

Comune di LAMA MOCOGNO

Provincia di Modena

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

relativo al rinnovo della concessione mineraria per la coltivazione di idrocarburi gassosi denominata "**BARIGAZZO**" (codice n. 704), integrato in base alle nuove disposizioni di cui alla Legge Regionale n.3 del 20 Aprile 2012.

QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

COMMITTENTE:

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

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

S.I.A.M. S.r.l.

A CURA DI:

Dott. Geol. Giorgio Gasparini

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



Giorgio Gasparini

Novembre 2012

- QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE -

INDICE

1. DELIMITAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERE	1
2. ATMOSFERA E CLIMA	3
3. SUOLO E SOTTOSUOLO	7
4. ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE	12
5. USO DEL SUOLO, FLORA E FAUNA	13
6. PAESAGGIO	19
7. RUMORE E VIBRAZIONI	20
8. CONCLUSIONI.....	22

ALLEGATO al QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE:

Interpretazione geologico strutturale dell'area comprendente la concessione mineraria 704 e zone limitrofe - Località Barigazzo, Comune di Lama Mocogno (Provincia di Modena) - Novembre 2010.

Rinnovo Concessione mineraria n. 704 denominata “**BARIGAZZO**”
SIA - STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
- Quadro di Riferimento Ambientale -

1. DELIMITAZIONE DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERE

Nel nuovo programma lavori proposto¹ si prevede la perforazione di 3 pozzi di ricerca per gas metano all'interno della Concessione Mineraria n. 704 denominata BARIGAZZO, situata nei pressi della località Barigazzo, nel Comune di Lama Mocogno, Provincia di Modena (Figura 1) della quale è titolare la Società Idroelettrica Alto Modenese (SIAM). Qualora i pozzi dovessero risultare produttivi, il progetto prevede il loro allacciamento alla rete di distribuzione gas esistente.

Per una descrizione del progetto e delle sue fasi di attuazione si rimanda al Quadro di riferimento Progettuale, qui si richiameranno solamente le linee essenziali.

Il progetto prevede l'individuazione di tre ubicazioni (Figura 2), definite in prima approssimazione attraverso uno studio geologico-minerario, per la perforazione di nuovi pozzi esplorativi finalizzati alla ricerca ed eventuale sfruttamento di gas metano. Nella Figura 2 le ubicazioni sono denominate con le sigle C, D e D' in essa sono anche indicati i percorsi degli eventuali allacciamenti alla rete di distribuzione esistente.

¹ Le perforazioni sono soggette a rilascio di autorizzazione da parte dell'UNMIG d'intesa con la Regione.

Si rimanda alla lettura del Quadro di Riferimento Programmatico per una disamina degli aspetti territoriali, urbanistici ed ambientali alla luce dei contenuti dei piani territoriali regionali e provinciali, nonché dei Piani Urbanistici Comunali.



Figura 1 - Inquadramento geografico della concessione mineraria n. 704 (BARIGAZZO). (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 (in alto a sinistra).

