

**AGGIORNAMENTI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO BACCATOIO  
EX EDEM  
“INTERVENTI PRIMO LOTTO”**

**Geol. Emilio Pistilli**

CONTENUTI: – RELAZIONE TECNICA

COMMITTENTE: **Amm.ne Com.le di Pietrasanta**



PRIMA STESURA

del 6 agosto 2015



REVISIONE

n.



del



REVISIONE

n.



del

Collaboratore:

**Geol. Iuri Pucci**

**GEOPROGETTI**  
studio associato

Via Venezia snc  
56038 PONSACCO (PI)  
tel./fax 0587 54001  
E-mail [geoprogetti.franchi@iol.it](mailto:geoprogetti.franchi@iol.it)

**INDICE**

|   |                  |
|---|------------------|
| <b><u>PREMESSA</u></b>  | <b><u>1</u></b>  |
| <b><u>METODOLOGIA DI LAVORO</u></b>   | <b><u>2</u></b>  |
| <b><u>1 - GEOLOGIA: CARATTERI GENERALI</u></b>  | <b><u>3</u></b>  |
| <b><u>2 - STRATIGRAFIA</u></b>  | <b><u>4</u></b>  |
| <b><u>2.1 - DOMINIO TOSCANO : Unità tettonica della Falda Toscana</u></b>                   | <b><u>5</u></b>  |
| <b><u>2.2 DOMINIO TOSCANO Unità tettonica di Massa</u></b>                                  | <b><u>6</u></b>  |
| <b><u>2.3 - DOMINIO TOSCANO “Autoctono” Aucct.</u></b>                                      | <b><u>7</u></b>  |
| <b><u>3 - TETTONICA</u></b>   | <b><u>10</u></b> |
| <b><u>3.1 Cataclasiti ad elementi di marne e dolomie (ctm)</u></b>                          | <b><u>11</u></b> |
| <b><u>3.2 Cataclasiti ad elementi di calcari retici e liassici (ctc)</u></b>                | <b><u>11</u></b> |
| <b><u>3.3 Depositi di origine carsica nelle cataclasiti (cts)</u></b>                       | <b><u>12</u></b> |
| <b><u>4 - STRUTTURE PRINCIPALI</u></b>  | <b><u>12</u></b> |
| <b><u>5 - ASSETTO DELLA FINESTRA TETTONICA DI SANT'ANNA</u></b>                             | <b><u>14</u></b> |
| <b><u>6 - CENSIMENTO DELLE DISCARICHE MINERARIE</u></b>                                     | <b><u>24</u></b> |
| <b><u>6.1 - Zona Monte Arsiccio</u></b>   | <b><u>24</u></b> |
| <b><u>6.2 - Zona Pollone</u></b>  | <b><u>26</u></b> |
| <b><u>6.3 - Zona Stabilimento Rezzaio</u></b>   | <b><u>29</u></b> |
| <b><u>6.4 - Zona Le Basse di Monte Arsiccio</u></b>   | <b><u>30</u></b> |
| <b><u>6.5 - Alveo del Torrente Baccatoio</u></b>  | <b><u>30</u></b> |
| <b><u>7 - DEPOSITI DETRITICI DI ORIGINE ANTROPICA ALL'ESTERNO<br/>DEI SITI MINERARI</u></b> | <b><u>31</u></b> |
| <b><u>8 - CENSIMENTO SORGENTI</u></b>   | <b><u>31</u></b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>9 - DRENAGGI DI MINIERA</b>                                     | <b>34</b> |
| <b>10 – MISURE DI PORTATA LUNGO L'ALVEO DEL TORRENTE BACCATOIO</b> | <b>35</b> |
| <b>11 – SCHEMA IDROGEOLOGICO PRELIMINARE</b>                       | <b>38</b> |
| <b>12 – SCHEMA IDROGEOLOGICO PRELIMINARE</b>                       | <b>43</b> |
| <b>BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE</b>                                     | <b>47</b> |

## **AGGIORNAMENTI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL SITO BACCATOIO EX EDEM “INTERVENTI PRIMO LOTTO”**

### **RELAZIONE TECNICA**

---

#### **PREMESSA**

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Pietrasanta è stato condotto uno studio geologico ed idrogeologico nella valle del Torrente Baccatoio.

Gli esiti di questo studio vanno a completare ed aggiornare il quadro conoscitivo utilizzato per la predisposizione del Piano di Caratterizzazione del sito Baccatoio, in quanto la scoperta della presenza di Tallio nell'acqua della sorgente dei Mulini, la cui acque venivano utilizzate a scopi idropotabili, ha aperto nuovi scenari di rischio.

In particolare l'incarico affidato dall'Amministrazione Comunale era finalizzato alla ricostruzione della carta geologica dell'area compresa tra le diverse miniere esistenti nell'area del Torrente Baccatoio ed alla ricostruzione dello schema idrogeologico dell'intera valle, anche attraverso l'ispezione ed il censimento di tutte le sorgenti.

L'incarico prevedeva inoltre la ricostruzione della cartografia di dettaglio dell'intera valle del Torrente Baccatoio, attraverso l'utilizzo dei dati Lidar e, con specifico riferimento alla zona mineraria del Pollone, anche la validazione della cartografia mediante rilievo planoaltimetrico di dettaglio.

In ciò che segue vengono esposti i dati acquisiti e le conclusioni raggiunte nel corso del primo periodo di rilevamento che si è svolto nell'intervallo di tempo giugno/luglio 2015.

In particolare si relaziona in merito agli esiti:

1. del rilevamento geologico-strutturale
2. della prima fase del censimento delle sorgenti e della ricostruzione dello schema idrogeologico.

Nel corso del rilevamento geologico-strutturale si è proceduto anche al censimento dei detriti di miniera redigendo per ognuno degli ammassi una scheda, con la valutazione dei quantitativi, la descrizione della tipologia di materiale, dello stato di inerbimento e delle

condizioni di equilibrio.

Il rilevamento planoaltimetrico dell'area del Pollone è stato rinviato al periodo settembre/ottobre, non essendo strettamente necessario per l'aggiornamento del Piano di Caratterizzazione.

## **METODOLOGIA DI LAVORO**

Il rilevamento geologico-strutturale è stato impostato a partire dalla carta geologica redatta a supporto del Progetto CARG, e dalla carta geologica dell'alta Versilia Meridionale redatta dal Prof. L. Carmignani sulla base di rilievi eseguiti tra il 1972 ed il 1975.

L'area in esame ricade all'interno del Foglio 260 VIAREGGIO del progetto CARG, restituito in base ai rilevamenti eseguiti negli anni 1998-2001, nell'ambito del progetto condotto dal Prof. A. Lazzarotto, sotto il coordinamento scientifico del Prof. L. Carmignani.

La carta geologica prodotta in questa sede, introduce alcuni elementi di novità rispetto alle carte già esistenti ed in particolare viene messa in dubbio la presenza di alcune delle più grandi frane cartografate da diversi autori nella zona compresa tra la sorgente dei Mulini e le Basse di Monte Arsiccio.

Le estese porzioni di detrito presenti lungo il versante, pur essendo interessate da fenomeni di dissesto, sono infatti a nostro parere da ricondurre più alle brecce tettoniche e ai fenomeni di carsificazione che si sviluppano nella porzione basale del Calcare Cavernoso, che a veri e propri fenomeni gravitativi che avrebbero interessato l'intero versante.

Un altro elemento di novità rispetto alle conoscenze pregresse è costituito dall'individuazione di alcune faglie dirette, collegate alla tettonica distensiva, alle quali va ricondotto l'assetto generale del versante al di sotto di Casa Lenzo.

Per lo studio degli aspetti idrogeologici sono stati eseguiti ripetuti sopralluoghi in corrispondenza delle varie sorgenti finora censite, nel corso dei quali è stato individuato un nuovo punto di emergenza al di sotto delle Basse di Monte Arsiccio, che riteniamo debba essere incluso nel programma di analisi già impostato, perché sicuramente interessante

sia per la comprensione della circolazione ipodermica che delle cause dell'inquinamento. I risultati, in questo caso, sono da intendersi preliminari in quanto i prelievi dovranno essere ripetuti anche nel periodo autunnale ed invernale, in modo da avere il quadro completo delle oscillazioni delle portate per ognuna delle sorgenti monitorate.

## **1 - GEOLOGIA: CARATTERI GENERALI**

Le conoscenze geologico-strutturali sull'area in esame, derivano da una innumerevole serie di lavori che hanno inizio nel 1800. Tra i primi e più importanti studi, sono da ricordare i rilevamenti geologici di Domenico Zaccagna che per primo produsse (a cavallo del 1900) la cartografia in scala 1:25.000 di tutte le Alpi Apuane.

A partire dagli anni trenta alcuni geologi nord europei applicarono le prime interpretazioni faldiste all'Appennino Settentrionale, segnalando la presenza di importanti sovrascorrimenti e di unità tettoniche sovrapposte: Staub (1932) Wijkerslooth (1934).

Dopo anni di controversie circa le modalità di messa in posto della catena Apuana, l'interpretazione faldista fu definitivamente accettata con i lavori di Trevisan (1950) e Merla (1951),

Negli anni successivi, grazie al contributo delle tecniche di geologia strutturale ed alla analisi microscopica delle rocce, sono state distinte le fasi tettoniche che hanno interessato le Apuane e le facies metamorfiche che hanno interessato le varie unità Tettoniche.

Lo studio geologico-strutturale che riassume tutte le conoscenze fin qui acquisite è rappresentato dalla Carta Geologica alla scala 1:50.000 foglio 260 Viareggio, a cura di L.Carmignani, M.Meccheri, et alii, alle cui note illustrative si rimanda per una ricostruzione più approfondita degli studi precedenti.

Nell'area in esame, nota in letteratura come Finestra di Sant'Anna, affiorano sia i terreni metamorfici più profondi della catena dell'Appennino settentrionale, che le unità tettoniche strutturalmente più elevate a minor grado di metamorfismo.

In particolare, dal basso verso l'alto, si riconoscono le seguenti Unità Tettoniche.

- a) Unità tettonica dell'Autoctono Auctt.
- b) Unità tettonica di Massa
- c) Unità tettonica della Falda Toscana

Le modalità di messa in posto, e la storia deformativa di tali unità, sono state ampiamente studiate. Per gli scopi del presente lavoro è necessario sapere che a partire dall'Oligocene superiore (28 Ma) si realizzano le fasi compressive denominate Toscane, durante le quali, le Unità Liguri (non affioranti nell'area di studio) si accavallano sul domino toscano dando luogo al cuneo orogenetico dell'Appennino settentrionale. Durante questa fase, l'Unità della falda toscana è deformata ed interessata da un basso grado di metamorfismo.

Le sottostanti Unità dell'Autoctono Auctt e di Massa, sono invece intensamente deformate con pieghe isoclinali chilometriche raggiungendo il metamorfismo in facies di scisti verdi, leggermente più intenso nella Unità di Massa.

Dal Tortoniano (11 Ma), si sviluppa una importante fase distensiva caratterizzata da faglie dirette che interessano tutto il margine interno dell'Appennino settentrionale.

Durante questa fase si sviluppano i graben del Serchio, della Versilia, e si ha il sollevamento isostatico del complesso apuano, con denudazione delle Unità superiori ed esumazione del complesso metamorfico profondo.

La distensione si realizza nell'Unità tettonica più profonda, Autoctono Auctt., mediante zone di taglio duttili, e nelle unità più superficiali mediante faglie dirette e rotazione di blocchi.

I due complessi sono separati da un orizzonte pressoché continuo di cataclasiti costituite da elementi metamorfici e non (Calcare Cavernoso) che ha funzionato come superficie di thrust vergente verso NE durante le fasi compressive, e come superficie di scollamento durante la tettonica distensiva.

## **2 - STRATIGRAFIA**

Le unità tettoniche affioranti nell'area in esame appartengono tutte al Domino Toscano. Nelle porzioni superiori, sono ancora riconoscibili i caratteri stratigrafici delle varie formazioni, seppur deformati dai sovrascorrimenti, mentre nelle porzioni inferiori, il metamorfismo che ha raggiunto la facies di scisti verdi, ha obliterato gli originari caratteri stratigrafici.

In ogni caso, tutte le unità hanno subito gli effetti della tettonica, con laminazioni ed elisioni sia di singole formazioni che di intere successioni stratigrafiche. I rapporti di giacitura tra le unità tettoniche sono sempre fortemente discordanti ed indicano importanti sovrascorrimenti tra le varie unità. A causa di ciò, gli spessori sono difficilmente valutabili

ed in affioramento è quasi sempre impossibili riconoscere la base ed il tetto stratigrafico delle formazioni.

In particolare, l'intera valle del Fosso dei Mulini (da ora in poi Torrente Baccatoio) costituisce una finestra tettonica, nella quale, si riconoscono dal basso verso l'alto due unità tettoniche: L'Autoctono, e la Falda Toscana. L'Unità di Massa, emerge più a sud, a valle di Valdicastello, in finestra al di sotto della Falda Toscana.

## **2.1 - DOMINIO TOSCANO : Unità tettonica della Falda Toscana**

Ai margini della valle del Baccatoio, ed al di sopra dell'Autoctono Auctt. giace l'Unità tettonica della Falda Toscana, rappresentata in questa zona solo dalle formazioni basali, del Calcare Cavernoso (CCA), e dei calcari e marne a *Rhaetavicula contorta* (RET).

### **Calcare Cavernoso (CCA)**

Questa formazione è costituita da calcari, dolomie e calcari dolomitici a cui si associano brecce a prevalenti elementi dolomitici (vedasi foto 3.2). Queste litologie sono derivate da originari depositi carbonatici di ambiente evaporitico con caratteristica struttura vacuolare. Tale struttura è legata in parte alla dissoluzione di originari cristalli di sali, ed in parte a processi di dissoluzione tardiva.

Il Calcare Cavernoso ha rappresentato il livello preferenziale di scorrimento dell'Unità tettonica della Falda Toscana e del suo sovrascorrimento sopra le Unità metamorfiche, durante tutte le fasi deformative, sia quelle compressive che quelle estensionali.

