria di Rionero in Vulture e l'Ospedale Oncologico Regionale. Dal punto di vista geologico è costituita da quarzoareniti medio-grossolane di colore grigio o giallo-arancio (**FYN2**), in strati da medi a molto spessi, con locali passaggi di quarzosiltiti grigie e subordinate intercalazioni decimetriche di argille marnose, marne e calcari marnosi di colore grigio e grigio-verdastro; alla base della successione si rinvengono alternanze di quarzoareniti giallo-arancio e marne argillose di colore rossastro. Tale successione è composta da depositi marini di bacino con uno spessore compreso tra 200 e 350 m, riferibili al periodo Burdigaliano superiore - Langhiano.

7.1.4 *Unità vulcano-sedimentarie del Monte Vulture*

Questo gruppo è composto da cinque successioni vulcano-sedimentarie infra-pleistoceniche, ampiamente affioranti nei settori occidentali dell'area di studio, in corrispondenza del rilievo vulcanico del Monte Vulture.

7.1.4.1 Unità di Rionero

Tale unità affiora diffusamente sia nei settori centrali dell'area di studio, tra i centri abitati di Rionero in Vulture e Barile, che nei settori più orientali della stessa, lungo la parte medio-bassa dei versanti che bordano l'edificio vulcanico del M. Vulture.

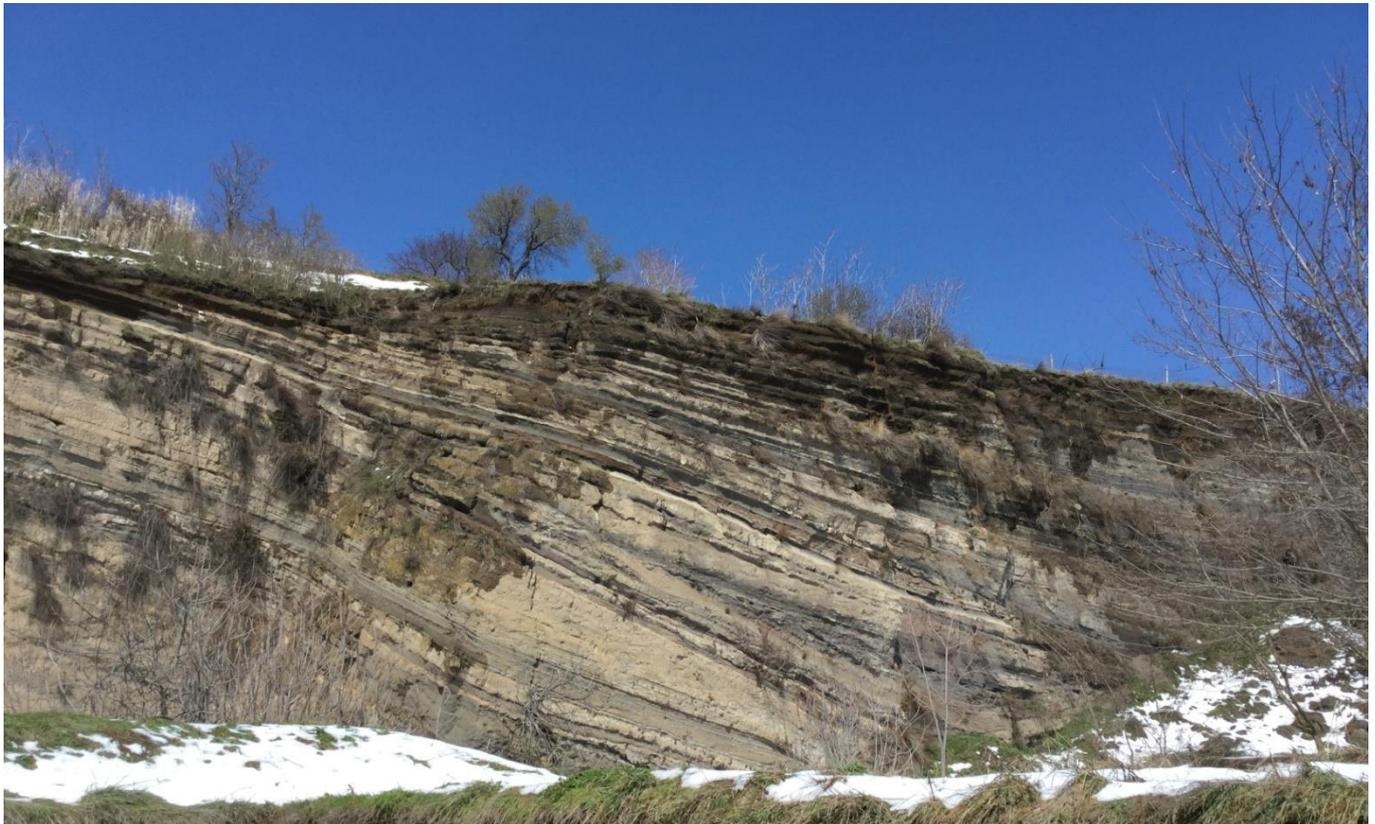


Foto 1 – Affioramento dell'Unità di Rionero in località S. Antonio, a NW dell'Ospedale Oncologico Regionale.

Si tratta ceneri fini di colore nocciola e grigio chiaro (**sri**), in banchi massivi o in strati con strutture ad onda, associati ad orizzonti di ceneri con lapilli accrezionali e di pomici centimetriche biancastre (655 ± 25 ka); verso l'alto passano ad una fitta alternanza di ceneri, pomici e scorie di colore grigio scuro, in strati prevalentemente decimetrici, e subordinati depositi decimetrici di ceneri giallastre massive (612 ± 19 - 655 ± 25 ka); al tetto della successione si rinvengono banchi di breccie con blocchi lavici metrici; le litofacies vulcaniche sono in eteropia con depositi epiclastici costituiti da conglomerati, ceneri e peliti massive o con stratificazione piano-parallela e incrociata. L'unità è composta da depositi continentali vulcanici, alluvionali e lacustri con uno spessore massimo di circa 30 m, temporalmente ascrivibili interamente al Pleistocene medio.

7.1.4.2 Unità di Vulture-San Michele

La successione in esame si rinviene diffusamente nei settori nord-occidentali dell'area di interesse, lungo la parte alta dell'edificio vulcanico del M. Vulture. Dal punto di vista litologico, si tratta di ceneri massive con blocchi etero-litologici decimetrici, alternate a subordinati livelli di pomici scure di spessore decimetrico (601 ± 7 - 629.6 ± 4.7 ka); a differenti altezze stratigrafiche sono presenti dicchi e colate laviche di colore grigio scuro, mediamente vescicolate e con strutture laminate da flusso (**svs1**); le litofacies vulcaniche sono in eteropia con depositi epiclastici costituiti da conglomerati, ceneri e peliti massive o con stratificazione piano-parallela e incrociata; al tetto la sequenza è chiusa da uno spesso paleosuolo di colore bruno-arancio, mentre a diverse altezze stratigrafiche sono presenti prodotti emessi da centri secondari, come coni di scorie, lave e ceneri fini di colore bruno. L'unità è composta da depositi continentali vulcanici, alluvionali e lacustri con uno spessore massimo di circa 500, genericamente ascrivibili al Pleistocene medio.