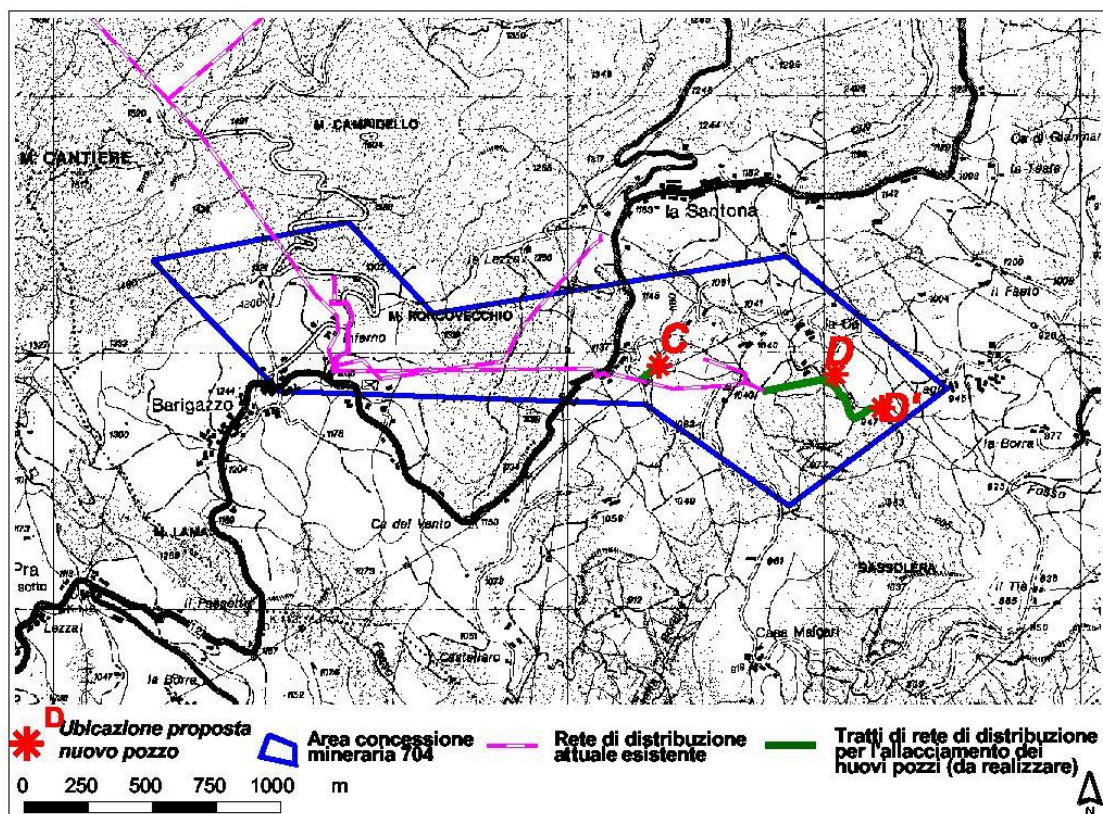


Figura 2 – Localizzazione dell'ubicazione delle nuove perforazioni nonché dei tratti di collegamento alla rete di distribuzione.

2. ATMOSFERA E CLIMA

Nella Figura 3 sono riportati i diagrammi termo-pluviometrici relativi ad alcune stazioni di rilevazione meteorologiche della Provincia di Modena.

L'area in esame è posta nella fascia di media e alta montagna, si assumono pertanto come riferimento i dati relativi alle stazioni di Pavullo nel Prignano e di Sestola.

Il clima è caratterizzato da due massimi di precipitazioni, uno autunnale (a ottobre-novembre), principale, e uno primaverile (attorno ad aprile), minore; le temperature medie oscillano tra un minimo invernale di circa 0°C-1°C (dicembre-gennaio) a un massimo estivo di circa 20°C (luglio-agosto).

Per quanto riguarda gli aspetti dell'inquinamento atmosferico si fa riferimento ai report annuali e mensili prodotti dall'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) e più precisamente ai report relativi agli anni 2009 e 2010 (Figure 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9).

L'area in esame ricade nella così detta zona B (che comprende tutto il settore collinare montano) definita come il *territorio dove i valori della qualità dell'aria sono inferiori al valore limite. In questo caso è necessario adottare piani di mantenimento.*

Per il monitoraggio della qualità dell'aria in montagna, ARPA dispone di una stazione fissa nella vicina Provincia di Reggio-Emilia (Febbio), localmente e per periodi più o meno lunghi sono anche utilizzate delle stazioni mobili.

Come si evince dalle figure seguenti (Figure 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9) la stazione di monitoraggio atmosferico di montagna (Febbio) non ha rilevato condizioni particolarmente significative e/o preoccupanti. Tutti i parametri controllati risultano al di sotto dei limiti indicati dalla normativa vigente. Un discorso a parte è relativo alla concentrazione di ozono che risulta superiore a quella determinata nelle stazioni di pianura e cittadine, e che viene motivata come segue da parte di ARPA:

Un discorso a parte è da riservare a Febbio, stazione di fondo rurale remoto in quota (1030 m). Il basso livello di inquinamento che caratterizza l'area, non dà luogo al tipico ciclo diurno dell'ozono, in quanto non ne avviene la rimozione durante le ore notturne da parte dei precursori, ossidi di azoto in particolare (...) Le concentrazioni medie mensili risultano sempre superiori a quelle delle altre stazioni di monitoraggio (...), a causa dei fenomeni di trasporto a lungo raggio, che portano masse d'aria inquinate da ozono in aree rurali dove, la bassa concentrazione di ossidi di azoto, ne rallenta la rimozione.

