

Comuni di
PALAGANO e MONTEFIORINO

Provincia di Modena

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

relativo al rinnovo della concessione mineraria
per la coltivazione di idrocarburi gassosi
denominata "**VETTA**" (codice n. 706):

INTEGRAZIONI

FASCICOLO
ALLEGATI
QUADRO DI
RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

COMMITTENTE:

SIAM S.r.l. - Società Idroelettrica Alto Modenese

Via P. Giardini n. 683/1
41023 Barigazzo di Lama Mocogno (MO)

 **SOCIETA' IDROELETTRICA
ALTO MODENESE
S.r.l.**
41023 BARRIGAZZO di Lama Mocogno (Mo)
Via P. Giardini, 683/1 - Tel e Fax 0536 45050
Cod. Fisc. e Part. Iva 00 286 280 361

A CURA DI:

Dott. Geol. Giorgio Gasparini

dello Studio Geologico Ambientale ARKIGEO
Via San Martino n. 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)



Agosto 2017

Rinnovo Concessione mineraria n. 706 denominata “**VETTA**”

SIA - STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

INTEGRAZIONI

INDICE ALLEGATI

Quadro di Riferimento Programmatico

- **Allegato n. 1** - Copia dello *"Studio geologico di supporto all'attuazione del "Programma di sviluppo" del campo minerario di coltivazione di cui alla concessione 706 (Vetta) - Appennino Modenese"*. Maggio 2010.

Tavole allegate: Carta Geologica
Sezioni Geologiche

COPIA dello

Studio geologico di supporto all'attuazione del "Programma di sviluppo" del campo minerario di coltivazione di cui alla concessione 706 (Vetta) - Appennino Modenese". Maggio 2010.

STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO
ALL'ATTUAZIONE DEL "*PROGRAMMA DI
SVILUPPO*" DEL CAMPO MINERARIO DI
COLTIVAZIONE DI CUI ALLA CONCESSIONE
706 (*VETTA*) - APPENNINO MODENESE.



COMMITTENTE:

S.I.A.M. Gruppo AIMAG

Società Idroelettrica Alto Modenese

Via P. Giardini n. 683/1

41023 Barigazzo di Lama Mocogno (MO)

A CURA DI:

Dott. Geol. Giorgio Gasparini

dello Studio Geologico Ambientale ARKIGEO

Via San Martino n. 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)

Collaboratore ARKIGEO:

Dott. Geol. Marco Capitani

Maggio 2010

INDICE RELAZIONE

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	5
3.1. Generalità.....	5
3.2. Stratigrafia	5
3.2.1. Unità liguridi.....	7
3.2.1.1. Unità tettonica Monghidoro	7
3.2.1.2. Unità tettonica Venano.....	8
3.2.1.3. Unità ofiolitica della Val Baganza.....	9
3.2.1.4. Altre unità litostratigrafiche	10
3.3. Geomorfologia e coperture superficiali	10
3.4. Assetto strutturale regionale	11
3.4.1. Organizzazione dell'impilamento tettonico.....	11
3.4.2. Tettonica tardiva postimpilamento (Neotettonica).....	16
3.4.3. Elementi strutturali trasversali	19
3.4.4. La Val Dragone (Area Concessione Mineraria nel quadro geologico regionale).....	20
4. ANALISI DELL'ASSETTO STRUTTURALE LOCALE.....	27
4.1. Introduzione	27
4.2. Analisi morfostrutturale	27
4.3. Geologia di dettaglio.....	33
4.4. Rilievi di campagna.....	33
4.5. Interpretazione dell'assetto strutturale della Val Dragone.....	40
4.6. Stratigrafie di pozzi esistenti e sezioni geologiche.....	44
5. CONCLUSIONI E IPOTESI DI LOCALIZZAZIONE DI NUOVE PERFORAZIONI.....	47
6. BIBLIOGRAFIA.....	55

TAVOLE

- Carta Geologica - scala 1:5.000
- Sezioni Geologiche - scala 1:5.000

**STUDIO GEOLOGICO DI SUPPORTO ALL'ATTUAZIONE DEL
"PROGRAMMA DI SVILUPPO" DEL CAMPO MINERARIO DI
COLTIVAZIONE DI CUI ALLA CONCESSIONE 706 (VETTA) -
APPENNINO MODENESE.**

1. PREMESSA

Su incarico della Società Idroelettrica Appennino Modenese (SIAM srl) e nell'ambito dell'attività consulenziale di cui al titolo si è provveduto alla redazione del presente studio, finalizzato all'interpretazione dell'assetto geologico strutturale dell'alta valle del Torrente Dragone e delle aree limitrofe (Figure 1 e 2).

Lo studio è stato basato su:

- indagine bibliografica e di archivio;
- interpretazione morfostrutturale di fotografie aeree, satellitari e di modelli digitali del terreno;
- elaborazione di una carta geologica a partire dai dati disponibili sul sito cartografico dell'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, integrati con nuovi dati originali rilevati sul terreno;
- elaborazione di sezioni geologiche basate sulle informazioni contenute nella carta di cui al punto precedente e integrate con i dati stratigrafici relativi a pozzi per la ricerca di idrocarburi esistenti in zona, messi a disposizione dalla società committente (SIAM);
- rilevamento geologico di dettaglio;

- rilevamento diretto di elementi strutturali alla scala mesoscopica su affioramenti selezionati, nonché successiva elaborazione dei dati.

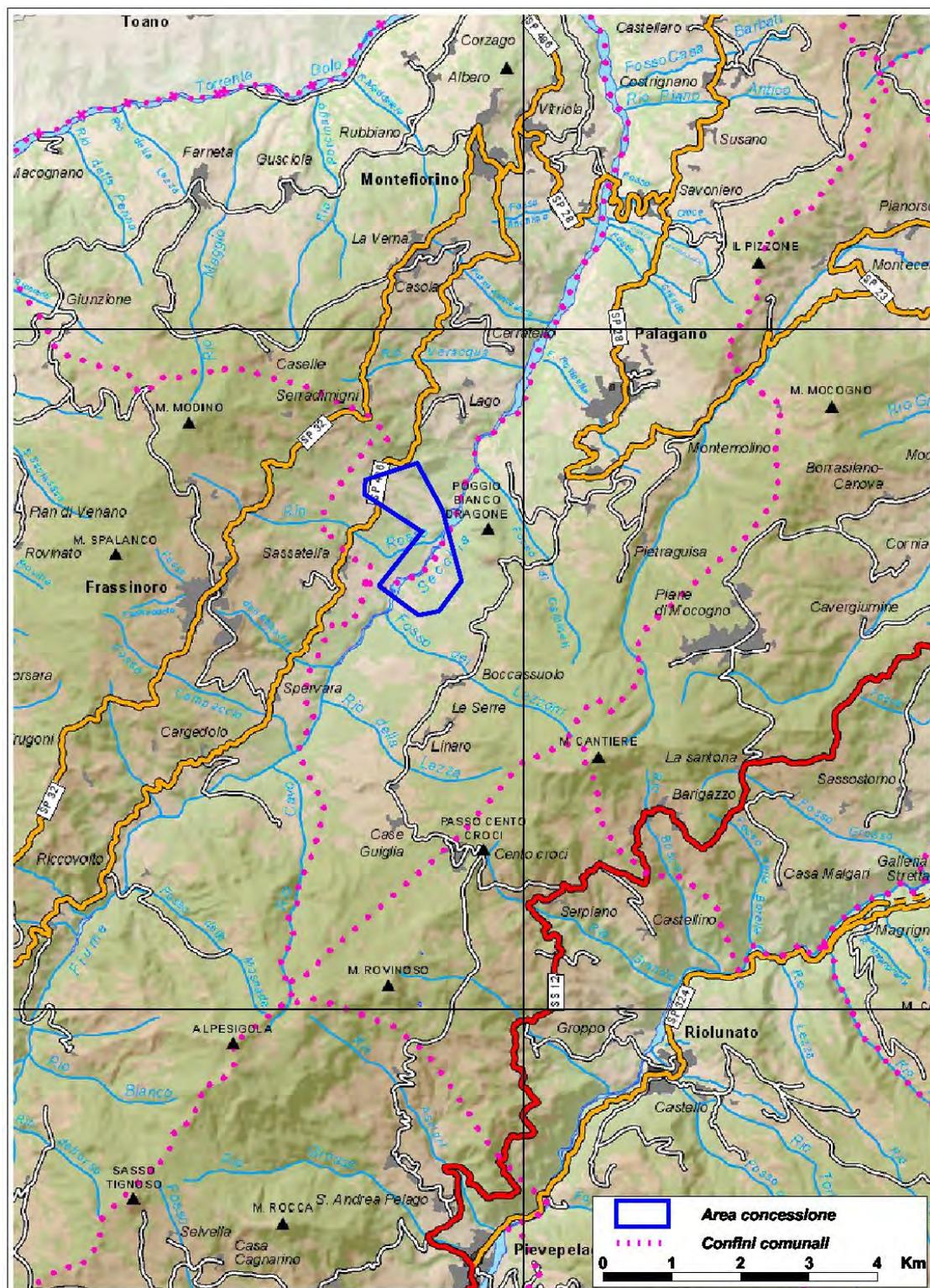


Figura 1 - Inquadramento geografico della concessione mineraria n. 706 (VETTA). (Base topografica: estratto da Carta Stradale delle Provincia di Modena, Amm. Prov. Modena). N. B. La carta originale, qui ripresa, riporta erroneamente la dicitura Fiume Secchia, in luogo di quella corretta di Torrente Dragone.

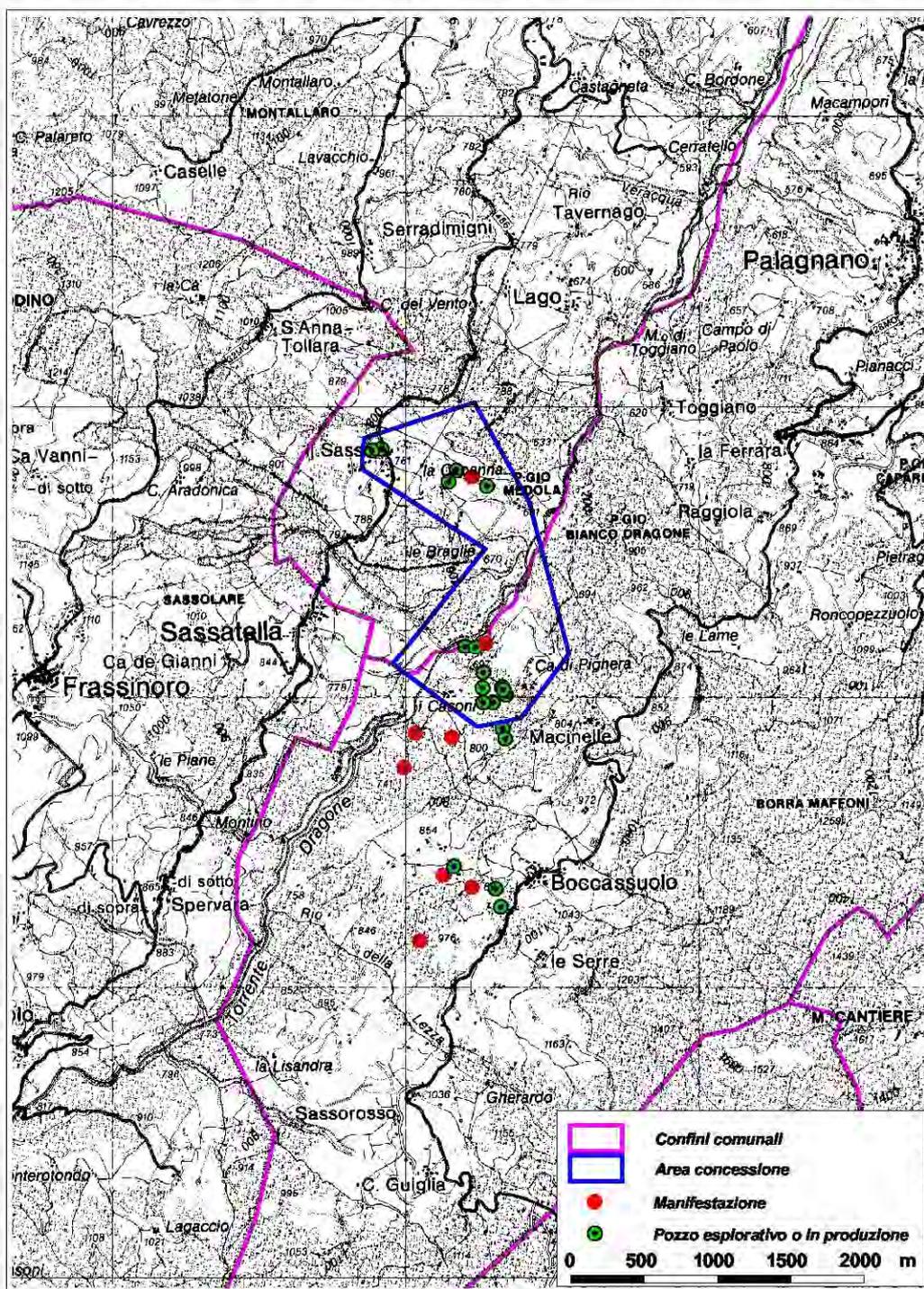


Figura 2 – Inquadramento territoriale dell’area compresa all’interno della concessione mineraria n. 706 (VETTA) con ubicazione dei pozzi per metano e delle manifestazioni naturali di idrocarburi. (Base topografica: Estratto da Carta Topografica Regionale alla scala 1:50.000, Fogli nn. 235 e 236, Regione Emilia-Romagna).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'esistenza di venute a giorno spontanee di idrocarburi nell'alta Val Dragone e, in generale, nelle aree limitrofe al Monte Cantiere, è nota ormai da secoli¹, tanto che si è consolidata anche nella presenza di numerosi toponimi caratteristici quali: *Il Fuoco* (lungo la SS 486 per il Passo delle Radici), *Boccasuolo* (bocche nel suolo) oppure *Inferno* (presso Barigazzo).

Un certo numero di tali manifestazioni naturali (fuochi fatui, salse, aree nelle quali la neve invernale tende a sciogliersi in anticipo sulla stagione, ecc.) si concentra in una stretta fascia grossomodo ad andamento sud-nord compresa tra Boccasuolo e Poggio Medola (Figura 2).

Da diversi decenni tale areale è stato oggetto di indagini e perforazioni finalizzate allo sfruttamento locale di tale risorsa, con la messa in produzione di diversi pozzi², gran parte dei quali sono ricompresi all'interno della concessione n. 706 (Figura 2) o della limitrofa concessione 845.

¹ I fuochi di Barigazzo sono menzionati anche nell'opera di Plinio il Vecchio (*Historia Naturalis*).

² Non tutti i pozzi perforati nell'arco di diversi decenni sono risultati produttivi.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. Generalità

L'area oggetto di studio si colloca nell'alto Appennino Modenese e più in particolare è incentrata sul tratto della Valle del Torrente Dragone compreso grossomodo a nord tra i capoluoghi comunali di Montefiorino e Palagano e a sud tra il capoluogo comunale di Frassinoro e la frazione di Boccassuolo (Figure 1 e 2).

3.2. Stratigrafia

Tra i lavori più recenti che descrivono dal punto di vista geologico il territorio qui preso in esame vanno annoverati, tra gli altri, *le Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000* relative al foglio n. 235-Pievepelago (Plesi, 2002), alle quali si rimanda per una disamina più approfondita della numerosa bibliografia disponibile, della quale nel capitolo dedicato, alla fine della presente nota, sono richiamati solamente una parte degli studi che più direttamente trattano degli aspetti geologici dell'area esaminata.

L'alto Appennino modenese è caratterizzato (Figura 3) da un substrato roccioso composito, formato da rocce diverse appartenenti a successioni stratigrafiche e unità tettoniche ascrivibili a tre distinti domini paleogeografici (Plesi, 2002):

- Dominio ligure;
- Dominio subligure;
- Dominio toscano.

Localmente sono poi presenti (ad esempio in Val Dolo presso la località Gova) affioramenti di rocce di incerta collocazione paleogeografica, nonché stratigrafico-strutturale, che a parere di alcuni studiosi evidenziano caratteristiche affini con unità riferibili al dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo (Plesi, 2002).

Delle diverse unità litostratigrafiche verranno qui descritte, in maniera sommaria, le caratteristiche litologiche e sedimentarie solamente di quelle affioranti nell'area interessata dal presente studio. Si tratta di formazioni che appartengono a unità tettoniche di pertinenza del Dominio ligure. Le unità subliguri e toscane non verranno qui descritte nel dettaglio, in quanto non affioranti in area, ma saranno comunque richiamate in più punti della presente relazione, sia per il significato che rivestono a livello dell'architettura strutturale di questo settore dell'Appennino Settentrionale, sia perché, alcune unità toscane, sono ritenute le più probabili

candidate e rivestire il ruolo di *rocce madri* per la genesi degli idrocarburi appenninici (Borgia & Ricchiuto, 1984; Borgia et al., 1985a; 1985b; 1986; Brighenti et al., 1988).

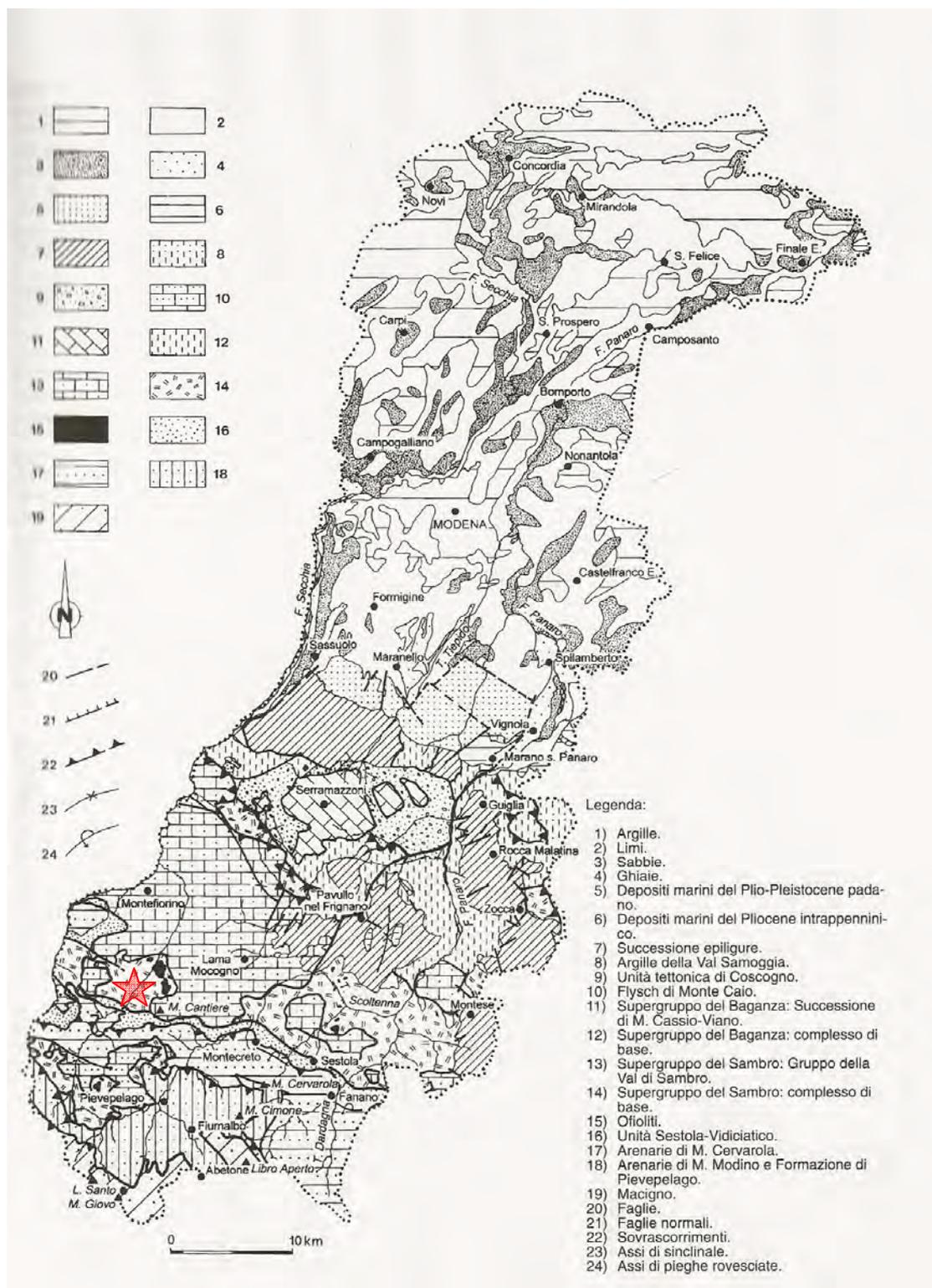


Figura 3 – Carta geologica della Provincia di Modena (estratto da Capitani & Bertacchini, 1997). La stella individua l'area oggetto del presente studio.

Prima di passare ad analizzare le caratteristiche litologiche e sedimentarie delle formazioni che compongono le principali unità tettoniche, occorre evidenziare come la nomenclatura abbia subito nel corso del tempo molte modifiche. Le medesime unità sono state chiamate con denominazioni e attribuzioni geografiche diverse a seconda dei ricercatori che le hanno studiate. Le varie denominazioni, utilizzate nel corso del tempo per identificare le medesime rocce, sono l'espressione delle modifiche della maniera di vedere e interpretare la genesi e l'evoluzione della catena appenninica. La nomenclatura alla quale si farà qui riferimento è quella ufficialmente utilizzata nella nuova edizione della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 e nelle relative note illustrative, che non sempre coincide pienamente con quella utilizzata in carte e figure riprese dalla bibliografia (ad esempio nella Figura 3).

3.2.1. Unità liguridi³

Daniele & Plesi (2000) distinguono le successioni riferibili al dominio Ligure Esterno da quelle che non contengono o comunque contengono in maniera poco rilevante materiali oceanici e che pertanto potrebbero essersi sedimentate in un bacino caratterizzato da crosta di tipo continentale (margine adriatico) sia pur frammentata e assottigliata ("zona o dominio emiliano"). Nell'Appennino al confine tra le Province di Modena e Reggio Emilia le unità tettoniche Liguri Esterne, come si vedrà anche nei capitoli che seguono, sono dall'alto le seguenti:

- 4) Unità Monghidoro;
- 3) Unità Venano;
- 2) Unità ofiolitica della Val Baganza;
- 1) Unità Caio.

Nell'area qui esaminata (val dragone in coincidenza della concessione mineraria e nelle zone limitrofe) sono presenti solamente rocce riferibili alle Unità Monghidoro e della Val Baganza, con l'Unità Venano che comunque costituisce la parte più alta del versante in sinistra idrografica (dorsale di Monte Modino – Poggio Mattioli).

3.2.1.1. Unità tettonica Monghidoro

Dell'Unità Monghidoro, nell'area in esame, affiorano le unità torbiditiche rispettivamente denominate Formazione di Monte Venere e Formazione di Monghidoro.

³ Le informazioni riportate nel presente capitolo sono riprese principalmente da Plesi 2002.

