



**Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile
(DECOS)**

Largo Università snc – 01100 Viterbo

PROGRAMMA DI RICERCA

**VALORIZZAZIONE DEI MATERIALI DI CAVA DEL
COMUNE DI VITERBO. STUDIO DELLE EVENTUALI
INTERFERENZE CON LE RISORSE IDRO-TERMALI DEL
BACINO MINERARIO DI VITERBO. DELIMITAZIONE
DELLE AREE DI TUTELA E PROTEZIONE TENUTO CONTO
DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE IN ATTO.**

Primo Rapporto

Fase 1 – Indagine sulle cave dismesse

**Direttore del Dipartimento
Prof. Giuseppe Nascetti**

**Responsabile scientifico della ricerca
Prof. Vincenzo Piscopo**

Indice

1. Introduzione	pag. 3
2. Inquadramento geologico	pag. 5
3. Inquadramento geomorfologico	pag. 13
4. Inquadramento idrogeologico	pag. 18
5. L'attività estrattiva nell'area di Viterbo	pag. 24
6. Censimento delle cave dismesse	pag. 29
7. Caratteristiche geologico-tecniche dei materiali di cava	pag. 31
8. Conclusioni	pag. 36
Bibliografia citata	pag. 37
Appendice – Schede tecniche delle cave dismesse	pag. 39

1. Introduzione

Il presente Rapporto presenta la sintesi dei risultati ottenuti nel corso della Fase I del Programma di Ricerca *“Valorizzazione dei materiali di cava del comune di Viterbo. Studio delle eventuali interferenze con le risorse idro-termali del bacino minerario di Viterbo. Delimitazione delle aree di tutela e protezione tenuto conto delle attività estrattive in atto”* svolto presso il Dipartimento di Ecologia e Sviluppo Economico Sostenibile dell’Università degli Studi della Tuscia di Viterbo.

Gli obiettivi generali della ricerca riguardano la redazione di linee guida per un piano di recupero ambientale delle cave dismesse del territorio comunale di Viterbo e per la salvaguardia delle risorse idrotermali dell’area. In particolare vengono analizzate le eventuali interferenze tra le risorse idriche e energetiche del bacino termale dell’area viterbese e le attività estrattive esistenti, oltre che formulati i criteri per la delimitazione delle aree di salvaguardia della risorsa idrotermale considerando le attività estrattive e le concessioni minerarie in atto.

La Fase I del Programma, appena portata a termine, ha compreso il censimento delle attività estrattive dismesse dislocate nell’area interessata dalle sorgenti termo-minerali e la loro incidenza sul contesto ambientale locale.

L’attività intrapresa ha incluso la mappatura dei siti delle attività estrattive dismesse, la caratterizzazione geologica, geomorfologica, geologico-tecnica e idrogeologica delle aree di interesse, la definizione degli attuali impatti dei siti dismessi e la valutazione dei possibili percorsi di recupero ambientale degli stessi.

I metodi operativi attuati sono stati quelli in uso nella ricerca geologico-tecnica. In particolare sono stati raccolti ed archiviati tutti i dati disponibili, in letteratura e presso il gruppo di ricerca, relativi alla cartografia geologica e geomorfologica ed alla ubicazione e tipologia delle attività estrattive del territorio di studio; i riferimenti di partenza sono stati la Carta Geologica d’Italia e Camponeschi e Nolasco (1984). I dati presenti in letteratura sono stati verificati e integrati dalla fotointerpretazione del territorio a scala 1:10.000, oltre che dal rilevamento diretto in campagna dei siti di cava alla scala 1:5.000.

Sono state censite e schedate 37 cave e, per i siti estrattivi con impatto non trascurabile sul contesto territoriale, sono stati elaborati dei criteri per il recupero ambientale.

L'insieme dei risultati ottenuti è stato organicamente inserito in ambiente GIS (file progetto GIS_Cave_Prima_Fase.mxd) secondo lo schema riportato in TABELLA 1.

Layer	Tipo	Geometria	Link
Area di studio	poligono	vettoriale	
Idrografia	polilinea	vettoriale	
Cave	poligono	vettoriale	Schede tecniche, foto
Sorgenti minerali	punto	vettoriale	
Uso del suolo	poligono	vettoriale	
Geologia 1:50000		raster	
Topografia 1:10000 (CTR)		raster	
Topografia 1:25000 (IGM)		raster	
Sistema di riferimento	UTM / WGS84 - fuso 33		

TABELLA 1 - Schema dei contenuti del GIS.

Oltre a consentire una rappresentazione cartografica georeferenziata, il Sistema Informativo geografico ha permesso di effettuare diverse elaborazioni spaziali, tra cui la carta delle pendenze a partire dal Modello Digitale del Terreno (DEM) e la creazione di zone di buffer intorno ai siti estrattivi per evidenziare la vicinanza con corpi sensibili quali fossi e sorgenti (cfr. PAR. 8).

2. Inquadramento geologico

L'area oggetto della ricerca si situa nell'intorno del nucleo urbano di Viterbo e copre circa 380 km² estendendosi dall'abitato di Zepponami (Nord) a Vetralla (Sud), e dalla località Campo S. Lorenzo (Ovest) a Bagnaia (Est) (FIGURA 1 e cfr. FIGURA 4). I fogli della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) che comprendono l'area di studio sono 345070, 355050, 354080, 345110, 344120, 344160, 345130, 355030, 345060, 355060, 354040, 345140, 345090, 345100, 355070, 355010, 345150, 345050, 355020, 344080; la cartografia I.G.M. comprende il III quadrante e le tavolette Sud del IV quadrante del Foglio 137 e le tavolette Nord del IV quadrante del Foglio 143.

La varietà dei litotipi affioranti nell'area di studio, che comprende la zona termale di Viterbo, è il risultato delle vicende geologiche che hanno coinvolto la regione dell'Alto Lazio a partire dal Mesozoico (FIGURA 1). In particolare i morfotipi caratteristici presenti sono legati all'attività pleistocenica dei distretti vulcanici Vicano, Cimino e Vulsino che ricadono nella provincia vulcanica laziale.

Gli aspetti geologici generali sono stati desunti dall'esame della bibliografia consultata (principalmente da Locardi, 1965; Alberti et al., 1970; Bertini et al., 1971a; Bertini et al., 1971b; Baldi et al., 1974; Borghetti et al., 1981; Sollevanti, 1983; Bertagnini e Sbrana, 1986; Nappi e Marini, 1986; Nappi et al., 1991; Nappi et al., 1995; Nappi, 2004) e della cartografia tematica ufficiale (Carta Geologica d'Italia, Foglio 137 di Viterbo e 143 di Bracciano, in scala 1:100.000).

L'area analizzata rientra nella regione vulcanica dell'Alto Lazio la cui storia geologico-deformativa deve essere inquadrata nell'ambito dell'evoluzione tettono-dinamica dell'Italia centrale. In particolare la genesi degli apparati vulcanici è legata ai processi geodinamici e della tettonica distensiva della fascia allungata compresa tra la catena appenninica e la costa tirrenica, verificatesi a partire dal Pliocene superiore e successivi all'orogenesi appenninica, fino a poco meno di 50.000 anni fa.

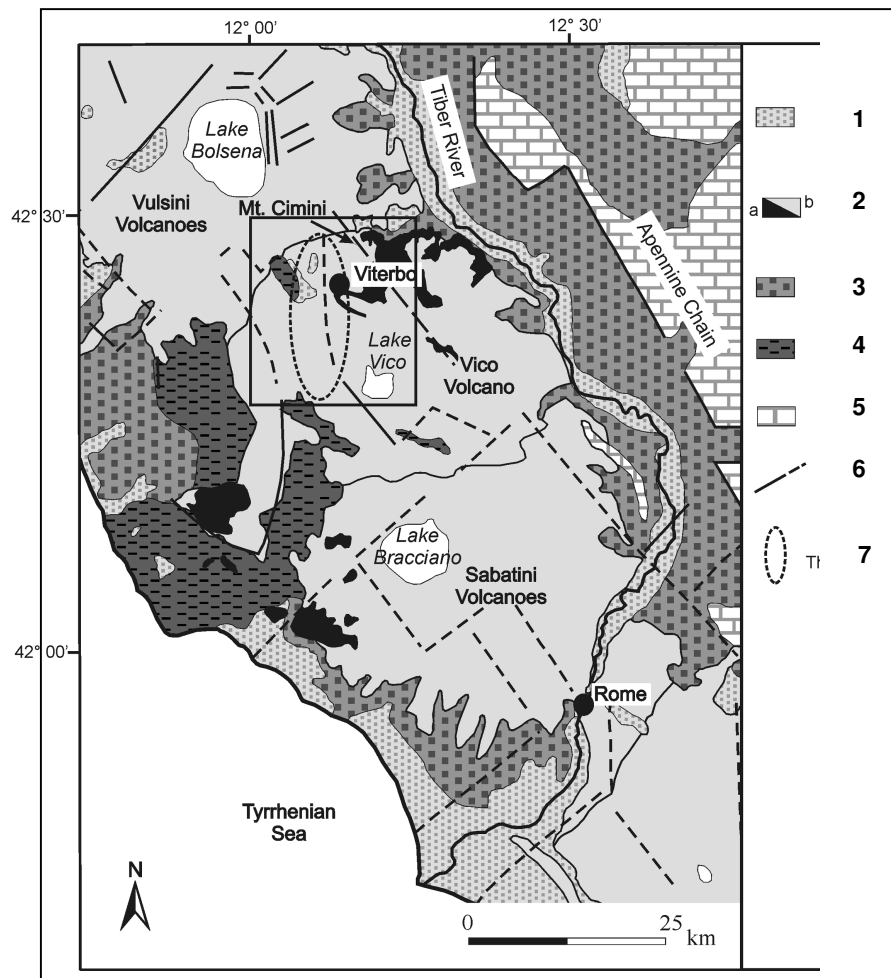


FIGURA 1 – Schema geologico-strutturale dell'area laziale. 1: Travertino, sedimenti alluvionali e costieri (Pleistocene-Recente); 2: Vulcaniti (Pliocene-Quaternario): a) ciclo acido, b) ciclo alcalino-potassico; 3: Sedimenti marini plio-pleistocenici; 4: Flysch Cretaceo sup. - Oligocene; 5: Rocce carbonatiche (Mesozoico-Paleogene); 6: Faglie principali; 7: Area termale di Viterbo.

L'assetto strutturale si presenta definito da una serie di faglie dirette più o meno profonde che, dislocando le strutture compressive di sovrascorrimento tardo-mioceniche, hanno dato luogo ad assottigliamenti litosferici e bassi strutturali frequentemente associati ad una serie di graben (Graben del Tevere e Siena-Radicofani).