A conferma di ciò, alla base ed al tetto di tale formazione, sono presenti importanti livelli cataclastici, che in carta sono stati distinti sulla base del loro contenuto in litici.

Nell'area in esame, il Calcare Cavernoso affiora a partire dalla base dei rilievi nei dintorni di Valdicastello, che delimitano verso Est la pianura alluvionale di Pietrasanta, fino alla quota di 840 m s.l.m.

L'intensa deformazione subita dalla formazione, non permette mai di osservare i suoi caratteri stratigrafici primari.

Il Calcare Cavernoso poggia con contatto tettonico indifferentemente su tutte le sottostanti Unità, ed anche al tetto, il contatto con i sovrastanti calcari retici e ovunque privo dei



caratteri stratigrafici, ed assume quasi sempre i caratteri di un contatto tettonico.

Gli spessori sono difficilmente valutabili. Una possibile stima può essere fatta a monte della miniera di Monte Arsiccio, dove i calcari affiorano dalla quota di 640 fino alla quota di 840 m s.l.m., generando uno spessore massimo di circa 200 metri.

L'età della formazione è attribuita al Norico superiore.

Nella carta geologica in allegato, al tetto ed alla base del Calcare Cavernoso, abbiamo distinto alcune brecce che si sono generate durante le fasi tettoniche distensive.

Le cataclasiti sono state distinte in due generazioni, sia per la loro posizione che per la struttura e la natura dei clasti. Considerata la genesi di queste litologie legata alle fasi deformative, la loro descrizione è riportata nel capitolo dedicato alla Tettonica.

#### Calcare a marne a *Rhaetavicula contorta* (RET)

Questa formazione affiora nella parte alta del versante di Monte Gabberi, al limite est dell'area studiata, e poggia al di sopra della formazione del Calcare Cavernoso.

In affioramento è rappresentata da calcari e calcari marnosi di colore grigio nerastro, alternati a marne ed argilliti di colore nerastro. I calcari sono in strati di potenza variabile fino a circa 10 metri. Lo spessore massimo della formazione si rileva in corrispondenza della parte sommitale di Monte Gabberi, dove supera di poco i 100 metri. L'età della formazione è attribuita al retico.

#### Macigno (MAC)

Questa formazione si ritrova in due piccoli lembi cartografati in località la Culla. Si tratta di arenarie quarzoso-feldspatiche alternate a strati siltitici ed argilitici.

L'età della formazione è compresa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene inferiore.

## **2.2 DOMINIO TOSCANO Unità tettonica di Massa**

#### Formazione del Monte Folgorito (MFG, MFGa)

Nell'area di interesse, l'Unità tettonica di Massa affiora subito a sud di Valdicastello, ai margini della valle del Torrente Baccatoio, lungo un allineamento diretto circa NO-SE, delimitato ai bordi da faglie distensive.

L'unità è rappresentata da metarenarie e metapeliti acide interessate da un basso grado di metamorfismo (MFG) in cui sono intercalate lenti di conglomerati (MFGa).

In affioramento si presentano sono generalmente di colore verdastro, con abbondante matrice Filladica grigia.

Il membro MFGa è rappresentato da metaconglomerati con ciottoli da centimetrici a decimetrici costituiti da metamorfiti del basamento ercinico (quarziti e Filladi) dispersi in matrice metapelitica grigia.

Nell'area di interesse è presente un solo piccolo affioramento in località Sanità, in destra idrografica del Torrente Baccatoio a quote comprese tra 220 e 240 m s.l.m.

In sinistra idrografica del Torrente Baccatoio, lungo il versante che conduce all'abitato di Montiggiori, al di sopra delle metapeliti, si ritrovano le cataclasiti ad elementi di marne e dolomie (ctm), che nelle fasce a diretto contatto con le metapeliti generano i depositi di origine carsica sopra descritti (cts)

### **2.3 - DOMINIO TOSCANO “Autoctono” Auctt.**

Al centro della finestra tettonica di S. Anna affiora l'autoctono, rappresentato dalla Serie toscana metamorfosata, qui estremamente condensata rispetto alla porzioni affioranti più a Nord.

Gli spessori complessivi sono difficilmente valutabili a causa delle frequenti laminazioni tettoniche che in alcuni casi contribuiscono a ridurre gli spessori, ma in altri generano raddoppi di serie.

#### **Filladi Inferiori (FAF)- basamento Ercinico**

Nell'area di studio, il basamento ercinico è rappresentato dalle Filladi inferiori (FAF). Queste sono costituite da Filladi quarzitico-muscovitiche grigio-scure alternate a livelli di spessore variabile di quarziti grigio-chiare. Le Filladi che sono state oggetto delle passate attività minerarie, e che affiorano estesamente nella finestra tettonica di Sant'Anna, elidono la normale serie dell'Autoctono, secondo nette superfici di accavallamento.

Lo spessore reale di questa formazione non è valutabile in quanto non affiora mai la sua base, che non è stata raggiunta neanche nel corso di due sondaggi fatti eseguire in

passato dalla società EDEM in prossimità delle miniere di Monte Arsiccio. Questi sondaggi hanno attraversato tutta la serie dell'Autoctono fermandosi poi all'interno delle Filladi del basamento.

L'età della formazione è attribuita al Cambriano-Ordoviciano inferiore

#### Porfiroidi e Scisti Porfirici (PRS)

Questa formazione affiora fuori dalla finestra di Sant'Anna, in prossimità della miniera dell'Argentiera, nella parte più alta del Fosso del Fondo. Non è stato oggetto di rilevamento diretto durante questa fase di lavori, per cui la descrizione è estratta direttamente dalla bibliografia.

La formazione è costituita da quarziti e Filladi quarzitiche di colore grigio-chiaro e verde-chiaro.

L'età è attribuita all'Ordoviciano medio

#### Grezzoni (GRE) - successione mesozoica e terziaria

Nel fondovalle del Torrente Baccatoio, affiorano le dolomie del Norico-Retico (Grezzoni), costituite da dolomie grigie e grigio scure in strati da metrici a plurimetrici con spessori massimi valutabili in circa 200 metri.

I Grezzoni che affiorano nella parte bassa del fondovalle, si presentano generalmente molto compatti, anche se non è da escludere la presenza di cavità e fessure importanti, una delle quali, denominata Buca dell'Angina è stata oggetto della pregressa attività mineraria.

I Grezzoni che invece affiorano al di sopra delle Filladi erciniche, immediatamente al di sotto del Calcare Cavernoso, sono estremamente laminati, brecciati e fratturati, a causa delle intense deformazioni subite in condizioni di basso metamorfismo, nelle quali le rocce dolomitiche conservano la fragilità. In alcuni casi ai Grezzoni sono associati importanti volumi di cataclasiti a cemento carbonatico molto simili alle cataclasiti associate alla formazione del Calcare Cavernoso.

L'età è attribuita al Norico.

#### Marmi delle Apuane (AUN) - successione mesozoica e terziaria

La formazione dei Marmi delle Apuane affiora in modo pressoché continuo lungo l'intera finestra tettonica, al di sopra dei Grezzoni.

I Marmi sono rappresentati da metacalcari massicci, bianchi e grigi. Lo spessore è variabile, ma comunque contenuto entro pochi metri o decine di metri. I migliori affioramenti sono visibili lungo il versante destro del Torrente Baccatoio, subito sopra la Sorgente della Vite, o in sinistra idrografica, subito prima del guado che conduce alla suddetta sorgente. Qui, una frana recente, ha messo in evidenza un discreto spessore di Marmi grigio chiari che sono sormontati, secondo un contatto tettonico, dalle Filladi erciniche. L'età è attribuita all'Hettangiano.

*Marmi Cipollini (SSR1 )- successione mesozoica e terziaria*

Al di sopra dei Marmi affiorano in modo discontinuo lembi di calcescisti e Marmi a clorite, di colore verde, o grigio verdastro, al cui interno si distinguono interstrati metapelitici, noti in letteratura con il nome di Cipollini. Il miglior affioramento è visibile lungo la strada che conduce a Sant'Anna, alla quota di 534,5 m s.l.m. in corrispondenza di un tornante della viabilità. L'età è attribuita all'intervallo Aptiano-Oligocene inferiore.

*Pseudomacigno (PSM )- successione mesozoica e terziaria*

La serie dell'autoctono si chiude verso l'alto con depositi torbiditici costituiti da metarenarie ed ardesie. Questa formazione è il corrispettivo metamorfico della formazione del Macigno della Falda Toscana. Il medio- basso grado di metamorfismo subito dalla formazione ha consentito la conservazione delle originarie gradazioni delle bancate arenacee che passano verso l'alto a metapeliti ed ardesie che a luoghi raggiungono spessori notevoli, anche di diversi metri. Il migliore affioramento di questa formazione è presente lungo la strada che conduce a Sant'Anna, poco prima dell'abitato, a quote comprese tra 540 e 580 m s.l.m.

### **3 - TETTONICA**

L'assetto geologico dell'area in esame, e più in generale delle Alpi Apuane, è il risultato di diverse fasi deformative, prima costrizionali, nelle fasi di impilamento delle falde, e successivamente estensionali, nelle fasi di esumazione del basamento ercinico.

In letteratura, viene usualmente attribuita il termine “Fase D1” agli eventi legati al regime compressivo, ed il termine “Fase D2” agli eventi deformativi legati alle fasi di esumazione. Il modello deformativo, ormai univocamente accettato, prevede che durante la prima fase deformativa, avvenuta in regime compressivo, si siano sviluppate pieghe chilometriche isoclinali aventi vergenza verso NE. Durante questa fase si realizza quindi l'impilamento delle varie falde. La seconda fase deformativa avviene in regime prevalentemente distensivo e genera anch'essa pieghe isoclinali chilometriche. A questa fase è associato anche lo sviluppo di importanti zone di taglio che producono rocce cataclastiche e milonitiche e determinano laminazioni ed elisioni di serie.

Lungo i contatti tettonici che si generano in questa fase, e che si sviluppano tra le Filladi paleozoiche e le formazioni a contatto, si impostano le principali mineralizzazioni presenti nella Zona (Buca dell'Angina. Monte Arsiccio, le Basse di Monte Arsiccio, Verzalla, etc.)

Per quanto riguarda il rilevamento strutturale svolto, riteniamo che in campagna, all'interno dell'Autoctono, la foliazione principale sia sempre da ricondurre alla Fase D2 che genera una scistosità di piano assiale, molto pervasiva alla scala dell'affioramento che viene indicata con il termine S2 (come riportato anche nelle note illustrative alla carta geologica, foglio 260 Viareggio, e motivato anche sulla base di evidenze sia microscopiche che macroscopiche).

Le misure riportate nella carta Geologica sono quindi sempre da considerarsi relative alla scistosità S2.

All'interno dell'Unità tettonica della Falda Toscana, rappresentata nell'area solo dal Calcare Cavernoso e dai Calcari a *Rhaetavicula*, la Fase D2 provoca l'intensa cataclasi della formazione del Calcare Cavernoso, sia verso il basso, al contatto con le sottostanti Filladi o Grezzoni, sia verso l'alto al contatto con i Calcari a *Rhaetavicula*.

Nella carta geologica in allegato, redatta a partire da quella a disposizione (progetto

CARG) a tetto ed alla base del Calcare Cavernoso, abbiamo distinto alcune brecce tettoniche generate durante le tettoniche distensive.

Le cataclasiti sono state distinte in due generazioni, sia per la loro posizione che per la struttura e la natura dei clasti:

### 3.1 Cataclasiti ad elementi di marne e dolomie (ctm)

Si ritrovano nella porzione basale del Calcare Cavernoso, al contatto con i sottostanti Grezzoni o Filladi, ed in parte sono state oggetto di coltivazione mineraria. Si tratta di brecce tettoniche generate dal sovrascorrimento della serie non metamorfica al di sopra del substrato metamorfico, e costituite da elementi di Marmi, calcari e calcari dolomitici. Le dimensioni dei clasti sono molto eterogenee, ma sono comprese entro pochi decimetri, la forma dei clasti è sempre a spigoli vivi. Una bella esposizione di tale litologia si ritrova nel pianoro immediatamente a Nord della sinkhole della miniera di Monte Arsiccio, a quote comprese tra 630 e 640 m s.l.m.

L'assenza di tracce di metamorfismo testimonia che la breccia si sia sviluppata durante la tettonica distensiva legata al sollevamento.

### 3.2 Cataclasiti ad elementi di calcari retici e liassici (ctc)

Affiorano nella parte alta della formazione del Calcare Cavernoso, e formano un caratteristico sperone che si estende lungo il versante sud-occidentale di Monte Gabberi. Si tratta di brecce tettoniche di composizione eterogenea costituite esclusivamente da elementi carbonatici. I clasti hanno taglia media di alcuni centimetri.

La matrice è calcarea e in affioramento queste cataclasiti sono quasi ovunque molto compatte e tenaci.

Anche in questo caso, l'assenza di tracce di metamorfismo testimonia che la breccia si sia sviluppata durante la tettonica distensiva legata al sollevamento.

In particolari condizioni di giacitura, quando le cataclasiti alla base del Calcare Cavernoso si ritrovano a diretto contatto con le formazioni Filladiche impermeabili, si sviluppano al loro interno importanti cavità carsiche. Quando è stato possibile farlo, all'interno delle cataclasiti è stato quindi cartografato un ulteriore membro:

### 3.3 Depositi di origine carsica nelle cataclasiti (cts)

Queste brecce, sono di certa origine sedimentaria ed affiorano al di sopra delle Filladi dell'Autoctono, all'interno della Finestra tettonica di Sant'Anna e a Ovest di Monteggiori, al di sopra delle Filladi dell'Unità di Massa.

All'interno delle cavità carsiche, le acque ipogee depositano un cemento terrigeno carbonatico fine che precipitando ingloba frammenti spigolosi di Filladi, metarenarie e Marmi.

I clasti sono rappresentati da Filladi con frammenti di metarenarie e metacalcari. I frammenti variano da pochi millimetri ad alcuni centimetri. La matrice è costituita dalla frazione granulometrica più fine dei clasti e da quantità variabili di un cemento di colore ocra a composizione terrigena medio-fine con subordinata componente carbonatica.