7.1.4.3 Unità di Ventaruolo

Questa sequenza vulcanica affiora localmente nei settori nord-occidentali della zona di studio, a monte del centro abitato di Barile e dell'Ospedale Oncologico Regionale. Dal punto di vista compositivo, è costituita da pomici di colore grigio-verdastro (**sve**), in strati prevalentemente decimetrici, alternati a banchi di ceneri massive di colore giallastro, con lapilli accrezionali e blocchi lavici mono-litologici (624 ± 35 ka); localmente sono presenti depositi epiclastici costituiti da un'alternanza di strati decimetrici di ceneri e peliti, a laminazione piano-parallela e incrociata, con locali passaggi di ceneri grossolane massive. La sequenza è formata da depositi continentali vulcanici e lacustri con uno spessore variabile tra 1 e 8 m, sempre riferibili al Pleistocene medio.

7.1.4.4 Unità del Gaudio

L'unità in questione si rinviene localmente nei settori sud-occidentali della zona di interesse progettuale, dove costituisce una estesa conoide di deiezione che si sviluppa tra la parte medio-alta dell'edificio vulcanico e il centro abitato di Rionero in Vulture. In generale, si tratta di conglomerati a elementi di natura vulcanica (**sga**), massivi o a stratificazione incrociata concava, con rare intercalazioni di sabbie grossolane; a luoghi si riconoscono argille e limi sottilmente laminati, con resti vegetali e impronte di radici, con locali ceneri medio-grossolane a stratificazione incrociata e lenti di conglomerati poligenici. L'unità è composta da depositi continentali alluvionali e palustri con uno spessore massimo di circa 12 m, temporalmente riferibili al Pleistocene medio.

7.1.4.5 Unità di Case Lopes

Tale successione affiora in lembi di limitata estensione nei settori sud-occidentali dell'area di studio, a NW del cimitero comunale di Rionero in Vulture, in località Case Lopes. Dal punto di vista geologico si tratta di ceneri fini sottilmente laminate e scorie di colore nero (**scl**), a luoghi saldate, cui seguono banchi di breccie e strati di ceneri fini e grosse, con lamine ad onda, strutture di impatto e abbondanti clasti litici sedimentari decimetrici (484 ± 8 ka);

al tetto della successione, separati da un paleosuolo, sono presenti alcuni metri di ceneri stratificate con evidenti strutture ad onda. La successione è formata da depositi continentali vulcanici con uno spessore compreso tra 15 e 20 m, sempre ascrivibili al Pleistocene inferiore.

7.2 Assetto geologico-strutturale

L'assetto stratigrafico e geologico-strutturale dell'area di studio è caratterizzato dalla sovrapposizione di depositi vulcano-sedimentari medio-pleistocenici su successioni marine meso-cenozoiche. I depositi di copertura del M. Vulture affiorano diffusamente in tutto il settore di interesse progettuale, sia ai margini dell'apparato vulcanico che alla base dei rilievi più orientali, mentre i termini sedimentari del substrato si rinvencono solo nella parte centrale della zona di studio, lungo i versanti che bordano i centri abitati di Rionero in Vulture e Barile.

Le successioni marine meso-cenozoiche sono riferibili a tre distinte unità tettoniche, ovvero l'Unità San Chirico, l'Unità Vaglio Basilicata e l'Unità Groppa d'Anzi. Tali unità formano un alto strutturale ad asse circa N-S e, in generale, costituiscono il substrato sedimentario della porzione più orientale dell'edificio vulcanico del M. Vulture. Tutti i termini litologici sono interessati da una complessa tettonica polifasica, compressiva, trascorrente e distensiva, sviluppatasi tra il Miocene inferiore e l'Olocene.

Le unità tettoniche più interne, rappresentate dai depositi marini del Flysch Rosso (**FYR2**) e del Flysch Numidico (**FYN2**), si rinvencono prevalentemente nei settori più occidentali dell'area di studio, in corrispondenza del margine orientale dell'edificio vulcanico. In prossimità dei centri abitati di Rionero in Vulture e Barile, queste si accavallano su depositi marini della Formazione di Serra Palazzo (**PAA**) secondo una serie di *thrust* a vergenza orientale, a medio e basso angolo.

Nella porzione più occidentale dell'area, le unità marine di substrato sono ricoperte da spesse successioni vulcano-sedimentarie medio-pleistoceniche (**sri**, **svs**, **sve**, **sga**, **scl**) che costituiscono l'intero edificio vulcanico del M. Vulture. Gli spessori delle unità di copertura aumentano tendenzialmente verso ovest, in direzione della porzione centrale dell'edificio vulcanico, mentre il contatto con le unità di substrato si rinvia in prossimità dei centri abitati di Rionero in Vulture e Barile, poco a monte dei fronti di sovrascorrimento più importanti. Ulteriori affioramenti delle coperture vulcano-sedimentarie (**sri**) si rinvencono a est dei settori di intervento, in corrispondenza della parte bassa dei versanti collinari che bordano l'edificio vulcanico.

Sia le unità sedimentarie del substrato che quelle vulcano-sedimentarie di copertura sono interessate da importanti strutture distensive quaternarie. I piani di taglio sono generalmente sub-verticali o ad alto angolo, mentre le direzioni sono variabili tra N-S, NE-SW e NNW-SSE. Tali strutture interessano sicuramente tutte le unità vulcano-sedimentarie più antiche, come l'Unità di Rionero (**sri**), mentre sono localmente suturate dalle successioni di copertura più recenti, come l'Unità di Case Lopes (**scl**).

8 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

L'assetto idrogeologico dell'area di studio è dominato dalla presenza delle spesse coperture vulcano-sedimentarie che costituiscono l'edificio vulcanico del Monte Vulture che, come noto, sono sede di un esteso acquifero centrale a deflusso radiale. Tale acquifero è tamponato alla base dalle spesse successioni sedimentarie del substrato che, a causa della marcata differenza dei valori di permeabilità, condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo portando alla formazione di emergenze sorgentizie di notevole importanza.