L'attività magmatica pliocenica ha coinvolto il vasto areale compreso tra il Monte Amiata e la Campania, lungo la direttrice appenninica, comprendendo anche la regione vulcanica dell'area di studio.

Il territorio vulcanico dell'Alto Lazio è limitato da depositi quaternari e da terreni sedimentari neogenici, che formano le pianure costiere nel margine occidentale e la valle del Tevere nel margine orientale.

La regione dove sono censite le aree estrattive, le emergenze termali di Viterbo e il suo intorno significativo ricadono maggiormente nell'Apparato Vulcanico Vicano e Vulsino, con presenza limitata di litotipi legati all'attività dell'Apparato Cimino. I Monti Cimini appartengono alla serie magmatica con carattere acido, riolitico e riodacitico, di età più antica del vulcanismo di Vico e dei Vulsini, a chimismo spiccatamente alcalino-potassico. Il più antico dei complessi è quindi il Cimino, segue il complesso Vulsino ed infine quello Vicano, che con i suoi prodotti ricopre buona parte degli edifici cimini ed è alla base dell'intera città di Viterbo.

- L'attività del distretto Cimino è collocabile tra 1.35 e 0.8 Ma fa, intervallo in cui la risalita di magmi viscosi acidi da fratture regionali ha comportato la formazione di oltre 50 duomi e cupole di ristagno di composizione acida, da riolitica a trachidacitica. Probabilmente il numero dei duomi era notevolmente superiore ma molti di essi sono stati distrutti da fasi esplosive di notevole violenza avvenute nella regione. Il risultato di tale attività è stata la messa in posto di un vasto plateau ignimbrico, mentre si può attribuire la terminazione dell'attività vulcanica cimina alla successiva emissione di lave latitiche ed olivinlatitiche.

Il duomo principale (Monte Cimino), subito ad est dell'area di studio, raggiunge i 1053 metri s.l.m. ed è impiantato su un substrato di flysch pliocenico-miocenici e di argille, sabbie e conglomerati marini pliocenici. Il Monte Cimino, insieme agli altri duomi, si colloca lungo una frattura di alimentazione avente direzione NO-SE. Tra i prodotti cimini più diffusi nell'area di studio, le lave quarzolatitiche in domi ("Peperino delle Alture"; λq del F.° 137) affiorano principalmente ad est, e costituiscono le alture principali e più antiche dei Monti Cimini, come la Palanzana e il domo Montecchio che ricadono nell'area. Le rocce dei domi sono compatte e omogenee nelle porzioni interne, mentre tendono a suddividersi in blocchi irregolari nei margini. L'ignimbrite quarzolatitica o "Peperino Tipico" (λq del F.° 137) è la formazione cimina caratteristica della città di Viterbo. Depositata a ventaglio con un raggio di 10-12 km dal centro di emissione del Monte Cimino, l'ignimbrite interessa nell'area di studio la zona che si estende dalla città di Vitorchiano a Sud del centro abitato di Bagnaia.

Le lave radiali, conosciute come "Ciminite", sono principalmente di natura trachitico-latitica ($\tau \lambda$ del F.° 137) e latitico-trachitiche-oliviniche ($\lambda \tau_0$ del F.° 137)

e rappresentano l'attività terminale del vulcanismo cimino; esse sono limitate alle pendici dei grandi domi.

- L'attività del distretto Vicano, compresa tra 0.8 Ma e 0.09 Ma, si sviluppa principalmente da un edificio centrale, il vulcano di Vico. Si tratta di un tipico strato-vulcano con la parte terminale troncata da una caldera eccentrica verso sud, sprofondata a formare il lago omonimo. Dal fondo della caldera si innalza un edificio secondario, il vulcano di Monte Venere.

I prodotti generati sono caratterizzati da un chimismo alcalino-potassico e sono stati emessi principalmente in maniera esplosiva.

La paleogeografia su cui si edifica il distretto Vicano è quello di una vasta area pianeggiante, costituita dai depositi argillosi del Plio-Pleistocene, interrotta dalla dorsale flyschoidale di M. Razzano (Unità Liguridi dell'Oligocene) a Nord-Ovest dell'edificio centrale. Queste formazioni pertanto costituiscono, insieme ai prodotti cimini, il substrato delle vulcaniti vicane.

Il prodotto vicano che affiora maggiormente nell'area di studio, presentando una distribuzione areale notevole, è l'ignimbrite C (Locardi, 1965) o "Tufo Rosso a Scorie Nere" ($\vartheta\phi^w$ del F° 137). Questa ha creato un esteso plateau abbastanza uniforme, intervallato solo dai depositi alluvionali lungo le incisioni fluviali e dai depositi di travertino ad ovest di Viterbo. L'aspetto è quello di una roccia compatta e omogenea di colore variabile dal giallo al grigio scuro, con una composizione dovuta principalmente alla presenza di pomici. Piccoli lembi di ignimbrite fonolitica-tefritica (Ignimbrite A secondo Locardi, 1965; $\phi\vartheta^w$ nel F° 137) sono limitati solo a Sud del centro abitato di Viterbo, in località Le Farine. Intorno alla caldera del lago di Vico i prodotti olocenici, principalmente alluvionali e lacustri, poggiano sui Tufi Finali (t_f del F° 137), che rappresentano l'ultimo prodotto dell'apparato vicano, impostatosi sulle colate laviche di tefriti fonolitiche e fonoliti tefritiche ("Occhiadina"; $A\vartheta$ del F° 137), disposte a raggiera intorno alla caldera. Due grossi lembi lavici tefritico-fonolitici, conosciuti come "Petrisco" ($\vartheta\phi^l$ del F° 137), affiorano in direzione nord-ovest, estendendosi nella fascia meridionale e settentrionale della Palanzana, fino a nord-est di Viterbo.

Lo schema geologico e vulcanologico del distretto Vicano e dei Monti Cimini è mostrato in FIGURA 2.

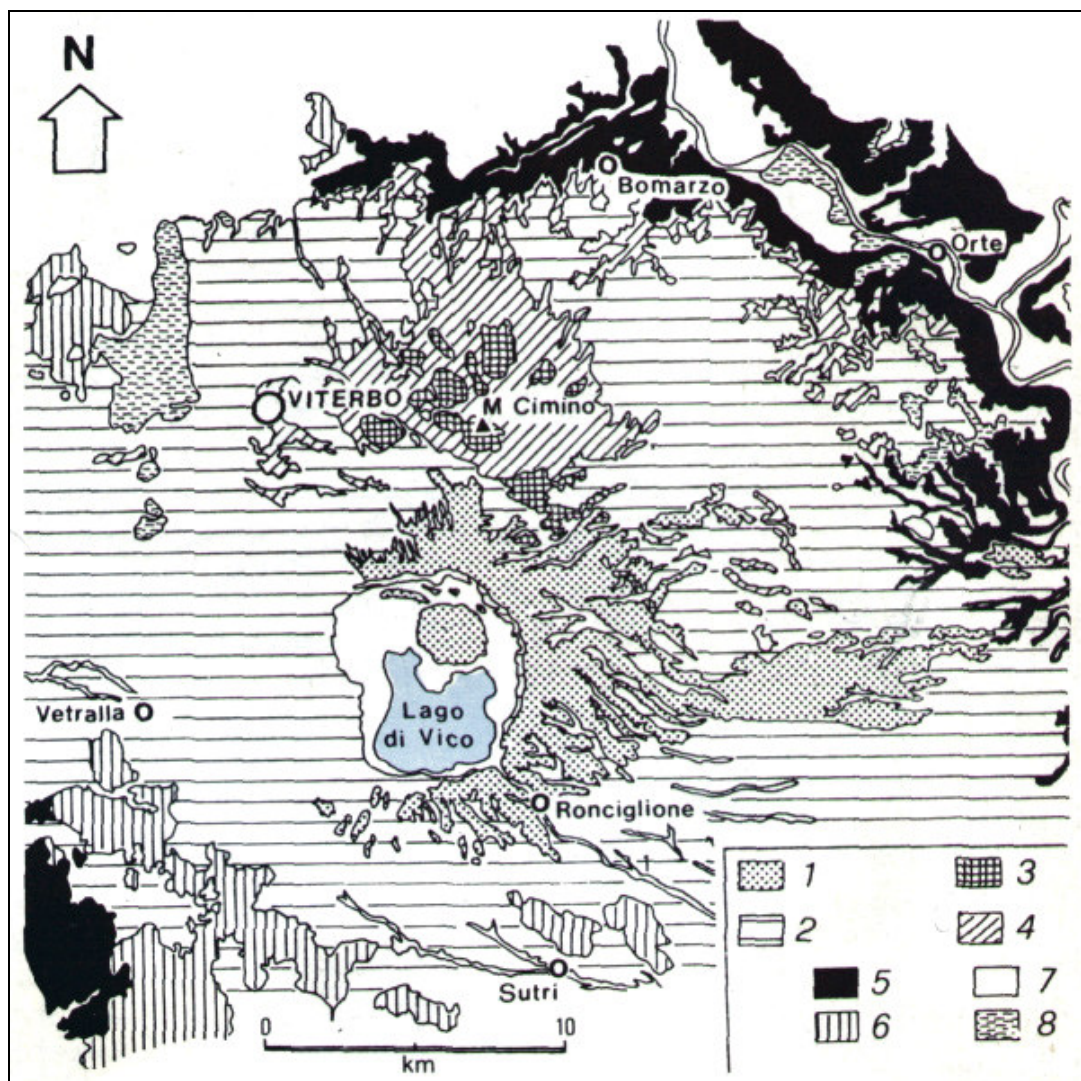


FIGURA 2 – Schema geologico dei distretti di Vico e dei Monti Cimini. 1: prodotti post – calderici; 2: tufi e lave dell’attività precalderica; 3: domi cimini; 4: ignimbriti; 5: sedimenti del Plio-Pleistocene; 6: unità flyschoidi; 7: alluvioni e detriti; 8: travertini (da Sollevanti, 1983).

- Il distretto vulcanico Vulsino è il più settentrionale dei distretti vulcanici del Lazio (FIGURA 3) e occupa una superficie di circa 2200 km² tra il fiume Fiora e il fiume Tevere, a cavallo delle province di Viterbo, Grosseto e Terni. Nell’area di studio caratterizza principalmente il settore settentrionale. L’attività del distretto è subaerea a carattere areale, principalmente di natura esplosiva, ed è senza dubbio il più complesso fra gli apparati vulcanici tosco-laziali. Esso è situato in corrispondenza dell’intersezione di un complesso sistema di faglie a direzione appenninica e antiappenninica (cfr. FIGURA 1). L’attività vulcanica si sviluppò tra 0.6 e 0.1 Ma da strutture poligenetiche, tra le quali quelle di Latera e Bolsena sono le principali. La caldera di Bolsena è riempita dal lago omonimo. I prodotti emessi

sono di tipo effusivo, stromboliano, pliniano e ignimbritico. La loro composizione copre un ampio spettro dai tipi leucitici, a quelli basanitici e shoshoniti. Fenomeni tardovulcanici tuttora in atto sono rappresentati da manifestazioni idrotermale e solfatarica.