La matrice è del tutto priva di ricristallizzazioni e/o deformazioni pervasive e l'età è quaternaria.

#### 4 - STRUTTURE PRINCIPALI

Le strutture principali che si riconoscono nell'area analizzata, sono l'antiforme di Monte Gabberi e l'antiforme di Monteggiori.

Queste fanno parte di grandi strutture ad asse NO-SE che delimitano la terminazione verso sud dei rilievi Apuani.

Nella zona pedemontana, si riconosce l'antiforme di Monteggiori con a nucleo le metamorfiti dell'Unità di Massa che affiorano sui rilievi circostanti l'abitato di Valdicastello.

La seconda antiforme, molto imponente per la presenza di un grande sperone di Calcari a *Rhaetavicula* al top della serie, si sviluppa nella zona montana ed ha come zona di cerniera la dorsale M.Lieto, M.Gabberi.

L'asse dell'antiforme, orientato NO-SE ed immergente verso SE, passa nella zona delle miniere di Monte Arsiccio, dove si rileva il cambio di immersione delle scistosità nelle Filladi.

La loro immersione varia da SO in corrispondenza del fianco occidentale della struttura, che va dalla miniera del Pollone fino alla parte più bassa delle miniere di Monte Arsiccio, a NE lungo il fianco orientale che va dalla zona più alta della miniera di Monte Arsiccio fino alla valle del Vezza.

A valle della miniera di Monte Arsiccio, il Torrente Baccatoio incide il fianco occidentale dell'antiforme, rendendo visibili, nella finestra tettonica di Sant'Anna una successione parziale dell'Unità dell'Autoctono al di sotto della Falda Toscana.

Le due antiformi sono collegate dalla sinforme di Valdicastello, la cui strutturazione è evidente lungo il versante sud-orientale di Monte Anchiana, al di fuori dell'area studiata.

Secondo la letteratura, queste grandi strutture, sono legate alla Fase D2 e deformano pieghe chilometriche isoclinali messe in posto durante le fasi deformative compressionali (Fase D1). Il loro sviluppo è legato a faglie dirette immergenti verso SO, e faglie antitetiche a queste dirette verso NE.

Nelle ultime fasi dell'esumazione del basamento ercinico Apuano, si sviluppa un ulteriore sistema di faglie dirette, maggiormente concentrate nelle unità superiori, che isolano piccole depressioni tettoniche all'interno di blocchi sollevati di maggiori dimensioni.

Anche queste faglie sono dirette NO-SE ed immergono principalmente verso SO.



Nei sistemi già riconosciuti in letteratura, (sinforme di Corsanico e sinforme di Marignana), il rigetto delle faglie non è importante, probabilmente non superiore ad alcune centinaia di metri.

## **5 - ASSETTO DELLA FINESTRA TETTONICA DI SANT'ANNA**

A partire dalle conoscenze di letteratura, che abbiamo sinteticamente esposto finora, è stata impostata la campagna di rilevamento geologico-strutturale della valle del Baccatoio, con particolare riguardo alla zona compresa tra la miniera di Monte Arsiccio, l'abitato di Sant'Anna, e la miniera del Pollone.

Il rilevamento eseguito è stato elaborato a partire dai dati a disposizione, consistenti nelle carte geologiche redatte a supporto del Progetto CARG, e nella carta geologica dell'Alta Versilia Meridionale redatta dal Prof. L. Carmignani sulla base di rilievi eseguiti tra il 1972 ed il 1975.

Hanno inoltre fornito importanti informazioni la Carta Geologica redatta dal Geol. Rinaldo Musetti nel maggio del 2006 a supporto del Piano Strutturale di Stazzema e la Carta Geologica redatta dal Geologo Domenico Zaccagna nel 1894, che rappresenta la prima Carta Geologica dell'intero complesso delle Apuane.

Dal fondo del Fosso dei Mulini (Baccatoio) verso l'alto, si riconosce una successione normale, seppur fortemente laminata dell'Unità dell'Autoctono. Nella parte più bassa della serie, affiorano le dolomie del Norico-retico (Grezzoni), al di sopra si ritrova un esiguo livello di Marmi Liassici, che migrano verso l'alto al Flysch terziario (pseudomacigno) attraverso una decina di metri di calcescisti e Marmi cipollini.

La base di questa serie è rappresentata dalle Filladi paleozoiche, che non affiorano nell'area in esame, ma che si ritrovano alla base della sequenza descritta, più a nord nella valle della Vezza.

Al di sopra di questa sequenza giace in contatto tettonico una ulteriore porzione fortemente laminata dell'Unità dell'Autoctono, rappresentata esclusivamente da Filladi e Grezzoni. Questi due termini rappresentano il fianco diritto di una anticlinale chilometrica, generatasi durante la prima fase deformativa D1, che trova la sua cerniera in corrispondenza degli estesi affioramenti di Pseudomacigno nella valle del Vezza, verso Pomezzana.

La seconda fase generatasi in regime distensivo D2, porta poi allo scorrimento verso SO di interi blocchi di successione, lungo zone di taglio all'interno delle quali si impostano le

principali mineralizzazioni presenti nella zona, oggetto di passata attività mineraria (Buca dell'Angina, miniera del Pollone, miniera di Monte Arsiccio, miniera del canale della Radice).

Una sezione esplicativa dell'assetto ricostruito è riportata in figura 1, nella quale abbiamo evidenziato la zona compresa tra la miniera di Monte Arsiccio e la miniera del Pollone.

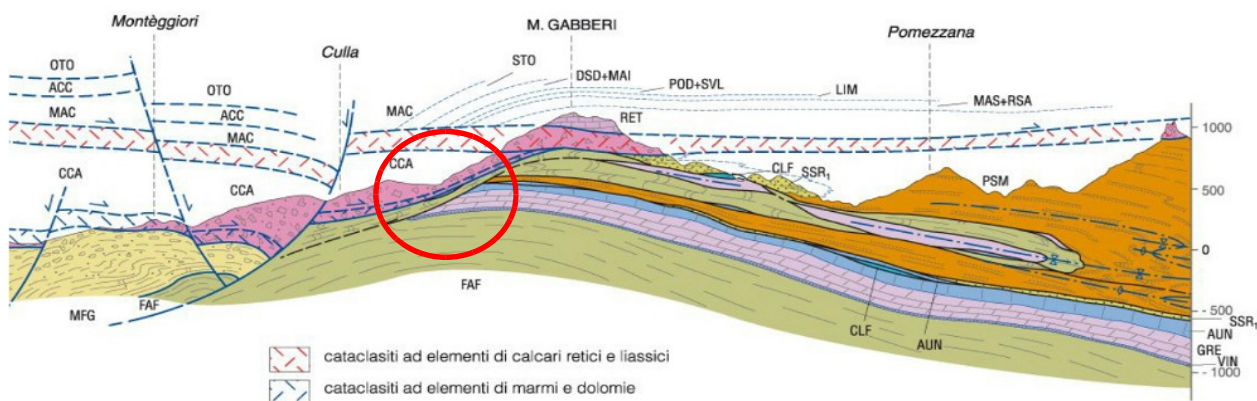


Figura 1: sezione geologica estratta dal foglio 260 Viareggio-progetto CARG. In evidenza la zona compresa tra la miniera di Monte Arsiccio e la Miniera del Pollone.

L'assetto tettonico riportato all'interno del cerchio rosso è ben rappresentato nella porzione NO della finestra, dal Torrente Baccatoio all'abitato di Sant'Anna.

In particolare, la laminazione dei Grezzoni, dei Marmi e dello Pseudomacigno, al di sotto delle Filladi sovrascorse è evidente lungo il versante che scende dalle ultime case dell'abitato di Sant'Anna verso sud (località valle Cava), fino al fondo valle del Fosso del Torrente Baccatoio, in corrispondenza della sorgente la Vite.

Qui, Le Filladi affioranti a valle della sorgente, sono dirette circa N110 ed immergono con pendenze elevate di 50/60° verso Sud, interrompendo la sequenza rappresentata dai termini dei Grezzoni, dei Marmi e dello Pseudomacigno, che pur avendo stesse direzioni, immergono con angoli molto minori (20/30° Sud).

Salendo in quota, anche le Filladi presentano immersioni più deboli e la loro giacitura si uniforma a quelle delle formazioni sottostanti secondo la classica scistosità di piano assiale. Così oltrepassando il fosso delle piastre e proseguendo verso la Località Sennari, i piani di scistosità tendono ad assumere blande pendenze ed in alcuni casi a vergere verso NE marcando così la zona di cerniera dell'antiforme di Monte Gabberi.

L'assetto tettonico descritto per la porzione NO della finestra tettonica, si riconosce solo in parte nel settore SE.

Difatti mentre sul versante Nord, a partire dalla zona della sorgente dei Mulini, il contatto tra le Filladi e le sottostanti formazioni sale repentinamente di quota fino a raggiungere l'abitato di Sant'Anna, sul versante Sud lo stesso contatto resta contenuto a quote più Basse rimanendo poco al di sopra della quota del fondovalle del Rio, fino in prossimità della miniera di Buca dell'Angina.

Anche gli spessori delle formazioni sembrano differire sostanzialmente. Ad esempio i Marmi e lo Pseudomacigno si seguono molto bene lungo il versante sottostante Sant'Anna, mentre sono fortemente laminati e difficilmente osservabili lungo il versante compreso tra Monte Arsiccio ed il Torrente Baccatoio. Al contrario, i Grezzoni al di sopra delle Filladi sono ben esposti lungo il versante sud, e mancano quasi del tutto nella zona di Sant'Anna.

Inoltre nelle gran parte delle cartografie geologiche a disposizione parte del versante sud della finestra è mascherato da estesi corpi franosi, che interessano il versante sottostante Monte Arsiccio, dalla sorgente Lenzo, fino al fondovalle del Torrente.

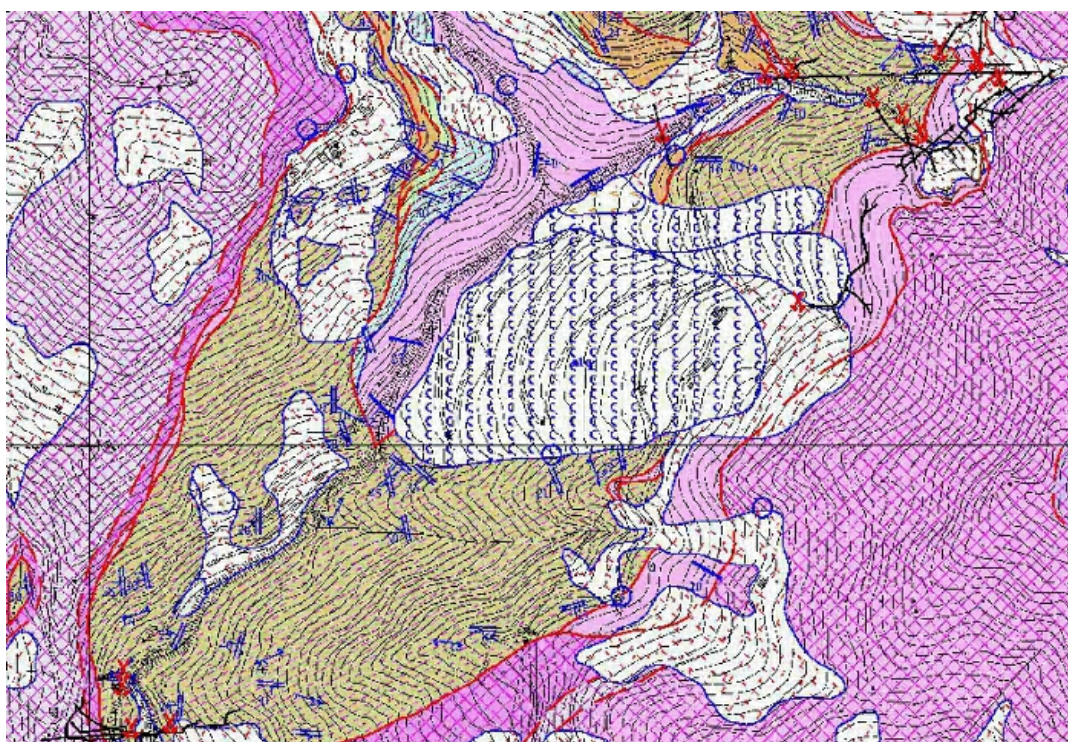


Figura 2: Carta geologica in scala 1:10.000 redatta a supporto del progetto CARG, la geologia dell'area compresa tra la sorgente dei Mulini e le Miniere delle Basse di Monte Arsiccio è completamente mascherata da frane