La formazione di Monte Venere (Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.) è data essenzialmente da torbiditi arenaceo-marnose a base fine di colore grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi con a tetto sottili strati di argille grigio scure o nerastre. Sono inoltre presenti intercalazioni di alcuni metri di spessore formate da strati arenaceo-pelitici, da sottili a spessi e megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Anche la Formazione di Monghidoro (Maastrichtiano sup. - Paleocene sup.) è formata principalmente da torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, con generale prevalenza dei termini arenacei. Intercalati alle torbiditi possono poi esserci degli orizzonti formati da strati da sottili a medi di torbiditi pelitico arenacee nelle quali prevale la componente più fine. Le arenarie sono solitamente gradate con base a granulometria da media a grossolana, o anche microconglomeratica, localmente poco cementate, di colore grigio scuro. La componente argillosa posta a tetto delle torbiditi presenta solitamente una colorazione scura (da grigio cinerea a nerastra. Nella parte bassa della formazione sono anche inoltre presenti degli strati calcareo-marnosi con tracce di fucoidi.

Nell'area in esame affiora principalmente la Formazione di Monte Venere visibile ad esempio lungo la strada statale all'altezza della località Madonna del Calvario, ma che forma anche il versante in destra idrografica del Dragone, a monte della dorsale Poggio Bianco Dragone-Cinghio del Corvo, oppure poco a sud di Boccassuolo. La Formazione di Monghidoro forma invece il substrato dei settori di valle posti immediatamente a nord del Poggio Bianco Dragone e le parti più alte del versante in destra idraulica della Val Dragone, fino al Monte Cantiere.

3.2.1.2. Unità tettonica Venano

La successione che avrebbe dato origine all'Unità Venano è formata da due formazioni, le Argilliti dell'Uccelliera e le Arenarie di Poggio Mezzature. Le Argilliti dell'Uccelliera, la cui età non è stata ancora definita, sono date da argille e argille siltose, generalmente rossastre o più raramente localmente verdine, alle quali sono intercalati strati arenacei sottili la cui composizione è simile a quella delle soprastanti Arenarie del Poggio Mezzature; soprattutto nella parte inferiore la formazione presenta una composizione più eterogenea con la presenza di strati da centimetrici a decimetrici di calcari e marne siltose. Le Arenarie del Poggio Mezzature sono torbiditi arenaceo-pelitiche, in strati da sottili a medi ($R/P > 1$), alternate a torbiditi spesse (fino a 4-5 m) e molto spesse con grana anche grossolana ($R/P > 1$). Le arenarie sono grigie, con tonalità grigio-scura o bruno-rossastra se alterate.

Le due formazioni non affiorano propriamente nell'area qui esaminata, ma in settori prossimi, lungo la parte più alta del versante posto in sinistra Dragone (dorsale a monte di Frassinoro che collega il Monte Modino al Poggio Mattioli dove, nella lettura degli autori tedeschi, l'unità viene riportata con la denominazione di Arenarie di Frassinoro (Reutter, 1969).

3.2.1.3. Unità ofiolitica della Val Baganza

Nell'area in esame è data principalmente dai basalti ofilitici che formano masse anche di grandi dimensioni (Cinghio del Corvo, Poggio Medola, Madonna del Calvario, il Sasso, Sassatella, Boccassuolo, ecc.) e dalle Argille a Palombini. In associazione con i basalti sono presenti anche le Breccie Argillose del Poggio Bianco Dragone.

Le masse ofiolitiche sono formate principalmente da basalti che macroscopicamente sono distinguibili in rossi (prevalentemente massivi e/o a cuscini) e verdi o grigio-verde (prevalentemente a struttura brecciata). I basalti rossi devono la loro colorazione a una maggiore presenza di ossidi amorfi di Fe (in genere limonite) che hanno permeato le innumerevoli fratture presenti, presentano spesso un'evidente struttura massiva o a *pillow*, con "cuscini" da decimetrici a metrici e che a loro volta possono essere interessati da fratture interne ad andamento radiale o concentrico. I basalti verdi o grigio-verdi devono la loro colorazione alla presenza di minerali della famiglia della clorite, formatisi per l'alterazione della componente femica originaria, ora rappresentata in prevalenza da brandelli clinopirosenici.

Le masse ofiolitiche sono accompagnate, in rapporti poco chiari ma che sembrano quasi indicare che le ofiliti siano inglobate, dalle Argille del Poggio Bianco Dragone, sia nell'omonima località che nei pressi del vicino cinghio del Corvo. Si tratta di breccie a matrice argillosa che contengono clasti ofiolitici, calcarei e più subordinatamente arenacei; localmente sono anche presenti inclusi di Argille varicolori talvolta cartografabili (Plesi, 2002).

Le Argille a Palombini (Baremiano-Turoniano) formano gran parte dei versanti della Valle del Dragone, per lo meno di fondovalle e mezza costa e con la loro composizione prevalentemente argillosa sono la causa principale della sua ben nota instabilità gravitativa. Sono date principalmente da argille e argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata. A causa dell'intense formazioni subite l'originario ordine stratigrafico è andato quasi ovunque

perduto tanto che alla scala dell'affioramento l'unità presenta una tessitura del tipo a "blocchi in pelite" (Bettelli et al., 1996)

3.2.1.4. Altre unità litostratigrafiche

Non vengono qui descritte, perché non affioranti direttamente nell'area in esame, le formazioni riferibili all'Unità Caio (liguridi), all'Unità Canetolo (subliguridi) e alle unità e Successioni di pertinenza del dominio toscano. Riguardo queste ultime è comunque utile ricordare che affiorano, circa 2-3 chilometri a sud dell'area della concessione mineraria, in coincidenza di un lineamento tettonico importante che le giustappone alle unità liguri (cfr. capitoli seguenti). Le unità di pertinenza toscana, assieme ad una formazione arenacea che secondo alcuni autori presenterebbe affinità con la Marnoso-Arenacea (Arenarie di Gova) affiora in finestra tettonica nella vicina valle del Dolo (presso l'omonima località di Gova) in una posizione che, se si considera l'andamento strutturale prevalente della catena appenninica settentrionale (NO-SE) si pone sulla stessa direttrice dell'area oggetto del presente studio.

3.3. Geomorfologia e coperture superficiali

Sia il versante in destra che il versante in sinistra idrografica della Val Dragone sono caratterizzati dalla presenza di grandi accumuli di origine franosa classificati attivi o, più raramente, quiescenti e che hanno subito anche in tempi molto recenti riattivazioni di alcune delle loro parti, soprattutto sul versante in sinistra idrografica (Leuratti et al., 2007). Si tratta di sistemi franosi molto estesi che interessano pressoché quasi tutta la lunghezza del versante. Per quanto riguarda l'area della concessione mineraria, le due frane più significative che interessano il versante in sinistra idrografica sono quelle denominate in letteratura come frana di Tolara e frana di Lezza Nuova (Leuratti et al., 2007); per quanto riguarda invece la destra idrografica, anche qui sono presenti diversi accumuli franosi la cui estensione è più limitata, se non altro perché non si spingono fino alle pendici più alte del versante; tra queste frane, ben note perché spesso menzionate negli archivi storici (Brunamonte, 2003) e in bibliografia (AA.VV., 1993), si possono ricordare la frana del Cinghio del Corvo e le frane di Boccassuolo.

Per quanto attiene gli scopi della presente ricerca, le problematiche che possono sorgere relativamente alle coperture superficiali sono di due tipi:

a) stabilità, in quanto anche recentemente (Leuratti et al., 2007), nella parte alta del versante in sinistra idraulica si sono verificate rimobilizzazioni che hanno

determinato danni notevoli, con necessità di interventi anche urgenti per la messa in pristino della viabilità stradale;

b) spessori dei materiali accumulati che, in un'ottica di realizzazione di una perforazione, devono comunque essere attraversati.

3.4. Assetto strutturale regionale

3.4.1. Organizzazione dell'impilamento tettonico

Già da diversi anni la struttura generale della catena appenninica settentrionale viene ricondotta a quella di un prisma d'accrezione, formato dall'impilamento, le une sulle altre, di grandi unità tettoniche regionali (falde), ciascuna dello spessore di diverse centinaia (fino a migliaia) di metri. Ognuna di queste grandi falde tettoniche sarebbe riconducibile a un diverso settore paleogeografico in cui era suddiviso la parte dell'originario bacino marino denominato Tetide dalla quale avrebbe avuto origine la catena appenninica (Treves, 1984) (Figura 4).

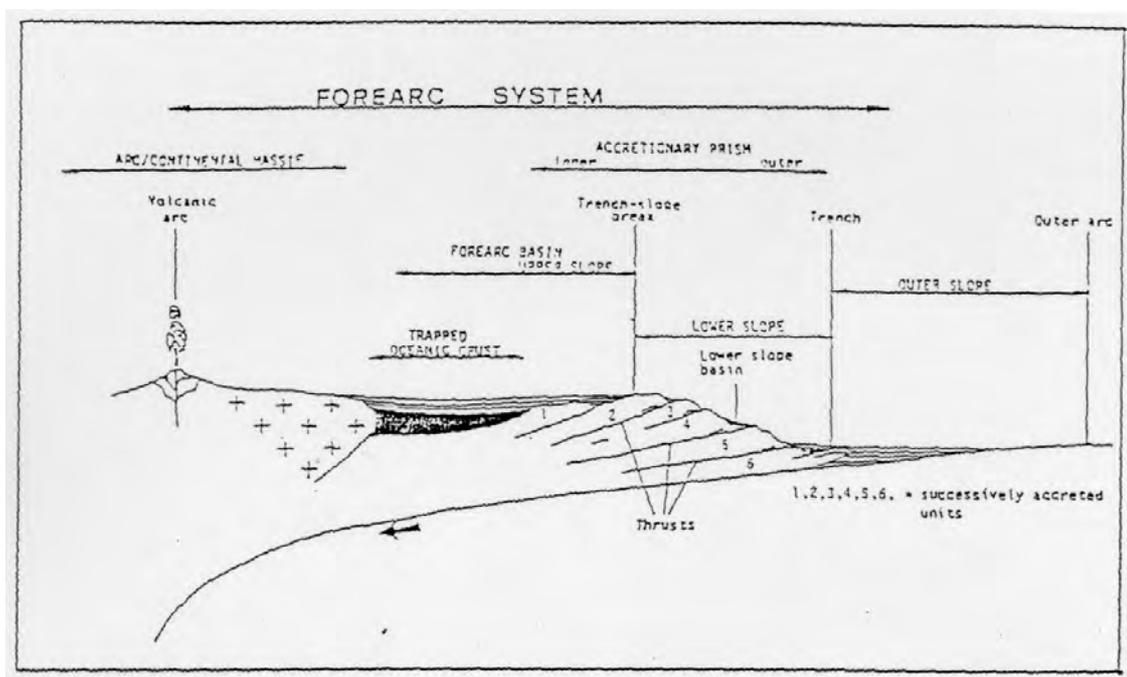


Figura 4 – L'Appennino Settentrionale è una catena a "pieghe e a faglie inverse" inquadrabile nel modello di prisma d'accrezione (da Treves, 1984).

Le originarie successioni marine sarebbero ad un certo punto della storia geologica state segmentate e sovrapposte le une sulle altre in corrispondenza di una zona di subduzione che, secondo le più recenti teorie, sarebbe dapprima stata

caratterizzata da un immersione verso est sudest e impilamento delle falde tettoniche a vergenza alpina (fase ligure o eo-alpina del Cretaceo superiore-paleocene), poi da immersione verso ovest-sudovest e impilamento delle falde con vergenza e direzione di trasporto verso nord (fasi tettoniche appenniniche) (Figura 5). Durante la prima fase tettonica eo-alpina si sarebbe determinata la subduzione di gran parte dell'originaria crosta oceanica riferibile, ad un segmento dell'Oceano Tetide denominato bacino Ligure⁴ (o Ligure-Piemontese), con formazione di un prisma d'accrezione costituito da falde liguri, che nelle fasi tettoniche successive sarebbero poi state traslate verso est nordest, al di sopra delle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiano-romagnole, a formare le così dette unità alloctone liguri o Liguridi (Figura 5).

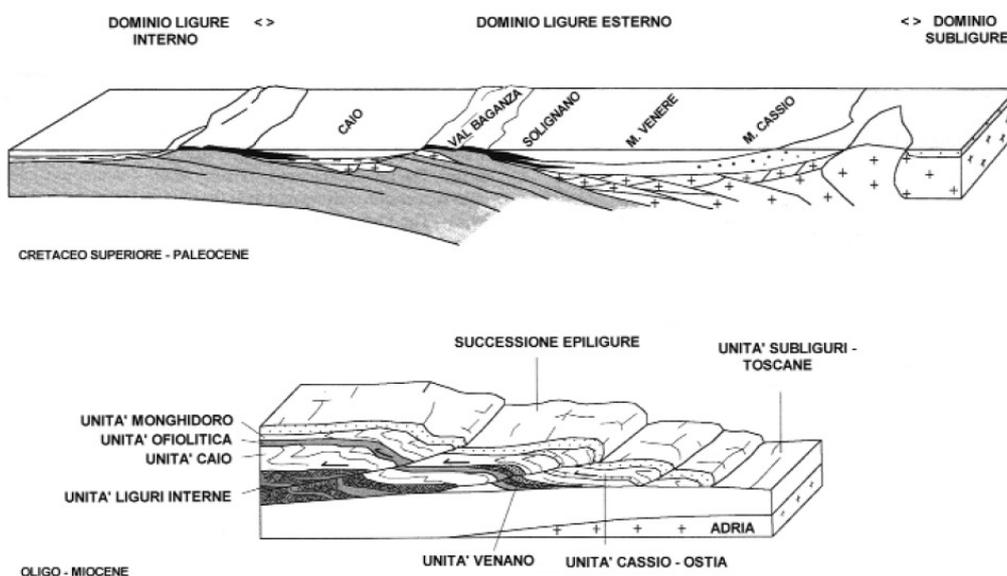


Figura 5 - Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle Liguridi Esterne attraverso l'Appennino modenese secondo Daniele & Plesi (2000).

Come evidenziato nella Figura 5, tale strutturazione alla scala della catena è ancora riconoscibile anche nell'Appennino modenese (Bettelli et. al; 1989a; 1989b; 1989c; Bettelli & Panini, 1992; Daniele & Plesi, 2000; Plesi, 2002). A grandi linee, infatti, è possibile ricostruire la struttura dell'edificio appenninico caratterizzata dalla sovrapposizione, dall'alto verso il basso, di:

- Unità liguri o Liguridi;
- Unità subliguri (o subLiguridi);
- Unità Toscane.

⁴ Suddiviso in una porzione interna ed una esterna, rispetto l'attuale struttura della catena (Figura 4).

A loro volta la pila delle Liguridi presenta una strutturazione interna caratterizzata anch'essa dalla sovrapposizione di distinte unità che avrebbero ciascuna un proprio significato paleogeografico (Figura 5)

Le Liguridi, nel settore di Appennino Modenese qui analizzato, sono pertanto così distinguibili, sempre in base all'ordine geometrico di sovrapposizione dall'alto verso il basso⁵ (Figura 5) (Plesi, 2002):

- Unità Monghidoro (Liguridi esterne);
- Unità Venano (Liguridi esterne);
- Unità ofiolitica della Val Baganza;
- Unità Caio (Liguridi interne).

Più a nord, rispetto l'area qui esaminata, compaiono altre unità tettoniche⁶ ascrivibili alle Liguridi esterne, tra le quali si ricorda ad esempio l'Unità Cassio (Figura 5) tipica delle aree di Serramazzone (MO) e di Viano (RE).

Da sottolineare, inoltre, che sempre a nord dell'area qui esaminata, le unità liguridi sono accompagnate dalla così detta Successione epiligure, che rappresenta il prodotto della sedimentazione, avvenuta in ambiente marino, al di sopra delle liguridi, mentre queste traslavano verso nord, sovrapponendosi alle unità subliguri, toscane e umbro-marchigiane (Bettelli et al., 1989a; 1989b) (Figura 5).

La falda ligure, formata dalle unità tettoniche sopra elencate, è l'elemento strutturale principale, a scala regionale, che caratterizza l'architettura geologica dell'alta val Dragone e nel segmento di valle qui preso in esame (Figure 1, 2, 5 e 6).

⁵ Anche nelle unità toscane è stata riconosciuta una strutturazione interna ricorrente (Plesi, 2002), distinguendo dall'alto verso il basso la sovrapposizione dell'Unità Modino sulla Successione Cervarola. L'unità Modino è a sua volta suddivisa in sotto-unità di rango regionale: sotto-unità Modino-Pievepelago e sotto-unità Ventasso (Plesi, 2002).

⁶ Si usa qui il termine "unità tettonica" in sinonimia con "unità stratigrafico-strutturale" per identificare un'unità tettonica costituita da un'insieme di unità litostratigrafiche che, probabilmente, in origine formavano una successione stratigrafica continua. Il termine falda sta ad indicare più propriamente un'insieme di unità tettoniche afferenti al medesimo grande dominio paleogeografico (ad esempio: falda ligure è l'insieme delle unità tettoniche derivanti dalle originarie successioni sedimentarie depostesi nel bacino ligure a costra oceanica, coinvolte che durante la fase tettonica eo-alpina sono state sovrapposte le une sulle altre a formare il prima d'accrescimento ligure che, durante le fasi tettoniche successive, sono poi sovrascorse al di sopra delle unità subliguri, toscane, e umbro-marchigiano-romagnole, assumendo un grado di alloctonia piuttosto marcato con traslazioni misurabili nell'ordine del centinaio di chilometri.

Qui affiorano infatti quasi esclusivamente rocce riferibili alle Unità tettoniche Monghidoro, Venano e della Val Baganza che formano i fianchi sia in destra che in sinistra del Dragone (Figure 6 e 7), che formano il substrato roccioso delle montagne comprese tra Palagano, Montefiorino, Boccassuolo e Frassinoro, nonché tutto il settore che si estende verso est (verso il gruppo del Monte Cantiere).

Più in particolare, l'area compresa all'interno della concessione mineraria n. 706 è caratterizzata dalla presenza, in affioramento, delle unità tettoniche Monghidoro e della Val Baganza (Figure 6 e 7).

Per osservare in affioramento l'unità Venano occorre invece spostarsi verso ovest (verso il Monte Modino di Frassinoro, di circa 1,5 m (Figura 6); gli affioramenti più prossimi di unità liguri esterne (Unità Caio) o subliguri (Unità Canetolo) si trovano verso NE (a oltre 2 km) o verso sud (a 3-5 km di distanza) (Figura 6); infine le unità toscane affioranti nelle vicinanze si trovano verso sud a oltre 3 Km e verso ovest (in val Dolo) a oltre 4 Km) (Figura 6).

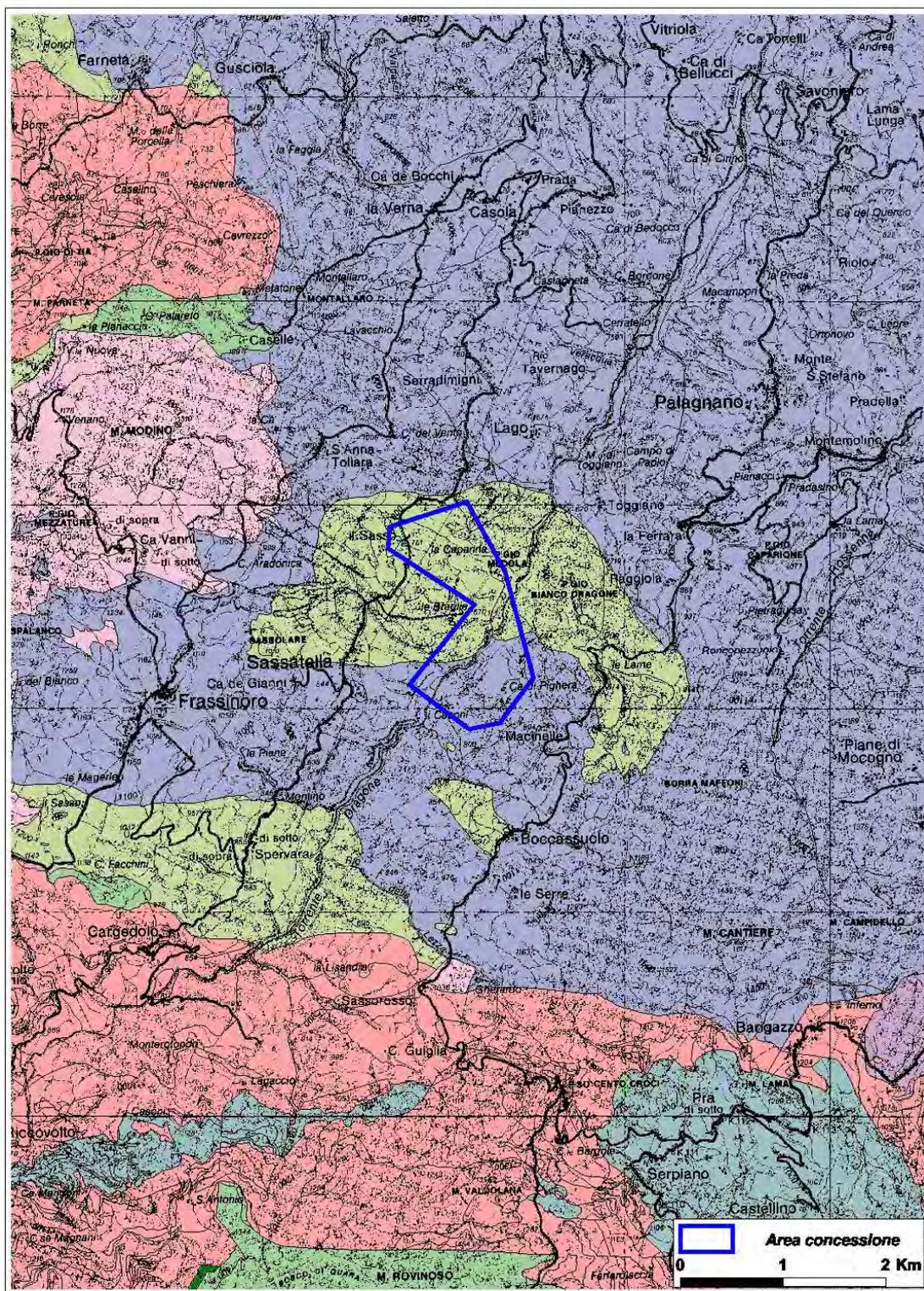


Figura 6 – Carta delle Unità tettoniche (compilata sulla base dei dati reperibili sul sito web cartografico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale; Base topografica: Estratto da Carta Topografica Regionale alla scala 1:50.000, Fogli nn. 235 e 236). Per la legenda cfr. la figura seguente.