Il substrato sedimentario è costituito da depositi neo-autoctoni post-orogenetici del Miocene superiore e Pleistocene, che ricoprono le formazioni flyschoidi delle Unità Liguridi e le successioni carbonatiche mesozoiche della Serie Toscana e del Dominio Umbro-Marchigiano.

I centri di emissione, quasi sempre disposti lungo linee di frattura, sono per la maggior parte localizzabili attorno alle due depressioni di Latera e del lago di Bolsena.

Nella zona di Montefiascone si riconoscono più centri di emissione, in corrispondenza dell'intersezione di più fratture tangenziali e radiali, caratterizzati da un'attività esplosiva con emissione di prodotti di lancio. Molteplici sono anche le manifestazioni periferiche ed eccentriche (coni di M. Jugo, M. Varecchia, ecc...) connesse con fratture laterali e caratterizzate da emissione locali miste: esse sono da attribuire alle ultime fasi del vulcanismo vulsino, successive allo sprofondamento calderico che ha portato alla formazione del lago di Bolsena.

La storia eruttiva si identifica attraverso quattro cicli fondamentali (Paleobolsena, Bolsena, Montefiascone, Latera) che abbracciano un arco temporale di circa 0.5 Ma.

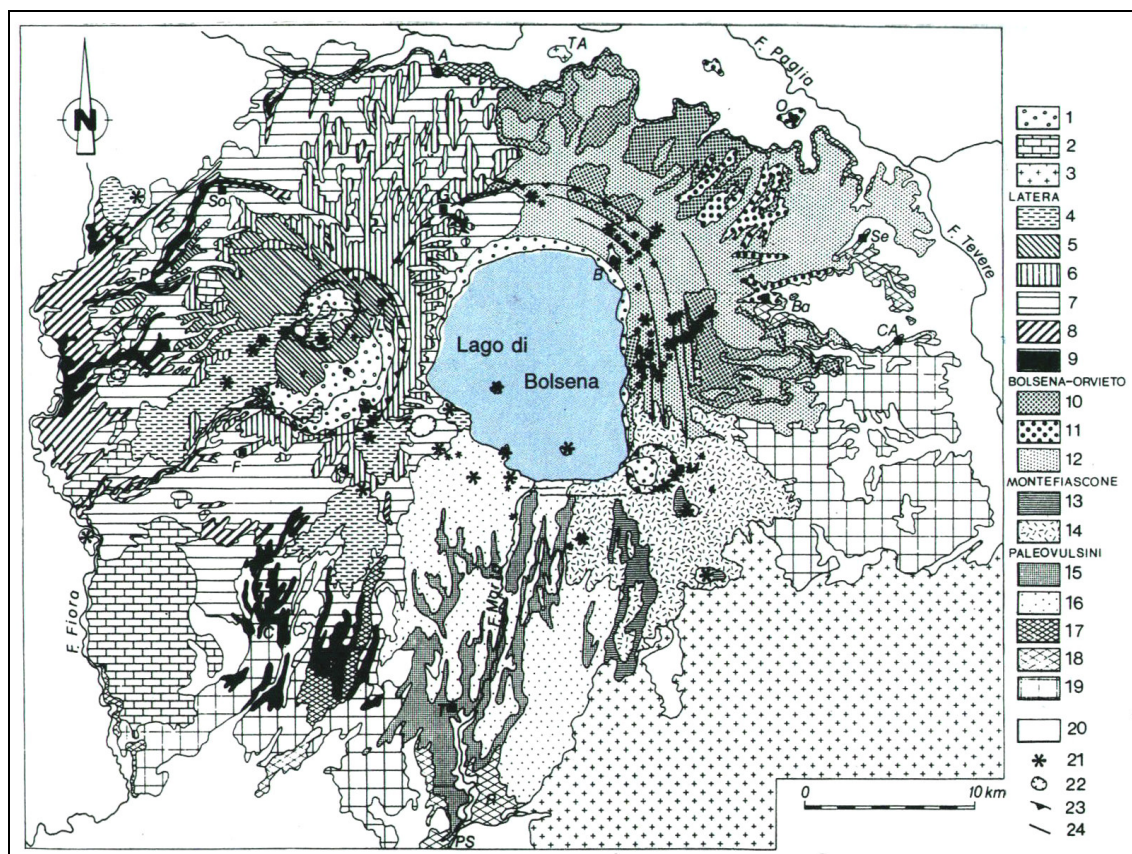


FIGURA 3 – Schema geologico del distretto Vulsino. 1: sedimenti quaternari; 2: travertini; 3: prodotti di Torre Alfina e del distretto Vicano; - Complesso di Latera – 4: prodotti lavici e stromboliani dell’attività finale; 5: Formazione di Pitigliano; 6: Formazione di Onano, membro di Poggio Pinzo; 7: Formazione di Onano, di Grotte di Castro e di Sorano; 8: Formazione di Sovana; 9: Formazione di Canino e di Farnese; - Complesso di Bolsena – 10: colate di lava; 11: Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio; 12: successione piroclastica; - Complesso di Montefiascone – 13: colate di lava; 14: successione piroclastica; - Complesso del Paleobolsena – 15: colate di lava; 16: successione piroclastica; 17: colate di lava antiche; 18: ignimbriti basali; 19: successione piroclastica e vulcano-sedimentaria; 20: substrato sedimentario; 21: coni di scorie; 22: crateri; 23: orli calderici; 24: faglie e fratture (da Vezzoli et al., 1987).

Tra le formazioni vulsine più antiche e più estese, i Tufi leucitici basali (T_i del F° 137) occupano il settore occidentale dell’area di studio, intervallate da lembi di colate laviche leucitiche più recenti e di grande potenza ed estensione (A_4 del F° 137), con andamento allungato e ricoperti dai Tufi stratificati leucitico-tefritico di Montefiascone (T_M del F° 137) che si estendono fino al lago di Bolsena.

Gli apparati vulcanici descritti sono ubicati in coincidenza del grande sistema di fratture parallele alla catena appenninica. Studi di carattere regionale hanno individuato una serie di discontinuità tettoniche sulla base di rilievi geologici, dati geofisici e dall’osservazione

della distribuzione delle sorgenti termali e dei centri di emissione. In corrispondenza delle manifestazioni termali localizzate nella zona a Nord di Viterbo, esistono alcune tracce di faglia: una post-pliocenica di direzione NO-SE, che risulta tra l'altro la direzione predominante delle faglie della zona (cfr. FIGURA 1), ed una di direzione N-S pre-quaternaria, di età non ulteriormente determinabile.

Precedenti alla messa in posto dei prodotti vulcanici, si individuano sistemi di faglie distensive con direzione antiappenninica, probabilmente legati all'intrusione acida del Cimino, con movimenti di sollevamento ad ampio raggio ma di modesta entità.

Nella regione a Sud di Viterbo molte fratture e faglie sono orientate in direzione appenninica NO-SE, mentre a Nord l'orientamento dominante interessa la direzione N-S.

3. Inquadramento geomorfologico

Le principali alture dell'area di studio sono di origine vulcanica, sono situate a Sud-Est dell'area di studio e sono costituite dal Monte Palanzana (802 m s.l.m.) e dai rilievi della caldera del Lago di Vico (Poggio Nibbio – 893 m s.l.m.; pendici del Monte Fogliano – 964 m s.l.m.). Dalle alture il territorio digrada dolcemente verso ovest fino alla quota minima di 160 m s.l.m. in corrispondenza del Fiume Leia, mentre scende e risale verso il Monte Jugo (434 m s.l.m.) a Nord-Ovest, sconfinando nel distretto vulcanico vulsino. In generale il territorio è caratterizzato da pendenze non superiori al 5% nella zona centrale mentre supera anche il 50% in prossimità dei domi vulcanici cimini e della caldera vicana. L'idrografia della zona è ad andamento centrifugo rispetto al Lago di Vico e si divide in due bacini idrografici principali, quello del Torrente Vezza (affluente del Tevere) a Nord, e il bacino del Marta ad Ovest, con gli affluenti Fiume Leia a Nord-Ovest e Torrente Biedano a Sud-Ovest. Lo spartiacque tra i due bacini attraversa trasversalmente l'area in esame (FIGURA 4) che ricade in gran parte nel bacino idrografico del Fiume Marta. I corsi d'acqua che maggiormente interessano ai fini del presente studio sono quelli che attraversano l'area termale e sono (da Nord verso Sud): Fosso dell'Acqua Matta, Fosso S. Caterina, Fosso delle Favole, Fosso Risiere, Fosso Rigomero, che confluiscono nel Fiume Leia.

Tali torrenti sono generalmente delle sorgenti lineari che tagliano la coltre di rocce vulcaniche a volte fino al basamento sedimentario, costituendo il recapito preferenziale della falda di base cimino-vicana, come descritto in seguito.

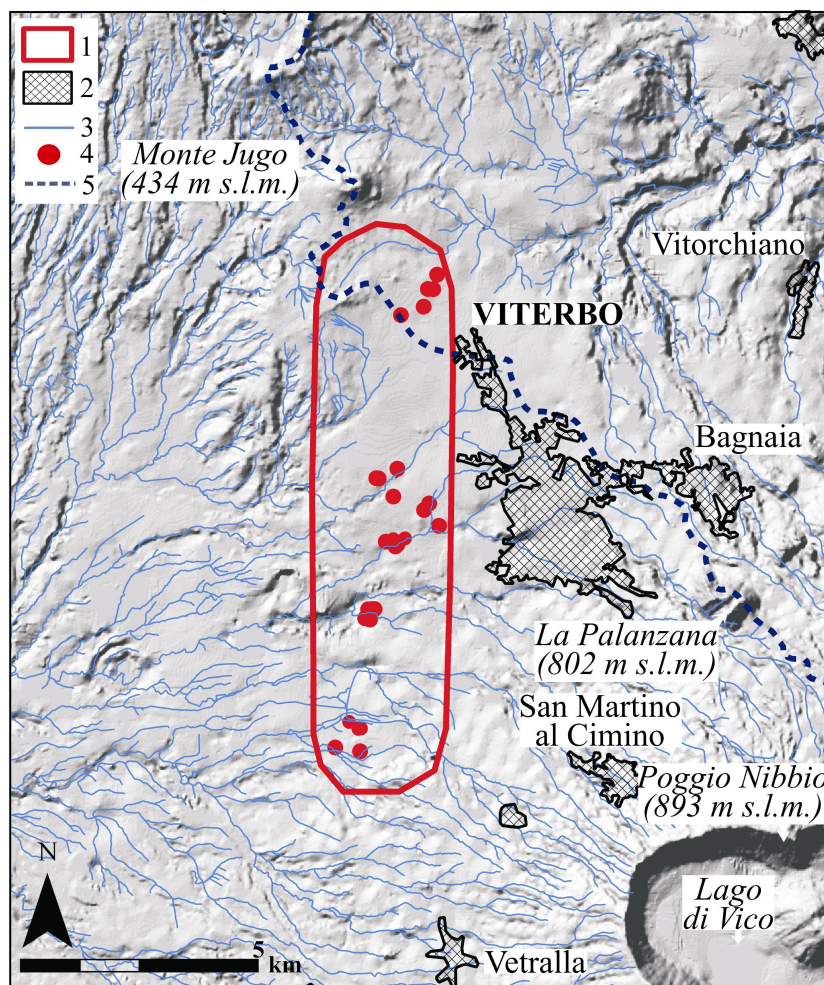


FIGURA 4 – Principali elementi morfologici dell'area di studio. Legenda: 1: Area Termale; 2: Edificato urbano; 3: Reticolo idrografico; 4: Sorgenti termali; 5: Spatiacque superficiale.