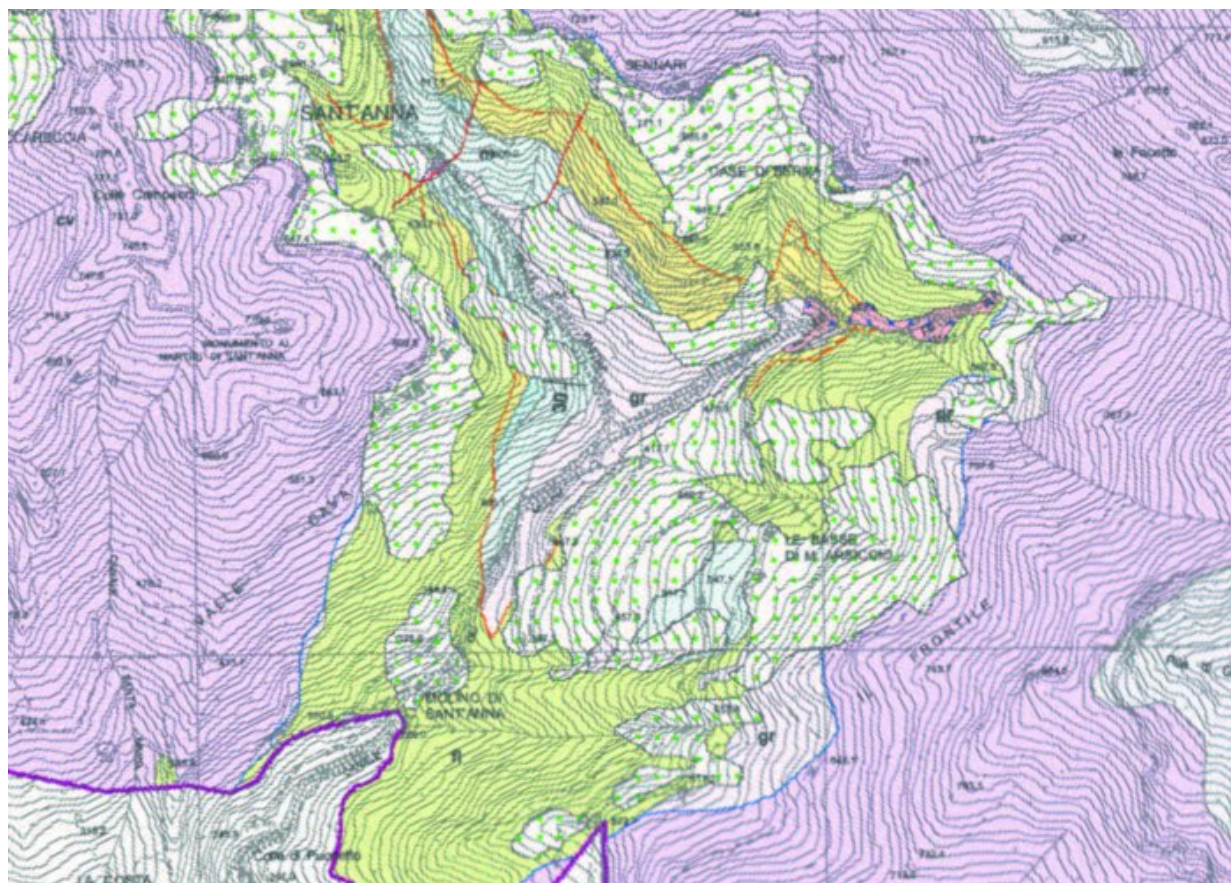


Figura 3 Carta geologica in scala 1:10.000 redatta a supporto del Piano Strutturale di Stazzema dal Geologo Rinaldo Musetti (maggio 2006). Anche in questo caso la Geologia dell'area compresa tra la sorgente dei Mulini e le Basse di Monte Arsiccio è mascherata dalla coltre detritica, anche se è stato inserito un livello di marmi circa alla quota della sorgente Lenzo.

Per approfondire questo aspetto, abbiamo eseguito diversi sopralluoghi in quest'area, ed abbiamo visionato alcune pubblicazioni a firma del Geologo Carmignani dalle quali abbiamo tratto importanti informazioni.

Fermo restando che in diverse zone si riconoscono cigli di frana e locali contropendenze, e che a luoghi, ed in particolare all'interno dell'impluvio sottostante la sorgente Carpigna, si ritrovano coltri detritiche costituite da blocchi di diverse dimensioni in assetto caotico, riteniamo comunque che le perimetrazioni proposte per i dissesti siano fortemente sovradimensionate. Peraltro, dai sopralluoghi effettuati emerge come manchi completamente l'accumulo di frana al piede dei dissesti, ed anzi nella parte più bassa del versante affiorano sia le Filladi che i sottostanti Marmi in giacitura debolmente immergente verso sud.

Riteniamo invece che ciò che è stato indicato come detrito di frana dai precedenti rilevatori

sia da attribuire più correttamente alle brecce cataclastiche (cts della Carta Geologica) sottostanti il Calcare Cavernoso.

La porzione di queste brecce presenti immediatamente al di sopra delle Filladi ha subito anche fenomeni di carsificazione, arrivando a generare un cemento carbonatico fine, dal caratteristico colore giallo ocra, all'interno del quale si ritrovano dispersi frammenti minuti di Filladi e/o litici di carbonati. Salendo in quota, al di sopra di queste brecce, verso la Sorgente Lenzo, si ritrovano alcun lembi di Grezzoni, che non abbiamo cartografato data la loro esiguità, ed una bancata di Calcare Cavernoso che sembra avere continuità verso l'alto con il grande corpo di Calcare Cavernosi di Monte Arsiccio.

L'andamento del Calcare Cavernoso in questa zona fu peraltro già individuato agli albori degli studi Geologici delle Apuane dal Geologo Zaccagna nella "Carta Geologica delle Apuane" del 1894.

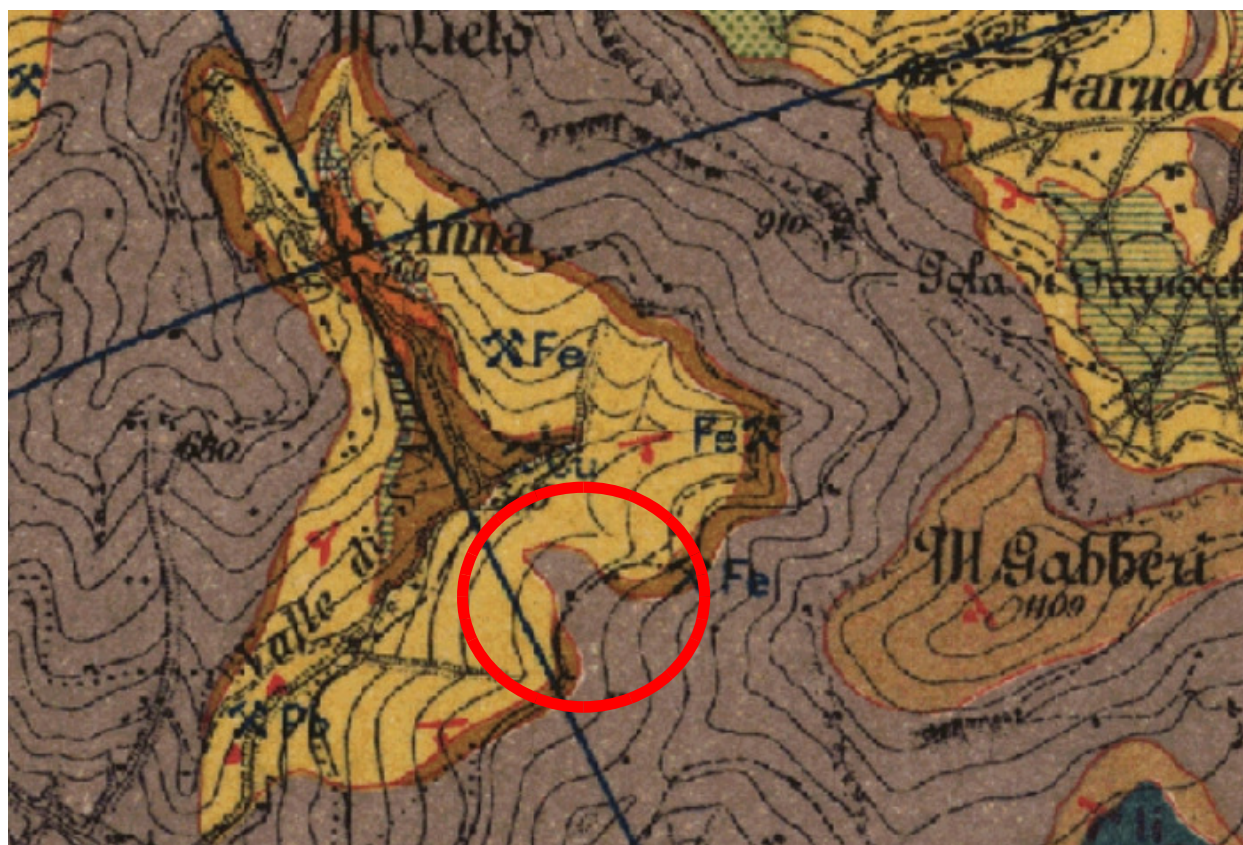


Figura 4: Carta geologica redatta dal Geologo Domenico Zaccagna nel 1894, con in evidenza lo strano andamento del Calcare cavernoso nella zona della sorgente Lenzo.



L'evidenza di campagna è che in questo settore è presente una porzione di successione ribassata rispetto alle zone circostanti, che coinvolge anche il Calcare Cavernoso, delimitata ai margini da due o più piccole faglie dirette ad andamento OE.

La faglia che delimita verso nord la struttura si segue molto bene in campagna e corre all'interno di un piccolo impluvio che inizia verso l'alto subito a sud delle Basse di Monte Arsiccio.

La sua esistenza era comunque nota già all'epoca delle attività minerarie, tanto che in una pubblicazione del 1976, a firma di Luigi Carmignani, in riferimento al giacimento di Monte Arsiccio (e delle Basse di Monte Arsiccio) è scritto: *“in profondità è stata esplorata soprattutto la parte settentrionale del giacimento, per un dislivello di oltre 100 m, con quattro traverso-banchi scavati in epoche successive.....verso sud il giacimento è troncato da una faglia antiappennica tardiva che ne ha abbassato la parte meridionale”*.

Alcuni saggi minerari (miniere di Verzalla) furono difatti eseguiti in questa zona più in basso rispetto alle Basse di Monte Arsiccio, all'interno delle Filladi con la speranza di ritrovare il filone minerario.

La faglia che delimita la struttura verso sud, è invece meno evidente, ed è in gran parte mascherata da un corpo detritico a blocchi costituito da Filladi, Grezzoni e Calcare Cavernoso. Anche in questo caso è comunque evidente il passaggio litologico che si materializza nell'impluvio a monte della Sorgente dei Mulini, tra le Filladi a sud ed il Calcare Cavernoso o le brecce cataclastiche a nord.

Relativamente agli spessori di queste brecce, la società EDEM, fece eseguire in questa zona un sondaggio denominato sondaggio Lenzo del quale non abbiamo stratigrafia, ma che è sinteticamente descritto in una pubblicazione a firma di Carmignani del 1975 e riportato in una sezione geologica della pubblicazione a firma dello stesso autore (1976).

Dall'analisi della sezione si evince che il sondaggio fu eseguito circa alla quota di 550 m s.l.m., forse ai margini della viabilità che conduce al complesso delle miniere di Monte Arsiccio (quota 547,1 della C.T.R.), e che incontrò circa 50 metri di “detrito” prima di raggiungere le Filladi.

Il coinvolgimento del Calcare Cavernoso all'interno di questa struttura, permette di attribuire l'età di questa faglia alle fasi tardive della tettonica, durante le quali la Falda Toscana era già sovrascorsa sull'Autoctono.

Gli studi più recenti di geologia strutturale delle Apuane, hanno definito la presenza a diverse scale di strutture come quella individuata nell'area.

Queste sono legate alle ultime fasi dell'esumazione del basamento ercinico Apuano, e si sviluppano secondo un sistema di faglie dirette, che isolano piccole depressioni tettoniche all'interno di blocchi sollevati di maggiori dimensioni. La direzione media è circa NO-SE con immersione delle faglie principali verso SO e delle antitetiche verso NE.

In carta i blocchi isolati sembrano disegnare delle sinformi, tant'è che le più evidenti sono indicate con tale terminologia (Sinforme di Corsanico e Sinforme di Marignana).

Nel caso della finestra di Sant'Anna, queste strutture, benché note da tempo: *“Talvolta sembra che la falda toscana venga piegata passivamente assieme alle unità sottostanti, per esempio in corrispondenza delle miniere di Monte Arsiccio, ed a nord di Sant'Anna ove il Calcare Cavernoso costituisce il nucleo di una piccola sinclinale che interessa anche il Parautoctono sottostante (Carmignani 1976)”* non sono mai state riportate su carta.

Fa eccezione la carta di Zaccagna (1894), che aveva individuato lo strano andamento del Calcare Cavernoso, conferendogli in carta una struttura a sinforme.

Verso il basso, la struttura si interrompe contro una faglia ad andamento circa N30/40.

La parte più a nord di questa faglia è stata individuata da tempo, subito a sud di Case Berna ed è riportata nelle varie cartografie a disposizione. La faglia, ha carattere di trascorrenza ed è facilmente individuabile nella zona di Case Berna per lo slittamento dello Pseudomacigno.

Nel corso del rilevamento eseguito, abbiamo individuato almeno altri due punti in cui ci sono evidenze di un dislocamento tettonico importante che ha agito sulla prosecuzione verso sud della faglia già conosciuta.

In particolare, è bene evidente la presenza di una importante faglia che taglia indifferentemente le Filladi ed i Grezzoni subito a valle della Sorgente la Vite, e che ha andamento circa N30.



Foto 1: Faglia diretta subverticale con direzione circa N30 all'interno delle Filladi immediatamente a valle della sorgente La Vite.

Ancora più a Sud, all'interno della zona mineraria del Pollone, ed in corrispondenza dei tornanti che conducono alle gallerie più alte, è evidente un altro dislocamento tettonico, sempre diretto circa N30 al quale sembrano essere associate anche delle brecce.







Foto 2-3: sistemi di faglie all'interno del complesso minerario del Pollone, alle quali sembrano associate anche breccie tettoniche.

Nella pubblicazione del 1976 a firma del Geologo Carmignani, il sistema di faglie compreso tra N25 e N65 viene identificato all'interno del complesso minerario del Pollone e gli viene attribuito una età tardiva, coeva alle fasi distensive.

Dando uno sguardo verso Nord, oltre la valle del Torrente Baccatoio, nella valle del Vezza, è possibile che si ritrovi il sistema di faglie ad andamento SO NE, nel fondovalle del Canale della Radice.

Questo difatti si dispone circa N30, in perfetta prosecuzione rispetto al Torrente Baccatoio. In questa zona, sono noti alcuni dislocamenti secondo trascorrenti destre, che sembrerebbero combaciare con quanto rilevato nella zona del Baccatoio.

Il rilevamento eseguito e le considerazioni sopra esposte, hanno quindi condotto alla elaborazione della carta geologico-strutturale allegata alla presente (Tavola 1).

Nella seguente figura riportiamo un estratto di tale carta.