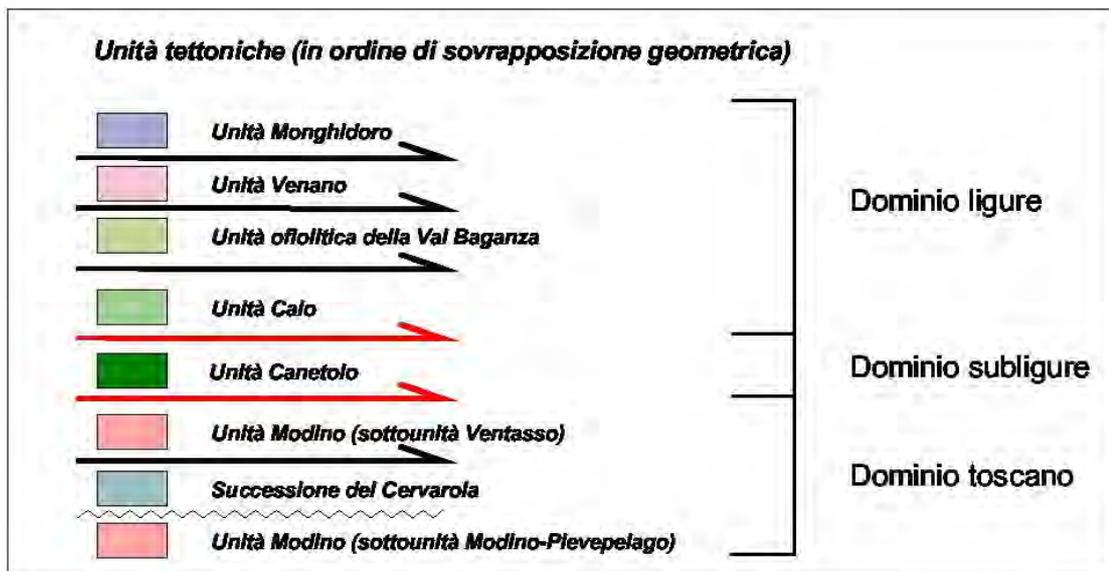


Figura 7 – Schema dell'assetto strutturale del settore di Appennino Modenese posto in corrispondenza dell'alta Val Dragone. (Basato su Plesi, 2002). L'ordine di sovrapposizione geometrica è ricostruibile attraverso l'integrazione dei dati stratigrafico-strutturali a scala regionale, ma è spesso obliterato o comunque difficile da riconoscere per la presenza di faglie tardive neotettoniche ad alto angolo a dinamica distensiva. (In rosso e in nero sono schematizzate le principali superfici di accavallamento, a tratteggio il contatto stratigrafico della Successione Cervarola sulla sottounità Modino-Pievepelago dell'Unità Modino).

3.4.2. Tettonica tardiva postimpilamento (Neotettonica)

Il modello dell'edificio strutturale appenninico settentrionale rappresentato come schema generale dall'impilamento di grandi falde tettoniche (unità liguri sulle subliguri a loro volta sulle toscane) descrive abbastanza chiaramente quelli che sono i rapporti generali tra le unità a diversa affinità paleogeografica. Come ogni modello, tuttavia, presenta delle lacune qualora si scenda nell'analisi di dettaglio.

La storia evolutiva della catena appare infatti più complessa. In molte aree può capitare ad esempio che la pila delle unità tettoniche non sia completa, mancandone alcune: l'unità di Venano⁷, apparentemente, non è sempre presente e molto spesso i dati di campagna suggerirebbero che l'unità Monghidoro appoggi direttamente sull'Unità ofiolitica della Val Baganza, come sembra avvenire anche nell'area ricompresa all'interno della concessione mineraria.

In effetti, il modello di sovrapposizione di falde tettoniche è stato messo a punto tenendo conto dell'analisi di dati su estensioni areali molto ampie, pur riscontrando localmente (anche su grandi settori) degli scostamenti da tale modello.

⁷ Non da tutti gli autori l'unità viene considerata a se stante, ma viene assimilata ad altre unità stratigrafico-strutturali.

Gli stessi processi di sovrapposizione lungo piani di accavallamento (*thrust*) delle unità tettoniche prevedono, già a livello teorico, la possibilità che si verifichino forti deformazioni, laminazioni e perdite di spessori, anche notevoli, delle successioni sedimentarie coinvolte nei processi tettonici. Il modello quindi ha una sua validità generale, ma può presentare delle lacune a livello particolare. In effetti, solo alcune in aree gli originari rapporti di sovrapposizione geometrica sono stati conservati.

Ad un'analisi di dettaglio, infatti, si può verificare che la distribuzione delle unità tettoniche è controllata anche dalla presenza di importanti strutture fragili (faglie) tardive, così che le originarie superfici di sovrapposizione, tra unità afferenti ai diversi domini paleogeografici, non sempre sono ben riconoscibili.

L'originaria superficie di sovrapposizione delle Liguridi sulle unità toscane, ad esempio, nell'area in esame sembra conservata solo presso Gova, in Val Dolo. Le unità afferenti al dominio toscano paiono in generale giustapposte alle unità liguri e subliguri attraverso faglie normali ad alto angolo, a direzione appenninica ed inclinate verso nord est, che dislocano e obliterano le originarie superfici di sovrapposizione geometrica, tra unità toscane, Liguridi e Subliguridi. Si tratta di elementi tettonici riconoscibili in tutto l'alto Appennino reggiano, modenese e bolognese e che rappresentano le strutture geologiche più recenti ricostruibili sulla base dei dati geologici di superficie.

Un importante allineamento di faglie (che vanno sostanzialmente da Ligonchio, passando a sud di Frassinoro e a sud del Monte Cantiere, fino a Fanano giustappone le unità toscane, a sud, alle unità liguri a nord. Questo sistema di faglie si collega verso ovest (presso Gova) ad un altro sistema di faglie normali ad alto angolo immergenti verso nord est, che giustappone (a sud di Villa Minozzo) i terreni dell'Unità tettonica Caio, a sud, con quelli dell'Unità tettonica Monghidoro (ribassandola), a nord.

Altri fasci di faglie ad alto angolo, a direzione appenninica e a rigetto normale, sono riconoscibili all'interno delle unità liguri e nell'insieme tale struttura tardiva gioca un ruolo non secondario sotto diversi punti di vista. La loro genesi è probabilmente da correlare con l'instaurarsi di un regime di tipo distensivo nel settore interno (toscano) della catena, avvenuto negli ultimi milioni di anni della storia della catena appenninica. L'attuale evidente sismicità dell'alta toscana (Lunigiana e Garfagnana), il flusso geotermico anomalo tipico del settore occidentale della Toscana (Lardarello), la presenza di evidenti testimonianze di vulcanismo quaternario (Toscana e Lazio settentrionale), sono tutte testimonianze di una situazione geodinamica che può

essere ricondotta infatti ad un regime di tipo distensivo, con formazione di bacini tettonici tipo *graben* (ad es. Val d'Arno Superiore) e terremoti anch'essi caratterizzati da meccanismi di movimento lungo faglie normali. Secondo alcuni studiosi la distensione, evidente sul versante Toscano, avrebbe anche superato in tempi geologicamente recenti il crinale principale e avrebbe determinato la formazione di importanti strutture tettoniche distensive anche nell'alto Appennino, per lo meno tra le Provincia di Bologna e Reggio Emilia.

Tali faglie (o meglio fasci di faglie) a rigetto normale taglierebbero la pila delle falde tettoniche, determinando la giustapposizione di unità che altrimenti non dovrebbero avere rapporti geometrici diretti, in quanto geometricamente poste a livelli strutturali diversi all'interno della pila.

L'importanza di tali lineamenti tettonici relativamente recenti non è solo legata ad una migliore comprensione dell'evoluzione strutturale della catena, ma ha anche numerosi risvolti pratici. Le stesse manifestazioni naturali a gas si collocano infatti anch'esse lungo un allineamento NO-SE (fino alla Provincia di Piacenza (Figura 8) (Borgia et al., 1986).

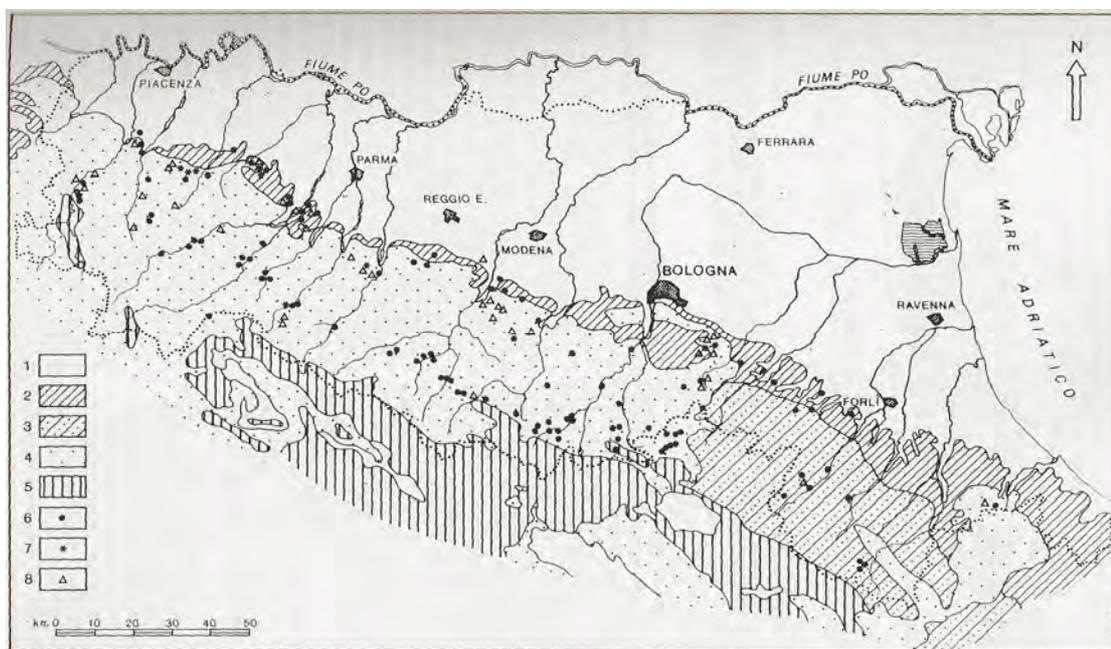


Figura 8 – Schema geologico con l'ubicazione delle principali manifestazioni ad idrocarburi dell'Appennino emiliano. (Estratto da: Borgia et al., 1986). 1) Quaternario continentale; 2) Neogene e Quaternario pede-appenninico; 3) Formazione Marnoso-Arenacea; 4) Falda ligure; 5) Unità Monte Modino-Monte Cervarola; 6) manifestazioni spontanee e perforazioni; 7) petrolio e gas; 8) petrolio.

3.4.3. Elementi strutturali trasversali

Un discorso a parte andrebbe fatto a proposito delle faglie trasversali, o antiappenniniche, che rappresentano sistemi strutturali dal significato spesso ambiguo, riconosciuti pressoché in tutti i settori dell'Appennino Settentrionale (dalla Provincia di Pavia alle Marche), interpretati in maniera diversa e che comunque, secondo certi autori, avrebbero condizionato non solo l'evoluzione tettonica, ma anche quella sedimentaria dell'Appennino Settentrionale suddividendolo in settori distinti (Sacco, 1935; Signorini, 1935; Zanzucchi, 1963; Ghelardoni, 1965; Bortolotti, 1966; Boccaletti et al., 1977; 1985; Bernini et al., 1979; 1980a; 1980b; Fazzini & Gelmini; 1982; Castellarin et al., 1986; Perotti, 1991; Castellarin & Pini; 1989; Bettelli & Panini, 1992b; Capitani, 1997; Sorgi et al., 1998).

Queste strutture sono riconoscibili in varie parti dell'Appennino Settentrionale ivi compreso quello modenese. Esse nel medio ed alto Appennino presentano in generale un assetto subverticale e una cinematica non definita in modo univoco. In questo contesto tali strutture sembrano quindi rivestire più il ruolo di faglie di trasferimento della deformazione (che avrebbe luogo lungo faglie ad andamento appenninico con terminazione in corrispondenza delle strutture trasversali), piuttosto che di faglie propriamente dette a cinematica univoca.

Lo studio approfondito della stratigrafia e dell'assetto strutturale attuale della catena sembrano comunque mettere in evidenza che queste strutture trasversali possano in parte aver controllato l'evoluzione sedimentaria dei bacini nei quali si è sedimentata la Successione Epiligure già a partire dall'Oligocene e dal Miocene. Si tratterebbe quindi di strutture alquanto antiche che sarebbero state riutilizzate successivamente. Nella zona collinare e del basso Appennino (margine appenninico padano) le strutture trasversali assumono spesso il ruolo di rampe laterali ed oblique dei fronti di accavallamento arcuati che costituiscono, per involuppo, il fronte pedeappenninico. In questo caso, le rampe laterali (e quindi i sistemi di deformazioni trasversali) potrebbero rappresentare strutture che interessano principalmente la copertura alloctona ligure (e conseguentemente la sovrastante e discordante Successione Epiligure), senza passare al di sotto della superficie di sovrascorrimento delle Liguridi. Tuttavia, si deve osservare che anche i principali sistemi di accavallamento, sepolti, della Pianura Padana formano zone di involuppo di rampe laterali (sistemi trasversali) che sostanzialmente si vanno a collocare come ideale prosecuzione di alcuni dei sistemi trasversali affioranti in catena.

L'insieme di queste considerazioni ha portato quindi ad interpretazioni del significato delle strutture antiappenniniche spesso diverse. Esse potrebbero quindi essersi originate inizialmente come rampe laterali di superfici di accavallamento entro la coltre ligure, ma in seguito, una volta inglobate all'interno della catena, potrebbero avere giocato il ruolo di strutture di trasferimento delle deformazioni successive e/o di linee di debolezza lungo le quali si possono localizzare concentrazioni degli stress tettonici e quindi sismicità.

Come si vedrà nel capitolo che segue, lo stesso andamento della Val Dragone, ma anche delle adiacenti alta Val Rossenna e Valle del Torrente Mocogno, parrebbero essere controllate dalla presenza di un fascio di deformazioni ad andamento antiappenninico.

3.4.4. La Val Dragone (Area Concessione Mineraria nel quadro geologico regionale)

L'area compresa all'interno della concessione mineraria si colloca a cavallo della valle del Torrente Dragone, tra le località Macinelle, in destra idrografica, e Poggio Medola e il Sasso, in sinistra. Come già descritto nel capitolo 3.2, in quest'area affiorano terreni riferibili alle Liguridi e più in particolare all'unità tettonica Monghidoro e all'Unità Ofiolitica della Val Baganza. Secondo lo schema generale di sovrapposizione geometrica delle unità tettoniche (Figura 7) l'unità della Val Baganza si trova ad un livello più basso rispetto l'Unità Monghidoro, che invece è posta in cima alla pila strutturale.

La natura del substrato della Val Dragone è molto spesso mascherata dalla presenza di estesi e potenti corpi franosi, sia in destra che in sinistra idraulica. Di conseguenza, forte è la componente interpretativa nel definire in ogni punto la reale natura del substrato medesimo, con esclusione ovviamente delle aree di affioramento. Da ciò deriva che carte geologiche diverse, soprattutto quelle di sintesi a piccola scala che non riportano le coperture superficiali, possono differire nella misura in cui la distribuzione areale di una data unità sia stata interpretata in una maniera piuttosto che in un'altra. A tal proposito, se si mettono a confronto le figure 6, 9 e 11 appare evidente, al di là delle diverse denominazioni utilizzate per identificare le unità tettoniche (o le unità stratigrafico-strutturali), che apparentemente nella Figura 6 l'Unità Monghidoro è indicata in un'areale molto più esteso rispetto a quanto invece indicato nelle carte di cui alle Figure 9 e 11.

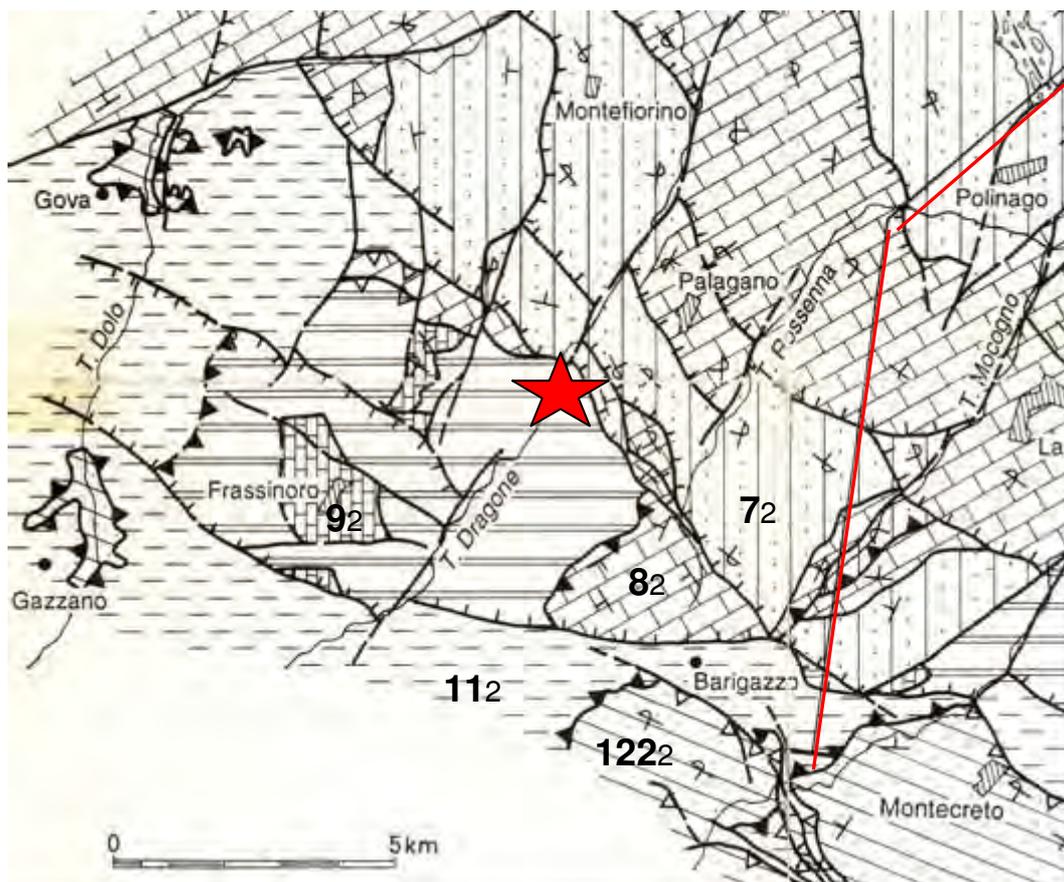


Figura 9 – Carta Geologico-strutturale schematica (estratto da Bettelli & Panini, 1992). Legenda: 6) Argille della Val Rossenna, breccie argillose di Ca' del Tocco e lembi di tettoniti dei complessi di base; 7) Formazione di Monghidoro; 8) Formazione di Monte Venere, 9) Flysch di Monte Caio, 10) Complesso di base I: Arenarie di P.gio Castellina (Arenarie di Frassinoro), Argilliti di P.gio Mezzature, argilliti variegata, torbiditi arenaceo-pelitiche, Argille a palombini; 11) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico (Unità ventasso); 12) Arenarie di Monte Cervarola. Elementi lineari: linea continua-faglia subverticale o trascorrente; linea con triangoli vuoti-Faglia inversa; linea con triangoli pieni-sovrascorrimento; linea con lineette-faglia normale; linea rossa-traccia della sezione di cui alla figura seguente. La stella rossa individua l'area esaminata dal presente studio.

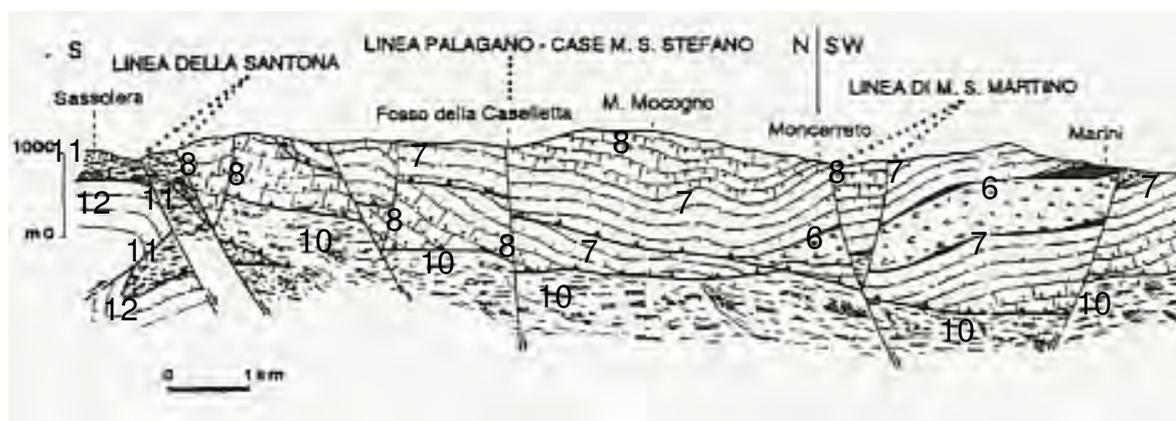


Figura 10 – Stralcio di sezione geologica tratta da Bettelli & Panini, 1992. Per l'ubicazione e le voci di legenda cfr. la figura precedente.

In realtà, la carta di cui alla figura 6 è stata ottenuta dai dati informatizzati⁸ della carta geologica regionale, semplicemente eliminando le informazioni relative alle coperture superficiali. Essa non è quindi il risultato di un'elaborazione, ma piuttosto di un'operazione di grafica informatica; al contrario nella realizzazione delle carte di cui alle figure 9 e 11 sono state avanzate delle ipotesi e considerazioni interpretative facendo astrazione delle coperture superficiali.

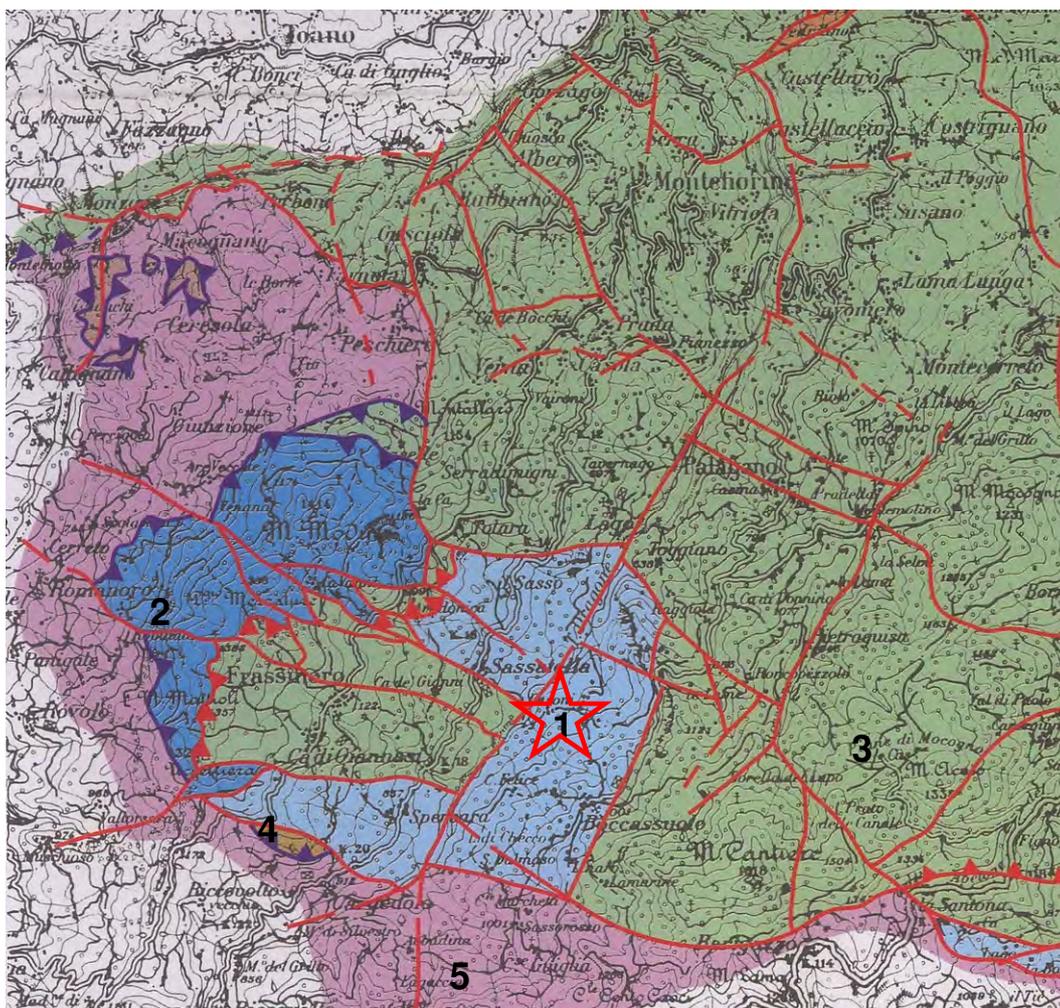


Figura 11 – Estratto da “Carta geologico-strutturale dell’Appennino emiliano sudorientale” (Bettelli et al., 2002). Legenda: 1) Unità tettonica Leo; 2) Unità tettonica Venano; 3) Unità tettonica Monghidoro; 4) Unità Tettonica Caio; 5) Unità tettonica Ventasso (o Sestola-Vidiciatico). Le righe rosse individuano le principali faglie, le righe rosse con triangoli gli accavallamenti e le faglie inverse. La stella a bordo rosso individua l’area della concessione mineraria.