Nell'area di studio sono presenti diverse coperture pedologiche, funzione della diversità geomorfologica del territorio. Di seguito sono descritte le principali unità geomorfologiche individuate ed le caratteristiche generali dei suoli ad esse associate.

- *Unità delle alluvioni di fondovalle recenti ed attuali ed alluvioni terrazzate*

Questi depositi olocenici sono presenti lungo le incisioni torrentizie e vallive dei principali corsi d'acqua. Sono caratterizzati da una morfologia pianeggiante ed includono sedimenti generalmente sciolti ricadenti in un ampio spettro granulometrico, esteso dai limi e alle ghiaie.

I suoli che si originano su queste formazioni sono in genere poco evoluti, a causa della giovane età dei depositi e per l'alternarsi di fasi di erosione ed accumulo cui essi sono stati e sono sottoposti.

La tessitura riflette esattamente la eterogeneità granulometrica dei depositi alluvionali. Le caratteristiche idrauliche sono riconducibili ad un buon equilibrio tra le capacità di ritenuta e di drenaggio; la loro ubicazione prevalente in corrispondenza delle linee di deflusso superficiale, inoltre, implica la presenza della falda a ridotta profondità e frequente è il fenomeno di risalite capillari.

Questi suoli, classificabili come entisuoli o inceptisuoli (secondo la Soil Taxonomy), sono generalmente fertili in ragione della presenza di un discreto contenuto di humus ed elementi nutritivi; le limitazioni sono legate alle difficoltà di drenaggio allorché interessati da lunghi periodi di sommersione.

- *Unità dei depositi piroclastici coerenti e sciolti*

I depositi piroclastici coerenti e sciolti, questi ultimi in sito e rimaneggiati, sono le formazioni più rappresentate nell'ambito del territorio in esame. Essi comprendono una notevole varietà litologica, includendo tufi, ignimbriti e piroclastiti sciolte cineritiche e pomicee legati al vulcanismo vicano, cimino e vulsino. Questa grande varietà litologica e la differente attitudine ai processi erosivi danno luogo a ripiani caratterizzati da debole pendenza, interrotti da pendii talora molto acclivi e vallecole generalmente di limitata estensione.

I suoli che si sviluppano su queste formazioni anche se accomunati da alcune caratteristiche si differenziano in ragione della natura del substrato e della posizione morfologica.

In generale si tratta di suoli da poco a mediamente profondi a seconda del grado di compattezza della roccia del substrato e della pendenza. La composizione granulometrica è di solito sabbiosa o franca; sui termini litoidi non mancano i suoli con significativo contenuto della frazione argillosa. Lo scheletro è generalmente presente, in quantità più abbondante sui termini coerenti.

La capacità idrica di ritenuta è generalmente elevata e la reazione è solitamente subacida o neutra.

Questi suoli, classificabili generalmente come alfisuoli o andisuoli, sono dotati di fertilità da buona a moderata; le limitazioni sono legate alle fasi di relativa aridità estiva ed ai fenomeni di erosione accelerata cui spesso sono sottoposti in sfavorevoli situazioni morfologiche.

- *Unità delle rocce effusive*

Varie colate laviche tefritiche e leucitiche interessano l'area in esame. Esse mostrano localmente una morfologia alquanto accidentata in conseguenza della notevole resistenza all'erosione.

I suoli che si sviluppano su queste formazioni sono in genere poco evoluti e di spessore generalmente modesto, a causa della giovane età dei depositi e della notevole resistenza all'erosione del substrato roccioso.

La tessitura è variabile da limoso-sabbiosa ad argillosa e lo scheletro è sempre abbondante. La capacità idrica di ritenuta è variabile in relazione all'abbondanza della componente argillosa. La reazione è di solito neutra o subalcalina e sono generalmente dotati di elementi nutritivi.

Questi suoli, classificabili come entisuoli, sono dotati di scarsa fertilità, a causa principalmente del ridotto spessore e della elevata pietrosità e rocciosità.

- *Unità delle formazioni flyschoidi*

Nella porzione Nord-Ovest dell'area affiora il flysch calcareo-argilloso-arenaceo cretaco-paleogenico. Si tratta di alternanze di calcari marnosi, brecciole calcaree e calcareniti, arenarie calcareo-quarzose, marne e argille. Questi terreni danno luogo a rilievi collinari caratterizzati da versanti poco acclivi, di tanto in tanto interrotti da pareti subverticali, in corrispondenza del passaggio tra litologie a diversa competenza oppure in corrispondenza di elementi strutturali.

I suoli presenti hanno caratteri molto variabili in relazione alla natura mineralogica del substrato. In generale si ritrovano suoli di spessore da modesto a moderato, in relazione alla pendenza.

La tessitura è sabbioso-argillosa; lo scheletro è presente in quantità non trascurabili. Esiste un buon equilibrio tra le capacità di ritenuta e di drenaggio. La reazione è quasi sempre acida o subacida e gli elementi nutritivi sono alquanto scarsi.

Questi suoli, classificabili come inceptisuoli, sono dotati di fertilità da moderata a scarsa, a seconda della pendenza e del tipo di copertura vegetale.

L'uso del suolo dell'area è prevalentemente agricolo (85%) lì dove le pendenze sono minori del 5 %, mentre intorno alla caldera del lago di Vico dominano le aree boschive (FIGURA 5). In TABELLA 2 sono riportate le classi di uso del suolo come definite dal

Progetto Corine Land Cover del Centro Interregionale per le Informazioni Territoriali e le relative aree in valore assoluto e percentuale.

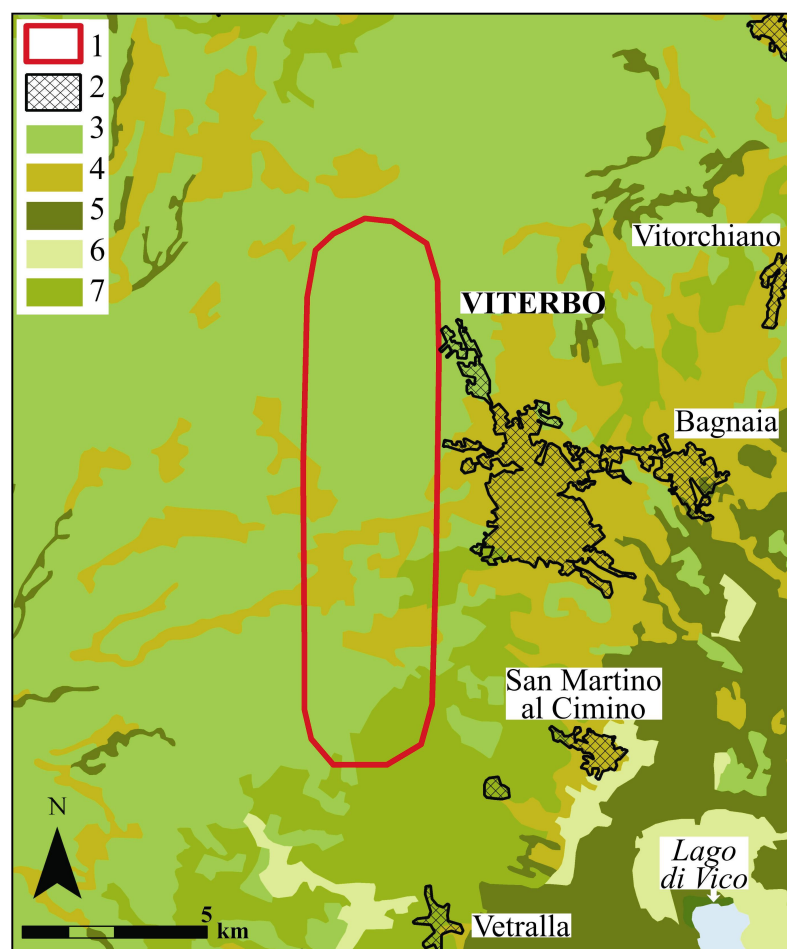


FIGURA 5 – Carta di uso del suolo. Legenda: 1: Area termale; 2: Edificato urbano; 3: Terre arabili senza perimetro di irrigazione; 4: Aree agricole a struttura complessa + Superficie principalmente agricola, con aree vegetali; 5: Boschi di latifoglie; 6: Frutteti e suffrutici; 7: Oliveti.

Classe di uso del suolo*	Percentuale	Area (km ²)
Terre arabili senza perimetro di irrigazione	52	197.8
Oliveti	12	45.8
Aree agricole a struttura complessa + Superficie principalmente agricola, con aree vegetali	18	70.1
Boschi di latifoglie	9	36.3
Frutteti e suffrutici	4	13.6
Edificato urbano discontinuo	2	8.0
Altro	3	10.3
Totale	100	382.1

TABELLA 2. Classi di uso del suolo presenti nell'area.

4. Inquadramento idrogeologico

L'area in esame ricade nel più ampio contesto idrogeologico del distretto vulcanico Cimino-Vicano e, marginalmente, Vulsino. La falda ospitata dai prodotti vulcanici è definita idrogeologicamente da limiti impermeabili a Nord-Est e Sud-Ovest, da assi drenanti a Nord, Est e Sud-Est e da uno spartiacque a Nord-Ovest (FIGURA 6).

Le litologie affioranti, descritte nel paragrafo precedente, sono di seguito suddivise in base alle loro caratteristiche idrogeologiche. Sono stati così distinti i seguenti complessi idrogeologici riportati nella FIGURA 6:

- complesso dei depositi alluvionali
- complesso dei travertini
- complesso delle vulcaniti
- complesso marnoso-calcareo-arenaceo
- complesso argilloso.