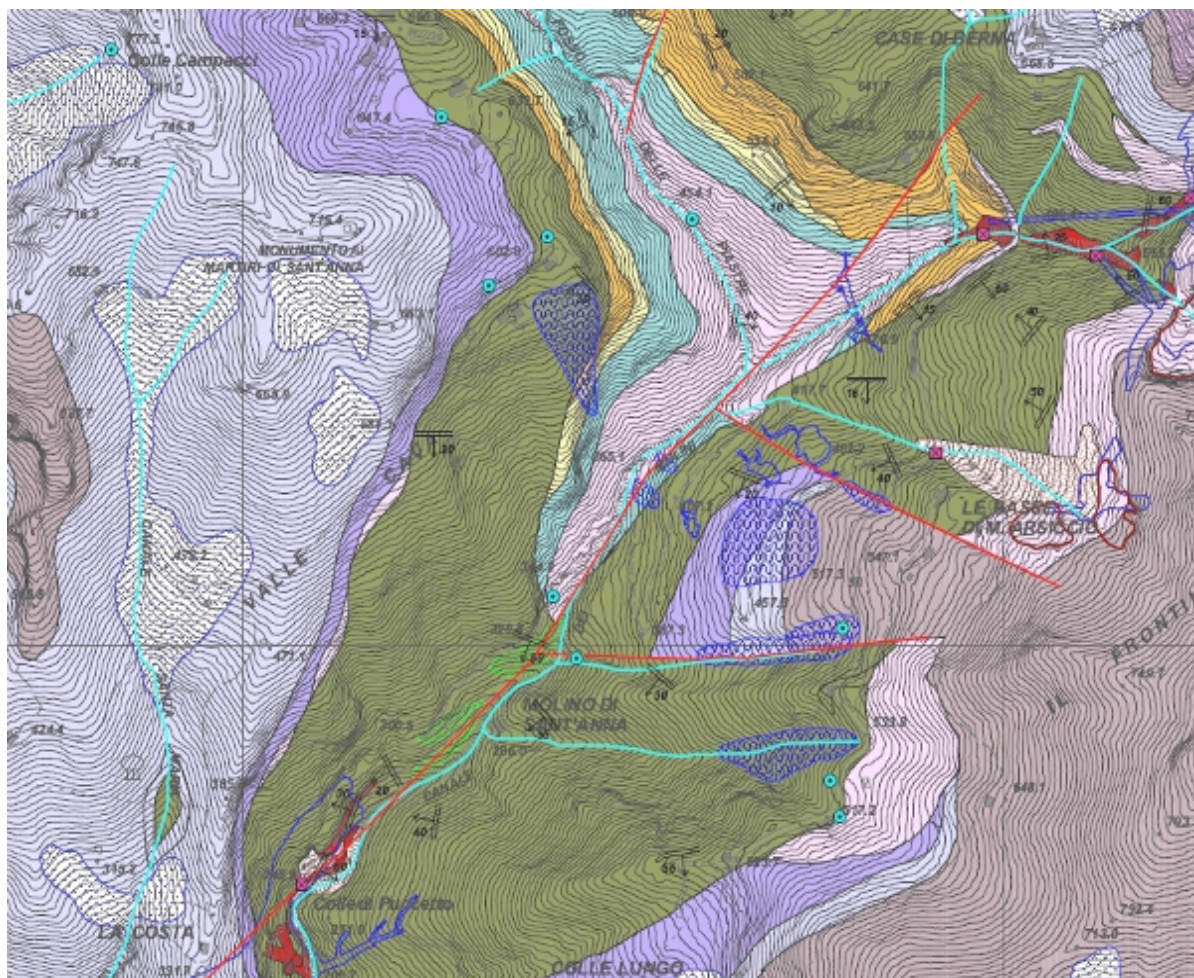


Figura 5 Carta Geologica redatta a supporto del presente lavoro

Come già detto, questa carta introduce alcune novità rispetto a quanto proposto finora.

Il modello tettonico proposto, elaborato solo sulla base del rilevamento e dei dati bibliografici potrà comunque essere modificato da eventuali nuove conoscenze che potranno giungere dalla campagna di indagini che verrà proposta al termine del Piano di caratterizzazione.

## **6 - CENSIMENTO DELLE DISCARICHE MINERARIE**

In ciò che segue vengono descritti i depositi di origine antropica direttamente collegati alle attività minerarie. Questi sono presenti nella zona di Monte Arsiccio, delle Basse di Monte Arsiccio, nella zona del Pollone e nei dintorni dello stabilimento del Rezzaio.

La gran parte dei detriti è costituita da Filladi più o meno mineralizzate, con in alcuni casi accumuli di materiale più fine derivante dalla lavorazione della barite. Alle uscite dei ribassi di Monte Arsiccio e del Pollone, sono presenti grandi quantità di un deposito molto fine, simile ad un fango rosso, accumulatosi in posto per lisciviazione delle gallerie minerarie.

Di seguito vengono descritti i singoli siti identificati con la numerazione riportata nella Tavola 2 allegata alla presente.

### **6.1 - Zona Monte Arsiccio**

1) A valle della strada di Sant'Anna e fino all'uscita della galleria S.Erasmo, si trova un primo spessore di detriti. Si tratta di un deposito antropico a granulometria eterogenea principalmente da pluricentimetria a decimetrica, costituito principalmente da Filladi più o meno mineralizzate.

All'uscita della Galleria S. Erasmo il deposito è ricoperto da uno spessore di depositi fini dal caratteristico colore rossastro, generati dal dilavamento delle gallerie minerarie avvenuto al termine delle attività minerarie.

I detriti coprono una superficie di circa 1.700 mq, con spessori medi calcolati in circa 2 metri da cui è possibile stimare un volume di circa 3.400 mc.

2) Più a monte, a partire dalla quota della strada per S. Anna (500 m s.l.m.) e proseguendo in alto fino alla quota della galleria S. Olga (522 m s.l.m.), è presente un consistente spessore di detriti, suddiviso in una porzione basale a granulometria grossolana con clasti di Filladi di dimensioni da centimetriche a decimetriche, fortemente pervasi da mineralizzazioni di pirite, ed una porzione sommitale a granulometria fine, biancastra e con clasti di ridotte dimensioni. Nel tempo, il piede di questo detrito si è spostato verso valle arrivando a riempire totalmente l'alveo del fosso nella zona immediatamente a monte della Strada per S. Anna.

Questa placca di detriti è la più estesa tra quelle rilevate e si estende su circa 2.500 mq. Lo spessore medio è stato stimato in circa 4 metri, da cui deriva un volume totale di circa



10.000 mc.

**3)** Proseguendo verso monte, lungo l'impluvio che conduce verso Nord alle gallerie Pianello, i detriti di scarto delle lavorazioni sono principalmente accumulati all'interno dell'impluvio e si confondono con il detrito colluviale naturale. Nel complesso il detrito presenta una struttura mista costituita da clasti eterogenei ma prevalentemente di dimensioni decimetriche, immersi in una matrice sabbioso-limosa contenente una marcata percentuale di suolo.

Il deposito è in buona parte colonizzato dalla vegetazione sia quella di sottobosco che da alberi di alto fusto, ed appare stabilizzato ad eccezione del piccolo tratto di competenza dell'impluvio, dove sono evidenti segni di erosione .

I detriti presenti tra la galleria Pianello1 ed il sottostante pianoro, coprono una superficie di circa 1.850 mq con spessori medi calcolati in circa 1 metro, per cui è possibile stimare un volume di circa 1.850 mc.

**4)** Ancora più a monte si trovano le uscite delle gallerie Pianello 2, sui cui fronti sono presenti estese porzioni di detrito. La granulometria di questo detrito è mista, con prevalenza di clasti di dimensioni centimetriche: nel complesso il detrito appare quasi del tutto colonizzato e stabilizzato dalla copertura vegetale.

L'estensione in pianta è di circa 1.500 mq e, valutando uno spessore medio di circa 2 metri, è possibile stimare circa 3.000 mc di detrito.

**5)** Tra il pianoro antistante la galleria S. Olga e la sovrastante uscita della galleria S. Anna, alle quote comprese tra 530 e 550 m sl.m., si ritrova un'ulteriore placca di detriti, rimodellata in testa per realizzare l'ampio pianoro antistante l'uscita della galleria S. Anna, all'interno del quale trovavano posto la mensa, l'officina, ed altri locali accessori.

Lungo la scarpata il detrito è principalmente costituito da clasti di dimensioni decimetriche, mentre in corrispondenza del Pianoro il detrito è ricoperto da un primo spessore di suolo che ne maschera la composizione. Nel complesso questa placca di detrito appare stabile, ad esclusione della porzione basale della scarpata che è interessata da fenomeni di erosione determinati dalle acque che scorrono nell'impluvio sottostante.

L'estensione in pianta è di circa 1.000 mq, per cui valutando uno spessore medio di circa 3 metri, è possibile stimare un volume di circa 3.000 mc di materiale detritico.

6) Proseguendo verso monte lungo l'impluvio che conduce alla sinkhole, alle quote comprese tra 577 e 594 m s.l.m. si ritrova un'ultima placca di detrito, che termina sulla sommità in corrispondenza dell'uscita della galleria Zabelli. Questo detrito appare sostanzialmente differente dai precedenti, essendo costituito principalmente da materiale fine limoso-sabbioso grigiastro, probabile scarto della lavorazione della barite. Il detrito appare sostanzialmente stabile e parzialmente ricolonizzato dalla vegetazione

L'estensione in pianta è molto ridotta e corrispondente a circa 300 mq, cosa per cui valutando uno spessore medio di circa 3 metri, è possibile stimarne il volume in circa 900 mc.

11) Una ulteriore piccola placca di detrito, indicata con il numero 11 è in gran parte costituita da detrito naturale, con una minima percentuale di detrito antropico. Questa placca appare sostanzialmente stabile ed in buona parte ricolonizzata. Data l'esiguità del materiale e la sua genesi, non abbiamo ritenuto necessario computarlo.

|   | <b>Zona Monte Arsiccio</b>                        | Quota<br>m.sl.m. | Areale<br>(mq) | Spessore<br>medio (m) | Volume<br>(mc) |
|---|---|------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| 1 | Uscita galleria S.Erasmo/Strada per S.Anna        | 470/500          | 1.700          | 2,0                   | 3.400          |
| 2 | Strada per S.Anna/Uscita galleria S.Olga          | 500/522          | 2.500          | 4,0                   | 10.000         |
| 3 | Uscita galleria S.Olga/Uscita galleria Pianello 2 | 530/605          | 1.850          | 1,0                   | 1.850          |
| 4 | A valle delle gallerie Pianello 1                 | 605/625          | 1.500          | 2,0                   | 3.000          |
| 5 | Uscita galleria S.Olga/Uscita galleria S. Anna    | 530/550          | 1.000          | 3,0                   | 3.000          |
| 6 | A valle delle gallerie Zabelli                    | 577/594          | 300            | 3,0                   | 900            |
|   | <b>TOTALE (mc)</b>                                |                  |                |                       | <b>22.150</b>  |

## 6.2 - Zona Pollone

7) Dall'uscita del ribasso del Pollone, salendo in quota parallelamente al Fosso dei Mulini (Baccatoio), la viabilità è interamente realizzata con i detriti di scarto delle gallerie minerarie. Si tratta di un deposito fortemente eterogeneo, con presenza di blocchi pluridecimetrici di Filladi; localmente sono presenti sacche di detriti a granulometria più fine come quella rilevata nella parte più alta del deposito, lungo la sponda destra del Fosso.

Verso valle, il deposito è protetto da un muro di contenimento realizzato in parte in cemento armato (la parte basale) ed in parte con pietrame a secco. Il muro presenta altezze variabili, comprese tra 2 e 4 metri. Nel complesso il deposito non presenta segni di instabilità, tuttavia nella parte più alta, ai margini del corso d'acqua si registra una marcata erosione di sponda che sta provocando il lento smantellamento del deposito e la continua contaminazione delle acque del Fosso.

Nei tratti stabili il detrito appare in via di colonizzazione da parte della vegetazione, sia quella di sottobosco che di alberi di alto fusto.

L'estensione in pianta del deposito è di circa 2.150 mq: valutando uno spessore medio di circa 3 metri è possibile stimare circa 6.450 mc di detrito.

**8)** Si tratta di placche discontinue di detrito costituito da Filladi in assenza di matrice fine, a granulometria pluricentimetrica, sparse lungo il ripido versante che conduce dalla galleria più alta posta a quota 260 m.sl.m. fino alla sottostante viabilità che corre parallelamente al Fosso dei Mulini.

Lo spessore del detrito è estremamente ridotto arrivando a mascherare le sottostanti Filladi in posto solo in alcune piccole porzioni.

L'estensione in pianta del deposito è di circa 1.500 mq, valutando uno spessore medio di circa 0,5 metri, è possibile stimare circa 750 mc di detrito.

**9)** All'altezza dei tornanti che conducono alle gallerie più alte del sito minerario del Pollone, è presente una spessa colte detritica che in gran parte sembra essere di origine antropica, essendo stata messa in posto per la realizzazione della viabilità. Si tratta di un detrito fortemente eterogeneo nel quale sono presenti anche blocchi di Filladi. Tuttavia parte del detrito è da ricondurre ad origine naturale, e sembra essersi generato lungo fasce tettoniche aventi direzione N30 ed immergenti verso Est di circa 60°. Una di queste è ben evidente lungo la scarpata di monte, poco a sud del primo tornante.

I massimi spessori del detrito si sviluppano in corrispondenza del secondo tornante dove, per contenere l'ammasso, fu realizzato un muro di contenimento di altezza notevole.

Durante i sopralluoghi eseguiti nel novembre del 2014, durante una lunga stagione di abbondanti precipitazioni, è stata osservata una copiosa venuta di acqua da una feritoia presente alla base di suddetto muro realizzata allo scopo di drenare il corpo detritico. Al

contrario, durante gli ultimi sopralluoghi eseguiti nel mese di Luglio u.s., dopo un mese di scarsa piovosità, non si è notato alcun stillicidio.

Nei tratti stabili a minor pendenza, il detrito appare in via di colonizzazione da parte della vegetazione, sia quella di sottobosco che di alberi di alto fusto. Al contrario, nelle porzioni più acclivi il deposito appare soggetto a fenomeni di instabilità, come la frana che ha coinvolto parte della sede stradale, a monte dei tornanti.