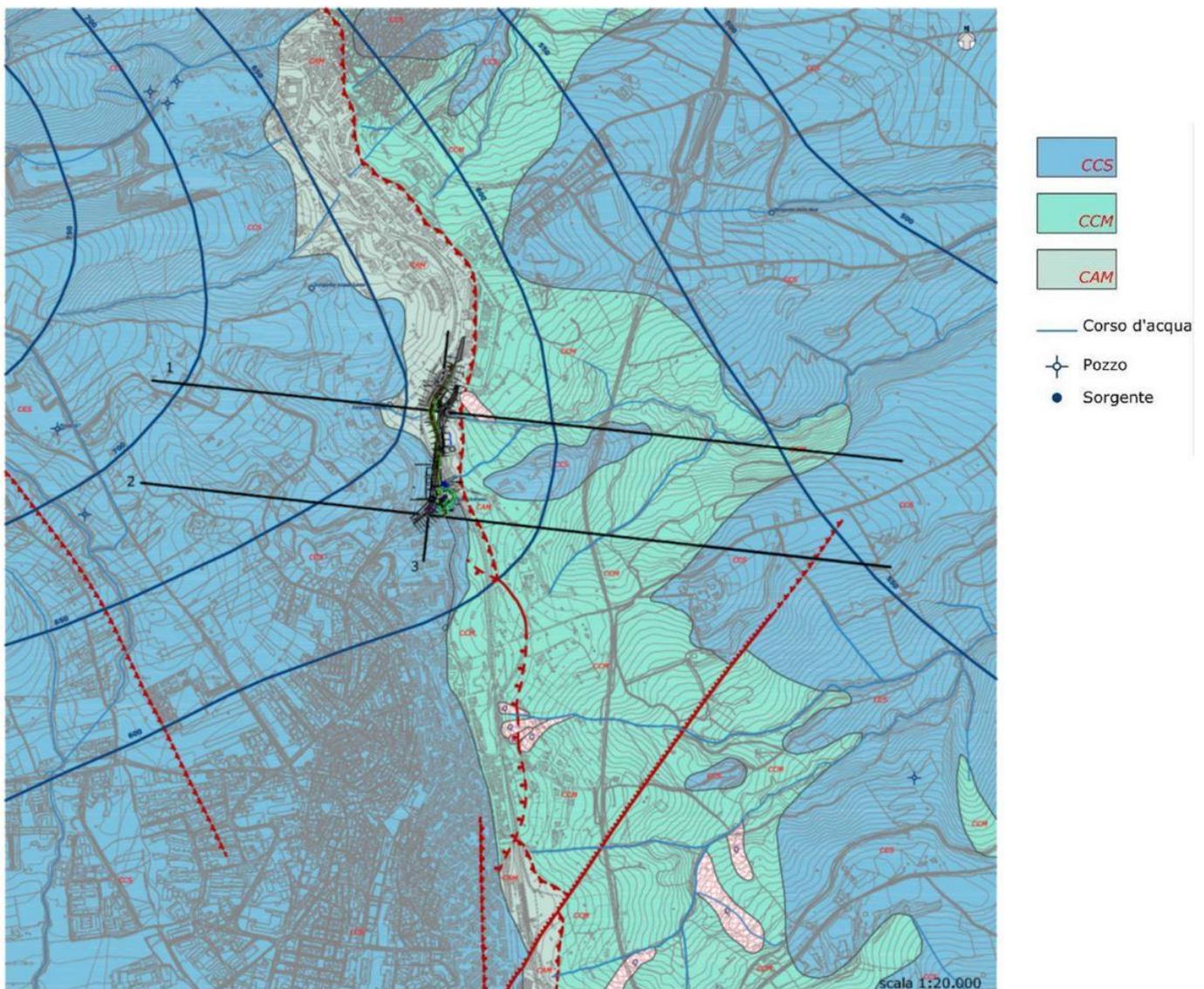


Figura 24 – Carta idrogeologica dell'area di studio, tra i centri abitati di Rionero in Vulture e Barile (in scala 1:20 000), con relativa legenda idrogeologica (per le sigle dei complessi individuati si veda paragrafo 8.3) e indicazione di pozzi, sorgenti e corsi d'acqua e indicazione schematica del tracciato stradale in progetto.

Gli studi geologici e idrogeologici condotti, unitamente ai dati bibliografici disponibili, hanno permesso di operare una ricostruzione del regime della circolazione idrica sotterranea dei settori di intervento e di definire le caratteristiche idro-geochimiche delle acque provenienti dalle emergenze sorgentizie censite. In tal modo è stato possibile stabilire la provenienza delle acque di falda presenti nei settori di intervento e il grado di interferenza esistente con le opere in progetto.

8.1 Punti acqua

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei presenti nell'area, nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai punti d'acqua esistenti nel settore di intervento. In particolare, attraverso i rilievi di campo condotti, all'interno dell'area di studio sono state individuate n. 4 sorgenti.

nome sorgente	latitudine	longitudine	quota m s.l.m.
Sorgente Sant'Antonio	4531607	556856	653
Sorgente delle Noci	4532489	557883	515
Sorgente Acqua Santa	4532263	556493	707
Sorgente Botte	4531905	556732	655

Tabella 6 – Sintesi delle principali caratteristiche dei punti acqua censiti nel corso del presente studio.

Per n. 3 sorgenti sono stati prelevati campioni d'acqua su cui sono state svolte in laboratorio analisi chimiche. Per l'ubicazione si rimanda alla Carta idrogeologica in allegato alle presenti note. Nella Tabella 6 sono riportati i principali dati identificativi delle 4 sorgenti censite (nome sorgente, longitudine e latitudine nel sistema di riferimento WGS84 – UTM 33, e quota).

8.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove di permeabilità condotte all'interno dei fori di sondaggio eseguiti nell'area di studio. Per ogni prova sono riportati i valori di permeabilità determinati e i relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S77	CV	Lefranc	2.65 – 5.35 11.40 – 14.30	7.88 ^{E-07} 3.75 ^{E-04}	CAM
S78	CV	Lefranc	4.20 – 6.55 13.20 – 15.45	3.49 ^{E-08} 4.48 ^{E-08}	CAM

Tabella 7 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4K42E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

8.3 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari di ognuno dei complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

8.3.1 *Complessi delle unità di substrato*

Questo gruppo è rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, sempre costituiti da successioni sedimentarie meso-cenozoiche localmente affioranti nei settori centrali e orientali della zona di studio.

8.3.1.1 Complesso argilloso-marnoso

A questo complesso sono associati i terreni prevalentemente pelitici del Flysch Rosso (**FYR2**). Si tratta di argille, argille marnose e argilliti generalmente laminate (**CAM**), con subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti, in strati da sottili a spessi; a luoghi si rinvengono passaggi di radiolariti, argille marnose e argille silicizzate, in strati da molto sottili a sottili.