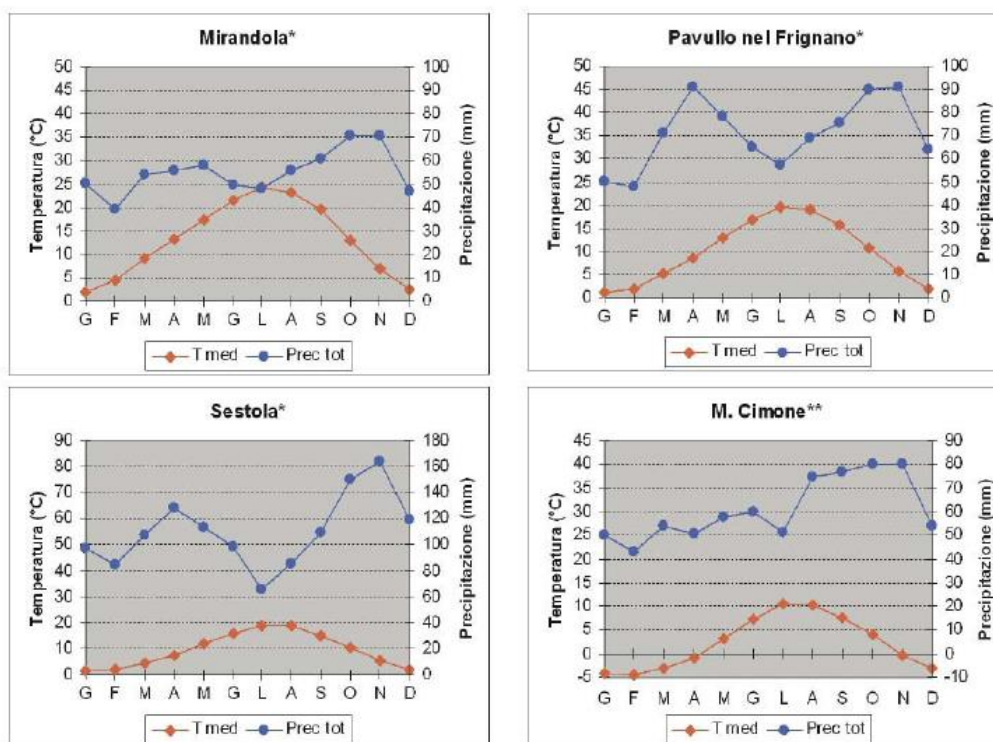


Fig. 7. Diagrammi termopluviometrici Bagnouls-Gaussens. Fonte dati: *Regione Emilia-Romagna (anni 1961-1993); **Aeronautica Militare (anni 1961-1990).

Figura 3 - Diagrammi termo pluviometrici (estratto da: *La flora del modenese-Censimento analisi tutela. A cura della Provincia di Modena*).

Limiti imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana

NO ₂	Periodo di mediazione	Dal 1/1/2010
Valore Limite orario	1 ora	200 µg/m ³ (Max 18 ore in un anno)
Valore Limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³

Tab. n° 4.1 - Limiti imposti dal DL 155/2010

Figura 4 - Tabella valori limite di qualità relativi alla concentrazione di NO₂ in atmosfera (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