Per tali motivi, per la descrizione dell’assetto strutturale dell’area in studio è pertanto meglio fare riferimento alle Figure 9, 11 e 12, che non alla figura 6.

L’area in esame è compresa tra due strutture (faglie o, meglio, fasci di faglie), a direzione appenninica e a cinematica normale, che verso est confluiscono in un unico

⁸ Reperibili presso il sito web cartografico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna

sistema, denominato da Bettelli & Panini (1992) come *Linea della Santona* (Figure 9 e 10). Quest'ultima rappresenta la struttura tettonica per mezzo della quale si ha la giustapposizione delle unità toscane, a sud, con le liguridi ribassate a nord, tra la Valle del Leo e la Valle dello Scoltenna (Figure 9, 10 e 11). Questo stesso significato è rivestito dalla prosecuzione di tale struttura nella sua diramazione a sud (tra Barigazzo e la Val Dolo a sud del Monte Cantiere, Figura 12). In Val Dragone detto fascio di faglie è responsabile (nei pressi di Cargedolo-Figure 11 e 12) della giustapposizione tra l'unità Modino (sotto-unità Ventasso) e l'Unità Ofiolitica del Val Baganza⁹.

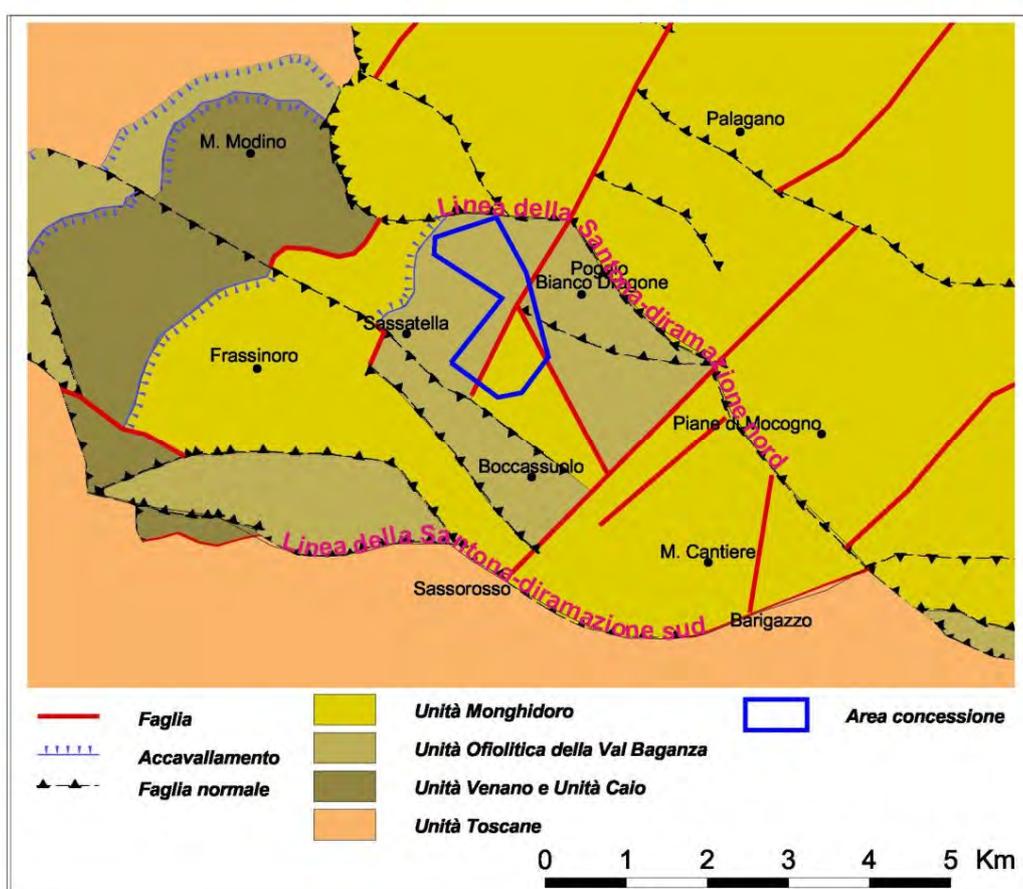


Figura 12 – Schema tettonico (compilato sulla base di Bettelli et al., 1998; 2002; Capitani et al 2001).

La nord diramazione della linea della Santona, che si sviluppa tra la Valle dello Scoltenna fino alla Val Dolo (mantenendosi a nord del Monte Cantiere e del Monte Modino e passando poco a nord delle ofioliti del Poggio Bianco Dragone e della Madonna del Calvario (Figure 6, 9, 11 e 12), determina il ribassamento del blocco

⁹ Nella Figura 9 sono utilizzate le denominazioni rispettivamente di Unità Tettonica Sstola-Vidiciatico e Complesso di base I, mentre nella figura 11 Unità tettonica Modino-Cervarola (sottounità tettonica Ventasso) e Unità tettonica Leo.

nord, formato dai terreni appartenenti alla parte alta dell'unità Monghidoro con quelli della parte bassa¹⁰. In val Dragone tale struttura comporta anche la giustapposizione dell'unità Ofiolitica della Val Baganza, a sud, e dell'Unità di Monghidoro, a nord (Figura 12 e 13).

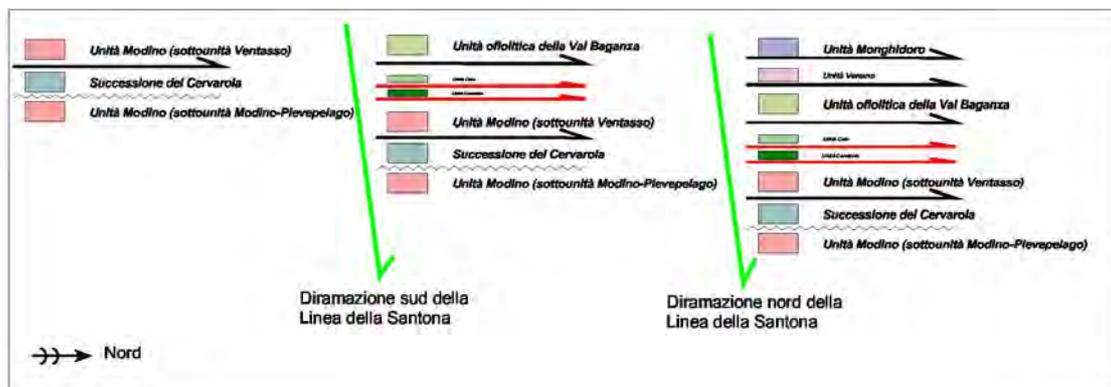


Figura 13 – Schema dei rapporti di giustapposizione geometrica (in senso sud-nord) tra le diverse unità tettoniche nella Val Dragone. L'unità Ofiolitica della Val Baganza è giustapposta alle unità toscane a sud e all'unità Monghidoro a nord. Nello schema lo spessore delle unità venano, Caio e Canetolo è stato volutamente ridotto perché nell'area in esame non affiorano e potrebbero essere andate soggette a forte laminazione tettonica e conseguente riduzione di spessore.

Lo schema che descrive i rapporti di giustapposizione, in senso sud nord (figura 13), tra unità toscane e liguri, oppure tra unità liguri che nell'originario schema di sovrapposizione geometrica si dovrebbero trovare a livelli diversi (Figura 7), è geometricamente giustificabile se si ipotizzano dei movimenti lungo le faglie normali che rappresentano i rami sud e nord della biforcazione della *Linea della Santona*, solo qualora si ragioni in due dimensioni (in sezione sud-nord). Se si considerano invece anche i rapporti laterali tra le unità liguri in gioco (Unità Ofiolitica della Val Baganza e Unità Monghidoro), occorre necessariamente postulare l'esistenza di elementi strutturali trasversali alla catena, lungo i quali si realizzerebbe la giustapposizione laterale tra le unità menzionate (Figure 9, 11, 12 e 13). L'analisi dei dati di campagna e dei dati della carta geologica regionale mette in evidenza che in coincidenza della direttrice di collegamento tra la Dorsale del Poggio Bianco Dragone-Cinghio del Corvo e Boccassuolo si verifica la giustapposizione laterale tra l'unità della Val Baganza, che forma la parte bassa della Val Dragone, e l'unità Monghidoro, che forma la parte alta fino al Monte Cantiere. Per giustificare tali rapporti geometrici tra unità liguri non sono quindi sufficienti i sistemi di faglie normali

¹⁰ Secondo Bettelli & Panini 1992, l'unità Monghidoro presenterebbe un raddoppio di spessore dovuto ad una struttura plicativa coricata (struttura della val Rossenna) responsabile del rovesciamento della successione (Figura 10).

ad andamento appenninico descritti in precedenza¹¹, ma è necessario ipotizzare l'esistenza di strutture antiappenniniche lungo le quali sarebbero stati accomodati anche dei movimenti verticali, come evidenziano anche i dati di campagna.

L'entità delle dislocazioni verticali in gioco lungo le faglie normali appenniniche che giustappongono le diverse unità tettoniche è valutabile in diverse centinaia di metri.

In effetti:

- se si assumono come riferimento gli spessori delle unità tettoniche deducibili dalla sezione di cui alla figura 10 (da Bettelli & Panini, 1992) si può dedurre per l'unità Monghidoro uno spessore di oltre un migliaio di metri (facendo astrazione di eventuali raddoppi e/o laminazioni);

- se si ipotizza che nell'area in esame l'Unità Monghidoro appoggi direttamente sull'Unità Ofiolitica della Val Baganza, senza l'interposizione delle Unità Venano; per fare in maniera che vi sia giustapposizione tra le due unità occorre fare scendere di diverse centinaia di metri l'unità Monghidoro (o rialzare l'unità ofiolitica della Val Baganza). Stesso discorso potrebbe essere fatto per i sistemi trasversali che tuttavia potrebbero essere sede di movimenti sia a componente verticale (minore rispetto alle faglie appenniniche) che orizzontale.

La presenza in affioramento, nella parte bassa della Val Dragone (proprio nell'area compresa all'interno della Concessione mineraria), di un'unità appartenente ad un livello relativamente basso della pila di falde liguri, giustapposta a un'altra unità riferibile a un livello più elevato, porta a ipotizzare una condizione di alto strutturale, determinato dall'attività lungo faglie normali. Tuttavia, nonostante la condizione di alto strutturale, si ha un fenomeno di inversione topografica (l'alto strutturale è sede di una valle ed è topograficamente più in basso rispetto ai settori tettonicamente ribassati). Ciò è causato dall'effetto della morfoselezione, in quanto le rocce tettonicamente sollevate (Unità ofiolitica della Val Baganza) sono relativamente più erodibili (e gravitativamente instabili) rispetto alle rocce tettonicamente ribassate, di natura prettamente flyschide.

Lo schema strutturale interpretativo appena esposto ha un proprio significato anche a livello minerario. In effetti, le venute naturali di gas metano della Val Dragone si collocano tutte più o meno secondo un allineamento sud-nord, all'interno dell'areale dove, prescindere delle coperture superficiali, è presente l'Unità Ofiolitica della Val Baganza.

¹¹ che giustificano i rapporti geometrici in senso sud-nord.

Solo subordinatamente le venute naturali si collocano in aree dove è segnalata la presenza dell'Unità Monghidoro, per altro indicata come blocchi scesi per gravità lungo il versante.

Le venute di Metano della Val Dragone sembrerebbero quindi localizzarsi all'interno della zona di alto strutturale dove, le unità liguri appartenenti ai livelli più bassi sono state sollevate e giustapposte a quelle dei livelli strutturali più alti. Di fatto, in quest'area si ha una riduzione dello spessore della coltre ligure che sovrasta le unità Toscane, senza tuttavia arrivare alla condizione estrema per la quale si ha la venuta a giorno di queste ultime, come accade invece ad esempio in val Dolo nei pressi della finestra tettonica di Gova. Da sottolineare come la finestra tettonica di Gova sia allineata con l'alto strutturale della Val Dragone se si considera una direzione appenninica media NO-SE.

Nell'area in esame, la mancanza di una parte dello spessore (valutabile in diverse centinaia se non un migliaio di metri) della coltre ligure comporta un minore confinamento dei depositi sotterranei di gas ed una loro collocazione a minore profondità. Se si accetta l'ipotesi che l'origine degli idrocarburi (roccia madre) sia da ricercare nei flysch miocenici di pertinenza toscana (o addirittura umbro-marchigiano-romagnola) si può ritenere che la loro collocazione, per il particolare assetto strutturale, sia in Val Dragone da considerare a profondità inferiori, rispetto la superficie di campagna, di quanto non accada poco più a nord, dove invece la coltre ligure sarebbe totalmente ribassata dalla faglia normale che passa poco a nord del Poggio Bianco Dragone.

Si vedrà nel prossimo capitolo come lo schema dell'assetto strutturale, qui descritto, derivato dalle conoscenze alla scala regionale sia confermato da diverse evidenze ricavate dallo studio integrato dei dati di campagna con quelli morfostrutturali (interpretazione dei modelli digitali del terreno, di immagini aeree e da satellite).

4. ANALISI DELL'ASSETTO STRUTTURALE LOCALE

4.1. Introduzione

L'assetto strutturale dell'area compresa all'interno della concessione mineraria n. 706 e delle aree limitrofe è stato analizzato e interpretato a partire dai dati geologici disponibili, attraverso anche l'analisi morfostrutturale e la raccolta e l'elaborazione di dati originali rilevati in campagna, nonché con l'ausilio di sezioni geologiche mirate.

4.2. Analisi morfostrutturale

La possibilità di utilizzare fotografie aeree, immagini da satellite e modelli digitali del terreno (DEM), disponibili anche sulla rete *internet*, consente un approccio più completo e articolato allo studio della geologia di una determinata area. Tra le altre cose, i modelli digitali del terreno, permettono un'analisi approfondita e alquanto precisa delle caratteristiche morfologiche di un'area, la cui evoluzione è controllata principalmente da:

- substrato roccioso;
- assetto strutturale;
- andamenti climatici.

L'instaurarsi di un particolare processo morfogenetico, piuttosto che un altro, dipende infatti da questi fattori.

La natura del substrato roccioso è grossolanamente riconoscibile attraverso gli affioramenti, ma anche dalle caratteristiche delle coperture superficiali; al contrario l'assetto strutturale rappresenta un fattore di più difficile interpretazione, soprattutto in aree come quella qui esaminata, caratterizzate da coperture superficiali (detriti di versante e corpi franosi) molto estese e di spessore anche molto elevato, tanto da rendere difficile, o comunque non univoca, l'interpretazione in chiave strutturale degli affioramenti rocciosi.

Per l'analisi strutturale dell'area in studio, un valido aiuto si è rivelato l'uso dei modelli digitali del terreno e in particolar modo del DEM noto con la sigla SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*), disponibile sul sito web dell'Ente Spaziale Americano (NASA) (Figure 14 e 15). Il DEM in parola è stato acquisito durante una delle missioni Shuttle della NASA e copre gran parte della superficie terrestre; esso rappresenta uno dei modelli digitali del terreno più completi al momento disponibili.

Alle latitudini modenesi la precisione del DEM SRTM corrisponde alla precisione di un reticolo a maglie quadrate di circa 90 m di lato¹². Un DEM con una siffatta precisione permette di eseguire delle analisi morfostrutturali efficaci sia a scala regionale che subregionale (scale cartografiche inferiori a 1:25.000). Occorre ricorrere a DEM di più alta risoluzione (ad esempio basati su maglie quadrate di lato 20 m o inferiore), per studi territoriali di maggiore dettaglio (analisi di sistemi franosi, valutazione degli effetti sismici di sito, ecc.), mentre per finalità di analisi macrostrutturale (come nel caso qui esaminato) l'elevata precisione rischia di essere di ostacolo, in quanto tende ad evidenziare le morfostrutture di piccole dimensioni mascherando, in una sorta di "rumore di fondo", il reale andamento degli elementi strutturali più grandi. Di fatto, la linearità, ovvero la curvilinearità, di una struttura chilometrica rischiano di essere erroneamente visualizzate qualora si faccia uso di un modello digitale del terreno di estremo dettaglio, in quanto questo esalterà le forme di piccole dimensioni (accumuli franosi, coperture detritiche, strutture antropiche, ecc.) che tenderanno a sovrapporsi all'andamento delle strutture più grandi che verranno visualizzate in maniera non ottimale. Riducendo invece la risoluzione del modello digitale del terreno, si tenderà ad eliminare dalla rappresentazione le forme di piccole dimensioni a vantaggio di una maggiore esaltazione delle forme e dei lineamenti strutturali più grandi. In linea teorica, è lecito affermare che con un DEM formato da una maglia quadrata di 90 m di lato, tutte le forme di dimensioni inferiori a 90 m non possono essere visualizzate, ma solo quelle più grandi di tale limite.

L'interpretazione in chiave morfostrutturale del DEM SRTM è stata eseguita elaborando i dati topografici (Figura 14) in maniera da ottenere un modello digitale derivato, che esaltasse maggiormente l'aspetto delle morfosculture presenti nel territorio analizzato (Figura 15). Di per sé, il modello digitale del terreno non è altro che una rappresentazione delle quote (della topografia) dell'area in esame (Figura 14): ad ogni cella del reticolo a maglie quadrate in cui viene suddiviso il territorio viene assegnata una quota topografica. I dati di quota contenuti nel DEM possono poi essere elaborati, applicando una procedura di calcolo automatico alle derivate prime, per ottenere delle carte dell'acclività (*slope map*) oppure delle carte dell'esposizione (*aspect map*) come quella di cui alla Figura 15. Proprio quest'ultimo tipo di carta, che descrive verso quale direzione cardinale è esposta la porzione di versante considerata, è in grado di esaltare i contorni delle morfosculture che caratterizzano

¹²La precisione in fatti è pari a un arco angolare di 3 secondi che alle nostre latitudini misura circa 90 m, ma varia dall'equatore verso i circoli polari.

un certo territorio. Tale condizione è meglio chiarita comparando tra di loro le Figure 9 e 10, nelle quali sono stati indicati i lineamenti morfostrutturali principali che appaiono ben più evidenti nella Figura 10 (*aspect map*).

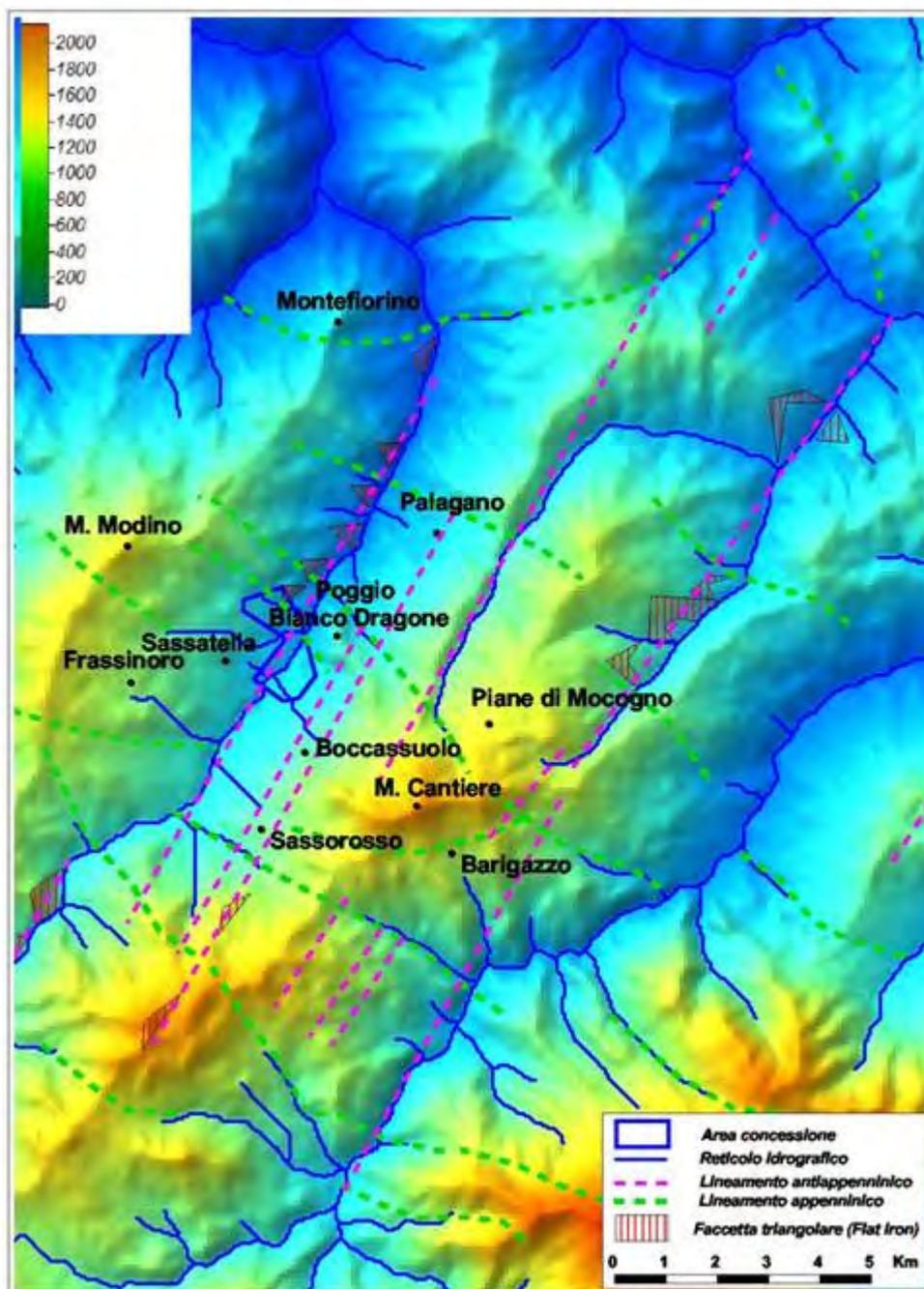


Figura 14 – Rappresentazione della topografia dell'area compresa tra la Val Dragone e la Valle dello Scoltenna tramite modello digitale del terreno. (Fonte dati: DEM SRTM, sito web NASA).