L'estensione in pianta del deposito è di circa 1.300 mq e, valutando uno spessore medio di circa 3 metri, si stima un volume di circa 3.900 mc.

**10)** Proseguendo lungo la viabilità verso l'ingresso delle gallerie più alte, è stata cartografata un'ulteriore placca detritica che si estende in corrispondenza della viabilità stessa. Si tratta principalmente di ciottoli e blocchi di Filladi, derivanti dall'esubero delle operazioni di scavo delle gallerie. Questo detrito è sostanzialmente stabile ed è stato ampiamente colonizzato sia da vegetazione arbustiva che arborea.

L'estensione in pianta del deposito è di circa 800 mq per cui, valutando uno spessore medio di circa 0,5 metri, è possibile stimare circa 400 mc di detrito.

**14)** Nell'intero fondovalle del Fosso Dei Mulini, nel tratto in cui attraversa il sito minerario del Pollone, sono presenti detriti derivanti dall'attività mineraria.

In alcune pozze si è accumulata la parte fine dei detriti, che raggiunge spessori massimi misurati di circa 50 cm.

Quest'area ha una estensione totale di circa 4.500 mq. Il volume totale di detriti presenti all'interno dell'alveo è difficilmente valutabile; assegnando comunque spessori medi di circa 20 cm è possibile stimare circa 900 mc di detrito, caratterizzato principalmente da granulometria fine.

**15)** Immediatamente a valle della zona mineraria del Pollone, ed a monte di alcune case di recente costruzione in località Parigi, è presente una ulteriore placca di detriti derivanti dalla miniera del Pollone. Essendo stata l'area in gran parte ricolonizzata dalla vegetazione, per definire l'estensione areale della placca di detriti abbiamo visionato alcune foto aeree nel periodo compreso tra il 1977 ed il 1990, nelle quali l'estensione totale sembra essere di circa 2.000 mq. Ad oggi l'estensione del detrito, escludendo l'area urbanizzata, sembra invece ridotta a circa 1.500 mq. Gli spessori sono difficilmente valutabili ma, ipotizzando uno spessore medio di circa 1 metro, è possibile stimare un

quantitativo di circa 1.500 mc

|    | <b>Zona Pollone</b>  | Quota<br>m.sl.m. | Areale<br>(mq) | Spessore<br>medio (m) | Volume<br>(mc) |
|----|--|------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| 7  | Viabilità dal Ribasso alla Fine della zona mineraria         | 180/245          | 2.150          | 3,5                   | 7.525          |
| 8  | Versante tra la Viabilità e la Galleria principale           | 220/260          | 1.500          | 0,5                   | 750            |
| 9  | Tornanti lungo la viabilità all'interno della zona mineraria | 230/250          | 1.300          | 3,0                   | 3.900          |
| 10 | Viabilità verso le gallerie più alte                         | 250/260          | 800            | 0,5                   | 400            |
| 14 | Alveo del Baccatoio all'interno della zona mineraria         | 180/245          | 4.500          | 0,2                   | 900            |
| 15 | Località Parigi  | 165/180          | 1.500          | 1                     | 1500           |
|    | TOTALE (mc)  |                  |                |                       | 14.975         |

### 6.3 - Zona Stabilimento Rezzaio

**16)** Subito a nord dello stabilimento del Rezzaio, ai margini della viabilità, è presente un piccolo accumulo di barite ematitica, commercializzato fino alla chiusura degli stabilimenti. Questo è posto su una base di cemento ed ha estensione massima in pianta di circa 180 mq. Lo spessore medio è valutabile in circa 1,5 metri, per cui il volume totale è di circa 270 mc.

**17)** Circa 50 metri a sud dello stabilimento del Rezzaio, al termine del piazzale esistente, si trova una placca di detriti. Si tratta principalmente di Filladi di dimensioni centimetriche, tra le quali sono presenti ciottoli mineralizzati di barite e pirite. La placca si sviluppa dalla quota del Torrente Baccatoio, 98 m s.l.m., fino poco sopra la quota del piazzale esistente, 105 m s.l.m.

Il detrito non è ricolonizzato da specie vegetali, se non in minima parte lungo i suoi margini. Il fronte della scarpata verso il Torrente non presenta segni di instabilità, anche se non è da escludere che si possa attivare nel caso si dovessero innescare fenomeni di erosione in alveo.

Lo sviluppo in pianta è di 550 mq: ipotizzando un andamento in sezione circa triangolare, è possibile stimare uno spessore medio di circa 3,5 metri. Il volume totale risulta quindi di circa 1.925 mc.



|    | <b>Zona Stabilimento Rezzaio</b>                         | Quota<br>m.sl.m. | Areale<br>(mq) | Spessore<br>medio (m) | Volume<br>(mc) |
|----|--|------------------|----------------|-----------------------|----------------|
| 16 | Stoccaggio di Barite ematitica a nord dello stabilimento | 116              | 180            | 1,5                   | 270            |
| 17 | Tra il piazzale ed il Torrente Baccatoio                 | 98/105           | 550            | 3,5                   | 1.925          |
|    | TOTALE (mc)  |                  |                |                       | 2.195          |

#### 6.4 - Zona Le Basse di Monte Arsiccio

**15)** A valle della vecchia miniera delle Basse di Monte Arsiccio, è stata cartografata un'estesa area nella quale si riconosce la presenza di detriti di origine naturale costituiti da blocchi di Calcare Cavernoso e Grezzoni. Nella parte alta questi detriti si spingono fino in corrispondenza delle due sinkhole che si sono generate in seguito all'attività mineraria delle Basse di Monte Arsiccio. All'interno della placca è stata riconosciuta in più zone la presenza di detriti derivanti dalle lavorazioni minerarie. Nel complesso l'intera placca è ricolonizzata, sia con alberi di alto fusto che con vegetazione arbustiva, la qual cosa rende difficile qualsiasi valutazione dei volumi di materiale presente. Inoltre, guardando in panoramica il detrito, dal versante di Sant'Anna, appare chiaro come sia interessato da locali dissesti e scivolamenti verso valle, particolarmente evidenti nella parte più alta.

#### 6.5 - Alveo del Torrente Baccatoio

Nelle zone limitrofe alle attività minerarie, nell'alveo del Torrente Baccatoio, si ritrovano detriti derivanti dalle attività estrattive.

Questi si concentrano particolarmente nelle pozze d'acqua dove la minor dinamica fluviale ha consentito nel tempo il deposito del materiale più fine rossastro.

Nelle altre zone montane l'alveo scorre sulla roccia naturale che presenta ovunque la classica colorazione rossastra. Nella zona pedecollinare a minor pendenza non è possibile distinguere i ciottoli di naturale origine fluviale da quelli derivati dalla disgregazione dei detriti di miniera. Tuttavia anche in queste zone l'intero alveo presenta la colorazione rossastra, che si attenua di poco in corrispondenza del tratto finale del corso d'acqua, come ad esempio in corrispondenza del ponte sull'Aurelia.

## **7 - DEPOSITI DETRITICI DI ORIGINE ANTROPICA ALL'ESTERNO DEI SITI MINERARI**

Nel tratto di versante compreso tra il sito del Pollone e quello di Monte Arsiccio, abbiamo individuato due ulteriori placche di detrito. Dall'analisi delle foto aeree (fotogramma del 23 aprile 1987), queste risultano essere state generate durante le operazioni di realizzazione della viabilità che collegava i due siti minerari.

La più bassa di queste placca, individuata con il numero 11 è di estensione pari a 2.650 mq, mentre al più alta, individuata con il numero 12, è di estensione pari a 2.800 mq.

A nostro avviso le due placche sono state generate semplicemente rimuovendo la roccia in posto, per far posto alla sede stradale, per cui riteniamo che non abbiano alcun interesse ai fini del presente studio.

Attualmente le due aree appaiono fittamente ricolonizzate da arbusti ed alberi di alto fusto.

## **8 - CENSIMENTO SORGENTI**

Nel corso del presente studio abbiamo provveduto a censire tutte le sorgenti presenti nella valle del Torrente Baccatoio. Il punto di partenza è rappresentato dal censimento delle sorgenti allegato al P.S. del Comune di Stazzema, redatto dal Geol. Rinaldo Musetti nel maggio 2006, nel quale sono riassunti tutti i precedenti censimenti:

- Censimento sorgenti 1979-1980 all'interno dello studio della Comunità Montana Apuo Versiliese (Zia et al., 1980)
- Carta delle Grotte e delle sorgenti delle Alpi Apuane (CNR, 1988; scala 1:25.000)
- Studi e progettazione per la razionalizzazione e la risistemazione dei sistemi di acquedotto conferiti dal Comune di Stazzema (Geoscienze Srl per conto di VEA, VERSILIA ACQUE).

L'ubicazione delle sorgenti riportate negli studi geologici del P.S. del Comune di Stazzema, è stata poi confrontata ed integrata con i dati forniti da GAIA, relativi alle sorgenti captate a scopi idropotabili e con quelli forniti dall'Università di Pisa che, tra Aprile e Maggio del 2015, ha provveduto ad eseguire campionamenti ed analisi in corrispondenza delle principali sorgenti presenti nella area di studio.

Una volta completato il quadro dei dati a disposizione, nel mese di luglio abbiamo eseguito una serie di sopralluoghi per ispezionare i vari punti di emergenza e misurarne la portata. In merito ai valori di portata si tenga presente che a causa di un periodo particolarmente siccitoso, diverse sorgenti sono risultate asciutte; perciò potremo fornire un quadro completo del regime idrico solo in seguito alle prossime misure che eseguiremo nel periodo autunnale ed invernale.

In totale sono state censiti 29 punti di emergenza, di cui 24 sono ubicati a monte dell'abitato di Valdicastello e 5 a valle, nell'area tra Casa Carducci e Monteggiori.

| H<br>m s.l.m. | Codice<br>Università | Codice PS<br>Stazzema | Denominazione               | Q (l/m)<br>PS Stazzema | Q (l/m)<br>07/07/15 | Q (l/m)<br>24/07/15 | Q (l/m)<br>07/08/15 |
|---------------|----------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 95            | VS_TRF               |                       | S. Tre Fontane              |                        |                     |                     |                     |
| 125           | VS_MOA               |                       | S. Moresco Alta             |                        |                     |                     |                     |
| 125           | VS_MOS               |                       | S. Moresco Sondaggio        |                        |                     |                     |                     |
| 125           | VS_MOG               |                       | S. Moresco Galleria         |                        |                     |                     |                     |
| 160           | VS_DAD               |                       | S. Dal Deo                  |                        |                     |                     |                     |
| 290           | VS_VIT               |                       | S. la Vite                  |                        | >2000               | >2000               |                     |
| 312           | VS_MOL               | 121                   | S. Molini di S. Anna        | 3000                   | 2850                | 2850                | 2850                |
| 452           | VS_CAN               |                       | S. Sant'Anna Canale         |                        |                     |                     |                     |
| 515           | VS_LNZ               | 251                   | S. Lenzo                    |                        |                     |                     |                     |
| 520           |                      | 235                   | S. Carpigna nord            | 30                     | 5.3                 | 4.2                 | 3.8                 |
| 527           | VS_CRP               | 250                   | S. Carpigna                 |                        |                     |                     |                     |
| 585           |                      | 127                   |                             | 12                     |                     |                     |                     |
| 595           |                      | 123                   | S. Valle Cava 2             | 6                      | 0.5                 |                     |                     |
| 605           |                      | 122                   | S. Valle Cava 1             | 6                      | 2,5                 | 2,5                 | 2,2                 |
| 625           | VS_PAE               | 129                   | S. Sant'Anna Paese          | 57                     |                     |                     |                     |
| 635           |                      | 131                   |                             | 48                     |                     |                     |                     |
| 640           |                      | 128                   |                             | 18                     |                     |                     |                     |
| 650           | VS_PAR               | 130                   | S. Sant'Anna Parcheggio     | 48                     | 2.7                 | 2.7                 | 2                   |
| 687           |                      | 234                   |                             | 6                      |                     |                     |                     |
| 705           |                      | 132                   |                             |                        |                     |                     |                     |
| 715           |                      | 134                   |                             | 6                      | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 |
| 720           | VS_VLR               | 133                   | S. Valle Ripe               | 6                      |                     |                     |                     |
| 740           |                      | 137                   |                             | 36                     | 0.0                 | 0.0                 | 0.0                 |
| 742           | VS_VAC               | 135                   | S. Vaccareccia              | 24                     | 1.5                 | 1.5                 |                     |
| 750           |                      | 136                   |                             | 6                      |                     |                     |                     |
| 753           | VS_SEN               | 141                   | S. vicino Case Sennari      | 30                     |                     |                     |                     |
| 755           |                      | 139                   |                             | 90                     | 0.0                 | 0.0                 |                     |
| 771           | VS_FOC               |                       | S. vicino a F. di Sant'Anna |                        |                     |                     |                     |
| 790           |                      | 140                   |                             | 72                     |                     |                     |                     |

Dal confronto tra le portate delle varie emergenze, spicca la netta differenza tra le portate della sorgente dei Mulini e della sorgente la Vite rispetto a tutte le altre.

Difatti mentre per le altre sorgenti i valori di picco sono sempre al di sotto di 100 l/m, (dati a disposizione estratti dall'indagine idrogeologica allegata al PS di Stazzema), e le portate del mese di luglio sono risultate molto minori, se non pari a zero, le portate della sorgente dei Mulini sono risultate nettamente superiori, pari a 2850 l/m.

Relativamente alla sorgente la Vite, non è stato possibile quantificare le sue portate, in quanto questa sorgente si manifesta attraverso più scaturigini, alcune delle quali sono captate, lungo un percorso di circa 20 metri. Tuttavia, abbiamo misurato la portata del Torrente Baccatoio al ponte di accesso alla miniera del Pollone, poco a valle della sorgente la Vite, che è risultata pari a 5.940 l/m.

Di Questi, circa 2.850 l/m corrispondono all'apporto della sorgente, i restanti corrispondono alla parte della sorgente la Vite non captata ed ad altre possibili emergenze che si svilupperebbero sempre nella stessa zona, dando giustificazione anche al nome "Pollone" attribuito alla miniera.