Andamenti temporali nel 2010

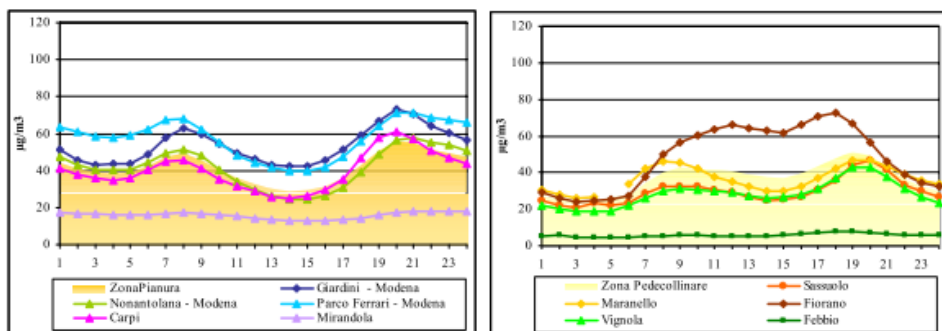


Figura 4.1: NO₂ - giorno tipico

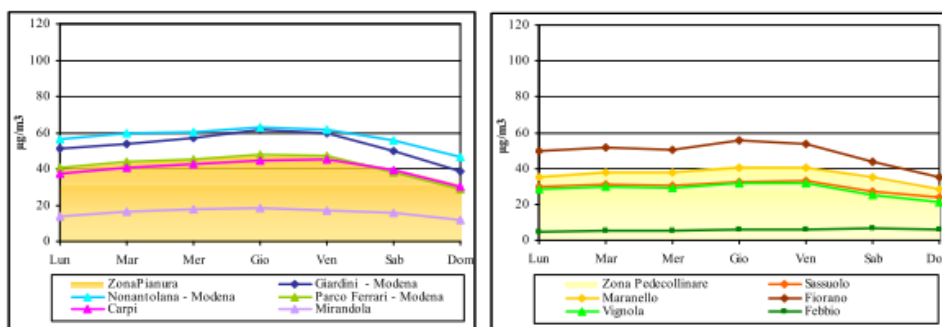


Figura 4.2: NO₂ - settimana tipica

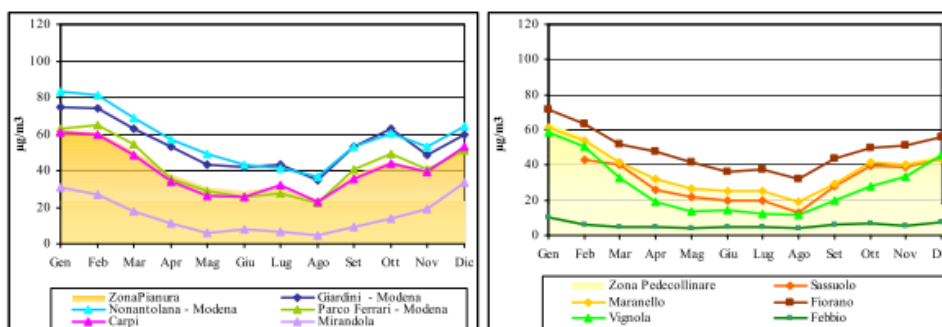


Figura 4.3: NO₂ - concentrazioni medie mensili

Figura 5 - Andamento medio (anno 2010) della concentrazione di NO₂ nell'aria nelle stazioni di monitoraggio atmosferico di ARPA Modena (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

Limiti imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana

PM ₁₀	Periodo di mediazione	Dal 1/1/2005
Valore Limite giornaliero	24 ore	50 µg/m ³ (Max 35 giorni in un anno)
Valore Limite annuale	Anno civile	40 µg/m ³

Tab. n° 4.3- Limiti imposti dal DL 155/2010

Figura 6 - Tabella valori limite di qualità relativi alla concentrazione di PM10 in atmosfera (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

Andamenti temporali nel 2010

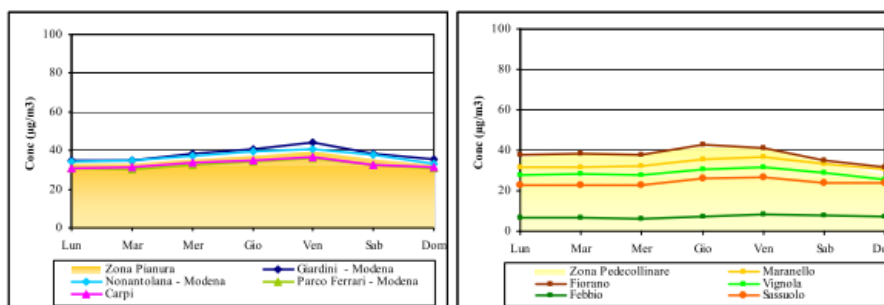


Figura 4.8: PM₁₀ - settimana tipica

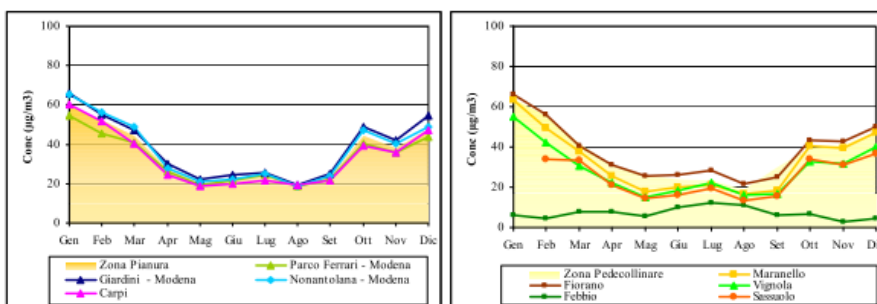


Figura 4.9: PM₁₀ - andamento delle medie mensili

Figura 7 - Andamento medio (anno 2010) della concentrazione di PM10 nell'aria nelle stazioni di monitoraggio atmosferico di ARPA Modena (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

Soglie e Obiettivi imposti dalla Normativa per la protezione della salute umana:

O ₃	Periodo di mediazione	Dal 1/1/2010
Soglia di informazione	1 ora	180 µg/m ³
Soglia di allarme	1 ora	240 µg/m ³
O ₃	Periodo di mediazione	Dal 1/1/2013
Valore Obiettivo:	* Massima concentrazione media giornaliera su 8 ore	120 µg/m ³ (da non superare per più di 25 giorni per anno civile come media su 3 anni)
O ₃	Periodo di mediazione	Da definire
Obiettivo a lungo termine	* Massima concentrazione media giornaliera su 8 ore nell'arco dell'anno civile	120 µg/m ³ (da non superare nell'arco di un anno civile)

* individuata esaminando le medie mobili su 8 ore calcolate in base ai dati orari e aggiornate ogni ora

Tab. n° 4.11: Soglie di Informazione e di Allarme, Valori Obiettivo (VO) e Obiettivo a lungo termine (OLT) imposti dal DL 155/2010

Figura 8 - Tabella valori soglia e valori obiettivo di qualità relativi alla concentrazione di ozono in atmosfera (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