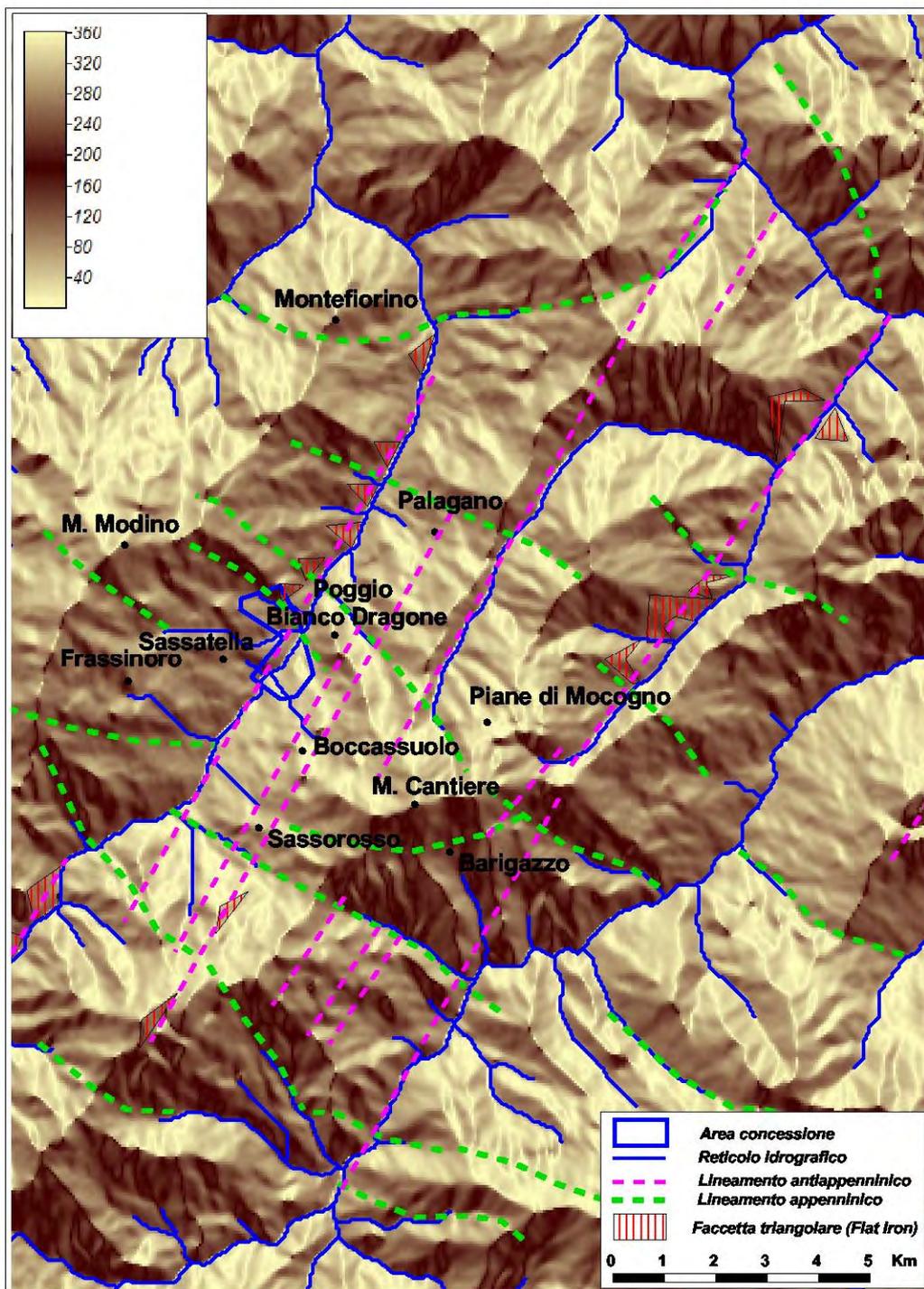


Figura 15 – Aspect map (carta dell'esposizione) elaborata a partire dal DEM di cui alla figura precedente. La carta descrive l'orientazione, rispetto al nord, di ciascuna cella che forma il DEM. Tale elaborazione permette di accentuare maggiormente il risalto di certe forme topografiche (crinali, fondovalle, scarpate, superfici relitte, faccette triangolari (*flat iron*), ecc.), evidenziando l'esistenza di strutture e forme.

La figura 15 non è la rappresentazione di una carta topografica, ma una carta dell'esposizione dei versanti e descrive pertanto verso quale direzione cardinale si affaccia la porzione di versante rappresentata da ogni cella quadrata del DEM. Tale rappresentazione, elaborata a partire dai dati del DEM, esalta l'andamento di certe forme (ad esempio scarpate, ripiani morfologici, crinali, fondivalle, ecc.). Attraverso l'analisi della presenza di strutture lineari o planari che si discostano dall'andamento medio dei versanti, evidenziate in figura 15, sono state identificate le strutture indicate nelle Figure 14 e 15. Tali strutture, da un'attenta disamina dei dati geologici di bibliografia, d'archivio o derivanti da rilevamento di campagna, appaiono coincidere per gran parte con limiti identificabili sulla base dell'interpretazione geologico-stratigrafica, o hanno comunque un andamento che corrisponde a quello di elementi geologico-strutturali identificati sulla base dei dati geologici (stratigrafici e strutturali).

Come evidenziato nelle Figure 14 e 15, l'area in esame è caratterizzata principalmente da lineamenti strutturali ad andamento appenninico (in verde nelle figure), circa NO-SE, e da lineamenti antiappenninici (con direzione circa N210).

I morfolineamenti a direzione appenninica (Figure 14 e 15) presentano un andamento grossolanamente curvilineo, sembrerebbero riconducibili a piani ad alto angolo, o comunque molto inclinati¹³, e spesso coincidono (o comunque sono subparalleli) con le faglie normali e coi sistemi di faglie normali descritti a livello regionale nel capitolo precedente (Figure 9, 11 e 12).

I lineamenti antiappenninici riconosciuti attraverso l'analisi del DEM appaiono piuttosto segmentati, anche se nell'insieme segmenti tendono ad allinearsi, mettendo in risalto dei *trend* riconoscibili in senso est-ovest per lunghezze di decine di chilometri, che coincidono con i principali elementi strutturali lineari evidenziati dall'analisi della geologia a scala regionale (contatti tra grandi insiemi stratigrafico-strutturali, ad es. giustapposizione tra unità toscane e Liguridi, o tra unità liguridi distinte).

I morfolineamenti a direzione antiappenninica sono tutti pressoché paralleli l'uno all'altro e costituiscono un fascio di tracce subparallele rettilinee (riferibili quindi dei piani pressoché subverticali). Il fascio di strutture è riconoscibile per una larghezza di circa 12 Km (in senso NO-SE) e per una lunghezza di circa 25 Km in

¹³La traccia segue addolcendolo (reggipoggio) oppure è contraria all'andamento delle curve di livello (franapoggio maggiore del pendio).

direzione trasversale alla catena (N210). Le evidenze morfologiche dell'esistenza di tale fascio di deformazioni fragili trasversali sono di natura diversa:

- a) i corsi dei Torrenti Dragone, Rossenna (parte alta), Mocogno e di un tratto del Torrente Scoltenna, sono pressoché subparalleli (direzione circa N210); il lineamento lungo il T. Mocogno, oltre tutto, si pone come diretta prosecuzione di quello dello Scoltenna;
- b) lungo il T. Dragone e il T. Mocogno, principalmente in sinistra idraulica, si riconosce la presenza di forme, così dette faccette triangolari (*flat iron*) la cui interpretazione è generalmente ricondotta alla presenza di piani di faglia che tagliano un versante determinando una discontinuità morfologica che, nella carta dell'esposizione (Figura 15) appare piuttosto evidente. Il dato è interessante, soprattutto per la Val Dragone, dove le faccette triangolari sembrano delineare un'unica struttura planare (una faglia a trend N210, ad alto angolo inclinata verso SSE) lungo la quale si sarebbe impostata la valle medesima. Il dato è reso ancor più significativo dal fatto che le strutture sono individuabili sia nel tratto di valle a nord del ramo settentrionale della Linea della Santona (Figura 12), dove sono presenti rocce appartenenti all'unità Monghidoro, sia nel tratto a sud di tale lineamento tettonico (area della concessione mineraria) dove affiorano le ofioliti e le argille a Palombini riferibili all'Unità Ofiolitica della Val Baganza;
- c) lungo il versante destro della Val Dragone si individuano lineamenti subparalleli (direzione N210) evidenziati da variazioni brusche dell'acclività, contropendenze, superfici subpianeggianti e deviazioni nell'andamento di linee di dorsale e crinali secondari. Detti lineamenti sono solo parzialmente mascherati dalla presenza di estesi corpi di frana che presentano spessori anche pluridecametrici, ma che il DEM tende a evidenziare in maniera limitata. Non è escluso che la geometria e la diffusione degli stessi movimenti franosi possa essere stata controllata anche dall'assetto strutturale e in special maniera da contatti tettonici lungo faglie a direzione antiappenninca (coincidenti con i lineamenti morfostrutturali);
- d) nel corso del rilevamento di campagna (cfr. paragrafo successivo) sono state osservate diverse superfici di faglie mesoscopiche, anche di grandi dimensioni, subparallele al trend dei lineamenti morfostrutturali principali o comunque con assetti geometrici inquadrabili in uno schema riconducibile ad una fascia di deformazioni di taglio destro caratterizzata da un'orientazione all'incirca N210.

4.3. Geologia di dettaglio

Attraverso l'interpretazione in chiave strutturale dei dati della carta geologica regionale unitamente ad osservazioni eseguite in campagna è stata elaborata una carta geologica di dettaglio che rappresenta un tentativo di avanzare delle ipotesi di lavoro per motivare la particolare distribuzione delle diverse unità litostratigrafiche, nell'area in esame.

In particolar modo si è cercato di giustificare le frequenti giustapposizioni tra unità appartenenti a livelli strutturali diversi facendo riferimento solo agli affioramenti (ed alle aree sub affioranti) e tenendo quindi conto della copertura superficiale (detriti e accumuli franosi) che maschera fortemente la reale distribuzione delle diverse unità e che quindi impone necessariamente uno sforzo interpretativo per cercare di definire la reale distribuzione dei diversi litotipi. Della carta, riportata in allegato, viene ripresa una versione semplificata a scala più piccola presentata nel paragrafo 4.5, dopo che nel paragrafo che segue, 4.4, verranno descritti gli aspetti geologico-strutturali più interessanti alla scala dell'affioramento emersi durante i rilievi di campagna.

4.4. Rilievi di campagna

Il rilevamento geologico è stato condotto con il duplice scopo di individuare eventuali affioramenti non presi in considerazione durante il rilievo della carta geologica regionale e di compiere dei rilievi mesostrutturali di dettaglio soprattutto alla ricerca di indicatori cinematici da associare alle strutture macroscopiche.

L'area in esame, soprattutto nella parte compresa entro la concessione mineraria e in un suo intorno, è caratterizzata da una elevata dinamicità di versante. Sono presenti numerose forme franose di grandi dimensioni, ormai storicizzate, che periodicamente danno segnali di ripresa dei movimenti anche di notevole interesse per i danni arrecati alle infrastrutture e in generale alle proprietà (Figura 16).

Ciò nonostante, è stato possibile compiere osservazioni non solo sugli affioramenti indicati nella carta geologica regionale, ma anche su altri affioramenti che, seppure non sempre estesi, hanno consentito di individuare elementi strutturali di interesse per l'interpretazione dell'assetto geologico (Figura 19).

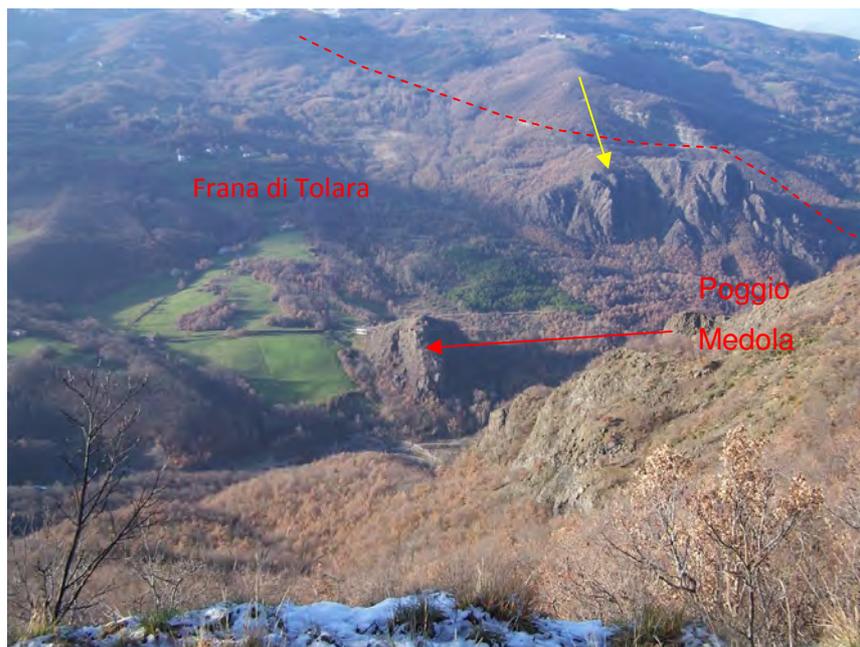


Figura 16 – Panoramica del versante sinistro della Valle del Dragone. Le frecce rossa e gialla indicano rispettivamente le ofioliti di Poggio Medola e della Madonna del Calvario. La parete posta subito sopra alla Modanna del Calvario è invece formata da rocce della formazione di Monte Venere (unità tettonica Monghidoro). La linea a tratteggio individua grossomodo l'ubicazione della faglia normale che giustappone l'Unità Ofiolitica della Val Baganza, a sinistra, con l'Unità Monghidoro, a destra e che rappresenta una diramazione del ramo nord della Linea della Santona, nella quale si innesta (parte destra della fotografia). Un grande settore del versante è interessato da un esteso corpo di frana che scende dalla pendice del Monte Modino (non visibile in fotografia, ma posto oltre il margine in alto a sinistra).



Figura 17 – Località Sassatella; a sinistra, faglia ad andamento appenninico (N100/45N, pitch 70 W) a cinematica normale; a destra, particolare della zona di faglia con cataclasi della roccia ofiolitica (basalto) nel blocco a muro.

Gran parte degli affioramenti sui quali è stato possibile compiere osservazioni di natura mesostrutturale sono di ofioliti basaltiche appartenenti all'Unità Ofiolitica della Val Baganza (Figure 16, 17, 18 e 20) che, di fatto, nell'area della concessione mineraria è il litotipo lapideo che affiora con le maggiori estensioni.



Figura 18 – Località Boccassuolo, ofioliti basaltiche affioranti lungo la strada comunale; la linea a tratteggio gialla individua uno specchio di faglia aggettante, ad andamento antipappenninico (N230/70E, pitch 30 N), a cinematica dubitativamente destra. L'asta a centro foto misura 2 m.

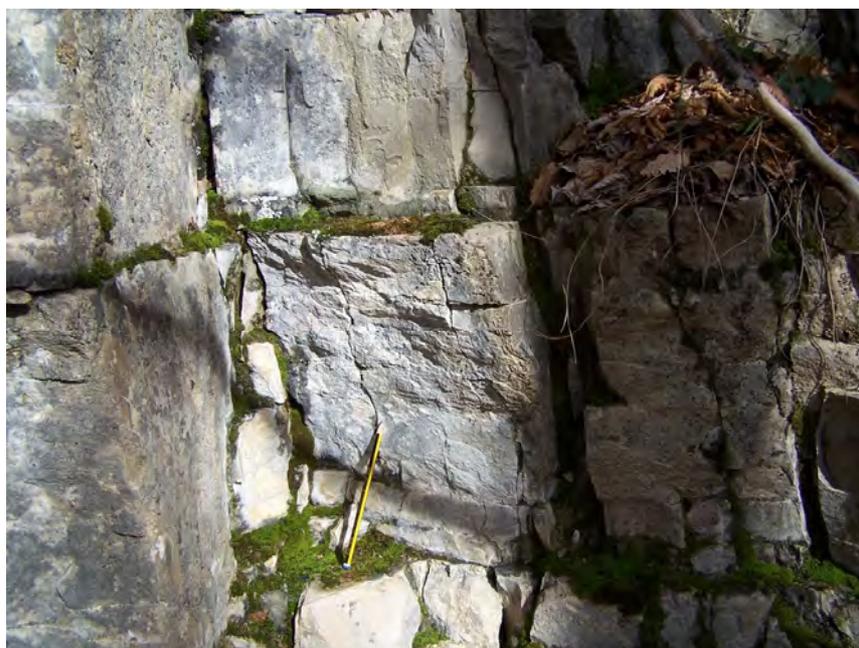


Figura 19 – Località Madonna del Calvario, poco a monte dell'affioramento ofiolitico (cfr. Figura 16); faglia mesoscopica normale (N140/68N, pitch 70 W) nella Formazione di Monte Venere. Sopra la matita sono presenti indicatori cinematici (scalini in calcite fibrosa).



Figura 20 Località Madonna del Calvario, parte inferiore dell'affioramento ofiolitico lungo la strada per la località Lago. In alto, faglia ettometrica ad assetto antiappenninico (N240/70E, pitch 25 N) a cinematica dubitativamente destra; in basso, particolare dello specchio di faglia.

Tuttavia, anche in affioramenti della Formazione di Monte Venere sono stati individuati elementi strutturali mesoscopici molto interessanti, oltre ovviamente alla stratificazione primaria la cui giacitura, comunque, rappresenta un dato di primaria importanza per comprendere l'assetto strutturale a scala più grande.

In alcuni affioramenti di ofioliti basaltiche sono state osservate superfici di faglia (specchi di faglia) o la traccia di faglia di dimensioni anche spettacolari come avvenuto nei pressi della Madonna del Calvario (Figura 20), di Sassatella (Figura 17)

o del Cinghio del Corvo. In generale, si tratta di superfici striate, non sempre planari, di dimensioni da plurimetriche (Figura 18) a ettometriche (Figura 20), ad assetto antiappenninico con direzione orizzontale compresa all'incirca tra N210 e N230 (Figura 21) ed immergenti verso est. Le strie indicano un movimento tendenzialmente da faglie oblique con la componente trascorrente prevalente (pitch generalmente dell'ordine di 20°-30°, ma che su talune strutture raggiunge i 60°).

Tali faglie non evidenziano sempre la presenza di indicatori cinematici la cui interpretazione sia incontrovertibile, tuttavia a livello generale i movimenti osservati paiono tutti indicare un verso di tipo destro (con componente verticale normale o inversa a seconda dell'assetto locale della superficie di faglia e del *pitch* delle strie. In alcuni casi sul medesimo piano di faglia (ad es. presso Boccassuolo) sono state osservate due generazioni di strie sovrapposte (con movimenti comunque trascorrenti od obliqui a componente trascorrente prevalente) oppure anche strie non rettilinee ad indicare una componente rotazionale relativa del movimento di uno dei blocchi rispetto l'altro.

Nel complesso, le faglie antiappenniniche osservate alla scala dell'affioramento potrebbero essere associate ai lineamenti antiappenninici macroscopici descritti nei capitoli precedenti e individuati anche attraverso l'analisi morfostrutturale (Linea del Dragone e Linea del Rossenna nella Figura 22).

In alcuni affioramenti sono state anche osservate e misurate faglie mesoscopiche ad assetto appenninico (direzione dell'orizzontale all'incirca N120-140), immergenti verso nord (Figure 17 e 19), con indicatori cinematici compatibili con movimenti di tipo distensivo. Esse sono state osservate sia in affioramenti di ofioliti basaltiche (Figure 17 e 21) sia di torbiditi della Formazione di Monte Venere (Figure 19 e 21). In quest'ultima unità tali strutture mostravano indicatori cinematici chiari (scalini in calcite fibrosa). Tali strutture nel complesso sono associabili alle faglie macroscopiche distensive, responsabili dell'abbassamento relativo delle liguri rispetto le unità toscane (diramazione sud della Linea della Santona) o della giustapposizione (per abbassamento relativo) delle liguri riferibili ai livelli strutturali superiori (Unità Monghidoro) alle unità liguri più basse (Unità ofiolitica della Val Baganza) che principalmente è causato dalla diramazione nord della Linea della Santona, ma che in Val Dragone è determinato anche da una serie di faglie minori sub parallele e diramazioni sempre della Linea della Santona.

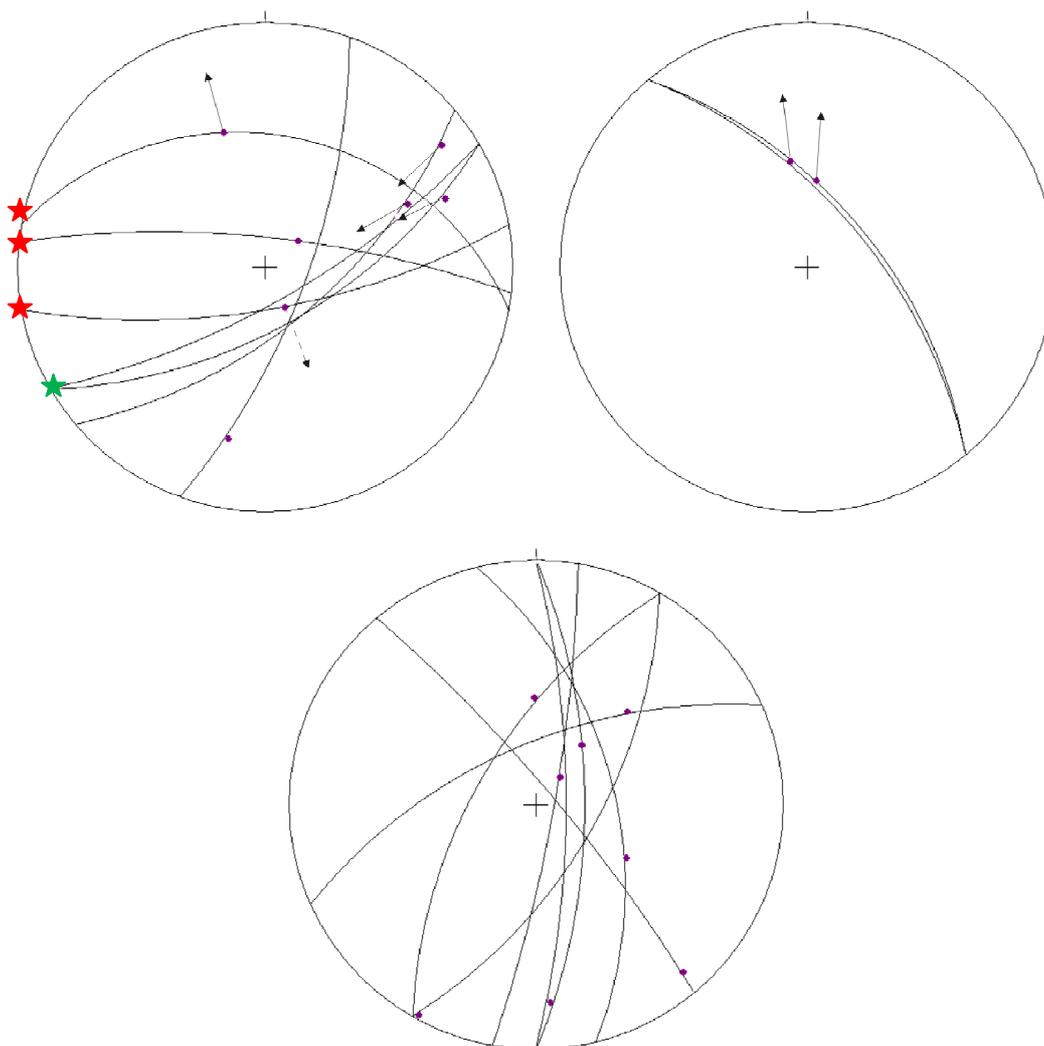


Figura 21 – In alto a sinistra: proiezione stereografica (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) delle faglie misurate negli affioramenti ofiolitici di Sassatella, Boccassuolo e Madonna del Calvario. La stella rossa identifica le faglie misurate a Sassatella (Figura 17), la stella verde le faglie misurate alla Madonna del Calvario (Figura 20), le restanti faglie sono state misurate presso Boccassuolo (Figura 18); In alto a destra, proiezione stereografica delle mesofaglie misurate nella Formazione di Monte Venere poco a NO della Madonna del Calvario; in basso, proiezione stereografica dell'andamento della superficie striata di dimensioni ettometriche individuata presso i Cinghio del Corvo; (le misure sono riferite quasi tutte alla medesima superficie che non presenta un andamento planare, ma ondulato. Non sono riportate indicazioni relative al cinematismo in quanto non sono state osservati indicatori valutabili in maniera non dubbia).