Inoltre, confrontando i dati a disposizione, con quelli rilevati emergenze come la gran parte delle sorgenti abbia risentito del periodo asciutto degli ultimi due mesi, mentre la sorgente dei Mulini (e certamente anche la sorgente la Vite, per la quale non abbiamo dati bibliografici a disposizione) ha fatto rilevare valori di portata molto simili a quelli a disposizione. Da colloqui con i tecnici di Gaia è emerso inoltre che la sorgente dei Mulini ha una portata circa costante e pari a 3000 l/m per gran parte dell'anno, che in alcuni anni particolarmente siccitosi, si è ridotta a 1500/2000 l/m nel periodo fine settembre, inizio ottobre.

Nelle tabelle seguenti riportiamo i valori delle precipitazioni rilevate alle stazioni di Camaione e Pomezzana nel periodo marzo luglio degli ultimi dieci anni. Da queste si evince che, per il periodo analizzato, l'anno in corso è nettamente al di sotto delle precipitazioni medie.

| <b>Stazione Camaione 21 m s.l.m.</b>    | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | Valore medio |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Piogge 2015<br>(marzo-aprile-maggio) mm | 231  | 108  | 188  | 360  | 340  | 246  | 152  | 306  | 578  | 140  | 156  | 255          |
| Piogge 2015<br>(giugno-24 luglio) mm    | 56   | 22   | 27   | 101  | 63   | 244  | 99   | 25   | 53   | 305  | 70   | 97           |
| totale                                  | 287  | 130  | 215  | 461  | 403  | 490  | 251  | 331  | 631  | 445  | 226  | 352          |

| <b>Stazione Pomezzana 600 m s.l.m.</b>  | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | Valore medio |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------------|
| Piogge 2015<br>(marzo-aprile-maggio) mm | 317  | 430  | 311  | 427  | 581  | 459  | 235  | 492  | 1109 | 370  | 331  | 460          |
| Piogge 2015<br>(giugno-24 luglio) mm    | 98   | 47   | 67   | 204  | 91   | 341  | 186  | 71   | 90   | 349  | 80   | 147          |
| totale                                  | 415  | 477  | 378  | 631  | 672  | 800  | 421  | 563  | 1199 | 719  | 411  | 607          |

## **9 - DRENAGGI DI MINIERA**

Nella tavola 3 in allegato, abbiamo segnalato anche le principali uscite delle gallerie minerarie in corrispondenza delle quali durante i sopralluoghi effettuati sono state notate fuoriuscite di acqua.

| Zona                | Codice Università | H m s.l.m. | Denominazione                  | Q (l/m)<br>25/07/14 | Q (l/m)<br>07/07/15 | Q (l/m)<br>24/07/15 | Q (l/m)<br>07/08/15 |
|---------------------|-------------------|------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| M.Arsiccio          | VD_RPN            | 595        | ribasso Pianello               | 18                  | 4                   | 3                   | 2                   |
| M.Arsiccio          |                   | 560        | S. Anna                        | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   |
| M.Arsiccio          | VD_OLG            | 530        | S. Olga                        | 20                  | 2                   | 1                   | 0                   |
| M.Arsiccio          | VD_SRM            | 482        | ribasso S.Erasmo               |                     | 11                  | 8                   | 5                   |
| Basse di M.Arsiccio |                   | 510        | uscita Basse di Monte Arsiccio | 5                   | 3                   | 0                   | 0                   |
| Pollone             |                   | 275        | Cugnasca 3                     |                     | 0                   | 0                   | 0                   |
| Pollone             |                   | 265        | Cugnasca 2                     |                     | 0                   | 0                   | 0                   |
| Pollone             | VD_PFR            | 228        | Pozzo Francese (Pizzone 3)     |                     | 0                   | 0                   | 0                   |
| Pollone             | VD_RPO            | 174        | ribasso Pollone                |                     | 20.5                | 20.5                | 20                  |

Per quanto riguarda la zona di Monte Arsiccio, il ribasso di S. Erasmo drena la gran parte delle acque che si infiltrano all'interno della sinkhole; minori quantitativi provengono anche dalla galleria S.Olga, mentre la galleria S. Anna, ubicata in posizione altimetricamente più alta rispetto alle precedenti, risulta pressoché asciutta, pur presentando una ampia zona umida in corrispondenza dell'ingresso. Un'altra aliquota di acqua proviene poi dal ribasso del sistema minerario di Pianello.

Relativamente al sistema delle Basse di Monte Arsiccio, del quale non abbiamo a disposizione planimetrie di dettaglio delle gallerie minerarie, si segnala che a monte della strada per S. Anna, alla quota di circa 510 m s.l.m., è stata rilevata la presenza di un piccolo stillicidio di acqua del quale ad oggi non è chiara la provenienza, né è conosciuto il chimismo.

Relativamente al sistema del Pollone, abbiamo segnalato le due gallerie poste nella zona più elevata (Cugnasca 3 e Cugnasca 2) le quali presentavano minimi stillicidi di acqua nel periodo autunnale del 2014, ma che a luglio sono risultate completamente asciutte.

Abbiamo segnalato anche l'uscita del "Pozzo Francese" denominata Galleria Pizzone 3 (asciutta alla data dei sopralluoghi di luglio, ma ricca di venute di acqua durante i sopralluoghi nel periodo autunnale del 2014) e l'uscita del ribasso la cui portata è risultata costante durante il mese di luglio.

## **10 – MISURE DI PORTATA LUNGO L'ALVEO DEL TORRENTE BACCATOIO**

Nel corso dei sopralluoghi, abbiamo effettuato anche misure di portata in corrispondenza del Torrente Baccatoio, che vengono riportate nella tabella seguente. L'ubicazione dei punti di misura è riportata nella tavola allegata alla presente

|   | Torrente Baccatoio   | Quota<br>m.slm | Q( l/m)<br>03/07/14 | Q( l/m)<br>11/07/14 | Q( l/m)<br>25/07/14 | Q( l/m)<br>10/07/15 | Q (l/m)<br>24/07/15 | Q (l/m)<br>07/08/15 |
|---|--|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 1 | A monte della zona mineraria                                   | 600            | 0                   | 7                   | 2                   | 0                   | 0                   | 0                   |
| 2 | Attraversamento strada a valle delle miniere di Monte Arsiccio | 500            | 10                  | 120                 | 40                  | 6                   | 4                   | 2                   |
| 3 | A valle del ribasso di S.Erasmo                                | 482            |                     |                     |                     | 17                  | 12                  | 7                   |
| 4 | Attraversamento a valle della miniera di Buca dell'Angina*     | 395            |                     |                     |                     | 17                  | 12                  | 7                   |
| 5 | Attraversamento per la sorgente la Vite                        | 365            |                     |                     |                     |                     | 8                   |                     |
| 6 | Ponte della miniera del Pollone                                | 205            |                     |                     |                     | 5940                | 5940                | 5940                |
| 7 | Ponte della S.S.439  | 20             |                     |                     |                     | 372                 | 1                   | 0                   |

\* Il fosso delle Piastre che confluisce nel torrente a valle della zona di misura è risultato asciutto

Anche se i dati sono parziali, essendo ristretti ad un intervallo temporale ridotto ed anomalo per quanto riguarda le precipitazioni, è possibile fare alcune considerazioni preliminari.

A monte delle miniere di Monte Arsiccio (punto 1), l'alveo del Baccatoio è risultato asciutto. La stessa condizione era già stata rilevata nel mese di Luglio dello scorso anno (03/07/14). Solo nei giorni del 11 e del 25 luglio del 2014, che seguivano giorni di abbondanti piogge, è stata rilevata la presenza di acqua in alveo.

Nel periodo asciutto, l'acqua che scorre in alveo a monte della sorgente dei Mulini deriva completamente da quella che fuoriesce dalle gallerie minerarie, ed è computabile in pochi litri al minuto.

Un ulteriore dato, che necessita di verifiche nei prossimi mesi, considerando le possibili implicazioni, è che la portata del Torrente resta costante attraversando la zona della miniera di Buca dell'Angina (punti 3 e 4), mentre sembra diminuire leggermente nel tratto compreso tra i due attraversamenti (punti 4 e 5). Difatti il 24 luglio è stata misurata una portata di 8 l/m in corrispondenza dell'attraversamento che conduce alla sorgente la Vite,



contro i 12 l/m misurati più sopra a quota 395 m s.l.m.

Si tenga conto che nei periodi piovosi, il confronto tra le due misure potrà essere disturbato dagli apporti del Fosso delle Piastre, che confluisce nel Baccatoio proprio in questo tratto e che risultava asciutto alla data della misurazione.

La portata del Baccatoio subisce un netto incremento a valle della sorgente dei Mulini e della sorgente la Vite, che insieme apportano circa 5940 l/m, al netto dei prelievi presente alla sorgente la Vite (punto 6).

La portata del Torrente si mantiene circa costante fino a Valdicastello dove, entrando nei depositi alluvionali, gran parte delle acque che scorrono in alveo tendono ad infiltrarsi in profondità.

Il raffronto tra le misurazioni del 10 luglio eseguite sul ponte della miniera del Pollone (punto 6) e sul ponte della S.S. 439 (punto7), evidenziano perdite in alveo superiori al 90%. Riteniamo che gran parte di queste siano dovute ad infiltrazione nel terreno, ma non è da escludere che una quota parte venga ancora prelevata per usi privati. Tale ipotesi sembra avvalorata dal riscontro effettuato in data del 24 luglio, quando a fronte di una portata misurata al ponte della miniera del Pollone pari a quella del 10 luglio, la portata al ponte sull'Aurelia era praticamente nulla.

## **11 – SCHEMA IDROGEOLOGICO PRELIMINARE**

Dal punto di vista idrogeologico le litologie affioranti nell'area presentano caratteristiche nettamente differenti. In particolare è possibile distinguere litologie permeabili per porosità, litologie permeabili per fessurazione e/o carsismo, e litologie praticamente impermeabili.

In particolare è possibile distinguere i seguenti gruppi:

### **a) nei depositi quaternari, permeabilità per porosità**

**terreni ad elevata permeabilità primaria** ( $K > 10^{-6}$  m/sec), quali quelli sciolti o incoerenti a granulometria media e grossa. Sono da ricomprendere in questo gruppo :

- *i terreni alluvionali recenti ed attuali,*
- *i terreni detritici e di copertura,*
- *i detriti di miniera*
- *i depositi di conoide prossimali ai rilievi*

**terreni a media permeabilità** ( $10^{-6}$  m/sec  $< K < 10^{-9}$  m/sec), quali quelli sciolti o incoerenti a granulometria media e fine:

- *depositi di conoide distanti dai rilievi*

### **b) nelle formazioni litoidi, permeabilità per fratturazione e/o carsismo**

**terreni molto permeabili** ( $K > 10^{-4}$  m/sec): quali le unità litostratigrafiche calcaree e calcareo dolomitiche della Successioni Toscane, con un elevato grado di fratturazione e fessurazione, con fenomeni di dissoluzione carsica. In questa categoria rientrano:

- *i Marmi, in presenza di fenomeni carsici(AUN- SSR1)*
- *il Calcare Cavernoso (CCA)*
- *le Cataclasiti ad elementi di marne e dolomie (ctm)*
- *le Cataclasiti ad elementi di calcari retici e liassici (ctc)*

- *i Depositi di origine carsica nelle cataclasiti (cts)*
- *i Grezzoni sovrastanti le filladi(Gr)*

**terreni mediamente o localmente permeabili** ( $10^{-6}$  m/sec  $< K < 10^{-9}$  m/sec): quali le unità calcareo-marnose o calcarenitiche, in assenza di fenomeni carsici. In queste litologie, anche in presenza di fratturazione più o meno intensa, il grado di permeabilità resta basso, per la natura delle rocce e dei loro interstrati marnosi, che tendono a chiudere le fratture verso il basso. In questa categoria rientrano:

- *i Calcari a Rhaetavicula contorta (RET)*
- *il Macigno (MAC)*
- *i Grezzoni sottostanti le filladi(Gr)*
- *i Marmi, in assenza di fenomeni carsici (AUN- SSR1)*

**terreni impermeabili o di bassa permeabilità** ( $K < 10^{-9}$  m/sec): quali le unità, marnose Filladiche, in cui la permeabilità rimane sempre molto bassa e la circolazione idrica limitata ad interstrati calcarei o quarzitici o a linee di fratturazione:

- *Filladi (FAF MFG, MFGa)*
- *Porfiroidi e scisti porfirici (PRS)*
- *Pseudomacigno (PSM)*

E' chiaro quindi che l'idrogeologia è fortemente condizionata dal contrasto di permeabilità tra il complesso carbonatico molto permeabile ed il complesso delle Filladi a permeabilità molto minore.

I calcari, ed in particolare il Calcare Cavernoso e le cataclasiti ad esso associate, manifestano intensi fenomeni carsici superficiali e sotterranei e generano una importante circolazione ipodermica.

L'elevato coefficiente di infiltrazione caratteristico delle rocce carbonatiche che affiorano al di sopra delle Filladi (Calcare Cavernoso, brecce cataclastiche ed in

parte i Calcari a *Rhaetavicula contorta*) è confermato dall'assenza totale di ruscellamento superficiale negli impluvi che scorrono all'interno di queste formazioni.

Nelle situazioni più semplici le acque che si infiltrano all'interno del sistema carbonatico, circolano in profondità secondo brevi percorsi e riemergono in superficie all'interfaccia con le Filladi. Questo è il caso delle innumerevoli sorgenti che orlano il contatto tra le Filladi ed il Calcare Cavernoso a quote anche elevate, comprese tra 550 ed 800 m s.l.m.

La portata misurata nel luglio c.a. in corrispondenza di queste sorgenti è risultata in generale molto modesta, con valori ampiamente al di sotto di 10 l/m. Questi valori nettamente inferiori rispetto a quelli noti (vedasi database comune di Stazzema) sono da ricondurre alle scarse piogge del periodo giugno-luglio u.s., ed evidenziano una dipendenza diretta tra la piovosità e la portata delle sorgenti.