Andamenti temporali nel 2010

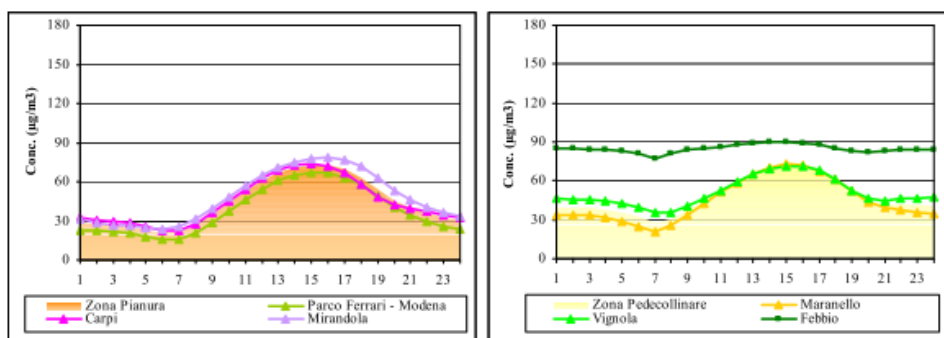


Figura 4.28: O₃ - giorno tipica

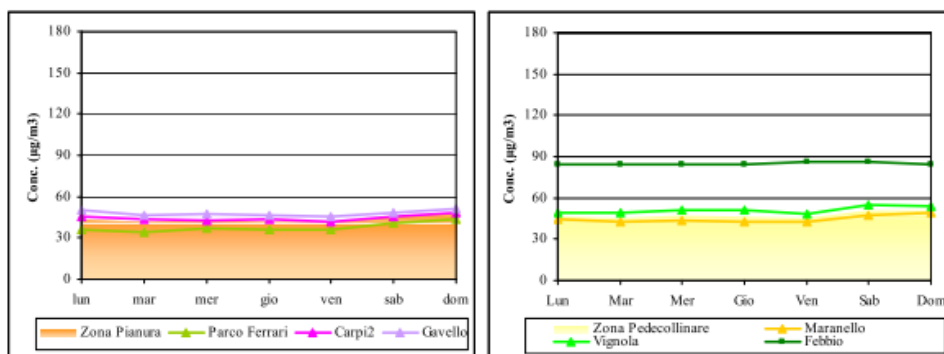


Figura 4.29: O₃ - settimana tipica

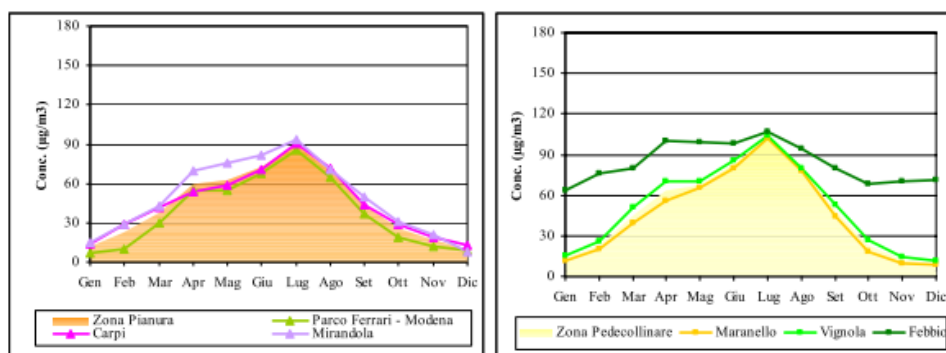


Figura 4.30: O₃ - concentrazioni medie mensili

Figura 9 - Andamento medio (anno 2010) della concentrazione di Ozono nell'aria nelle stazioni di monitoraggio atmosferico di ARPA Modena (Estratto da ARPA 2011-20° Relazione sulla qualità dell'aria nella Provincia di Modena).

3. SUOLO E SOTTOSUOLO²

L'alto Appennino Modenese è caratterizzato da un substrato roccioso composito, formato in prevalenza da rocce sedimentarie appartenenti a successioni stratigrafiche e unità tettoniche ascrivibili a tre distinti domini paleogeografici:

² Il capitolo sono basato principalmente sui contenuti reperibili nelle Note Illustrative ai fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 nn. 235-Pievepelago e 236-Pavullo nel Frignano.

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

Nell'area in esame (Figura 10) il substrato è formato da rocce riferibili a unità di pertinenza ligure e toscana. I litotipi più diffusi sono:

- rocce a dominante argillosa con inclusi lapidei (Argille a palombini, Argilliti variegata di Grizzana Morandi; Successione argilloso-calcareo pre-campaniana);
- rocce prevalentemente marnose, marnoso argillose o marne alternate a livelli siltoso arenacei (Marne di Marmoreto, Argille di Fiumalbo);
- vari tipi di flysch ed unità torbiditiche sia arenacee che calcareo-marnose (Formazione di Monghidoro, Formazione di Monte Venere; Formazione di Monte Caio; Arenarie del Monte Sassolera; Flysch dell'Abetina Reale; Arenarie di Monte Roncovecchio, ecc..).