Pur non disponendo di una base di dati mesostrutturali numerosi è possibile comunque avanzare le seguenti considerazioni:

- i piani striati osservati, con esclusione di quelli assimilabili a joint di taglio ortogonali alla stratificazione (non riportati negli stereogrammi) sono di dimensioni da plurimetriche a ettometriche, tanto che alcuni di essi potrebbero rientrare tra le strutture cartografabili alla scala della Carta Tecnica Regionale (Figura 20). Si tratta pertanto di strutture che per dimensioni e per persistenza (presso il Cinghio del Corvo e la Madonna del Calvario la superficie di faglia è visibile su

un'estensione di affioramento di oltre 50 m per 30 m di altezza) appaiono più inquadrabili tra le strutture cartografiche che non tra quelle mesoscopiche;

- le strutture mesoscopiche minori (da metriche a decametriche) presentano geometrie e cinematiche (quando determinabili) coerenti con le strutture cartografiche e mesoscopiche maggiori (cfr. punto precedente);
- dal punto di vista della compatibilità cinematica le faglie misurate possono essere suddivise in due gruppi dei quali il primo comprende le faglie antiappenniniche a cinematica destra (Bocassuolo, Ofioliti della Madonna del Calvario e Cinghio del Corvo), mentre il secondo è formato da faglie a cinematica distensiva (Sassatella e Formazione di Monte Venere a NO della Madonna del Calvario (Figure 18, 19, 20, 21 e 23);
- il primo dei due gruppi di faglie indicato al punto precedente mostra assetti che sono geometricamente compatibili e assimilabili a quelli dei macrolineamenti strutturali definiti sulla base della geologia regionale e confermati dall'analisi morfostrutturale; il secondo gruppo di faglie mesoscopiche (a cinematica distensiva) è geometricamente e cinematicamente compatibile e assimilabile ai lineamenti tettonici appenninici distensivi che ribassano le Liguridi rispetto le unità toscane oppure giustappongono le unità liguridi appartenenti a livelli strutturali diversi;
- i dati mesostrutturali paiono inoltre inquadrabili tutti insieme in un modello che vede giocare un ruolo importante della tettonica tettonica trasversale; in effetti, essi dal punto di vista geometrico e cinematico, parrebbero tutti coerenti con un modello di zona di taglio destra orientata secondo un trend N210 (parallelo ai principali lineamenti trasversali riconosciuti sulla base della geologia regionale, della geologia locale nonché dell'analisi morfostrutturale (Figura 22).

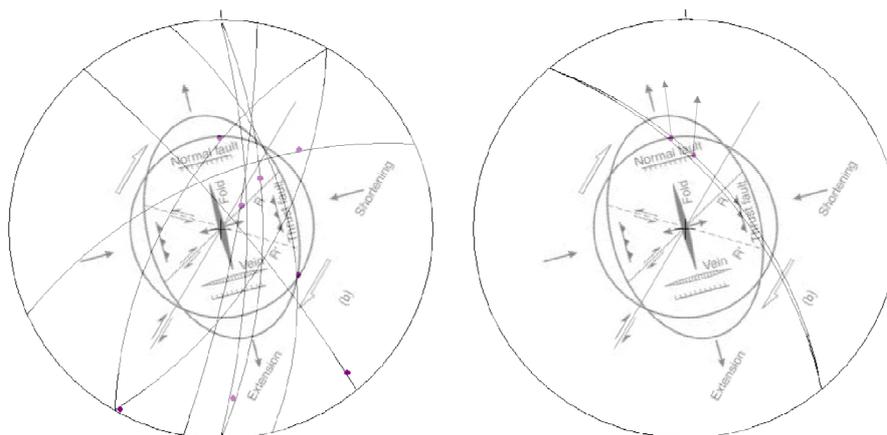


Figura 22 – Le faglie mesoscopiche, misurate nei diversi affioramenti, sono geometricamente e cinematicamente compatibili con un modello di zona di taglio destro ad andamento N210. Le faglie destre mesoscopiche misurate (diagramma sulla sx) presentano un assetto e una cinematica da strutture del tipo Riedel sintetiche (tipo R), le faglie a componente normale (diagramma sulla dx) mostrano una cinematica compatibile con la direzione di estensione teorica compatibile con una zona di taglio destra 8° con un'estensione N-S).

4.5. Interpretazione dell'assetto strutturale della Val Dragone

La carta di cui alla Figura 23 rappresenta uno schema interpretativo dell'assetto strutturale che cerca di sintetizzare tutti i dati descritti e analizzati nel presente studio.

Dal punto di vista regionale, l'area in esame è compresa all'interno di un settore grossomodo a forma triangolare, delimitato a sud e a nord dalle diramazioni della così detta linea della Santona (Panini & Bettelli, 1992). Qui affiorano rocce riferibili principalmente alle unità tettoniche liguri Monghidoro e della Val Baganza.

La linea della Santona è un fascio di faglie distensive che determina l'abbassamento relativo delle unità dell'impilamento ligure rispetto le unità toscane poste più a sud. Tale elemento strutturale lineare all'altezza del Monte Cantiere si suddivide nella sua prosecuzione verso ovest in due tronconi (LS-nord e LS-sud nella Figura 23). Il ramo nord giustappone ancora le liguridi alle unità toscane, mentre il ramo sud abbassa l'Unità Monghidoro giustapponendola all'Unità Ofiolitica della Val Baganza e all'Unità Venano.

Il settore compreso tra le due diramazioni della Linea della Santona (Figura 23) presenta delle ulteriori complicazioni strutturali dovute a faglie appenniniche che, nella sostanza, non rappresentano altro che delle ulteriori diramazioni delle due già descritte che a loro volta si intersecano e si ricollegano ad altri elementi strutturali lineari a direzione antiappenninica (Figura 23).

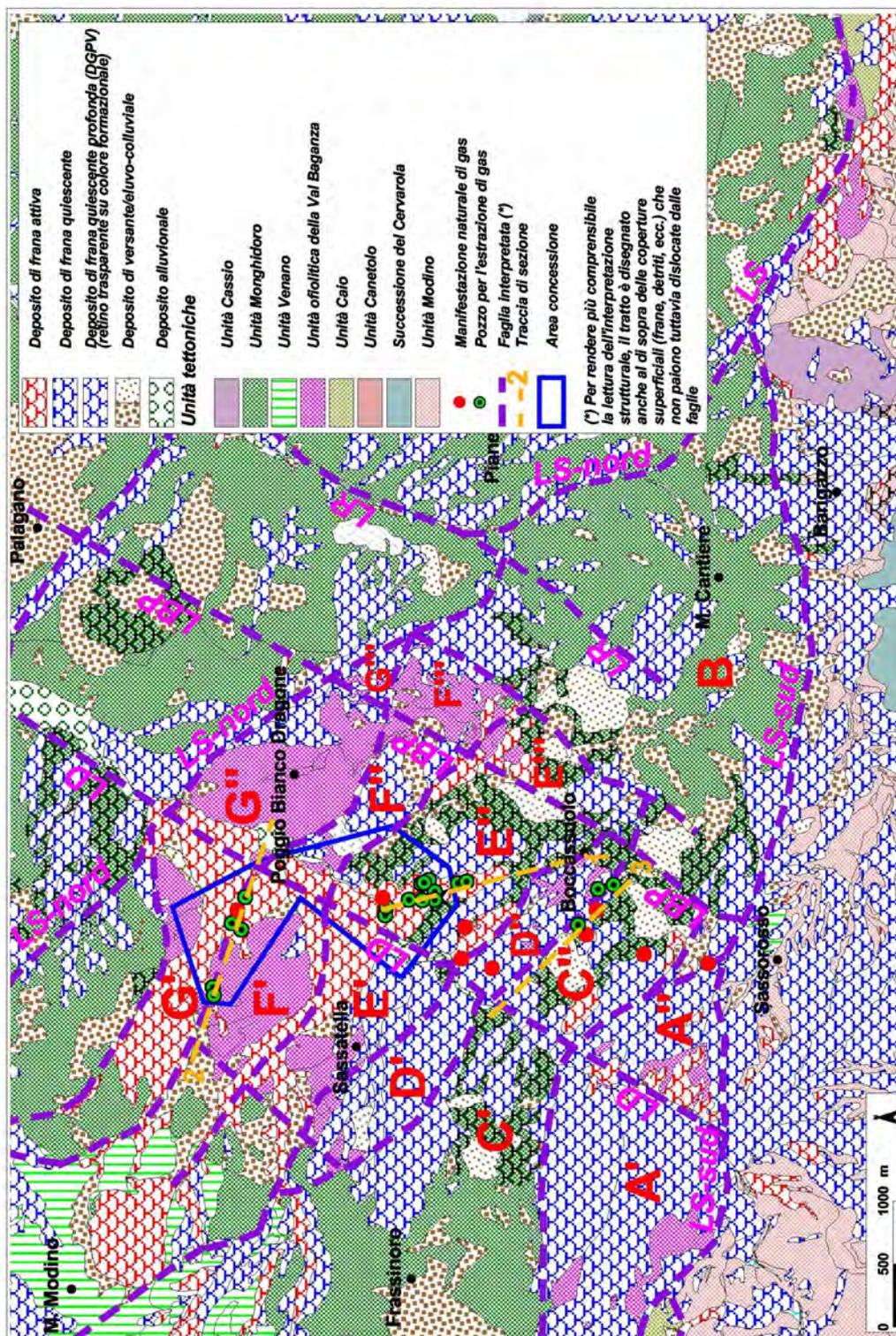


Figura 23 – Carta strutturale interpretativa della Val Dragone. LS: Linea della Santona; LD:Linea del Dragone; LBP: Linea Bocassuolo-Palagano; LR: Linea del Rossenna. Le lettere in rosso individuano singoli settori delimitati da faglie.

Si riconoscono pertanto delle fasce territoriali ad andamento circa NO-SE caratterizzate da substrati rocciosi attribuibili o all'Unità Ofiolitica della Val Baganza (indicati con le lettere A', A'', D', D'', E', E''', F', F'', F''', G', G'' e G''' nella Figura 23) o all'Unità Monghidoro (lettere C', C'' ed E'' nella Figura 23), fasce giustapposte, delimitate a sud e a nord da faglie (tardive) ad alto angolo di tipo distensivo e lateralmente da faglie trasversali (cronologicamente precedenti alle distensive) a cinematica obliqua con prevalente componente trascorrente. I movimenti tettonici che avrebbero dato luogo a tale assetto macroscopico sono sicuramente posteriori all'impilamento delle falde che costituisce l'ossatura della catena appenninica e pertanto dovrebbero essere riferibili a fasi deformative tardive post-tortoniane (probabilmente plioceniche-pleistoceniche), per lo meno se ci si riferisce ai movimenti lungo le faglie distensive. Il significato tettonico delle faglie trasversali appare composito e incerto; esse sembrano dislocate dalle strutture distensive e per tale motivo sono da ritenere precedenti. Probabilmente si tratta di strutture ereditate da fasi deformative più antiche che avrebbero assunto successivamente un ruolo di faglie di trasferimento. Tali strutture sembrerebbero comunque inquadrabili geometricamente e cinematicamente (secondo dati mesostrutturali) in uno schema unitario riconducibile ad una fascia di deformazioni di taglio destro, centrata sostanzialmente sull'asse idrografico del Torrente Dragone. Esula dagli scopi del presente lavoro l'analisi interpretativa dell'eventuale sostenibilità e significato che una siffatta ipotesi (che non fa altro che riunire insieme tutte le osservazioni e i dati raccolti alla scala mesoscopica a quella cartografica) può rivestire nel quadro generale dell'evoluzione della catena appenninica. È sufficiente comunque evidenziare che un tale quadro strutturale locale potrebbe trovare diverse ipotesi interpretative, reciprocamente alternative o anche mutuamente combinabili ed inquadrabili nel contesto geologico regionale. Ad es.: sarebbe sufficiente ipotizzare una locale permutazione degli assi principali del campo di sforzi tettonici per passare da un regime compressivo a trascorrente destro o da un regime trascorrente a uno distensivo¹⁴.

¹⁴ Alla scala della catena l'Appennino Settentrionale è caratterizzato attualmente da direzione di raccorciamento NE-SE sul margine padano e nel sottosuolo della pianura. Secondo un modello semplicistico la direzione del massimo sforzo principale (σ_1) è quindi circa NE-SO, quella dello sforzo minimo (σ_3) verticale, mentre per lo sforzo intermedio (σ_2) è NO-SE. In questo quadro è ragionevole ipotizzare che spostandosi verso l'interno della catena (medio e alto Appennino), con l'aumentare del carico verticale dovuto all'impilamento delle falde tettoniche, i rapporti tra i valori assoluti degli assi principali dell'ellissoide degli sforzi regionale cambino e di conseguenza muti anche la stessa forma dell'ellissoide degli stress. Non si può quindi escludere l'eventualità che localmente si possa avere lo scambio tra coppie di assi principali (σ_1 con σ_2 e σ_2 con σ_3) con l'instaurarsi in alcuni settori della catena di locali campi di stress di tipo trascorrente, come già evidenziato in letteratura ad esempio nella zona di Pavullo (Capitani & Sasso, 1994).

* * *

Per quanto riguarda i rapporti tra emanazioni naturali di gas metano e assetto strutturale, occorre dapprima richiamare quanto già riferito in precedenza, come dedotto dalla bibliografia: la stragrande maggioranza delle manifestazioni naturali di gas metano si concentra lungo una fascia disposta secondo una direzione SE-NO che va dalla provincia di Bologna e prosegue fino oltre il parmense (Figura 8, Borgia et al., 1986).

Nelle Province di Bologna e Modena tale allineamento si colloca grossomodo a cavallo della fascia di lineamenti tettonici che determina la giustapposizione delle unità toscane alle liguridi (Linea della Santona in Bettelli & Panini, 1992), mentre più a ovest è interna alle unità liguri, coincidendo comunque con la prosecuzione dei lineamenti strutturali lungo i quali si sono registrati movimenti distensivi post-tortoniani.

Secondo la bibliografia (Borgia & Ricchiuto, 1984; Borgia et al., 1985a; 1985b; 1986; Brighenti et al., 1988), gli idrocarburi sarebbero contenuti all'interno di masse rocciose (prevalentemente calcari e arenarie) fratturate, per lo più inglobate entro rocce argillose riferibili ai complessi di base liguri. Accettando tale ipotesi, nella Val Dragone le rocce "magazzino" sarebbero da ricercare all'interno dell'Unità Ofiolitica della Val Baganza, in masse rocciose comprese entro le Argille a Palombini. È quindi interessante notare che le maggiori masse a consistenza lapidea comprese entro (o associate alle) argille di tale formazione sono, per lo meno in affioramento, le grandi masse di ofioliti basaltiche (Cinghio del Corvo, Poggio Bianco Dragone, Boccassuolo, Il Sasso, Sassatella, Madonna del Calvario e Poggio Medola).

Sempre secondo la bibliografia citata, l'origine degli idrocarburi sarebbe da ricercare nei flysch miocenici toscani, o meglio ancora umbro-marchigiano-romagnoli (formazione Marnoso-Arenacea), i quali, per la loro natura genetica, dovevano contenere un certo quantitativo di materiale organico che fu rapidamente sepolto senza incorrere nella degradazione in ambiente ossidante e fu pertanto soggetto a quei fenomeni che sono all'origine della genesi degli idrocarburi. Tali idrocarburi sarebbero poi migrati verso l'alto, ma anche lateralmente, lungo debolezze strutturali per andare a permeare le masse rocciose fratturate comprese entro le unità liguridi di base. La pila delle unità liguri costituirebbe una sorta di coltre di contenimento, che limiterebbe la risalita degli idrocarburi; detto contenimento, nei pressi del margine sud della coltre ligure, non sarebbe pienamente in grado di trattenere il gas nel sottosuolo sia a causa della riduzione di spessore complessivo delle unità liguri sia per il maggiore grado di fratturazione delle rocce (anche alla scala cartografica) in

corrispondenza degli elementi tettonici distensivi appenninici e trasversali. Le stesse faglie rappresenterebbero delle zone di debolezza e, in ultima analisi, delle vie preferenziali di risalita dei gas. All'interno di tale quadro potrebbero giocare un ruolo, non pienamente quantificabile, anche le estese coperture superficiali di natura gravitativa (depositi eluvio-colluviali, ma soprattutto depositi da frana). Queste, infatti, laddove presenti, limiterebbero la venuta a giorno delle manifestazioni gassose, che invece emergerebbero di preferenza in coincidenza di fossi, incisioni o zone in erosione o comunque di debolezza del substrato roccioso (fasce cataclastiche, zone di faglia, ecc) maggiormente "permeabili" o con spessori di coperture superficiali (tendenzialmente meno permeabili) minori o assenti.

Come evidenziato nella figura 23, nell'area in esame, la gran parte delle manifestazioni superficiali di idrocarburi si localizza in coincidenza di elementi tettonici appenninici (zona di Boccassuolo e di Poggio Medola).

4.6. Stratigrafie di pozzi esistenti e sezioni geologiche

Sono state eseguite tre sezioni geologiche alla scala 1:5000, ubicate come da Figura 23, avvalendosi dei dati stratigrafici relativi alle perforazioni di pozzi per l'estrazione del gas metano entro la concessione mineraria oggetto del presente studio e nelle sue aree immediatamente limitrofe. Una prima traccia di sezione si sviluppa in direzione SSE-NNO dall'abitato di Boccassuolo fino all'alveo del T. Dragone; la seconda, a nord di Sassatella, si sviluppa da SE-NO all'altezza del blocco ofiolitico di Poggio Medola, mentre la terza (a direzione SE-NO) si delinea poco a sud di Boccassuolo fino al Dragone.

Le schede relative alle stratigrafie dei singoli pozzi riportano essenzialmente le informazioni relative alle litologie attraversate dalla perforazione, oltre che all'indicazione della profondità alla quale sono state individuate delle manifestazioni a gas o venute idriche, sia di acque dolci che di acque salate¹⁵. Molto spesso non è possibile tuttavia, sulla base delle descrizioni essenzialmente litologiche, ipotizzare con un sufficiente grado di attendibilità l'attribuzione formazionale dei materiali attraversati dalla perforazione, anche perché le diverse unità litostratigrafiche non sempre sono distinguibili litologicamente sulla base delle descrizioni dei pochi materiali recuperati durante una perforazione a distruzione, soprattutto se non si può fare riferimento a metodologie di analisi approfondite (micropaleontologia, analisi petrografica, ecc.).

¹⁵ Purtroppo tale distinzione non è sempre specificata in tutte le schede, ma solo in poche di esse.

Da quanto si può comunque dedurre dai dati a disposizione, sembrerebbe che tutti i pozzi realizzati entro la concessione mineraria in esame abbiano attraversato solamente rocce a componente prevalentemente argillosa, riferibili probabilmente alla formazione delle Argille a palombini o, in subordine, alle Breccie argillose del Poggio Bianco Dragone.

Non vi sono indizi, se non eventualmente (e dubitativamente) nei pozzi denominati Monte Cantiere 1 e Monte Cantiere 3, posti esternamente alla concessione, che le perforazioni abbiano perforato rocce riferibili all'Unità Tettonica Monghidoro (Formazioni di Monghidoro e di Monte Venere). Da sottolineare che anche i pozzi e le manifestazioni di Barigazzo, sul lato sud orientale del gruppo di Monte Cantiere, sembrerebbero collocarsi in aree dove il substrato sia ascrivibile a unità formazionali dei complessi di base liguri (es. Argille a Palombini) e non a unità flyschiodi cretaceo superiori (F. di Monte Venere e di Monghidoro).

Difficoltà interpretative di ordine stratigrafico sorgono anche quando si cerca di individuare la base dei corpi e accumuli franosi che rappresentano i primi spessori attraversati dalle perforazioni. In effetti, non sempre si riscontra nelle stratigrafie una descrizione che permetta di azzardare un'ipotesi. Gli spessori degli accumuli, tenuto anche conto delle osservazioni di campagna, sono particolarmente pronunciati.

Nella zona di accumulo al piede dei sistemi franosi è possibile stimare spessori superiori anche ai 20-25 m di materiale. Di fatto, lungo il corso del Torrente Dragone, la cui incisione in alcuni punti si approfondisce di oltre 10-15 m, non si osservano affioramenti in posto certi, lungo tutta la riva sinistra, per lo meno dalla trasversale Boccassuolo-Sassatella fino oltre la Madonna del Calvario. Affioramenti basaltici del Poggio Bianco Dragone sono invece visibili in destra idrografica, mentre lungo il corso d'acqua, più a monte del Poggio, sono stati osservati alcuni blocchi calcarei e arenacei di grosse dimensioni dei quali, tuttavia, non è possibile dimostrare l'effettiva giacitura in posto ovvero la loro natura di massi erratici, scesi lungo il versante per gravità e parzialmente inglobati entro le alluvioni del Dragone, sempre però in destra idraulica¹⁶.

¹⁶ Considerazioni di ordine morfologico e la documentazione storica evidenziano come il corso del torrente Dragone sia stato in più punti temporaneamente ostruito da frane, con conseguente formazione di laghi di sbarramento temporanei. Uno di questi laghi si formò attorno al 1959 nei pressi del Poggio Medola e persistette per almeno un quadriennio (Soldati & Tosatti, 1993). Da evidenziare che l'allargamento d'alveo che dovrebbe rappresentare morfologicamente ciò che resta del lago è riportato anche nelle carte IGM del 1935; ciò suggerirebbe che lo sbarramento fluviale, con formazione di un lago effimero, si sarebbe verificato anche per lo meno un'altra volta prima del 1959.

In relazione alla profondità di captazione del gas i dati stratigrafici indicano quanto segue:

- a) per quanto riguarda la sezione in destra Dragone (pozzi Vetta) si rileva che tutte le manifestazioni captate o individuate nei pozzi si collocano entro la stessa fascia di profondità, compresa all'incirca tra i 650 e i 700 m s.l.m.; in tali pozzi si individua inoltre un orizzonte con venute idriche posto ad una maggiore profondità rispetto le venute di gas (tra 625 e 650 m s.l.m.);
- b) per quanto riguarda la sezione in sinistra idraulica (poggio Medola) essa va analizzata distinguendo tra la sua parte alta (pozzi 7M e 6M) e la sua parte bassa (pozzi 2M, 3M, 5M, 8M, 9M e 12M). Nella parte alta, il gas è stato individuato ad una profondità compresa all'incirca tra i 700 e i 750 m s.l.m. con evidenze a maggior profondità della presenza di idrocarburi. Nella parte bassa della sezione (presso il poggio Medola), il gas è stato rilevato tra le profondità di 575 e 650 m s.l.m, con l'esclusione dei pozzi 3M e 5M (che sono in generale tra i pozzi più profondi) dove sono state individuate manifestazioni gassose poste sotto i 550 m s.l.m. e sotto i 450 m s.l.m. Si nota inoltre che, se si considera la sezione nel suo complesso, è possibile collegare la fascia di profondità alla quale è stata individuata la presenza di gas nei pozzi a monte con quella dei pozzi a valle¹⁷ tracciando due rette subparallele alla topografia del versante. Tale andamento è replicato fedelmente dall'ideale traccia di collegamento delle manifestazioni idriche profonde individuate nei pozzi 7M e 12 M).