Tali litotipi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti lateralmente o verticalmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquitard* di notevole importanza; non sono presenti corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale contenute all'interno delle porzioni lapidee più fessurate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

8.3.1.2 Complesso calcisiltitico-marnoso

Al complesso in questione sono riferiti i termini calcisiltitico-marnosi della Formazione di Serra Palazzo (**PAA**) e del Flysch Numidico (**FYN2**). È formato da calcisiltiti in strati generalmente sottili (**CCM**), con interstrati e lamine ondulate di marne calcaree; a luoghi sono presenti passaggi di arenarie, siltiti, argille marnose e calcareniti, in strati da sottili a medi; localmente si rinvengono quarzoareniti in strati da medi a molto spessi, con subordinate intercalazioni di argille marnose, marne, calcari marnosi, quarzosiltiti e sabbie.

Tali litotipi costituiscono acquiferi misti di ridotta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di scarsa rilevanza, generalmente discontinue e a carattere stagionale, contenute nelle porzioni lapidee più fessurate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

8.3.2 *Complessi dei terreni di copertura*

Il presente gruppo è rappresentato da un singolo complesso idrogeologico, essenzialmente costituito da depositi vulcano-sedimentari quaternari ampiamente affioranti in tutta l'area di studio.

8.3.2.1 Complesso cineritico-scoriaceo

A questo complesso sono associati i depositi vulcanici ed epiclastici delle diverse successioni quaternarie che costituiscono l'edificio vulcanico del M. Vulture (**sri**, **svs**, **svs1**, **sve**, **sga**, **scl**). Dal punto di vista litologico è composto da ceneri, scorie e pomice massive o ben stratificate (**CCS**), con locali banchi di brecce, blocchi lavici e paleosuoli più o meno evoluti; sono inoltre presenti lave compatte o fessurate, a luoghi vescicolate e laminate, con

locali intercalazioni di scorie e ceneri; a luoghi si rinvengono conglomerati a ciottoli prevalentemente vulcanici, massivi o a stratificazione incrociata, orizzontale e obliqua, con rare intercalazioni sabbiose e frequenti passaggi di ceneri e peliti.

I terreni in esame costituiscono acquiferi misti di elevata trasmissività, estremamente eterogenei ed anisotropi; sono sede di una falda idrica sotterranea di notevole importanza, talora frazionata ma generalmente a deflusso unitario, e di locali falde secondarie a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-4} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

8.4 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Il deflusso idrico sotterraneo del settore di studio è fortemente influenzato dalla sovrapposizione di termini vulcano-sedimentari molto permeabili sulle successioni sedimentarie del substrato poco permeabili. Tale assetto geologico, ricostruito sulla scorta delle informazioni bibliografiche disponibili e del rilevamento geologico appositamente condotto, è stato validato e confermato dalle indagini geognostiche pregresse disponibili e geofisiche appositamente realizzate.

Come detto, l'edificio vulcanico del M. Vulture è caratterizzato dalla presenza di una estesa falda freatica defluente in direzione radiale rispetto all'asse del vulcano. I termini cineritico-scoriacei (**CCS**) ampiamente affioranti a monte della zona di intervento, pertanto, costituiscono la propaggine più orientale del suddetto acquifero. I termini vulcano-sedimentari del medesimo complesso idrogeologico (**CCS**) affioranti nei settori più orientali, invece, risultano idraulicamente separati dai precedenti a causa dell'interposizione di terreni sedimentari poco permeabili (**CAM** e **CCM**) e pertanto sono sede di falde secondarie a carattere prevalentemente stagionale.

Gli studi bibliografici disponibili e le curve isopiezometriche desunte dalle cartografie idrogeologiche reperite dalla Carta della Vulnerabilità del M. Vulture (Spilotro et al. 1996) evidenziano che l'acquifero vulcanico principale è quasi completamente saturo e caratterizzato da un livello di falda spesso prossimo alla superficie topografica. La falda risulta defluente verso i settori orientali e meridionali dell'area di studio, mentre il settore di intervento rappresenta una zona di spartiacque per i deflussi idrici sotterranei più importanti.

Le curve isopiezometriche della carta idrogeologica sono state estratte dal citato lavoro in quanto l'impossibilità di eseguire indagini geognostiche dirette volte alla individuazione del livello di falda nei settori di intervento, non ha permesso di ricostruire in maniera dettagliata l'andamento plano-altimetrico della superficie freatica. Ad ogni modo, si sottolinea che le suddette curve isopiezometriche hanno significato solo a scala regionale, mentre sono scarsamente rappresentative della condizione idrogeologica locale, così come dimostrato dalle quote relative spesso più elevate anche di alcune decine di metri della stessa superficie topografica.

La condizione idrogeologica suddetta e l'importanza del tamponamento operato dai termini sedimentari di substrato sono evidenziati dall'allineamento di emergenze sorgentizie in corrispondenza della zona di contatto tra l'acquifero vulcanico (**CCS**) e il basamento sedimentario (**CAM** e **CCM**). Si tratta essenzialmente di sorgenti per soglia di permeabilità (Civita 1972; Celico 1986), determinate dal forte contrasto di permeabilità esistente tra i depositi di copertura e il substrato sedimentario. Le emergenze sorgentizie presentano un evidente carattere stagionale e, in generale, sono caratterizzate da portate per lo più modeste.

Mentre i termini vulcano-sedimentari di copertura sono caratterizzati dalla presenza di un'importante falda freatica, i termini sedimentari del substrato sono contraddistinti dall'assenza di una circolazione idrica attiva. Nella maggior parte dei casi, infatti, i terreni del substrato sono caratterizzati unicamente dalla presenza di acque di saturazione provenienti sia dall'acquifero di monte che dall'infiltrazione delle acque meteoriche. All'interno di tali litotipi le falde sono piuttosto rare e limitate alle porzioni più fessurate ed alterate dell'ammasso.

8.5 Analisi chimico-fisiche delle acque

Per poter definire il regime di circolazione idrica dell'area e la provenienza delle acque sotterranee presenti nei settori di intervento, nel corso dello studio sono state condotte delle analisi chimico-fisiche sulle acque di alcune emergenze sorgentizie presenti nell'area. Le analisi sono state condotte su n. 3 sorgenti censite durante il rilevamento idrogeologico di campo e sono state svolte al fine di investigare tutte le principali caratteristiche chimico-fisiche delle acque in questione (Tabella 8).