In altri casi, le acque dopo essersi infiltrate nel complesso carbonatico superiore, circolano in profondità attraverso una fitta rete di canali di carsificazione e/o di fratturazione, per raggiungere e miscelarsi con acquiferi carbonatici più profondi. Riteniamo che questo possa essere il caso della sorgente dei Mulini e della sorgente la Vite.

Questi sistemi, denominati acquiferi carsici, sono noti da tempo nell'intero complesso delle Alpi Apuane, e gli studi di riferimento a firma di Leonardo Piccini sono i seguenti:

- *Le risorse idriche dei complessi carbonatici del comprensorio Apuo-versiliense (1999)*
- *Le sorgenti carsiche delle Alpi Apuane (2007)*

Come è stato ipotizzato in questi studi, il livello di base carsico è compreso tra le quote di 300 e 500 m s.l.m.; risulta più elevato nelle zone più interne, come la Garfagnana, scendendo a quote minori verso i versanti marini come quello in esame.

Nell'intero complesso delle Apuane, le sorgenti carsiche conosciute, con portata media superiore a 20 l/s, sono circa 30 e si possono suddividere in base al loro chimismo in 3 categorie.

La prima, che raccoglie la quasi totalità delle sorgenti alimentate dagli acquiferi carbonatici della serie metamorfica, è caratterizzata da acque con bassa salinità, la conducibilità è compresa tra 180 e 200  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ed il contenuto in Ca.

La seconda comprende le scaturigini alimentate da acquiferi costituiti da brecce poligeniche; le acque hanno salinità più elevata con tenore rilevante in solfati.

L'ultimo tipo comprende le sorgenti localizzate lungo le faglie principali che bordano le Apuane, caratterizzate da un leggero termalismo a da un elevato contenuto in NaCl.

In ogni caso, la sorgente dei Mulini e quella della Vite sono ubicate in una posizione particolare, nella quale la successione metamorfica dell'Autoctono, che affiora nella valle del Torrente Baccatoio, è laminata ed interrotta dal contatto tettonico con le Filladi che affiorano nella parte alta della valle. Queste troncano bruscamente la sottostante serie, secondo pendenze molto elevate di 50/60°, riunendosi in profondità con le Filladi basali, generando un blocco allo scorrimento delle acque verso Sud, ed un livello di saturazione all'interno dei Grezzoni.

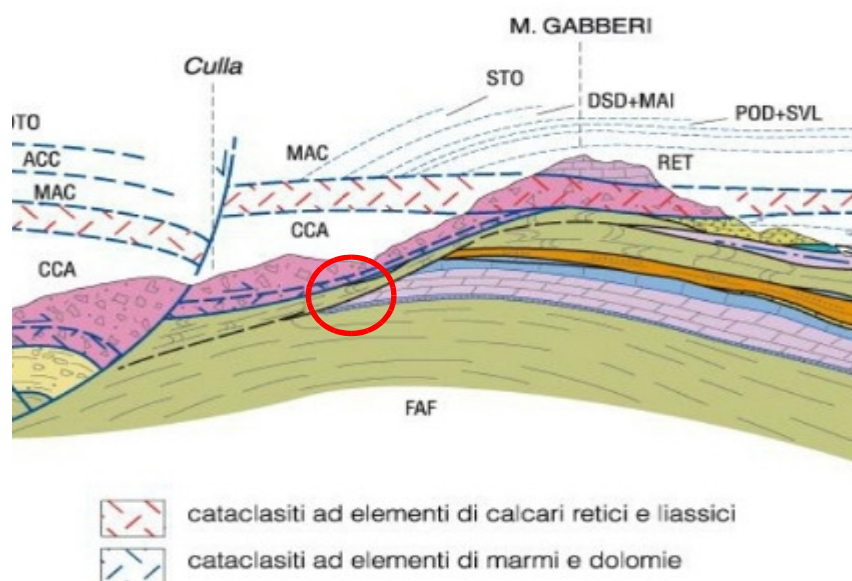


Figura 6: Particolare della sezione redatta dal Geologo Carmignani, con in evidenza l'ubicazione delle sorgenti dei Mulini e della Vite

Sia la sorgente della Vite che la sorgente dei Mulini sono da ricondurre al sistema sopra descritto, ma riteniamo che per la sorgente dei Mulini, ci sia una ulteriore alimentazione derivante dal bacino carbonatico superiore di Monte Gabberi e Monte Lieto.

Gli esiti del rilevamento geologico hanno difatti messo in evidenza alcune complicazioni tettoniche che interessano il versante sovrastante la sorgente dei Mulini. Riteniamo che il cuneo di successione metamorfica ribassato tra la sorgente Lenzo e le Basse di Monte Arsiccio, direttamente soggiacente il Calcare Cavernoso e delimitato ai lati dalle due faglie antiappenniniche, possa costituire una linea preferenziale per la infiltrazione delle acque dal bacino carbonatico superiore fino alla zona della sorgente dei Mulini, dove il percorso si interrompe in profondità giungendo sul livello piezometrico dei Grezzoni.

Queste acque, nel loro percorso verso la sorgente dei Mulini, attraverserebbero lo spessore di cataclasiti e/o detriti affioranti nella zona delle miniere di Verzalla, e potrebbero determinare le variazioni di chimismo osservate tra le due sorgenti.

Tale interpretazione dovrà essere convalidata dai risultati delle analisi chimiche e dai nuovi approfondimenti di indagine ma sicuramente, qualora ciò avvenisse, rappresenterebbe un elemento di novità sostanziale ai fini della definizione del quadro conoscitivo di supporto al Piano di Caratterizzazione.

## **12 – INDICAZIONI PER LA SUCCESSIVA FASE DI INDAGINI**

Per la comprensione del sistema idrogeologico che alimenta la sorgente dei Mulini, nell'ambito di eventuali nuove indagini sarà di grande importanza:

- verificare l'effettivo apporto di acque dalla zona a monte attraverso l'esecuzione di indagini del tipo profili geoelettrici
- verificare il chimismo di tali acque sarà utile prevedere l'installazione di uno o più piezometri da realizzarsi mediante l'esecuzione di sondaggi geognostici, durante i quali si potranno prelevare campioni di terreno all'interno delle cataclasiti, sui quali eseguire analisi chimiche
- Approfondire le conoscenze della cavità carsica della Buca Dell'Angina: è già in corso il rilievo da parte di due speleologi Simone Pardini e Cristian Leonardi iniziato il 7 di agosto, dal quale deriveranno dati molto utili circa la circolazione sotterranea di acqua, la presenza di linee di fratturazione, oltre ovviamente al chimismo delle acque che verranno prelevate che potrà essere confrontato con quello delle due sorgenti presenti a valle (sorgente della vite e sorgente dei Mulini).

Relativamente ai drenaggi minerari, nella zona di Monte Arsiccio, le misure di portata registrate nel periodo di Luglio ed Agosto, hanno messo in evidenza la diretta dipendenza di queste con il regime pluviometrico. Difatti, si è registrata la costante diminuzione dei valori a partire dal 7 di luglio, fino al 7 di agosto (data dell'ultima misura).

In quest'ultima data il ribasso di Pianello è giunto a valori di 2 l/m, la galleria S.Olga



era asciutta ed il ribasso S. Erasmo ha fatto registrare valori pari a 5 l/m.

Al momento non abbiamo a disposizione valori di portata per la galleria di S. Erasmo estesi per un periodo tale da poter caratterizzare il regime idrico.

Considerando comunque la diretta dipendenza con il regime delle piogge, è ipotizzabile che nelle ore immediatamente successive a periodi di pioggia si registrino portate molto elevate.

E' comunque possibile fare un calcolo della quantità di acqua meteorica che nel corso di un anno solare, ricade all'interno della sinkhole per fuoriuscire dalla galleria di S. Erasmo: la zona sovrastante le gallerie minerarie, che in parte presenta l'assetto di una sinkhole, si estende per circa 33.200 mq; moltiplicando tale dato per un valore pluviometrico annuo di 1300 mm, si ottengono circa 43.160 mc.

Tale valore è da considerarsi certamente ottimistico, in quanto non tiene conto di ulteriori apporti dovuti a circolazioni sotterranee o derivanti dagli impluvi sovrastanti la sinkhole dei quali non conosciamo il regime idrico durante eventi particolarmente piovosi.

E' possibile quindi che i quantitativi di acque da trattare possano corrispondere a 50.000/60.000 mc annui, con picchi nei momenti immediatamente successivi alle piogge pari a 50/100 mc/ora.

Portate di picco così elevate possono essere trattate con impianti chimico-fisici di una certa importanza, con costi elevati di impianto e di manutenzione per un arco di tempo peraltro verosimilmente illimitato.

Pur rinviando qualsiasi considerazione finale al termine dell'anno previsto di monitoraggio della sorgente probabilmente la scelta di un trattamento a valle dovrà essere attentamente valutata e nel caso abbinata ad un preimpianto di lagunaggio, in modo da favorire quantomeno la sedimentazione dei metalli in sospensione.

Diversa situazione è stata registrata alle miniere del Pollone, dove i drenaggi della zona superiore, pozzo Francese ed uscite Cugnasca 2 e 3, erano già asciutti agli

inizi di Luglio, mentre il ribasso ha fatto registrare valori costanti, pari a circa 20 l/m, fino alla letture del 7 di agosto.

Pur rinviando qualsiasi conclusione ad una successiva fase di lettura delle portate da effettuarsi nei mesi invernali, in merito alla costanza delle portate del ribasso del Pollone è possibile fare tre ipotesi:

- la prima è che il ribasso del Pollone venga alimentato da un bacino (lago) interno alla miniera, che tende a svuotarsi nei periodi di magra molto lentamente.
- la seconda, seppure meno probabile dato che la miniera si sviluppa interamente all'interno delle filladi, è che esista una sorgente all'interno della miniera
- la terza è che le venute d'acqua siano alimentate dall'infiltrazione delle acque che scorrono nell'alveo del Baccatoio. In effetti, analizzando le carte della miniera, si nota che esiste almeno una galleria al di sotto dell'alveo del Baccatoio, nella quale l'ex Direttore minerario conferma che già quando l'attività mineraria era attiva, filtrava costantemente acqua dalla volta.

Parallelamente al monitoraggio delle portate, sarà perciò opportuno prevedere una ispezione all'interno della miniera, per verificare la provenienza delle acque che giungono al ribasso.

Qualora le acque in uscita al ribasso fossero effettivamente solo quelle derivanti da infiltrazioni al di sotto dell'alveo del Baccatoio, allora sarebbe possibile ipotizzare una soluzione progettuale mirata ad impermeabilizzare il tratto dell'alveo che scorre al di sopra della galleria.

Inoltre dovranno essere consolidate le opere già eseguite lungo la viabilità interna alla miniera per evitare che le acque di ruscellamento raccolte dalla strada rientrino nel sistema delle gallerie, ed isolata con una nuova copertura di asfalto/cemento l'attuale banchina stradale costituita da detrito di miniera, per evitare fenomeni di lisciviazione.

A latere di quanto sopra sarà comunque necessario caratterizzare il regime idrico della venuta di acqua dal "Pozzo francese" (galleria Pizzone 3) e dalle gallerie Cugnasca 2 e 3, che al momento dei sopralluoghi di luglio ed agosto risultavano asciutti, ma che nel periodo invernale contribuiscono in quota parte ad alimentare le acque di ruscellamento superficiale, sia lungo la strada che in corrispondenza del sottostante versante.

Relativamente al sistema delle Basse di Monte Arsiccio, a monte della strada per S. Anna, alla quota di circa 510 m s.l.m., è stata rilevata la presenza di un piccolo stillicidio di acqua, del quale ad oggi non è chiara la provenienza, né è conosciuto il chimismo. Questo stillicidio potrebbe difatti essere una semplice emergenza al contatto tra il complesso carbonatico superiore e le filladi, o viceversa potrebbe essere ricondotto al sistema minerario: sarà perciò opportuno inserire questo punto di emergenza nel programma di analisi già impostato, perché sicuramente interessante sia per la comprensione della circolazione ipodermica che delle cause dell'inquinamento.

Analogamente sarà opportuno approfondire la conoscenza del sistema minerario delle Basse di Monte Arsiccio, dato che questo sistema è ubicato in posizione altimetricamente superiore rispetto alla sorgente dei Mulini, e presenta forme di iniziali fenomeni di sprofondamento che rappresentano trappole per le acque di ruscellamento superficiale: di fatto ad oggi è sconosciuta l'entità ed il percorso di tali acque all'interno delle miniere e non si può escludere la presenza di una galleria di fondo di tale sistema.

Ponsacco, agosto 2015

Geol. Emilio Pistilli

**BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE**

Carmignani L., Dessau G., Duchi G. (1975) *Una mineralizzazione sin-tettonica: il giacimento di Valdicastello (Alpi Apuane). Rapporti tra tettonica e minerogenesi in Toscana*. Boll. Soc. Geol. It., **94**, pp. 725-758.

Carmignani L., Dessau G., Duchi G. (1976) *I giacimenti a barite, pirite e ossidi di ferro delle Alpi Apuane. Studio minerogenetico e strutturale. Nuove osservazioni sui giacimenti polimetallici*. Boll. Soc. Geol. It., **95**, pp. 1009-1061.

Castiglioni G. B. (2000) *Geomorfologia*. UTET Sec. Ed..

Conti P., Carmignani L., Massa G., Meccheri M., Fantozzi P.L., Masetti G., Rossetto R. (2001) *Note illustrative della carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000, F – 260 Viareggio*. Serv. Geol. D'It. - ISPRA.

Musetti R. (2006) *All. 5g-Sorgenti censite*. Piano strutturale del comune di Stazzema.

Musetti R. (2006) *Rapporto geologico geotecnico*. Piano strutturale del comune di Stazzema.

Piccini L. (2007) *Apuane e dintorni: guida incompleta al fenomeno carsico. Le sorgenti carsiche delle Alpi Apuane*. Comitato Alpi Apuane Tip. Amaducci, Borgo a Mozzano, pp.47-68.

Piccini L., Pranzini G., Tedici L., Forti P. (1999) *Le risorse idriche dei complessi carbonatici del comprensorio apuo-versiliese*. Quad. Geol. Appl., **6** 1, pp. 61-78.