¹⁷ Escludendo le manifestazioni più profonde.

5. CONCLUSIONI E IPOTESI DI LOCALIZZAZIONE DI NUOVE PERFORAZIONI

La presente relazione descrive i risultati dello studio condotto con lo scopo di delineare l'assetto geologico strutturale dell'area della media Val Dragone e zone limitrofe, comprendente anche la Concessione mineraria 706, onde pervenire a una ipotesi di lavoro per l'ubicazione di una nuova perforazione esplorativa, finalizzata alla ricerca di idrocarburi gassosi.

Sulla base dei dati bibliografici, di archivio e originali, nei capitoli precedenti, sono stati descritti l'assetto strutturale regionale e locale dell'area in esame, pervenendo a un quadro interpretativo nel quale sono confluiti sia i dati alla scala regionale che quelli misurati su singoli affioramenti, sia i dati derivanti dalle schede relative alla stratigrafia dei pozzi per idrocarburi già perforati.

Nella carta di figura 24 sono indicate tre ipotesi di lavoro per l'ubicazione di eventuali nuove perforazioni esplorative finalizzate alla ricerca di idrocarburi.

L'ipotesi numero 1, denominata ipotesi Medola, prevede la perforazione di un pozzo nell'area posta poco a monte della località Poggio Medola e a valle dei pozzi esistenti. Viene indicata tale ubicazione sulla base dei seguenti obiettivi, considerazioni e ipotesi:

- a) intercettare l'eventuale presenza di gas alla quota di circa 575-500 m s.l.m., nell'ipotesi che l'orizzonte nel quale si collocano quasi tutte le venute individuate nei pozzi posti lungo lo stesso versante e che sembra orientato subparallelamente alla topografia, prosegua verso valle;
- b) intercettare eventuali riserve di gas più profonde, come già avvenuto per i pozzi 3M e 5M;
- c) porsi in un settore relativamente più sicuro, perché protetto dallo sperone di ofioliti basaltiche del Poggio Medola, di un versante che è comunque interessato da grandi movimenti franosi, la cui attività è conclamata sia dalla documentazione storica (passata ma anche recente e recentissima) sia dalle evidenze di campagna. Non si può escludere l'eventualità di una riattivazione futura, anche parossistica, dei fenomeni di instabilità gravitativa che interessano il versante, come suggerito da diverse evidenze (soprattutto lungo il Dragone nel tratto a Nord di Poggio Medola) o come già avvenuto in un recente passato nelle parti alta e mediana del versante (Manzi et al., 2004; Leuratti et al., 2007; Ronchetti et al., 2008);

- d) verificare l'ipotesi che le faglie possano rappresentare una via di risalita preferenziale per il gas. All'incirca in coincidenza della localizzazione indicata passa uno dei lineamenti trasversali più importanti dell'area (Linea del Dragone) tra quelli individuati, nonché una probabile faglia distensiva ad andamento appenninico;
- e) sfruttare la condizione di alto strutturale dell'area, per cercare di raggiungere livelli strutturali più bassi ed, eventualmente con una perforazione di alcune centinaia di m, verificare se sia possibile raggiungere le unità toscane, che nell'adiacente Val Dolo affiorano in finestra tettonica presso Gova a quote comprese tra 475 e 700 m s.l.m. I flysch miocenici toscani (o eventualmente umbro-marchigiano-romagnoli) sono indicati in bibliografia come le più probabili rocce madri dalle quali avrebbero avuto origine gli idrocarburi.

Le ipotesi numero 2 e 3 sono sostanzialmente equivalenti ed alternative l'una all'altra anche se la 2 parrebbe, per analogia con quanto verificato con le perforazioni in essere, più preferibile. Esse vengono indicate sulla base delle seguenti obiettivi, considerazioni e ipotesi:

- a) intercettare l'eventuale presenza di gas alla quota di circa 650-700 m s.l.m., come sembrerebbero suggerire i pozzi già presenti in area;
- b) intercettare le venute di gas in una posizione posta più a nord, nell'ipotesi che vi sia una migrazione da nord verso sud, basata sull'osservazione che con la realizzazione dei pozzi esistenti la gran parte delle manifestazioni spontanee, poste più a sud (Figura 24) sono scomparse, probabilmente perché il flusso di gas è stato intercettato dai pozzi;
- c) sfruttare la condizione di alto strutturale dell'area, per cercare di raggiungere livelli strutturali più bassi ed, eventualmente con una perforazione di alcune centinaia di m, verificare se sia possibile raggiungere le unità toscane che nell'adiacente Val Dolo affiorano in finestra tettonica presso Gova a quote comprese tra 475 e 700 m s.l.m.;
- d) avvantaggiarsi dal punto di vista logistico della relativa vicinanza all'infrastruttura di distribuzione e alla centrale esistente.

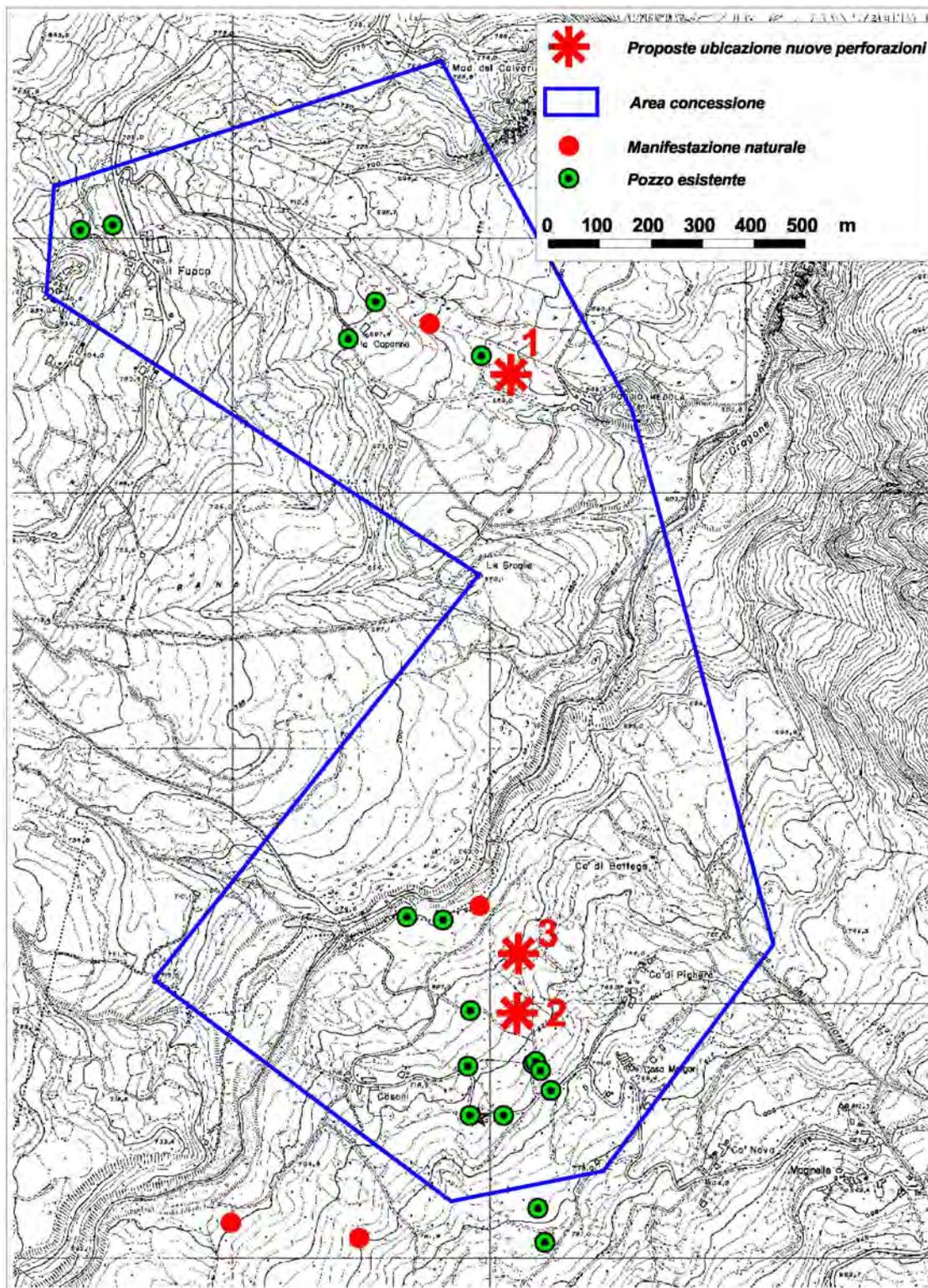


Figura 24 – Proposte per l'ubicazione di eventuali nuove perforazioni esplorative.

Mettendo a confronto le tre ipotesi, tenendo conto anche della quantità e, soprattutto, della qualità del gas metano ricavato dai pozzi esistenti, si valuta che l'ipotesi n. 1 (di Poggio Medola) sia la preferibile tra le tre elencate.

Ciò considerato, occorre tenere in considerazione le caratteristiche di stabilità del versante di Poggio Medola, alla luce delle conoscenze relative all'importante e articolato sistema franoso che vi insiste sopra ormai da millenni e sulla cui attività si hanno numerose testimonianze sia in epoca storica che recenti (Manzi et al., 2004, Corsini et al., 2005; Leuratti et al., 2007; Ronchetti et al., 2008).

Il sistema franoso in parola (Figure 25 e 26) è noto in letteratura con la denominazione di Frana di Tolara (Ronchetti et al., 2008) e rappresenta uno dei grandi sistemi di dissesto franoso che interessano, sui versanti est e ovest, il Monte Modino di Frassinoro¹⁸.

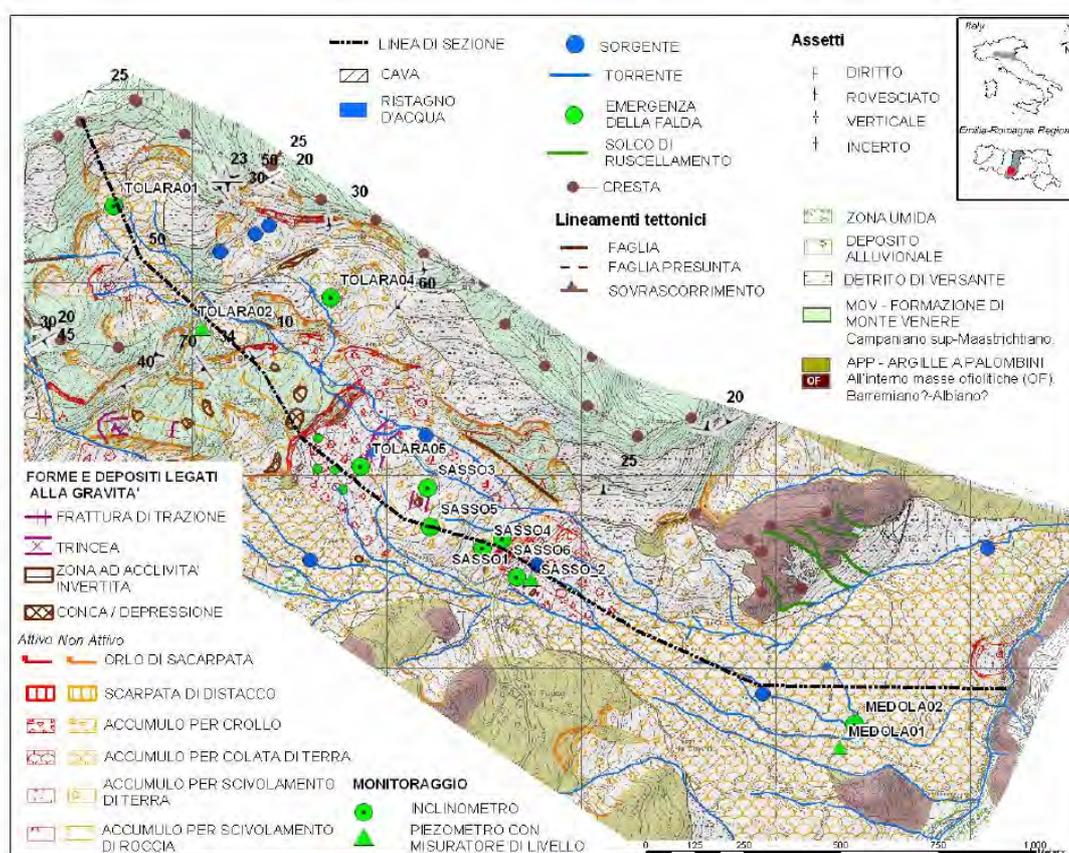


Figura 1: Carta del dissesto del versante di Tolara.
Figure 1: Slope instability map of the Tolara slope.

Figura 25 – Carta del dissesto del versante di Tolara (estratto da Ronchetti et al., 2008).

¹⁸ Nell'Appennino Modenese vi sono due Monti "Modino" entrambi noti nella letteratura geologica per motivi diversi: il Monte Modino di Frassinoro, noto e studiato soprattutto a livello geologico applicativo in relazione ai grandi dissesti franosi che ne interessano entrambi i versanti (sulle valli del Dolo, a ovest, e del Dragone, a est) e il Monte Modino di Fiumalbo, noto in quanto area tipo per le omonime Arenarie del Monte Modino.

La Frana di Tolara è caratterizzata da una tipologia di movimento complesso, che associa movimenti rototraslazionali di roccia, che si sviluppano nella parte più alta del versante, a scivolamenti e colamenti di terra, localizzati principalmente nella parte bassa del versante (Figura 25).

Esso (Leuratti et al., 2007) ha origine (zona di coronamento) lungo la pendice orientale del Monte Modino, ad una quota di circa 1330 m s.l.m., sviluppandosi per un'estensione longitudinale massima di circa 3500 m, scendendo fino alla quota (zona di piede o di accumulo della frana) di circa 520 m s.l.m. corrispondente al livello del Torrente Dragone (Figure 16 e 26).

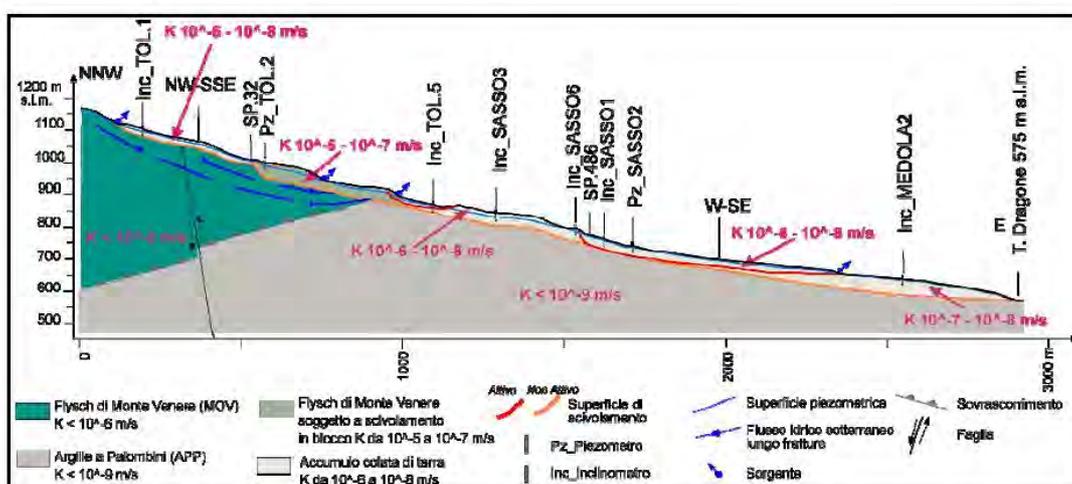


Figura 26 – Sezione (ubicata come da Figura 25) attraverso il versante di Tolara (Estratto da Ronchetti et al., 2008).

Il fenomeno franoso ha origine nella zona di versante dove si colloca il contatto tettonico (sovrapposizione geometrica) tra la Formazione di Monte Venere e le sottostanti Argille a palombini (Figura 26), che costituisce una soglia di permeabilità (contatto tra una formazione relativamente permeabile per fessurazione secondaria, quale è la Formazione di Monte Venere, ed un'altra pressoché impermeabile, la formazione delle Argille a palombini) (Figura 26).

Tale discontinuità idraulica è ben marcata dalla presenza di numerose risorgive più o meno diffuse (Manzi et al., 2004; Ronchetti et al., 2008).

La frana di Tolara è andata soggetta a numerose riattivazioni in epoca storica, delle quali 4 negli ultimi 125 anni, con un tempo di ritorno valutabile in circa 40 anni (Ronchetti et al., 2008).

In alcuni casi, è giunta ad ostruire completamente il fondovalle e a dare origine ad un bacino lacustre effimero, ma comunque persistente per alcuni anni, come testimoniato dai caratteristici lineamenti morfologici riconoscibili nell'alveo del T. Dragone e da alcune fotografie e cartoline degli anni '40 e '50 del secolo scorso (Soldati & Tosatti, 1993).

L'ultima riattivazione risale al dicembre 2002, in occasione di un periodo caratterizzato da precipitazioni abbondanti nel mese precedente, circa 300 mm (Ronchetti et al., 2008). In tale occasione, la riattivazione ha coinvolto due settori del sistema franoso, il primo nella parte alta, al passaggio tra lo scivolamento di roccia e lo scivolamento di terra (all'incirca a 950 m s.l.m. di quota) e il secondo nella parte centrale che ha coinvolto anche il tracciato della SP486 (a quota di circa 780 m s.l.m.).

Il corpo centrale della frana (canale) e la zona di accumulo (piede), presentano uno spessore piuttosto pronunciato, stimabile in diverse decine di metri, che si è formato nel tempo, attraverso la sovrapposizione di colate successive l'una all'altra.

Come evidenziato nella figura 25, all'incirca alla quota di 700 m s.l.m. il sistema franoso si suddivide in due diramazioni che danno luogo a due zone di accumulo, separate dal rilievo ofiolitico del Poggio Medola, il quale pare avere funto nel tempo il ruolo di spartiacque "parzialmente fermo" in opposizione alla discesa verso il fondovalle dei diversi episodi di colata che si sono succeduti.

Di queste due diramazioni la principale è quella che scorre a nord del Poggio Medola, che è da considerare attiva (come indicato negli strumenti di pianificazione provinciali, PTCP, e i bacino, PAI), mentre secondaria e quiescente è la diramazione che scorre a sud del poggio.

Lo sperone roccioso di Poggio Medola, probabilmente costituisce la parte terminale, verso valle, di una sorta di dorsale, o spartiacque minore tra due microbacini locali, sepolto al di sotto dei depositi della diramazione sud della frana di Tolara.

Tale dorsale "sepolta", individuabile sostanzialmente lungo l'allineamento dei toponimi Poggio Medola, La Capanna e il Fuoco, avrebbe deviato verso nord la gran parte delle colate di terra provenienti dalla parte medio alta del versante e solo in certe circostanze (probabilmente quando il flusso di materiale era più abbondante e tendeva a formarsi una zona di accumulo, a nord di Poggio Medola, molto pronunciata e con una velocità maggiore rispetto alla capacità erosiva del

T. Dragone) sarebbe stato sormontato da una dalle colate che sarebbero andate a formare la diramazione posta a sud dello sperone ofiolitico.

Tali processi, se si tiene conto delle seguenti considerazione, sarebbero avvenuti diversi secoli fa:

- a) L'analisi della cartografia storica (CTR 1976; IGM 1935; Carta Topografica del Ducato di Modena del 1849; Carta del Ducato del Carandini del 1821-1828) evidenzia che un toponimo *Medola* (o anche *Medole* o *Zedole*) associato a un nucleo di edifici in corrispondenza dello sperone ofiolitico di Poggio Medola (posto sul lato opposto rispetto al Dragone) persiste da oltre 150 anni;
- b) in corrispondenza del toponimo "La Capanna" è possibile osservare una esemplare di quercia plurisecolare che non sembra avere risentito di danni dovuti a movimenti di versante. Esso si colloca sostanzialmente in coincidenza della dorsale che sarebbe quindi rimasta sepolta al di sotto dell'accumulo di materiale derivante da colate per lo meno più vecchie della quercia in parola.

Ciò considerato e tenuto conto dell'assetto morfologico (sistema franoso che tende a diramarsi a monte del blocco ofiolitico e a una quota di circa 100 m superiore) è ragionevole supporre che proprio l'areale posto a ridosso e a monte del Poggio Medola sia da considerare una zona a minore pericolosità, non interessata da movimenti di versante o dal sopraggiungere di colate da oltre 150-200 anni.

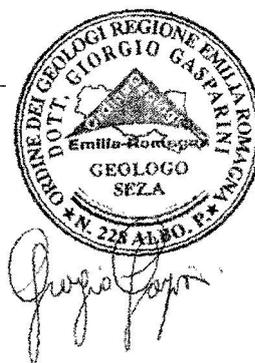
La presenza ancor oggi di un nucleo abitato che le cartografie storiche indicherebbero ivi presente da oltre un secolo e mezzo sembrerebbero confermare tale considerazione, ribadita anche dalla presenza di un ancor più vecchio esemplare di quercia, in località "*La Capanna*".

Per tali motivi l'ubicazione che è stata ipotizzata per la perforazione del nuovo pozzo esplorativo viene ritenuta idonea anche nei confronti della stabilità di versante, perché seppure localizzata all'interno della così detta Frana di Tolara, intendendo con tale termine non un'unica e univoca forma franosa, ma un sistema franoso, all'interno del quale è possibile distinguere aree attualmente attive (ad esempio la zona al piede della diramazione nord), aree attivatesi in tempi relativamente recenti (nel 2002 la parte alta e media, come descritto in precedenza), aree che, sulla base delle considerazioni appena fatte, parrebbero essere interessate da instabilità per fenomeni con tempi di ritorno plurisecolari, come la diramazione sud della zona di accumulo delimitata a nord dall'allineamento che congiunge idealmente le località Poggio Medola, La Capanna e Il Fuoco.

In coincidenza di quest'ultimo allineamento si colloca anche l'ubicazione dell'ipotesi di nuovo pozzo esplorativo, qui esaminata.

Bastiglia, lì 12.05.2010

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



6. BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (1993) – *Atlante dei centri abitati instabili della Provincia di Modena*. CNR, Roma.

Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P., Gasperi G., Gelmini R. & Panini F. (1989a) – *Nota illustrativa alla Carta geologica dell'Appennino modenese e zone limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 487-498.

Bettelli G., Bonazzi U., Fazzini P. & Panini F. (1989b) - *Schema introduttivo alla geologia delle Epiliguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987), 215- 246.

Bettelli G., Bonazzi U. & Panini F. (1989c) - *Schema introduttivo alla geologia delle Liguridi dell'Appennino modenese e delle aree limitrofe*. Mem. Soc. Geol. It., 39 (1987): 91-126.

Bettelli G., Capitani M. & Panini F. (1996) - *Origine della struttura a "blocchi in pelite" e dell'estensione parallela alla stratificazione nelle formazioni smembrate liguri del Supergruppo del Baganza affioranti nel settore sudorientale dell'Appennino emiliano*. Accad. Naz. Sci. Lett. Arti di Modena, Collana di Studi, 15: 261-298

Bettelli G. & Panini F. (1992) - *Nota illustrativa ad una sezione geologica attraverso l'Appennino modenese*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. (1992/2): 65-74.