A livello di assetto strutturale regionale, le unità liguri si accavallano sulle unità subliguri e/o (in loro assenza) sulle unità di pertinenza Toscana, così che si può riconoscere la sovrapposizione geometrica tra le unità liguri Monghidoro e Unità ofiolitica della Val Baganza (o Unità Leo), a loro volta sovrapposte geometricamente alle unità di pertinenza toscane: sotto-unità Ventasso (o Unità Sestola-Vidiciatico) e Unità Cervarola (nell'ordine di sovrapposizione geometrica dall'alto al basso).

Tale quadro strutturale è complicato dalla presenza di elementi tettonici (fasci di faglie ad andamento appenninico) inclinati ad alto angolo verso nord, che determinano la giustapposizione tra unità liguri e toscane, accomodando una deformazione di tipo distensivo che determina l'abbassamento relativo dei blocchi settentrionali (unità liguri) rispetto quelli meridionali (unità toscane). Tale lineamento tettonico è denominato in letteratura come Linea della Santona (o Lineamento interno).

La Concessione mineraria n. 704 è collocata proprio in corrispondenza di tale fascia strutturale lungo la quale si determina la giustapposizione tra unità toscane, a sud, e unità liguri, a nord, in corrispondenza del quale si concentra la gran parte delle manifestazioni di emergenza naturale di idrocarburi gassosi tra il Bolognese e il modenese.