	Analita	U.d.m	Sorgente Sant'Antonio	Sorgente delle Noci	P.to di prelievo Sorgente Acqua Santa
PARAMETRI CHIMICI	Temperatura °C	°C	14.2	14.6	13.1
	Temperatura ambiente	°C	12	12	12
	pH	unità	7.42	7.24	7.92
	Conducibilità	µS/cm	639	712	439.6
	Potenziale Redox	mV	47.7	95.7	44.1
	Cloruri	mg/l	46.1	35.9	15
	Fluoruri	mg/l	0.57	0.65	0.51
	Solfati	mg/l	58.6	118	27.2
	Solfuri	mg/l	< 1	< 1	< 1
	Ossigeno disciolto	mg/l	5.94	7.42	8.66
	Anidride Carbonica Aggressiva	mg/l	22	13.2	< 0,1
	Indice di permanganato	mg/l	0.6	0.8	0.5
	Silice	mg/l	58	55	53
	Bromuri	mg/l	< 0,1	0.11	< 0,1
	Ioduro	mg/l	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	Azoto ammoniacale	mg/l	< 0.01	< 0.01	< 0.01
	Azoto nitrico	mg N/l	9.5	4.1	3.7
	Azoto nitroso	mg N/l	0.1	0.11	0.11
	Durezza totale	°F	21	25	13.3
	Residuo fisso a 180°C	mg/l	360	410	255
Bicarbonati	mg/l	166	196	176	
METALLI	Magnesio	mg/l	13.2	15	7.4
	Sodio	mg/l	35.2	36.9	33
	Calcio	mg/l	61.2	75.2	39.7
	Potassio	mg/l	9.8	13	13.1
	Litio	µg/l	6.8	4.6	6.5
	Stronzio	µg/l	1230	1080	564

Tabella 8 - Sintesi delle analisi chimico-fisiche condotte sulle acque prelevate in corrispondenza delle 3 emergenze sorgentizie censite.

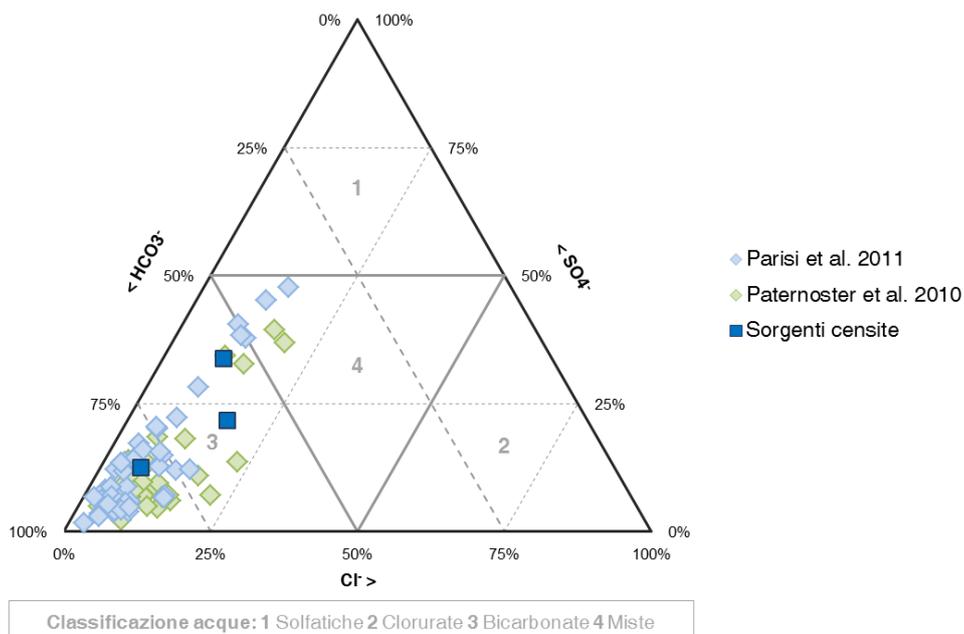


Figura 25 – Diagramma triangolare della composizione anionica delle acque delle sorgenti censite e dei dati bibliografici disponibili.

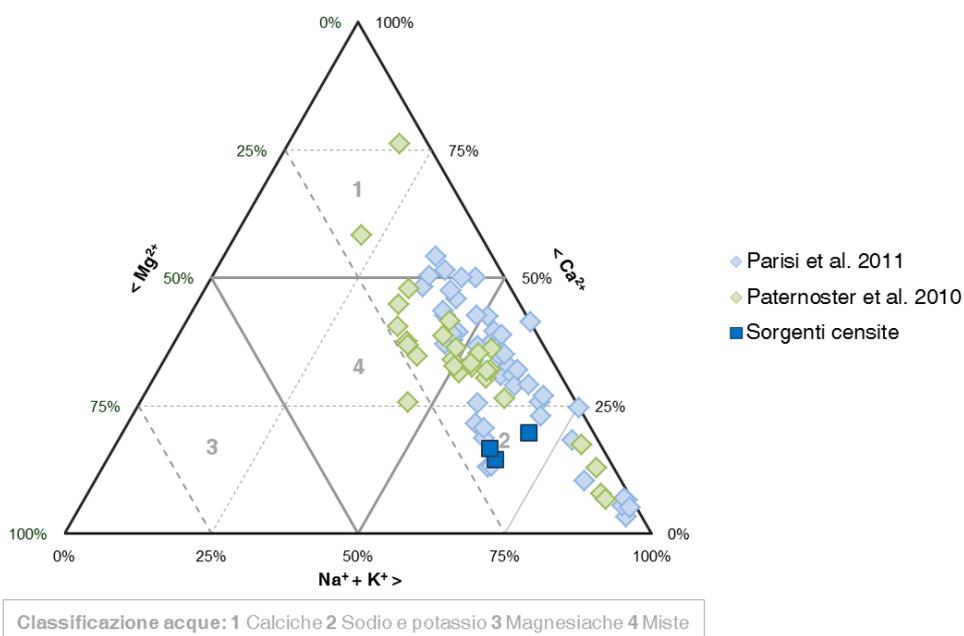


Figura 26 – Diagramma triangolare della composizione cationica delle acque delle sorgenti censite e dei dati bibliografici disponibili.

I dati chimici ottenuti sono stati plottati su grafici triangolari per valutare la composizione anionica e cationica delle acque analizzate e confrontare la stessa con quelle dei punti d'acqua reperiti da fonti bibliografiche (Figura 25 e Figura 26). Tutte le acque delle emergenze sorgentizie presenti nell'area sono state così classificate dal punto di

vista chimico, al fine di rendere più agevole l'analisi delle caratteristiche idrogeologiche dell'area e del regime di circolazione idrica sotterranea che la caratterizza.

Come evidenziato dagli studi bibliografici disponibili, gran parte delle acque del M. Vulture sono di tipo bicarbonato-sodiche e bicarbonato-sodico-potassiche, anche se non mancano acque di tipo bicarbonato-calciche e miste. Le acque delle sorgenti analizzate, invece, sono sempre di tipo bicarbonato-sodico-potassiche e, pertanto, presentano caratteristiche chimiche molto simili a quelle di gran parte delle emergenze sorgentizie afferenti all'acquifero vulcanico del M. Vulture.