Complesso dei depositi alluvionali

Comprende depositi sciolti con elevata eterogeneità granulometrica quali depositi eluvio-colluviali, depositi alluvionali terrazzati e depositi alluvionali attuali e recenti. Questo complesso si ritrova in corrispondenza delle principali linee di impluvio e nelle località Riello, S. Caterina e Bussete in spessori contenuti (generalmente alcuni metri).

Questo complesso è caratterizzato da un grado di permeabilità per porosità da medio a basso, anche se non si esclude la presenza di lenti e livelli ad alta permeabilità; ma, dati i ridotti spessori, questi depositi hanno una ridotta influenza sul flusso idrico sotterraneo relativamente superficiale ed, a maggior ragione, non condizionano i flussi più profondi.

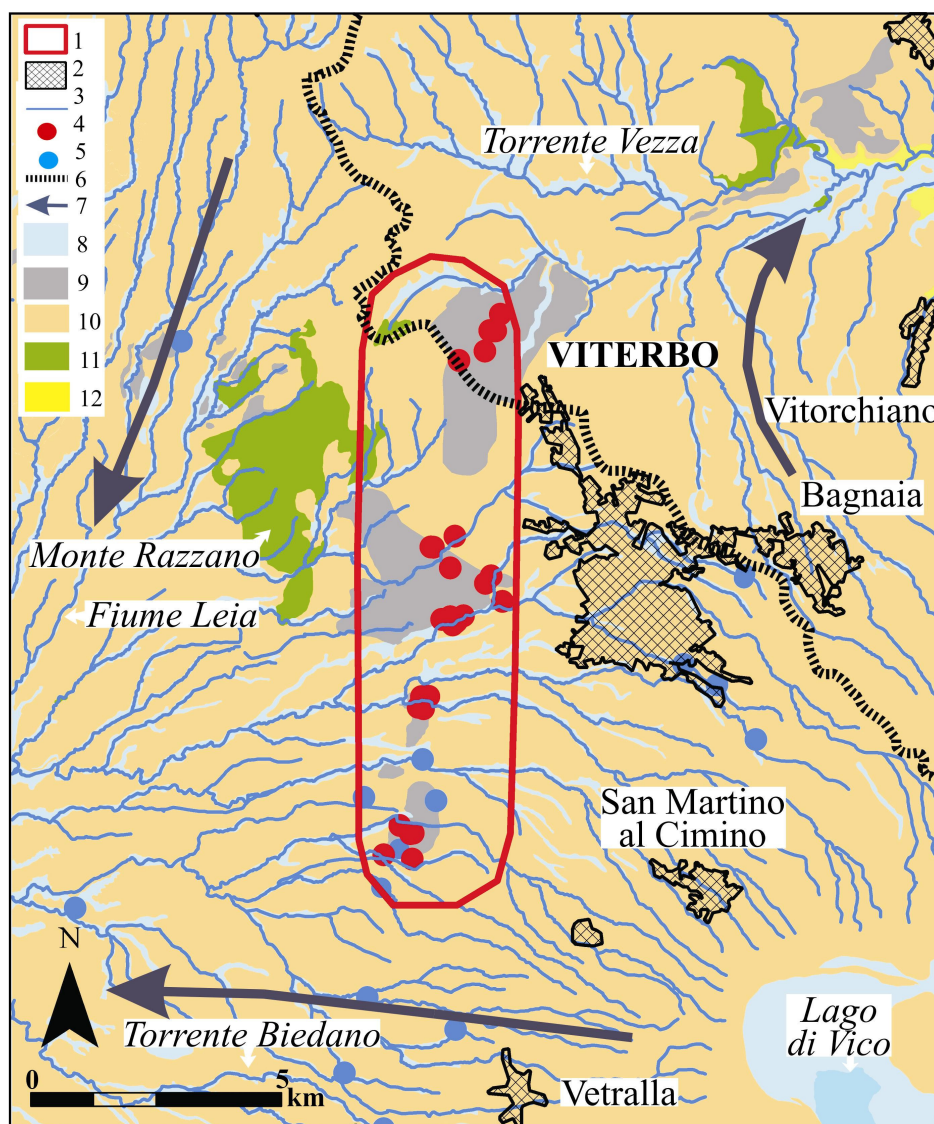


FIGURA 5 - Carta idrogeologica schematica. Legenda: 1: Area termale; 2: Edificato urbano; 3: Reticolo idrografico principale; 4: Sorgenti termali; 5: Sorgenti; 6: Spartiacque superficiale; 7: Principali linee di flusso idrico sotterraneo; 8: Complesso alluvionale; 9: Complesso dei travertini; 10: Complesso delle vulcaniti; 11: Complesso marnoso-calcareo-arenaceo; 12: Complesso argilloso.

Complesso dei travertini

Placche estese non continue di travertini, con spessori che raggiungono i 20-30 metri, sono presenti in affioramento nella zona occidentale dell'area studiata in prossimità delle sorgenti termali, sia quelle ancora attive sia quelle ormai scomparse.

Presentano permeabilità per fessurazione e per porosità con un grado relativo da alto a medio; bisogna sottolineare che tale variabilità è da considerarsi non solo in funzione dello spazio ma anche nel tempo a causa dei diversi ritmi di precipitazione del carbonato di calcio degli efflussi idrici spontanei in superficie.

Questo complesso ha un ruolo idrogeologico particolarmente importante per la relazione diretta con i circuiti idrici sotterranei profondi, essendo legato alla venuta a giorno delle acque termali attuali e passate.

Complesso delle vulcaniti

In questo complesso sono state incluse le formazioni piroclastiche e laviche dei distretti vulcanici Cimino, Vulsino e Vicano.

Ricopre gran parte dell'area studiata e costituisce uniformemente la porzione più superficiale del sottosuolo.

Tale complesso presenta un tipo di permeabilità misto: per porosità, in corrispondenza di orizzonti scoriacei e pomicei; per fessurazione, nei termini più lapidei (tufi, ignimbriti, colate laviche). All'interno di questi, sono presenti i livelli meno permeabili, quali cineriti, tufi ed ignimbriti poco fessurate; questi livelli comunque non hanno una notevole continuità spaziale alla scala d'indagine.

Lo spessore delle vulcaniti è variabile da alcune decine a qualche centinaio di metri.

Per quanto concerne il grado di permeabilità, il complesso presenta una notevole eterogeneità dovuta a variazioni di facies all'interno della stessa formazione, alla presenza di una più o meno abbondante matrice cineritica anche nei livelli più pomicei, al diverso grado di addensamento dei depositi sciolti e al diverso sviluppo del reticolo di discontinuità nei litotipi lapidei. Si può attribuire, nell'insieme, a questo complesso un grado di permeabilità relativo medio.

L'estensione, la potenza, le caratteristiche idrauliche e la posizione stratigrafica di questo complesso sono elementi che gli conferiscono un importante ruolo idrogeologico, infatti esso è sede della più attiva circolazione idrica sotterranea relativamente più superficiale dell'area in esame.

Complesso marnoso-calcareo-arenaceo

Tale complesso, affiorante solo nella zona di M. Razzano, comprende le Unità Liguridi costituite principalmente da argilliti, calcari marnosi e arenarie (Formazione di Tolfa). E' caratterizzato da una fitta alternanza di litotipi piuttosto eterogenei che rendono il complesso scarsamente permeabile anche se, localmente, alcuni orizzonti possono risultare mediamente permeabili, questi ultimi sono però subordinati a quelli a bassa permeabilità. Gli spessori del complesso possono superare i 300 metri.

Complesso argilloso

Il complesso argilloso affiora solamente nei pressi dell'abitato di Bagnaia a Est (località le Fornaci). Questo complesso è caratterizzato da un grado di permeabilità per porosità molto basso, pertanto esso rappresenta localmente il substrato impermeabile dell'acquifero vulcanico.

L'interpretazione in chiave idrogeologica dei dati sia bibliografici che del gruppo di ricerca ha consentito di individuare due acquiferi principali (Capelli et al., 2005; Baiocchi et al., 2006; Piscopo et al., 2006): il più superficiale, permeabile per fessurazione e porosità, è costituito dalla coltre vulcanica pleistocenica, che copre quasi tutta la zona studiata; il secondo, profondo, è rappresentato da rocce prevalentemente carbonatiche mesozoiche, permeabili per fratturazione e carsismo, ed è sede del serbatoio termale. I due acquiferi sono separati, a volte, dall'impermeabile argilloso plio-pleistocenico, a volte, dal semipermeabile marnoso-calcareo-arenaceo cretacico-oligocenico (FIGURA 6).

L'acquifero vulcanico superficiale è alimentato principalmente dall'area del M. Cimino - Lago di Vico. Ha uno spessore variabile compreso tra alcune decine di metri fino ad un centinaio di metri ed è sede di una falda libera o semiconfinata con morfologia piezometrica che si adatta grossolanamente alla topografia. I valori riscontrati di trasmissività e di coefficiente d'immagazzinamento dell'acquifero sono compresi, rispettivamente, tra $3 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ e $4 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ e tra 10^{-3} e 10^{-4} . La variabilità di questi parametri è indicativa della forte eterogeneità dell'acquifero saturo. L'acquifero vulcanico superficiale è limitato inferiormente dal semipermeabile marnoso-calcareo-arenaceo ad Ovest della città di Viterbo e dall'impermeabile delle argille plio-pleistoceniche, ad Est della stessa.

Questa geometria, legata al particolare assetto idrostrutturale locale, è favorevole, ad Ovest di Viterbo, a risalite di flussi profondi dal serbatoio carbonatico. Questo è rialzato in una fascia di circa 20 km^2 ed è ricoperto da un ridotto spessore del complesso marnoso-calcareo-arenaceo, localmente fratturato e fagliato. Queste zone più permeabili e l'elevato gradiente verticale riscontrato favoriscono la risalita delle acque del serbatoio profondo, altrove confinato o da spessori notevoli di aquitard o dall'aquiclude (cfr. FIGURA 6).

Le acque termali salienti potrebbero essere la parte finale di circuiti nell'acquifero carbonatico profondo secondo percorsi relativamente più lunghi rispetto a quelli dell'acquifero vulcanico (al massimo 12 km). La ricarica dell'acquifero carbonatico profondo potrebbe essere consentita dalle zone più fratturate che delimitano i camini e le intrusioni vulcaniche dell'area del M. Cimino - Lago di Vico.