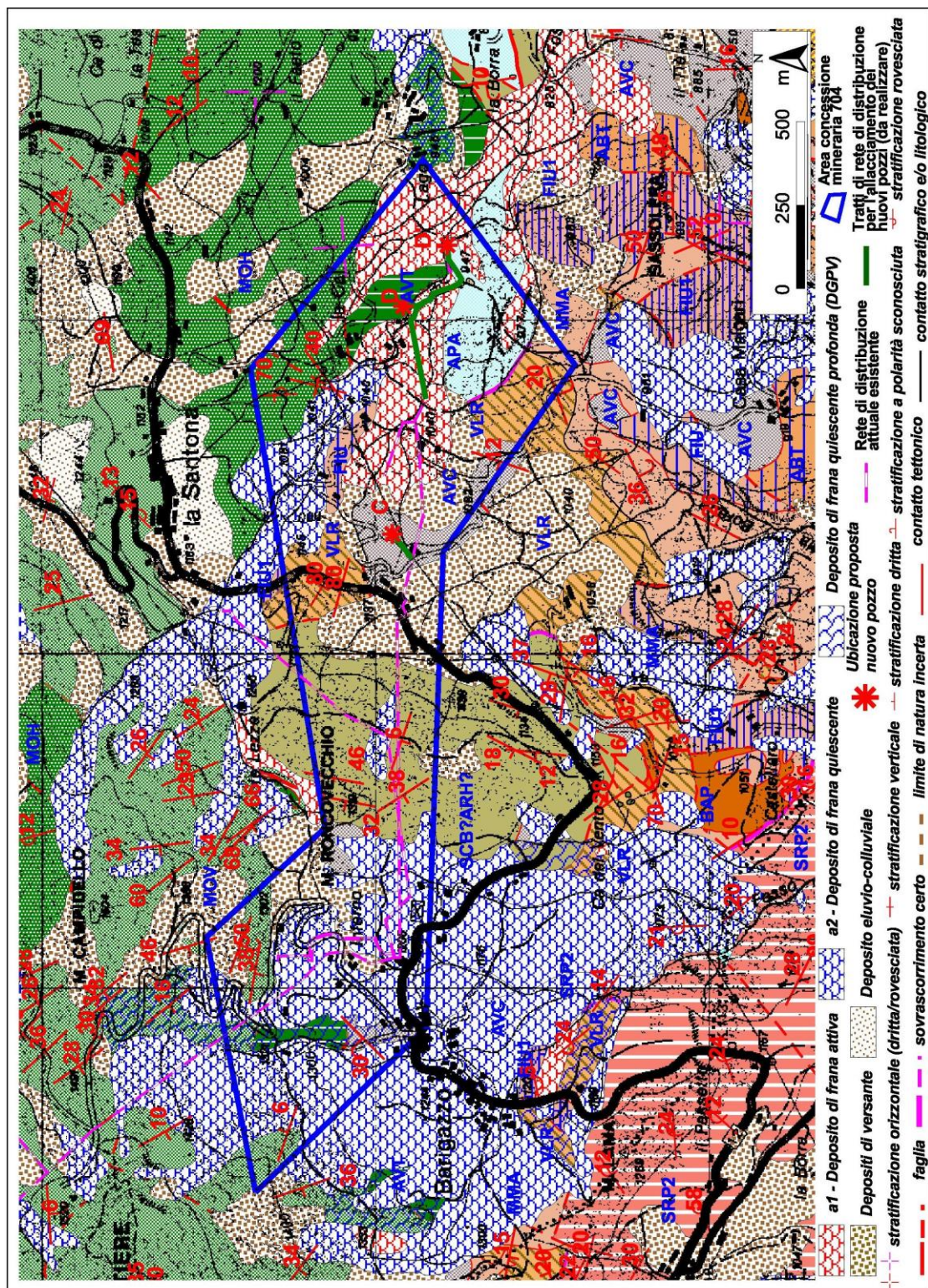


Figura 10 - Concessione mineraria n. 704 – Carta Geologica (elaborato sulla base dei dati contenuti nel sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. APA-Argille a Palombini; SCB-Arenarie di Scabiazza; AVT-Argille variegata di Grizzana Morand; ARH-Arenarie di Monte Roncovecchio; MOV-Formazione di Monte Venere; MOH-Formazione di Monghidoro; AVC- Successione argilloso-calcareo pre-campaniana; BAP-Brecce argillose poligeniche; ABT-Flysch dell'Abetina Reale; FIU-Argille di Fiumalbo; MMA-Marne di Marmoreto; SRP-Formazione di Serpiano; VLR-Arenarie di Vallorsara.

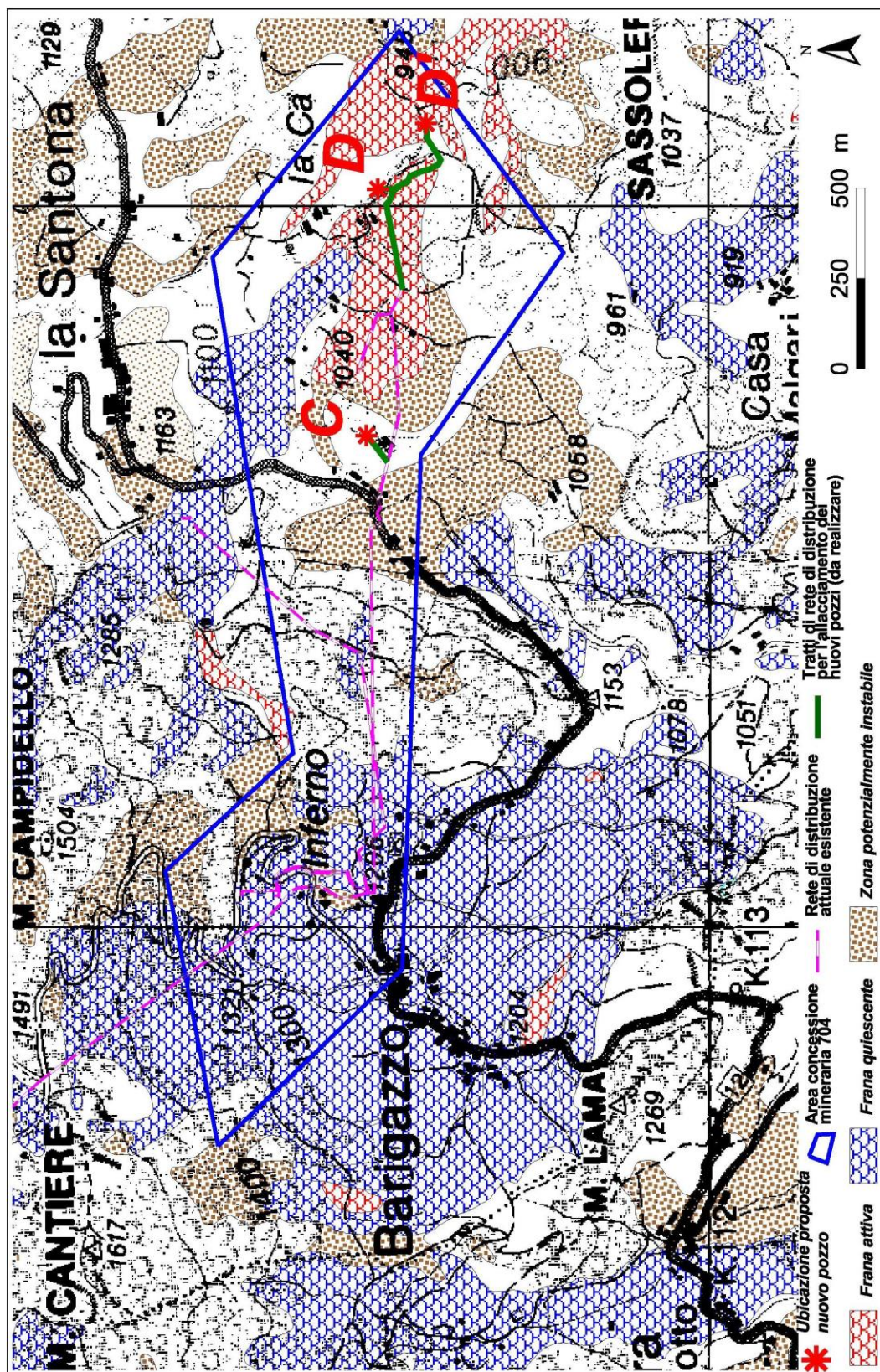


Figura 11 - Carta del dissesto (elaborata sulla base della carta geologica regionale e del PTC della Provincia di Modena, Tavola 2.1).