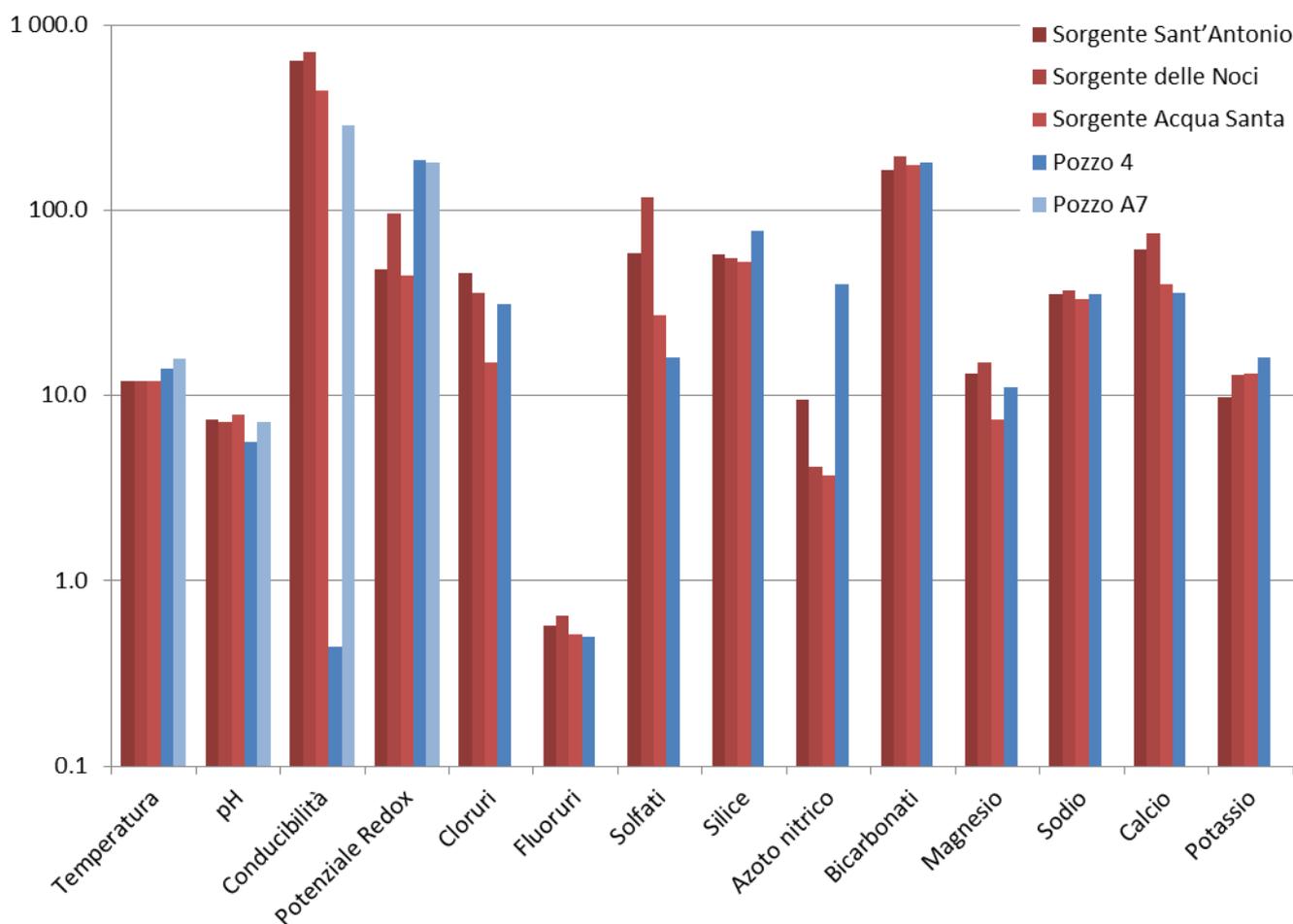


Figura 27 – Istogramma delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque delle 3 sorgenti analizzate e dei 2 pozzi campione presenti in prossimità dei settori di intervento.

I parametri chimico-fisici delle acque di sorgente, determinati tramite analisi di laboratorio, sono stati confrontati con quelli di n. 2 pozzi campione (Figura 27), ricadenti nelle vicinanze della zona di intervento e quindi rappresentativi delle condizioni idrogeochimiche dell'acquifero vulcanico a monte dei settori di interesse progettuale. Il Pozzo A7 (Paternoster et al. 2010) ricade nel settore più occidentale dell'area di studio, mentre il Pozzo 4 (Parisi et al. 2011) è situato a SSW del precedente, al margine dell'area di studio.

Il confronto delle analisi chimico-fisiche a disposizione dimostra che le acque delle emergenze sorgentizie censite presentano caratteristiche estremamente simili a quelle dei pozzi provenienti da studi bibliografici (Figura 27).



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA in merito alla "Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello-interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel Comune di Rionero in Vulture (PZ).

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	4.2	X69RG	GE 00 01 001	R	43 di 48

Gran parte dei parametri a disposizione, infatti, non presentano scostamenti significativi tra i due gruppi analizzati, soprattutto per quanto concerne temperatura, pH, potenziale redox, cloruri, fluoruri, solfati, silice, bicarbonati, magnesio, sodio, calcio e potassio. Gli unici parametri che presentano sostanziali differenze tra sorgenti e pozzi sono la conducibilità elettrica e l'azoto nitrico, influenzati da fattori esterni che da una reale differenza di caratteristiche delle acque sotterranee.

I parametri chimico-fisici a disposizione avvalorano il modello idrogeologico proposto e lo schema di circolazione idrica sotterranea precedentemente delineato. Infatti, le acque delle emergenze sorgentizie censite sono chiaramente provenienti dall'acquifero vulcanico del M. Vulture e dovute all'effetto di tamponamento prodotto dai termini sedimentari del substrato sui prodotti vulcanici più permeabili. I depositi flyschoidi meso-cenozoici pertanto, svolgono un prevalente ruolo di *acquitard* e non sono sede corpi idrici sotterranei di importanza significativa.

9 CONCLUSIONI

Gli studi idrogeologici e idrogeochimici condotti, unitamente alle fonti bibliografiche disponibili, hanno permesso di definire le caratteristiche di circolazione idrica sotterranea dell'area di intervento. Data l'impossibilità di realizzare indagini dirette per l'individuazione e il monitoraggio dei livelli di falde nelle zone di intervento, l'assetto idrogeologico dell'area e l'andamento dei principali corpi idrici sotterranei è stato definito in funzione dei dati di letteratura a disposizione, dei rilievi condotti e delle caratteristiche idrogeologiche delle emergenze sorgentizie censite nell'area (distribuzione spaziale, variazione delle portate, tipologia di sorgente, caratteristiche chimico-fisiche delle acque).