Ad Ovest dell'area termale, il complesso marnoso-calcareo-arenaceo è presente con notevoli spessori a copertura dell'acquifero carbonatico profondo, e costituisce, insieme ai depositi argillosi plio-pleistocenici, lo strato confinante della circolazione idrica profonda. Invece, nella zona di alto strutturale del serbatoio carbonatico, cioè nella fascia delle emergenze idrotermali, esso svolge il ruolo di semipermeabile interposto tra l'acquifero profondo e quello superficiale, a causa del suo ridotto spessore e della presenza di fratture e faglie.

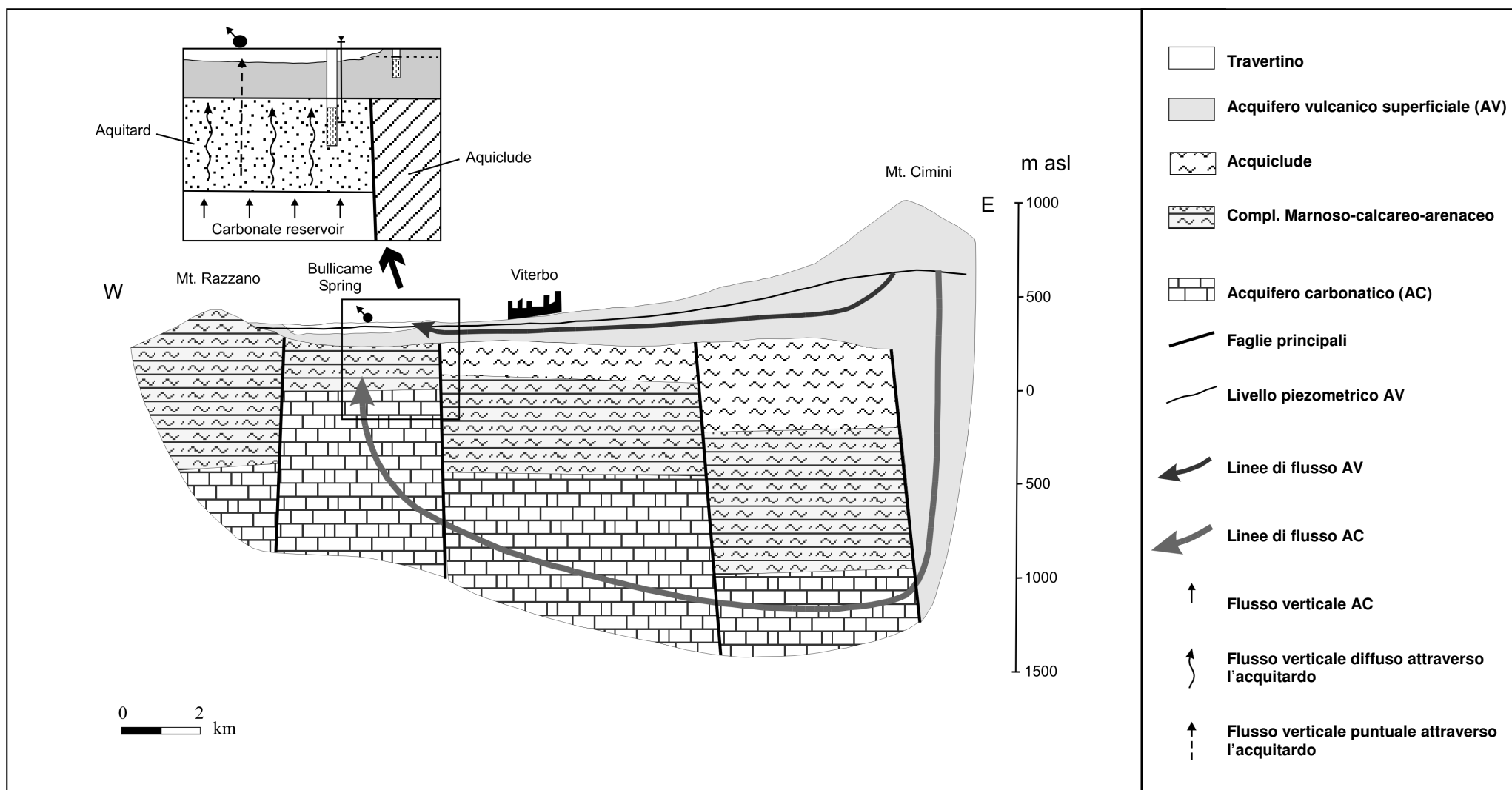


FIGURA 6 - Modello idrogeologico concettuale dell'area idrotermale di Viterbo (da Piscopo et al., 2006).

5. L'attività estrattiva nell'area di Viterbo

Nel territorio comunale di Viterbo e nel suo intorno, sono presenti attualmente, e lo erano molto di più in passato, attività estrattive di materiali quali tufi litoidi, pozzolane, pomici e lapilli, lave e travertini. I singoli giacimenti attivi e dismessi non presentano e non presentavano una notevole potenzialità, proprio per questo i siti sono diffusi sul territorio e frazionati in piccole aree. Nonostante ciò questa attività riveste un notevole interesse locale in termini di attività produttive (Camponeschi e Nolasco, 1984; AA. VV., 2004).

La conoscenza delle attività estrattive presenti e di quelle dismesse assume un ruolo fondamentale per la corretta gestione del territorio, soprattutto nell'area in esame dove sono presenti anche risorse idrotermali note fin dall'epoca romana per l'azione terapeutica delle loro acque.

La coesistenza di queste risorse naturali è legata alle peculiarità geologiche dell'area (cfr. par. 2). Ne consegue che la gestione razionale delle risorse minerarie e delle acque termali nel rispetto dei principi di sostenibilità ambientale non può prescindere da un esame approfondito delle relazioni tra attività produttive ed il contesto geologico e idrogeologico locale.

Le attuali conoscenze sui materiali estratti e sulla ubicazione dei siti attivi e dismessi sono di carattere generale. Esse riguardano principalmente il tipo di materiale coltivato, la sua natura petrografica e le caratteristiche tecniche, la distribuzione dei siti attivi e l'impiego dei materiali estratti.

Di seguito sono riportati e descritti i materiali naturali, raggruppati secondo un principio geologico, che sono oggetto dell'attività estrattiva nell'area intorno a Viterbo.

Inerti

Si tratta in generale di depositi sedimentari incoerenti, costituiti dalle classi granulometriche che vanno dai limi grossolani alle ghiaie, la cui origine è essenzialmente fluviale e subordinatamente marina.

Nell'area viterbese assumono interesse estrattivo sia quei materiali provenienti da depositi plio-pleistocenici marini e continentali, che quelli provenienti da depositi alluvionali recenti ad opera dei corsi d'acqua.

Le due tipologie si differenziano sia nella componente fine che in quella grossolana. Nel primo caso, si tratta di un ciottolame eterometrico, costituito da elementi prevalentemente calcarei e silicei, misti ad una abbondante matrice sabbiosa e limosa che, verso il basso della serie, tende a prevalere sulla componente grossolana. Nel secondo caso la frazione ghiaiosa è composta da ciottoli e ghiaie di natura prevalentemente calcarea, mentre quella fine è rappresentata in larga parte da sabbie grossolane ed in misura minore da limo e argilla.

Questi materiali affiorano principalmente nella valle del Tevere e del Torrente Vezza e lungo gli alvei dei linee di deflusso superficiale secondarie.

Lapilli, scorie e pomici

Lapilli e scorie rappresentano i prodotti vulcanici che si rinvencono come conii isolati e presenti in depositi generalmente estesi.

Si tratta di materiali incoerenti, costituiti da aggregati di dimensioni da fini e medie a, più raramente, grossolane (scorie). Spesso presentano cromatismi vivaci, dal rosso al nero, questo li rende utili nella preparazione di malte colorate o, previa aggregazione con leganti quali cemento, all'utilizzo ornamentale in viali e giardini.

I centri estrattivi attivi sono ubicati a Cellere, Bagnoregio, Bolsena, Monterosi, S. Lorenzo Nuovo, Valentano, Sutri, Gradoli e Arlena di Castro. A questi centri di estrazione si aggiunge un'altra cava a Gradoli, ove si estrae un lapillo grossolano e scoriaceo che può essere classificato come breccia lapillosa.

Le pomici sono piroclastiti sciolte o debolmente coerenti, di colore generalmente bianco, aventi granulometrie variabili da qualche centimetro a qualche decina di centimetri. Si sviluppano su vaste superfici con spessori modesti, dove si rinvencono in livelli dell'ordine di qualche decimetro o in banchi di qualche metro di potenza, intercalati a serie piroclastiche aventi andamento all'incirca orizzontale. Sono utilizzate nelle costruzioni come isolanti termici ed acustici e nella preparazione di conglomerati.

Le cave attualmente in esercizio sono ubicate nel settore nord-occidentale della provincia di Viterbo ed esattamente ad Arlena di Castro, Canino, Cellere e Piansano.

Pozzolana

Questo materiale proviene dall'alterazione dell'ignimbrite e, a seconda dell'origine, presenta caratteristiche differenti. Il colore che varia dal giallo al viola fino al grigio.

La pozzolana è in genere ricavata dagli agglomerati tufacei più incoerenti, sia vulsini che vicani. Gli affioramenti ed i siti estrattivi infatti si collocano vicino a banconi di tufo consistente e spesso è necessaria una preventiva attività di sbancamento per riportare in affioramento gli strati di pozzolana.

Anche se questo prodotto è tra i più diffusi della provincia di Viterbo, la maggior concentrazione delle cave di pozzolana si rinviene nella fascia centrale del territorio viterbese. Facilmente escavabile, in quanto incoerente, è presente in depositi di discreta potenza.

Questo materiale è molto utilizzato nell'edilizia per il confezionamento di malte, del cemento.

Nel comune di Viterbo sono numerose le cave in attività, come a Vetralla, Vasanello e Capranica; alcune si trovano anche a Barbarano Romano, Canino, Caprarola, Carbognano, Castel S. Elia, Civita Castellana, Corchiano, Gradoli e Onano.

Peperino

Il Peperino è una ignimbrite quarzolitica che caratterizza soprattutto la parte settentrionale dell'apparato cimino. Esso è presente in giacimenti di potenza che varia dalle decine alle centinaia di metri.

E' un ottimo materiale da costruzione, sia all'esterno che all'interno delle abitazioni, ed è usato come pietra ornamentale grazie al suo cromatismo.

Per questi motivi è stato il materiale principalmente impiegato nella storia della Tuscia per la costruzione della città di Viterbo e dei centri abitati limitrofi. Il "Peperino Tipico" veniva estratto dalle numerose cave nei dintorni di Viterbo e Vitorchiano. Appartengono sempre allo stesso bacino minerario le cave site nel comune di Soriano nel Cimino, Bassano in Teverina e Vasanello.