Bernini M., Clerici A., Papani G., Sgavetti M. & Tellini C. (1979) – *Prime considerazioni riassuntive sull'area appenninica dal F. Secchia al T. Nure*. C.N.R. Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 251, 431-438.

Bernini M., Clerici A., Papani G., Sgavetti M. & Tellini C. (1980a) – *Carta Neotettonica d'Italia. Note Illustrative relative ai Fogli: 61 (Cremona) (p.p.), 62 (Mantova) (p.p.), 72 (Fiorenzuola d'Arda) (p.p.), 73 Parma, 74 (Reggio Emilia) (p.p.), 86 (Modena) (p.p.)*. C.N.R., P.F. Geodinamica, Pubbl. n. 356, 821-864.

Bernini M., Clerici A., Papani G., Sgavetti M. & Tellini C. (1980b) – *Carta Neotettonica d'Italia. Revisione dei Fogli: 72 (Fiorenzuola d'Arda) (p.p.), 83 (Rapallo) (p.p.); 84 (Pontremoli) (p.p.), 85 (Castelnovo ne' Monti) (p.p.), 86 (Modena) (p.p.)*. Note Illustrative. C.N.R., P.F. Geodinamica, Pubbl. n. 356, 881-914

Boccaletti M., Coli M., Eva C., Ferrari G., Giglia G., Lazzarotto A., Merlanti F., Nicolich R., Papani G. & Postpischl D. (1985) - *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines*. *Tectonophysics*, 117, 7-38.

Borgia G.C. & Ricchiuto T. (1984) – *Genesi e correlazione degli accumuli gassiferi superficiali dell'Appennino Emiliano*. Rapporto Tecnico 84-6, Pitagora Editrice, Bologna.

Borgia G.C., Brighenti G. & Ciancabilla F. (1985a) – *Recenti progressi dell'indagine sul gas naturale dell'alta valle del Reno*. Ingegneri Architetti e Costruttori n. 460/6, 223-229.

Borgia G.C., Elmi C. & Maltarello G. (1985b) – *Le manifestazioni di gas dell'alta valle del Reno: inquadramento geologico e caratteri della mineralizzazione*. Ingegneri Architetti e Costruttori n. 460/6, 229-233.

Borgia G. C., Elmi C. & Martelli G. (1986) – *Hydrocarbons in the Tuscan-Emilian Apennines: origin and characters of mineralization*. Mem. Soc. Geol. It., 31, 255-266.

Brighenti G., Borgia G.C. & Viali D. (1988) – *Esame della possibilità di effettuare perforazioni ad aria fino alla profondità di 500 m per la coltivazione dei giacimenti di idrocarburi nell'Appennino bolognese e Modenese*. Ricerca eseguita su convenzione per conto delle società CH4 Lizzano sas, Lazzi spa e SIAM srl (Rapporto inedito).

Brunamonte F. (2003) - *Ricerca storica sulle frane nella Provincia di Modena*. Catalogo MO1.0.

Capitani M. (1997) – *Analisi macrostrutturale del sistema di deformazioni trasversali della Val Lavino (Appennino settentrionale, Italia)*. Atti Tic. Sc. Terra, 39, 65-77.

Capitani M. & Bertacchini M. (1997) – *Aspetti geologici*. 2° Relaz. Sullo stato dell'ambiente nella Provincia di Modena, 29-34.

Capitani M. & Bettelli G. (2001) – *Modello strutturale*. In: Panizza M., Bettelli G., Castaldini D., Barbieri M. & Capitani M. (2001) - *Studio della Pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia. Il parte*. Università degli Studi di Modena, Dipartimento di Scienze della Terra, Rapporto interno. Pp 105-134.

Capitani M., Bettelli G., Conti S. & Panini F. (2001) – *Carta geologico-strutturale della Provincia di Modena*. In: Panizza M., Bettelli G., Castaldini D., Barbieri M. & Capitani M. (2001) - *Studio della Pericolosità sismica delle Province di Modena e Reggio Emilia. Il parte*. Università degli Studi di Modena, Dipartimento di Scienze della Terra, Rapporto interno 214 pp.

Capitani M. & Sasso F. (1994) - *Analisi mesostrutturale della Formazione di Bismantova di Pavullo nel Frignano (Appennino modenese)*. Atti Tic. Sc. Terra, 37 (1994), 99-110.

Castellarin A., Eva C., Giglia G. & Vai G.B. con contributo di Rabbi E, Pini G.A. & Crestana G. (1985) - *Analisi strutturale del fronte appenninico padano*. Giornale di Geologia, Ser. 3, 47, 47-76.

Chicchi S. & Plesi G. (1991) - *Sovrascorrimenti e strutture associate dell'alto Appennino emiliano fra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone*. Studi Geol. Camerti, Vol. Spec. 1990: 99-108.

Chicchi S. & Plesi G. (1992) - *Il Complesso di M. Modino nell'alto Appennino emiliano (tra il Passo del Lagastrello e il M. Cimone) e i suoi rapporti con la Falda toscana, l'Unità di Canetoloe le Liguridi*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., 46 (1991): 139-163.

Chicchi S. & Plesi G. (1995) - *La struttura della finestra di Gazzano (Val Dolo, Appennino reggiano-modenese)*. Accad. Naz. delle Scienze, Scritti e Documenti, 14: 195-227.

Corsini A., Borgatti L., Pellegrini M. & Ronchetti F. (2005) – *Monitoraggio di grandi frane riattivate e sospese nella valle del Fiume Secchia (Appennino Settentrionale)*. Giornale di Geol. Appl., 2, 35-44.

Dallan L. & Nardi R. (1974) - *Schema stratigrafico-strutturale dell'Appennino Settentrionale*. Mem. Acc. Lunig. Scienze "G. Capellini", 42: 1-212.

Daniele G., Mochi E. & Plesi G. (1996) – *L'insieme ligure-emiliano dell'appennino modenese: unità tettoniche e successioni stratigrafiche nella zona di Frassinoro*. Atti Soc. Tosc. Sci. Nat., Mem., Serie A, 102 (1995), 147-158.

Daniele G. & Plesi G. (2000) - *The Ligurian Helminthoid flysch units of the Emilian Apennines: stratigraphic and petrographic features, paleogeographic restoration and structural evolution*. Geodinamica Acta, 13: 1-21.

Fazzini P. (1963) - *Osservazioni geologiche nel Gruppo di M. Cantiere (Appennino Modenese)*. Boll. Soc. Geol. It., 82.

Fazzini P. (1966) - *La geologia dell'alta Val Dolo*. Boll. Soc. Geol. It., 84 (6): 213-238.

Fazzini P. & Gelmini R. (1982) - *Tettonica trasversale nell'Appennino Settentrionale*. Mem. Soc. Geol. It., 24, 299-309.

Leuratti E., Lucente C.C., Medda E., Manzi V., Corsini A., Tosatti G., Ronchetti F., & Guerra M. (2007) - *Primi interventi di consolidamento sulle frane dei Boschi di Valoria, di Tolara e Lezza Nuova (Val Dolo e Val Dragone, Appennino modenese)*. Giornale di Geologia Applicata 7 (2007), 17-30.

Manzi V., Leuratti E., Lucente C.C., Medda E., Guerra M. & Corsini A. (2004) – *Historical and recent hydrogeological instability in the Monte Modino Area: Valoria, Tolara and Lezza Nuova landslide reactivations (Dolo-Dragone Valleys, Modena Apennines, Italy)*. *Geoacta*, 3, 1-13.

Plesi G. (1989) - *Geometrie di un sovrascorrimento piegato: la struttura della finestra di Gova (Val Dolo - Appennino emiliano)*. *Mem. Acc. Lunig. Sc. "G. Capellini"*, 57-58 (1987-1988): 55-75.

Plesi G. (a cura di) (2002) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 235 – Pievepelago*. Regione Emilia-Romagna-S.EL.CA, Firenze.

Reutter K.J. (1969) - *La geologia dell'Alto Appennino modenese tra Civago e Fanano e considerazioni geotettoniche sull'Unità di M. Modino - M. Cervarola*. *L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia*, 5 (2): 1-88.

Ronchetti F., Borgatti L., Cervi F., Piccinini L. & Corsini A. (2008) – *Modellazione numerica dei meccanismi di riattivazione di grandi frane per scivolamento di terra: l'esempio della frana di Tolara, Appennino Settentrionale*. *Giornale di Geol. Appl.*, 8, 217-232.

Sacco F. (1935) - *Le direttrici tettoniche trasversali dell'Appennino. Nota 1*. *Rend. Acc. Naz. Licei Cl. Sc. Fis. Mat. Nat.*, 6, (22), 371-375.

Signorini R. (1935) - *Linee tettoniche trasversali nell'Appennino Settentrionale*. *Rend. Acc. Naz. Licei, Ser. 6*, (21), 42-45.

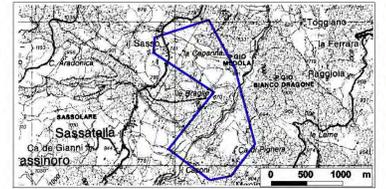
Soldati M. & Tosatti G. (1993) – *Case histories of lake-forming landslides in the Dragone Valley (Northern Apennines)*. *Proc. 7th Int. Conf. & Field Workshop on landslides In Cech and Slovak Republics, 28 aug-15 Sept 1993*, 287-292.

Zanzucchi G. (1963) - *Sulla vergenza di alcune strutture trasversali, nel flysch dell'Appennino Emiliano*. *L'Ateneo Parmense Acta Nat.*, 34, suppl. 2, pagg. 23.

CONSULENZA GEOLOGICA DI SUPPORTO ALL'ATTUAZIONE DEI
"PROGRAMMI DI SVILUPPO" DEI CAMPI MINERARI DI COLTIVAZIONE
DI CUI ALLE CONCESSIONI 704 (BARGAZZO), 706 (VETTA) E 845
(MONTE CANTIERE) - APPENNINO MODENESE

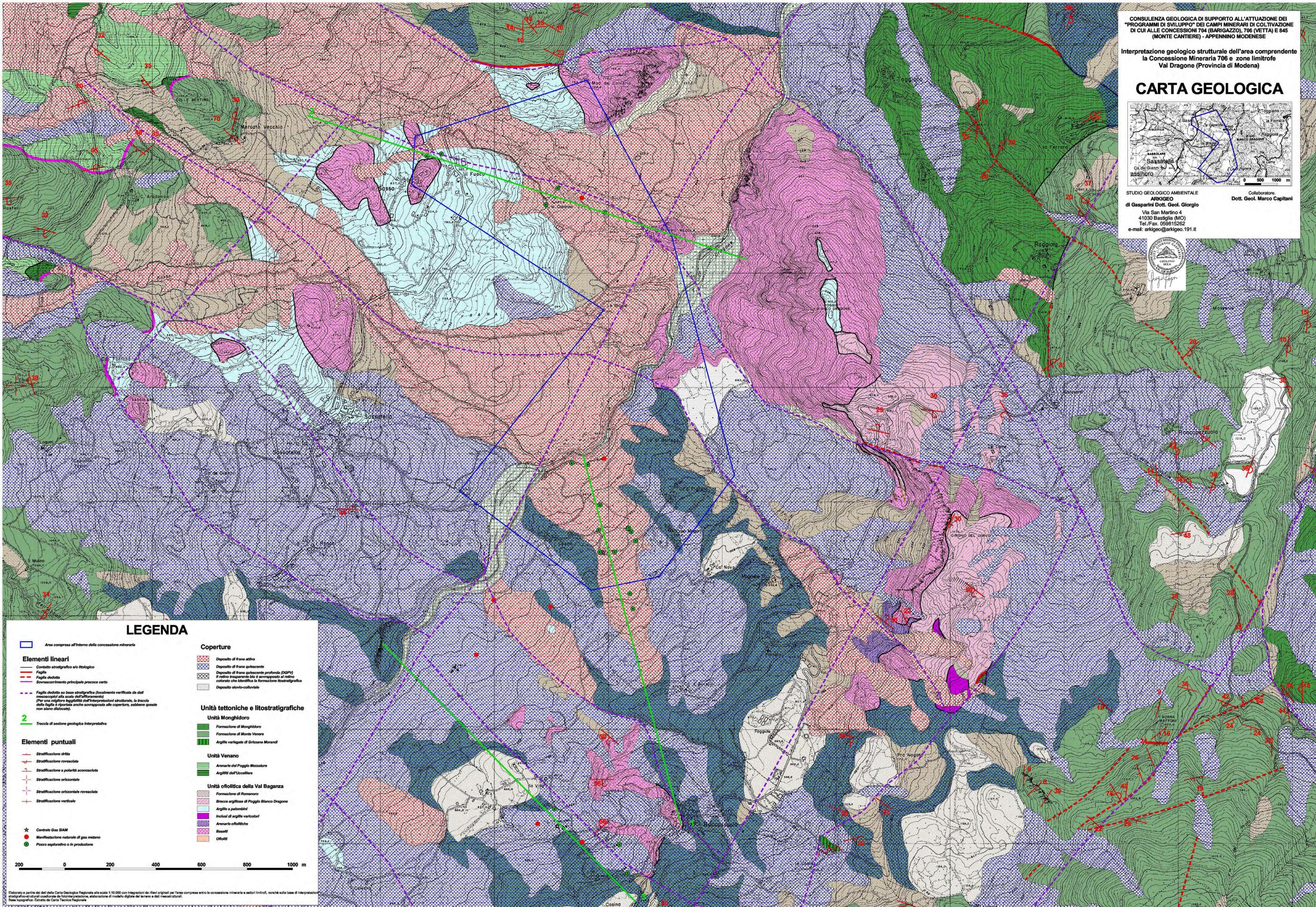
Interpretazione geologico strutturale dell'area comprendente
la Concessione Mineraria 706 e zone limitrofe
Val Dragone (Provincia di Modena)

CARTA GEOLOGICA



STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE
ARKIGO
di Gasparini Dott. Geol. Giorgio
Via San Martino 4
41030 Bastiglia (MO)
Tel./Fax. 059815282
e-mail: arkigo@arkigo.191.it

Collaboratore:
Dott. Geol. Marco Capitani



LEGENDA

- Area compresa all'interno della concessione mineraria
- ### Elementi lineari
- Contatto stratigrafico o litologico
 - Faglia
 - Faglia debole
 - Sovrascorrimento principale precoce certo
 - Faglia debole su base stratigrafica (localmente verificata da dati macroscopici alla scala dell'affioramento) (Per una migliore leggibilità dell'interpretazione strutturale, la traccia della faglia è riportata anche sovrapposta alle coperture, sebbene queste non siano allucate).
- ### 2
- Tracce di sezione geologica interpretativa
- ### Elementi puntuali
- + Stratificazione dritta
 - Stratificazione rovesciata
 - + Stratificazione a polarità sconosciuta
 - + Stratificazione orizzontale
 - Stratificazione orizzontale rovesciata
 - + Stratificazione verticale
- ★ Centrale Gas SIAM
 - Manifestazione naturale di gas metano
 - Pozzo esplorativo o in produzione
- ### Coperture
- Deposito di frana superficiale
 - Deposito di frana quaternaria profonda (DQPP) il retino trasparente blu è sovrapposto al retino colorato che identifica la formazione litostratigrafica
 - Deposito elvio-colluviale
- ### Unità tettoniche e litostratigrafiche
- #### Unità Monghidoro
- Formazione di Monghidoro
 - Formazione di Monte Venere
 - Argille variegata di Grizzana Morand
- #### Unità Venano
- Arenarie del Poggio Mezzature
 - Argille dell'Uccelliera
- #### Unità ophiolitica della Val Baganza
- Formazione di Romanoro
 - Breccia argillosa di Poggio Bianco Dragone
 - Argille a palombini
 - Inchiostri di argille variocolori
 - Arenarie ophiolitiche
 - Basalti
 - Olfitti

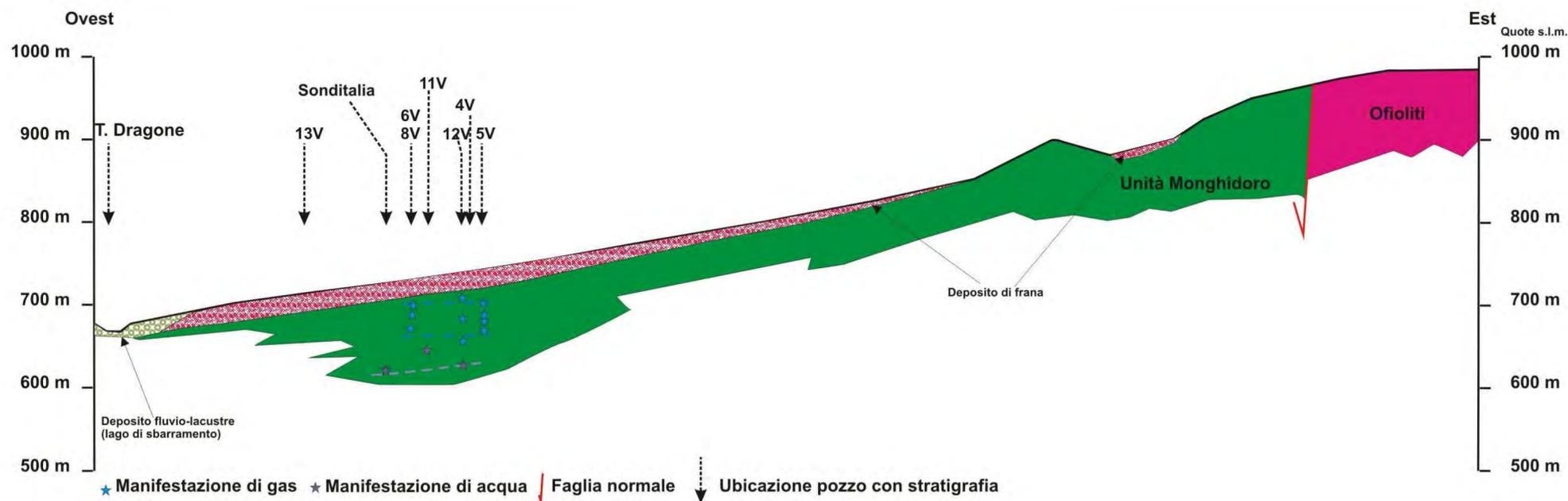
200 0 200 400 600 800 1000 m

Elaborato a partire dai dati della Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000 con integrazioni dai rilievi originali per l'area compresa entro la concessione mineraria e settori limitrofi, nonché sulla base di interpretazioni geologiche e strutturali condotte da rilevazione, elaborazione di modello digitale del terreno e dati mesostrutturali.
Base fotografica: Estratto da Carta Geologica Regionale.

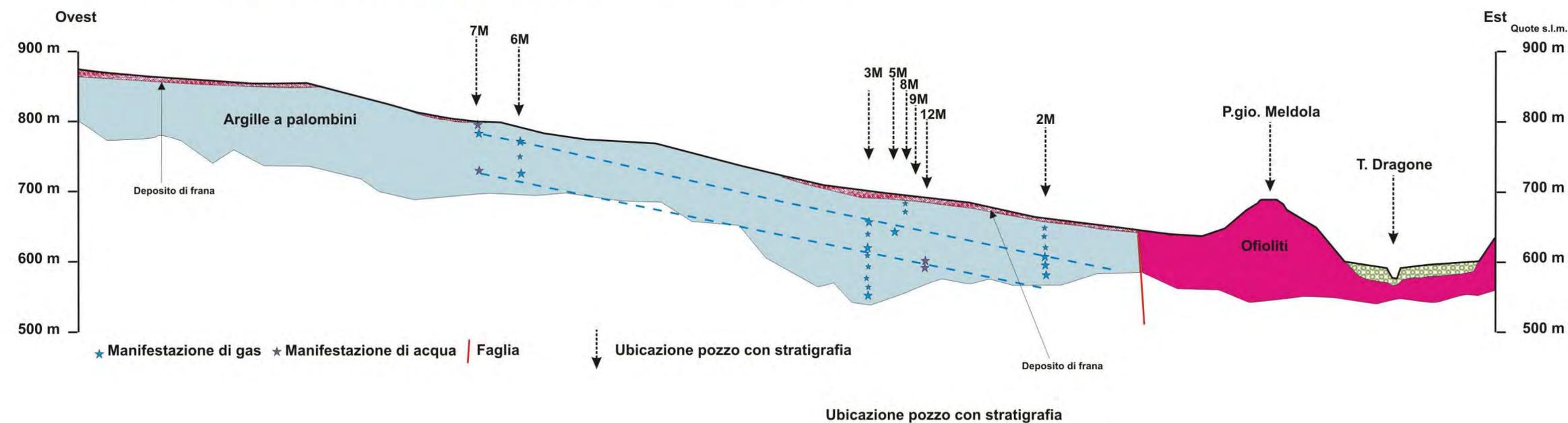
Sezioni geologiche

Scala 1:5.000

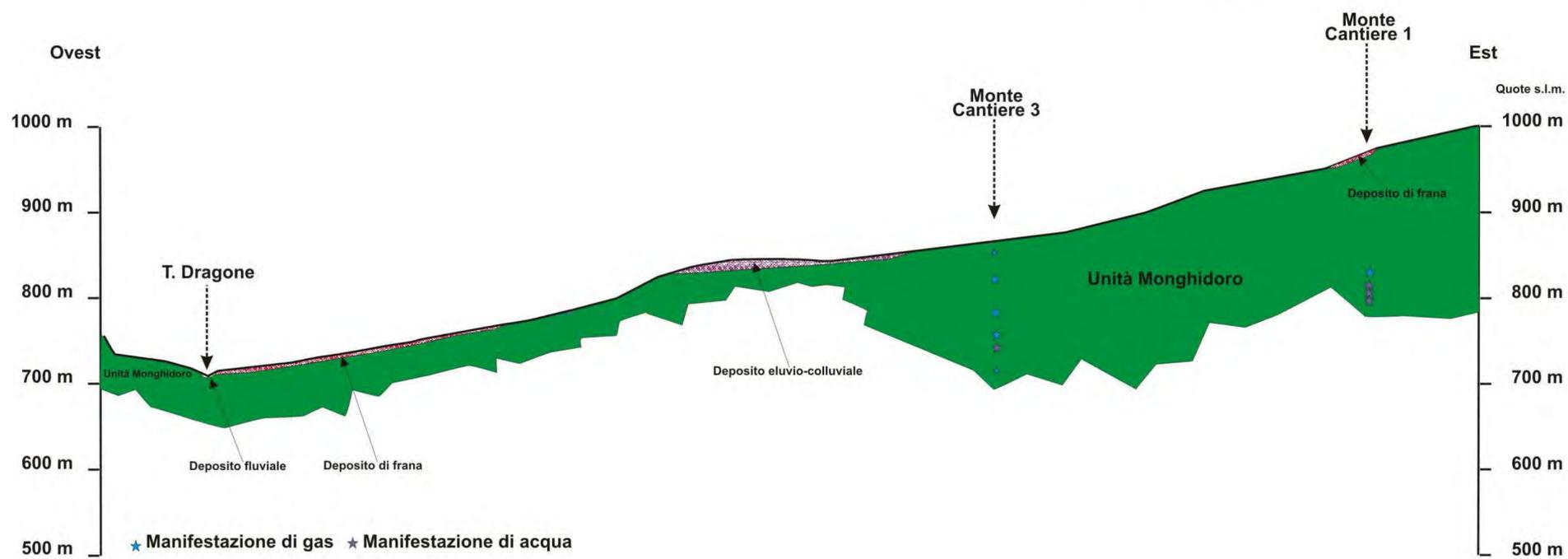
1



2



3



Giorgio Gaspari