Come descritto in precedenza, l'assetto idrogeologico dell'area è caratterizzato dalla presenza di spessi depositi vulcano-sedimentari, che costituiscono l'edificio vulcanico del Monte Vulture. Tali terreni sono sede di un esteso acquifero centrale a deflusso radiale, spesso sfruttato per l'approvvigionamento idropotabile e la produzione di acque minerali. L'acquifero è tamponato alla base dalle spesse successioni sedimentarie del substrato che, a causa della marcata differenza dei valori di permeabilità, condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo portando alla formazione di emergenze sorgentizie di notevole importanza.

Nella porzione più settentrionale, le opere in progetto ricadono quasi esclusivamente all'interno dei termini poco permeabili del Complesso argilloso-marnoso (**CAM**), mentre nella porzione più meridionale interessano solo marginalmente il Complesso cineritico-scoriaceo (**CCS**) posto a copertura del Complesso calcisiltitico-marnoso (**CCM**). Il settore di intervento ricade pertanto sostanzialmente al di fuori dell'acquifero vulcanico del M. Vulture, mostrando una interferenza nulla o debole con lo stesso. In particolare le opere d'arte in progetto, ossia il viadotto per scavalcare la ferrovia, ricade interamente nel settore caratterizzato dalla presenza del substrato a bassa permeabilità rappresentato dal Complesso argilloso-marnoso (**CAM**).

Infatti, per quanto detto in precedenza, i termini del Complesso argilloso-marnoso (**CAM**) costituiscono un *acquitard* per le successioni costituenti l'acquifero contenuto nelle successioni vulcaniche. I terreni del complesso argilloso marnoso (**CAM**) non presentano evidenze di circolazione idrica attiva e, pertanto, non possono essere considerati sede di falde idriche sotterranee. All'interno dei depositi in questione sono presenti solo acque di saturazione.

I termini del Complesso cineritico-scoriaceo (**CCS**), invece, rappresentano il margine più occidentale dell'acquifero vulcanico. Così come evidenziato dalle ridotte portate della Sorgente Sant'Antonio, che risulta secca per gran parte dell'anno, il deflusso idrico sotterraneo in questo settore è piuttosto scarso e fortemente influenzato del regime pluviometrico. Questa zona rappresenta un importante spartiacque per l'acquifero vulcanico e, pertanto, non esiste interferenza diretta tra le acque sotterranee di tale settore e le sorgenti captate presenti a SW del centro abitato di Rionero in Vulture. I termini del Complesso calcisiltitico-marnoso (**CCM**) tamponano l'acquifero vulcanico verso est ma, come nel caso precedente, sono caratterizzati dall'assenza di una circolazione idrica attiva.

Le analisi chimico-fisiche condotte sulle acque prelevate in corrispondenza di n. 3 emergenze sorgentizie presenti in prossimità dei settori di intervento hanno permesso di definire le principali caratteristiche idrogeochimiche delle acque sotterranee e di dettagliare ulteriormente il modello idrogeologico proposto. In particolare, tutte le acque analizzate sono classificabili come bicarbonato-sodico-potassiche e, pertanto, presentano caratteristiche chimico-fisiche analoghe a quelle delle altre sorgenti del M. Vulture.

Tale dato, pienamente congruente col modello idrogeologico proposto, dimostra che le emergenze sono dovute all'effetto di tamponamento operato dalle successioni sedimentarie del substrato sui termini vulcano-sedimentari



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA in merito alla "Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello-interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza nel Comune di Rionero in Vulture (PZ).

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4K	4.2	X69RG	GE 00 01 001	R	45 di 48

sede dell'acquifero vulcanico. Quest'ultimo viene solo lambito marginalmente dalle opere in progetto, in quanto la quasi totalità delle fondazioni si innesta sul substrato sedimentario, mentre le acque presenti all'interno dei terreni flyschoidi affioranti nei settori di intervento sono unicamente dovute alla saturazione di tali materiali e non sono caratteristiche di una circolazione attiva o di falde idriche sotterranee.

Alla luce di quanto sopra esposto, ed allegata tutta la documentazione necessaria richiesta dalla **nota del 12 marzo 2018, protocollo n° 44692/24 ag** della Regione Basilicata, si richiede alla stessa la sanatoria per n° 2 sondaggi già realizzati (S77 ed S78) ed il consenso necessario per poter procedere alla realizzazione di n° 2 sondaggi (S76 ed S79) come evidenziato nella precedente **"Richiesta di autorizzazione per l'esecuzione di sondaggi geognostici propedeutici alla realizzazione di un viadotto stradale per la "Soppressione del passaggio a livello -interferenza tra S.S. 93 e la linea ferroviaria Foggia-Potenza -nel Comune di Rionero in Vulture (PZ) "** del 05.02.2018 - Prot. DT.AAT.GE.7498.18U (acquisita in data 16.02.2018 al prot. Dipartimentale n. 30627).

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

1. Barbieri M., Summa G., 2005. *Caratterizzazione idrogeochimica e rapporti isotopici $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ nelle acque del distretto vulcanico del Monte Vulture (Basilicata): implicazioni idrogeologiche*. Giornale di Geologia Applicata 2: 459-466.
2. Boenzi F., La Volpe L., Rapisardi L., 1987. *Evoluzione geomorfologica del complesso vulcanico del Monte Vulture (Basilicata)*. Bollettino della Società Geologica Italiana 106: 673-682.
3. Bonadonna F.P., Brocchini D., Laurenzi M.A., Principe C., Ferrara G., 1998. *Stratigraphical and chronological correlations between Monte Vulture volcanics and sedimentary deposits of the Venosa basin*. Quaternary International 47: 87-96.
4. Brocchini D., Laurenzi M.A., La Volpe L., Principe C., 1994. *Storia evolutiva del Monte Vulture*. Plinius 12: 22-55.
5. Buettner A., Principe C., Villa I.M., Brocchini D., 2006. *Geocronologia ^{39}Ar - ^{40}Ar del Monte Vulture*. In Principe C. (ed), La Geologia del Monte Vulture, Regione Basilicata.
6. Casoria E., 1901. *Le acque carbonatiche delle falde orientali del Vulture in relazione alla costituzione chimica dei materiali vulcanici*. Annali della Reale Scuola Superiore di Agricoltura di Portici 11: 1-40.
7. Celico P., Summa G., 2004. *Idrogeologia dell'area del Vulture (Basilicata)*. Bollettino della Società Geologica Italiana 123: 343-356.
8. Celico P., 1986. *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.
9. Ciccacci S., Del Gaudio V., La Volpe L., Sansò P., 1999. *Geomorphological features of Monte Vulture Pleistocene Volcano (Basilicata, Southern Italy)*. Zeitschrift Geomorphol NF 114: 29-48.
10. Ciet V., Tazioli G.S., 1981. *Dati sul regime idrogeologico e termico delle sorgenti del Monte Vulture (Basilicata)*. Atti del 2° Seminario Informativo sull'Energia Geotermica, Roma 1981.
11. Civita M., 1972. *Schematizzazione idrogeologica delle sorgenti normali e delle relative opere di captazione*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, 12.
12. Civita M., 1994. *Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica*. Pitagora Editrice, Bologna.
13. Civita M., De Maio M., Berberi F., 1997. *Sintacs: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: metodologia e automatizzazione*. Pitagora Editrice, Bologna.
14. Crisci G., De Fino M., La Volpe L., Rapisardi L., 1983. *Pleistocene ignimbrites of Monte Vulture (Basilicata, Southern Italy)*. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte 12: 731-746.
15. De Fino M., La Volpe L., Peccerillo A., Piccarreta G., Poli G., 1986. *Petrogenesis of Monte Vulture Volcano (Italy): interferences from mineral chemistry, major and trace element data*. Contributi di Mineralogia e Petrologia 92: 135-145.
16. Fidelibus D., Tazioli G.S., Tittozzi P., Vurro F., 1981. *Chimismo delle acque sotterranee del M. Vulture - Basilicata*. Atti del 2° Seminario Informativo sull'Energia Geotermica, Roma 1981.
17. Fuganti A., Morteani G., Preinfalk C., Blamart D., Bulgarelli G., Festa A., 1994. *Geochemical and isotopic (^3H , D, ^{18}O) study of the natural sparkling mineral water found on the western slope of the Monte Vulture volcano and bottled by the Monticchio-Gaudianello Co. (Provincia of Potenza, South Italy)*. Abstract of the 16th General Meeting of IMA, Pisa 1994.