La metodologia di estrazione si è raffinata nel tempo, passando dalla mazzetta col cuneo di ferro, alle segatrici in widia ed infine al filo diamantato, più utilizzato ultimamente. I blocchi estratti vengono lavorati successivamente, procurando un grande indotto alle segherie ed ai laboratori del comprensorio.

Il problema legato all'estrazione del Peperino è quello delle cave abbandonate, utilizzate spesso come discariche abusive. La caratteristica fratturazione della roccia fa aumentare considerevolmente la vulnerabilità di tali siti.

Tufi

Con questo termine si intende indicare le altre ignimbriti coltivate nell'area. Tra queste la principale, per spessore e estensione, è certamente il Tufo Rosso a Scorie Nere (Ignimbrite C di Locardi) che si presenta tipicamente nelle due varietà litoidi, quella grigia e quella rossa. Quest'ultima è la più ricercata, sia per cromatismo che per resistenza agli agenti atmosferici ed è largamente rappresentata su tutto il territorio viterbese.

Frequenti sono stati gli sfruttamenti di questa risorsa in tutto il territorio e la tecnica più usata nella coltivazione di cave di questo materiale è la "fossa" a pareti verticali di 8 metri. Viene estratto con l'ausilio di tagliatrici a disco. Viene utilizzato quasi esclusivamente in forma di blocchetti di dimensioni standard ed impiegato prevalentemente nell'edilizia.

I maggiori centri produttivi sono a Civita Castellana, a Castel S. Elia e subordinatamente nei comuni di Farnese, Ischia di Castro, Barbarano Romano, Bassano Romano, Corchiano, Lubriano, Nepi, Soriano nel Cimino, Sutri, Tuscania e Vetralla.

Lave

Le lave, principalmente di natura trachitica, tefritica e latitica, sono prodotti vulcanici estremamente pregiati, che, insieme al Peperino Tipico, sono utilizzate in edilizia.

La resistenza agli agenti atmosferici ha fatto sì che il loro utilizzo crescesse anche come materiale di copertura, per il ripristino architettonico (per molti dei basolati in Italia) ed infine come materiale ornamentale.

La presenza nel territorio viterbese di attività estrattive riguardanti tali materiali è sporadica per banconi di larga potenza; sono invece frequenti opere di estrazione più modeste. L'area più sfruttata dove insistono o sono inspite tali attività è rappresentata dalle zone di Soriano e Ronciglione.

Travertino

I travertini sono rocce sedimentarie chimiche ed organogene, costituite principalmente da calcite ed aragonite. La loro formazione nel territorio viterbese è causata dalla venuta a giorno di acque sotterranee con alta concentrazione di bicarbonato, le quali, a causa della minore pressione cui sono sottoposte, depositano carbonato di calcio. La presenza di travertini è strettamente legata quindi ai fenomeni idrotermali del territorio. Le diverse cave che insistono sul territorio hanno utilizzato tale materiale per la produzione di calce, specialmente nel dopoguerra.

Argille

Si tratta principalmente di argille plio-pleistoceniche affioranti ai margini dell'area in esame e costituiscono il locale substrato delle vulcaniti. Sono diffuse soprattutto nell'intorno della Valle del Tevere, nell'area l'unico affioramento degno di nota, per la sua relativa estensione, è presente presso Bagnaia.

Erano molto più utilizzate in passato per il confezionamento di laterizi e terraglie, estraendole da cave talora di notevoli dimensioni.

6. Censimento delle cave dismesse

Nel corso della prima fase è stata focalizzata l'attenzione sul censimento delle cave dismesse presenti in un intorno significativo dell'area termale di Viterbo.

Il censimento è stato condotto avvalendosi della precedentemente citata bibliografia, mediante rilievi diretti sul territorio, utilizzando un supporto cartografico al 5.000, e mediante la fotointerpretazione, attraverso strisciate aeree al 10.000.

Per ogni cava censita è stata prodotta una scheda tecnica. Queste schede sono state organizzate in quattro sezioni in base alle differenti informazioni considerate.

- **Identificativo Cava:** in cui si riporta la data dei sopralluoghi, elementi geografici della cava, quali la località, la quota in metri sul livello del mare e le coordinate geografiche. L'identificativo numerico è lo stesso di quello riportato in Camponeschi e Nolasco (1984), mentre le cave censite che non risultavano in bibliografia presentano una numerazione differente (N1, N2, N3, ecc.).
- **Informazioni sulla Cava:** riguardano soprattutto le informazioni di carattere estrattive come il tipo di cava, la superficie interessata, la stima del volume coltivato, la litologia e giacimentologia dei materiali estratti. Inoltre sono riportati in forma sintetica i principali aspetti morfologici del sito, le condizioni idrologiche, considerando la presenza e distanza dei corsi d'acqua, e le condizioni idrogeologiche, tenendo conto soprattutto della profondità della falda.
- **Stato attuale:** fa riferimento alla presenza di vegetazione, di eventuali zone di discarica, presenza di aree urbanizzate o di aree agricole e eventuali altri usi.
- **Impatto ambientale:** viene criticato l'impatto ambientale sulla base di possibili interferenze con le acque superficiali e sotterranee, la perdita di suolo, l'instabilità dei fronti di scavo, l'impatto visivo o altri.

Le schede prodotte sono riportate in APPENDICE. Costituisce parte integrate di questo rapporto la cartografia in ambiente GIS allegata.

7. Caratteristiche geologico-tecniche dei materiali di cava

L'esame delle caratteristiche geologico-tecniche è stato svolto sui materiali più frequentemente interessati da coltivazione nell'area di studio. L'attenzione è stata rivolta in particolare ai materiali che costituiscono i giacimenti aventi una maggiore estensione e potenza, in quanto sono proprio questi ultimi che possono avere impatto sulle condizioni di stabilità del territorio ed in generale sull'ambiente.

Tenendo conto di quanto è stato possibile distinguere dal punto di vista geologico, geomorfologico e idrogeologico e delle principali tipologie di cava presenti, è possibile individuare dal punto di vista geologico-tecnico i seguenti principali gruppi di litotipi:

- a) depositi argillosi;
- b) colate laviche;
- c) tufi;
- d) depositi vulcanoclastici.

Argille

In questo gruppo sono state incluse le formazioni sedimentarie Plio-Pleistoceniche affioranti principalmente ai margini dell'area in esame, e nello specifico alla unità costituita da argille con intercalazioni di sabbiose e sabbie argillose di ambiente marino, mal stratificate o a stratificazione piana orizzontale del Pliocene medio. Lo spessore massimo di questa unità litostratigrafica riscontrato nell'area della media valle del Tevere è di circa 200 m.

Facendo riferimento alla componente più argillosa dell'unità, risulta che la distribuzione granulometrica della frazione fine rientra quasi totalmente nel campo dei limi con argille. La frazione argillosa oscilla tra il 15 ed il 30%.

Per quanto riguarda i caratteri di plasticità, questi terreni rientrano nel campo delle "argille inorganiche a medio-alta plasticità", con limiti liquidi tra 35-60%.

I pesi di volume del secco sono compresi tra 15.0 e 17.5 kN/m³ ed i contenuti d'acqua sono tra il 5 ed il 23%. Questi valori indicano uno stato di addensamento buono. Prove ad espansione laterale libera hanno definito valori di pressioni a rottura fino a 3 MPa

Ai terreni in esame è possibile attribuire valori minimi di coesione drenata di 40 kPa con angoli di attrito dell'ordine di 23-25°.

Questi litotipi sono molto influenzati dai fenomeni del dilavamento delle acque superficiali, che possono dar luogo ad intensi fenomeni di erosione accelerata quali quelli calanchivi. Su versanti con notevole pendenza possono verificarsi, sotto sfavorevoli condizioni di drenaggio, fenomeni di scivolamento rotazionali.

Colate laviche

In questo gruppo sono state incluse alcune formazioni effusive affioranti ai margini settentrionali dell'area di studio e riconducibili al complesso vulcanico dei Vulsini. Si tratta nello specifico di lave leucitico-tefritiche con spessori massimi di circa una ventina di metri e di ridotta estensione areale.

Si tratta in genere di rocce con elevate caratteristiche fisico-meccaniche, avendo valori del peso di volume compresi tra 24.0 e 28.0 kN/m³, della porosità tra 1 e 5% e della resistenza alla compressione tra 120 e 180 MPa. Le caratteristiche scadono sensibilmente nella parte più superficiale delle colate, a causa di una maggiore presenza di vuoti da degassazione e di livelli di alterazione meteorica, e nella parte inferiore delle stesse, per la presenza di livelli scoriacei.

Nell'insieme gli ammassi rocciosi sono condizionati dalle anzidette caratteristiche, ma anche dalla presenza del reticolo di fessurazione dovuto a fenomeni di contrazione termica. Tale reticolo, che presenta generalmente fessure longitudinali ed ortogonali al verso del flusso effusivo, isola porzioni di roccia talvolta inferiore al metro cubo. Pertanto su fronti verticali o subverticali e sotto particolari condizioni di intersezione tra il pendio ed i piani delle discontinuità, si possono verificare fenomeni di instabilità quali crolli, ribaltamenti e scivolamenti a cuneo.

Tufi

In questo gruppo sono state incluse le formazioni piroclastiche lapidee, ampiamente rappresentate nell'area di studio e coltivate fin dall'antichità per la produzione di materiale da costruzione e pietra ornamentale.

I litotipi più caratteristici e diffusi sono il Peperino (Ignimbrite Cimina) ed il Tufo Rosso a Scorie Nere (Ignimbrite C di Locardi), aventi caratteristiche fisico-volumetriche e meccaniche estremamente differenziate.

Il Peperino è il litotipo più diffuso e coltivato dell'apparato vulcanico Cimino. Si tratta di una colata piroclastica che costituisce un ampio plateau che si estende per circa 10-12 km di raggio intorno al centro eruttivo principale del M. Cimino con affioramenti da circa 700 m fino a 150 m s.l.m. La potenza della formazione è variabile da qualche decine di metri fino ad un massimo di 200 m.

Le determinazioni delle caratteristiche fisico-volumetriche e meccaniche più complete, effettuate su campioni di roccia in laboratorio, sono quelle riportate da Berry e Sciotti (1974). Da queste prove risultano valori del peso di volume secco compresi tra 19.3 e 21.1 kN/m³, della porosità tra 20 e 25 % e del peso specifico tra 25.9 e 26.3 kN/m³. Le caratteristiche meccaniche determinate riguardano la resistenza a compressione monoassiale, compresa tra 21.4 e 22.0 MPa, la resistenza a trazione, compresa tra 2.16 e 2.58 MPa, la coesione, compresa tra 9.5 e 10.1 MPa e l'angolo di attrito interno, compreso tra 29 e 34°.

Il Tufo Rosso a Scorie Nere è il prodotto della più estesa colata piroclastica del complesso vulcanico di Vico ampiamente rappresentato sul territorio (circa 1200 km²). Lo spessore della formazione è variabile da qualche metro fino a circa 20 m.

Le determinazioni delle caratteristiche fisico-volumetriche e meccaniche più complete, effettuate su campioni di roccia in laboratorio, sono quelle riportate da Ottaviani (1988). Da queste prove risultano valori del peso di volume secco compresi tra 11.0 e 13.1 kN/m³, della porosità tra 48 e 54 % e del peso specifico tra 24.5 e 26.1 kN/m³. Le caratteristiche meccaniche determinate riguardano la resistenza a compressione monoassiale, compresa tra 2.1 e 6.0 MPa, e la resistenza a trazione, compresa tra 0.29 e 0.97 MPa. I valori di resistenza a compressione risultano sensibilmente più bassi (circa del 50%) per le prove effettuate su campioni imbibiti.

Anche in questo caso la presenza di un fitto reticolo di fessurazione riduce notevolmente le caratteristiche d'insieme dell'ammasso roccioso. Sono state rilevate almeno quattro famiglie di discontinuità orientate N-S, E-O, NO-SE e NE-SO. Queste discontinuità possono condizionare, in funzione della spaziatura, dell'apertura e della scabrosità, la stabilità dell'ammasso roccioso dando luogo a fenomeni di crollo, ribaltamento e scivolamenti a cuneo, quando interagiscono condizioni topografiche e giaciture particolarmente sfavorevoli, quali quelle che si ritrovano in presenza di pendii verticali e di notevole altezza.

Depositi vulcanoclastici

In questo gruppo sono state incluse le formazioni piroclastiche sciolte o debolmente coerenti, ampiamente rappresentate nell'area di studio, e costituite in prevalenza da ceneri, pomici e scorie.

Nell'area in esame sono da distinguere i depositi vulcanoclastici in giacitura primaria da quelli che hanno subito i processi di alterazione e rimaneggiamento.

I terreni "in sede" sono compresi nel campo delle sabbie e limi. Gli elementi di origine pomicea e scoriacea contribuiscono a conferire al materiale pesi di volume naturali compresi nell'ambito $1.3-1.7 \text{ g/cm}^3$. L'ampia variabilità è da ricondurre alla diversa presenza delle componenti.

Per i depositi non in falda il contenuto d'acqua si aggira generalmente intorno al 20-30% per gradi di saturazione dell'ordine del 50%.

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica è da evidenziare che, data l'origine degli elementi (generalmente granuli a superficie scabrosa di dimensioni sabbioso-limose), questi materiali sono dotati di angoli di attrito mai inferiori ai $30-35^\circ$.

Completamente differenti sono, invece, le caratteristiche geologico-tecniche dei depositi vulcanoclastici soggetti ad alterazione e rimaneggiamento. Questi depositi posseggono caratteristiche estremamente variabili, connesse con l'origine dei materiali e con la natura dei processi geologici subiti.

Granulometricamente si tratta di limi argilloso-sabbiosi, con contenuti di frazione argillosa inferiore a 0.002 mm fino al 20%.

Le caratteristiche di plasticità, definite sulla frazione limoso-argillosa, sono nel campo medio con attività normale.

I pesi di volume del secco sono nell'intorno di $1.1-1.4 \text{ g/cm}^3$ ed occupano quindi un campo di estrema variabilità connesso soprattutto con le caratteristiche locali dei depositi che in generale sono di posizione superficiale. I contenuti d'acqua sono anch'essi variabili e nel campo 15-35%.

Per quanto riguarda le caratteristiche meccaniche è da sottolineare che i depositi, a prevalente composizione fine, possono avere valori di resistenza meccanica variabile in funzione sia delle caratteristiche fisico-volumetriche (peso di volume, contenuto d'acqua) che delle loro composizioni mineralogiche e granulometriche o di possibili fenomeni di sovraconsolidazione subiti.

Prove di taglio diretto alla scatola di Casagrande svolte su campioni rappresentativi limo-argillosi hanno evidenziato angoli di attrito e valori di coesione pari, rispettivamente, a 24° e 0.15 kg/cm^2 .

Nell'area in esame questi terreni non sono soggetti a particolari fenomeni di instabilità, considerata la loro presenza in aree essenzialmente pianeggianti. Quando però questi terreni rappresentano la copertura di formazioni litoidi possono dar luogo a fenomeni di erosione accelerata o a colamenti in occasione di precipitazioni intense o prolungate. Le condizioni più sfavorevoli per l'innescare di questi ultimi fenomeni sono i pendii dove è interrotta la continuità della copertura delle piroclastiti sciolte anche mediante scarpate di ridotta altezza.

8. Conclusioni

I risultati del censimento hanno portato a diversi risultati quali, l'identificazione di siti estrattivi non più attivi, alcuni dei quali bonificati ed a destinazione d'uso agricolo, taluni incolti, altri urbanizzati, altri ancora non bonificati ed adattati a deposito, nel migliore dei casi, oppure vere e proprie piccole discariche. La pericolosità di questi ultimi siti è funzione della quota a cui si trovano e della profondità della falda di base in quel punto.

Il tipo di materiale estratto influisce sulle condizioni, dopo diversi anni di inattività, dei siti coltivati. Non c'è dubbio sul fatto che le cave di pozzolana, le più diffuse sul territorio, abbiano un impatto ambientale minore sul territorio rispetto alle cave di materiale litoide (soprattutto il Peperino ed il Tufo Rosso a Scorie Nere), e questo per due ragioni:

- 1) a causa della grande disponibilità sul territorio viterbese (cfr. PAR. 2) l'estrazione di pozzolana ha interessato nella maggior parte dei casi, aree di modestissima entità. Si presuppone inoltre, che data la vicinanza con le infrastrutture viarie, tali "cave di prestito" siano state utili nel reperimento di materiale per rilevati stradali e ferroviari o per edilizia locale; al contrario le cave di Peperino e di Tufo Rosso a Scorie Nere hanno seguito una coltivazione più a larga scala, nel caso della cava "Anselmi", per esempio, anche di tipo industriale, impattando in maniera più incisiva sul territorio.
- 2) la lavorabilità di tali materiali ha permesso in molti casi la completa scomparsa del fronte escavato attenuando od eliminando del tutto le pendenze dovute alla coltivazione.

In conclusione, l'impatto ambientale generale dovuto all'attività estrattiva non è elevato. Esistono però 3 siti, (scheda 141- S.Cristoforo, schede 3 e 5 Monte Jugo), a ridosso della zona termale, la cui situazione dovrebbe essere migliorata, bonificandoli dai depositi di materiale presenti, per lo più di origine domestica, e proteggendoli da eventuali inquinamenti futuri, garantendo una recinzione adeguata per la protezione.

Bibliografia citata

- AA. VV. (2004) – Le cave nel Lazio. Regione Lazio. Assessorato per le Politiche delle Attività Produttive, Roma, 264 pp.
- Alberti A., Bertini M., Del Bono G. L., Nappi G., Salvati L. (1970) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 136 – Toscana – Foglio 142 – Civitavecchia. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Baiocchi A., Dragoni W., Lotti F., Luzzi G., Piscopo V. (2006) – Outline of the hydrogeology of the Cimino and Vico volcanic area and of the interaction between groundwater and Lake Vico (Lazio Region, Central Italy). Boll. Soc. Geol. It. 125, 187-202.
- Baldi P., Decandia F. A., Lazzarotto A., Calamai A. (1974) – Studio geologico del substrato della copertura vulcanica laziale nella zona dei laghi di Bolsena, Vico e Bracciano. Mem. Soc. Geol. It. 13, 575-606.
- Berry P., Sciotti M. (1974) – I peperini del Lazio. Proc. 1st Intern. Congress on Exploitation of Industrial Minerals and Rocks, Torino.
- Bertagnini A., Sbrana A. (1986) – Il vulcano di Vico: stratigrafia del complesso vulcanico e sequenze eruttive delle formazioni piroclastiche. Mem. Soc. Geol. It. 35, 699-713.
- Bertini M., D'Amico C., Deriu M., Tagliavini S., Vernia L. (1971 a) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 137 – Viterbo. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Bertini M., D'Amico C., Deriu M., Tagliavini S., Vernia L. (1971 b) – Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 143 – Bracciano. Servizio Geologico d'Italia, Roma.
- Borghetti G., Sbrana A., Sollevanti F. (1981) – Vulcano tettonica dell'area dei Cimini e rapporti cronologici tra vulcanismo cimino e vicano. Rend. Soc. Geol. It. 4, 253-244.
- Camponeschi B., Nolasco F. (1984) – Le risorse naturali della Regione Lazio. Monti Cimini e Tuscia Romana. Regione Lazio, Roma, 497 pp.

- Capelli G., Mazza R., Gazzetti C. (2005) - Strumenti e strategie per la tutela e l'uso compatibile della risorsa idrica nel Lazio. Gli acquiferi vulcanici. Pitagora editrice Bologna 186 pp.
- Locardi E. (1965) – Tipi ignimbrici di magmi mediterranei: le ignimbriti del vulcano di Vico. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. A72, 55-174.
- Nappi G. (2004) – Ignimbritic deposits in Central Italy: pyroclastic products of the Quaternary age and Etruscan footpaths. Field Trip Guide Book – P09, 32nd Intern. Geol. Congress, Florence , August 20-28, 2004, 32 pp.
- Nappi G., Marini A. (1986) – I cicli eruttivi dei Vulsini Orientali nell'ambito della vulcanotettonica del complesso. Mem. Soc. Geol. It. 35, 679-687.
- Nappi G., Renzulli A., Santi P., Gillot P. Y. (1995) – Geological evolution and geochronology of the Vulsini Volcanic District (Central Italy). Boll. Soc. Geol. It. 114, 599-613.
- Ottaviani M. (1988) – Proprietà geotecniche di tufi vulcanici italiani. Rivista Italiana di Geotecnica, XXII, 3, 173-178.
- Piscopo V., Barbieri M., Monetti V., Pagano G., Pistoni S., Ruggi E., Stanzione D. (2006) - Hydrogeology of thermal waters in Viterbo area, central Italy. Hydrogeol Journal 14, 1508-1521.
- Sollevanti F. (1983) – Geology, volcanology and tectonic setting of the Vico – Cimino area, Italy. Jour. Volc. Geol. Res. 17, 203-217.
- Vezzoli L., Conticelli S., Innocenti F., Landi P., Manetti P., Palladino D. M., Trigila R. (1987) – Stratigraphy of the Latera Volcanic Complex: proposals for a new nomenclature. Per. Mineral. 56, 89-110.

APPENDICE – Schede tecniche delle cave dismesse