18. Giannandrea P., La Volpe L., Principe C., Schiattarella M., 2004. *Carta geologica del Monte Vulture alla scala 1:25.000*. Litografia Artistica Cartografica.
19. Giannandrea P., La Volpe L., Principe C., Schiattarella M., 2006. *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana 125: 67-92.
20. La Volpe L., Patella D., Rapisardi L., Tramacere A., 1984. *The evolution of the Monte Vulture volcano (Southern Italy): Inferences from volcanological, geological and deep dipole electrical soundings data*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 22: 147-162.
21. La Volpe L., Principe C., 1989. *Guida alla escursione sul Monte Vulture del 19-19 ottobre 1989*. Atti del Convegno su Genesi ed Aspetti Geodinamici del Vulcanismo Potassico ed Ultrapotassico: Stato dell'Arte e Prospettive di Ricerca, Bari 1989.
22. Mongelli F., 1964. *Influenza delle acque sotterranee sul regime termico dell'apparato vulcanico del Vulture*. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata 6: 328-332.
23. Parisi S., Paternoster M., Kohfahl C., Pekdeger A., Meyer H., Hubberten H.W., Spilotro G., Mongelli G., 2011. *Groundwater recharge areas of a volcanic aquifer system inferred from hydraulic, hydrogeochemical and stable isotope data: Mount Vulture, southern Italy*. Hydrogeology Journal 19:133-153.
24. Paternoster M., Liotta M., Favara R., 2008. *Stable isotope ratios in meteoric recharge and groundwater at Mt. Vulture volcano, southern Italy*. Journal of Hydrology 348: 87-97.
25. Paternoster M., Parisi S., Caracausi A., Favara R., Mongelli G., 2010. *Groundwaters of Mt. Vulture volcano, southern Italy: Chemistry and sulfur isotope composition of dissolved sulfate*. Geochemical Journal 44: 125-135.
26. Rapisardi L., 1980. *Osservazioni sulla neotettonica del Foglio 187 "Melfi"*. Contributi Preliminari alla Realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, Progetto Geodinamica 356: 121-131.
27. Reina C., 1969. *Le acque della regione del Vulture*. Atti del V Congresso Internazionale di Tecnica Idrotermale, Agnono Terme-Castellammare di Stabia 1969.
28. Schiattarella M., Beneduce P., Di Leo P., Giano S.I., Giannandrea P., Principe C., 2005. *Assetto strutturale ed evoluzione morfotettonica quaternaria del vulcano del Monte Vulture (Appennino Lucano)*. Bollettino della Società Geologica Italiana 124:543-562.
29. Schiattarella M., Giannandrea P., Principe C., La Volpe L., 2016. *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 451 "Melfi"*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma.
30. Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., 2000. *Piano di Tutela e Sviluppo del Bacino Idrominerario del Monte Vulture*. Regione Basilicata, Potenza.
31. Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., Fidelibus M., Leandro G., 2005. *Idrogeologia del M. Vulture (Basilicata, Italia)*. In: Civita M., Aureli A. (eds), 2nd International Workshop on Aquifer Vulnerability and Risk, 4th Congress on the Protection and Management of Groundwater, Colorno 2005.
32. Spilotro G., Canora F., Caporale F., Caputo R., Fidelibus M.D., Leandro G., 2006. *Hydrogeology of M. Vulture*. In: Principe C. (eds), *La geologia del Monte Vulture*, Potenza 2006.
33. Spilotro G., Coppola L., Nicolai M., 1996. *Carta della vulnerabilità del Monte Vulture; Stralcio dal Piano di Tutela del Bacino Idrominerario del Vulture*. Regione Basilicata, Dipartimento Ambiente e Territorio, Potenza.

34. Stoppa F., 2003. *Consensus and open questions about Italian CO₂ driven magma from the mantle*. Periodico di Mineralogia 72: 1-8.
35. Stoppa F., Principe C., 1998. *Eruption style and petrology of a new carbonatic suite from the Mt. Vulture (Southern Italy): The Monticchio Lakes Formation*. Journal of Volcanology and Geothermal Research 80: 137-153.
36. UNESCO/FAO, 1963. *Carte bioclimatique de la Zone Méditerrané*. UNESCO, New York, FAO, Rome.
37. Villa I.M., 1986. *Cronologia 39Ar/40Ar del complesso vulcanico del Monte Vulture*. Rendiconti SIMP 41:146-147.
38. *Delibera n°126 seduta del 24 febbraio 2017. Oggetto: Contratto Istituzionale di Sviluppo (CIS) NA-BA-TA-LE intervenire n. ID 34/b -Linea Potenza -Foggia - Ammodernamento. Sottoprogetto 2 -Elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede. Espressione dell'Intesa per la localizzazione delle opere ai sensi del DPR 383/1994*
39. *Relazione Tecnico descrittiva "RICHIESTA PER IL PERMESSO AD EFFETTUARE N°2 SONDAGGI GEOGNOSTICI E RICHIESTA DI SANATORIA PER N°2 SONDAGGI GIA' REALIZZATI, FINALIZZATI ALLA REALIZZAZIONE DI UN VIADOTTO NEI PRESSI DEL COMUNE DI RIONERO IN VULTURE (PZ)" del 05.02.2018 - Prot. DT.AAT.GE.7498.18U (acquisita in data 16.02.2018 al prot. Dipartimentale n. 30627).*