Le perforazioni che prevede il progetto andranno pertanto ad interessare principalmente terreni riferibili alle unità liguri dei complessi di base (Argille a palombini, Argilliti Variegate di Grizzana Morandi), e terreni riferibili all'Unità Sestola-Vidiciatico a composizione argillitica, marnosa o marnoso arenacea.

Dal punto di vista della stabilità di versante (Figura 11), l'area in esame è caratterizzata da diversi, ed estesi, accumuli di frana, alcuni dei quali sono classificati attivi sia dalla Carta Geologica Regionale sia dalla Carta dei Dissesti di versante contenuta nel Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP). Le previsioni di progetto per le perforazioni sono tutte localizzate al di fuori di aree franose o giudicate dal PTCP come potenzialmente instabili; tratti significativi delle tubazioni che occorrerà eventualmente mettere in posa per allacciare i nuovi pozzi alla rete interesseranno aree classificate in frana attiva. Tale aspetto è stato trattato, in relazione alla compatibilità progettuale con gli elementi di dissesto, all'interno di uno Studio di Compatibilità di cui all'Allegato 1 del Quadro Programmatico del presente Studio di Impatto Ambientale.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, l'area in esame ricade nel medio Appennino Modenese, nel Comune di Lama Mocogno, classificato sismico in zona 3.

Nel catalogo ITHACA (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>) non sono segnalate faglie capaci che attraversano l'area in esame, in quanto le strutture più vicine ad essa, sono evidenziate più a nord (tra Lama Mocogno e Pavullo). La Carta Sismotettonica della regione Emilia-Romagna (prodotta a cura della RER, coordinamento scientifico Boccaletti&Martelli) non segnala in area strutture recenti (<1 milione di anni) ma solo strutture plio-quadernarie (4.5-1 milioni di anni) tra le quali una faglia trascorrente che passerebbe lungo il versante est del Monte Cantiere e una faglia inversa posta più a sud, dove è anche indicata la posizione del fronte di accavallamento del basamento.

I dati bibliografici a disposizione indicano pertanto l'assenza in superficie di strutture tettoniche potenzialmente sismiche.

I pozzi attualmente in produzione presentano profondità inferiori ai 300 m (a partire dal p.c.) e anche per quelli in progetto sono previste perforazioni di tale entità, prevedendo di raggiungere eventualmente profondità superiori (ma sempre entro i 500-600 m dal p.c.) qualora si ritenesse importante per acquisire conoscenze più approfondite sul sottosuolo. In ogni caso occorre ricordare che tutte le indagini e pubblicazioni presenti in bibliografia sembrano essere in accordo sul fatto che per l'alto Appennino Emiliano non possa parlarsi di veri e propri giacimenti di gas

metano, ma di sacche, relativamente di piccole dimensioni, ospitate entro masse di rocce lapidee inglobate entro le formazioni più argillose. Pertanto, la coltivazione di tali risorse non andrebbe ad incidere su equilibri di grande scala, soprattutto tenuto conto anche del fatto che tali risorse sono storicamente soggette a dispersione naturale in atmosfera per una condizione di confinamento scadente. I pozzi attualmente in produzione presentano poi caratteristiche di pressione negativa, tanto che per prelevare gas occorre procedere attivamente ad una depressurizzazione e la fuoriuscita spontanea del gas è limitata solo alle manifestazioni naturali (dalle quali sono derivati molti toponimi locali (Bocassuolo, Inferno, Fuoco, ecc.).

In sintesi, le perforazioni di pozzi per gas non interagiscono con strutture sismo genetiche note in area, né direttamente (perché distanti) né indirettamente (il gas non è in pressione).

4. ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE

Le ipotesi di ubicazione delle nuove perforazioni si collocano tutte all'interno del bacino idrografico del Rio dell'Inferno, denominazione che deriva molto probabilmente per la presenza, nota storicamente, di venute naturali di idrocarburi che davano luogo, incendiandosi, a manifestazioni di fuochi e scintille. Le ipotesi denominate con le lettere **C** e **D**, si collocano rispettivamente ad una distanza di circa 60 m dal Rio dell'Inferno e di 50 m da un fosso suo tributario, mentre l'ipotesi **D'** è posta a circa 20 m dal Rio dell'Inferno. In prossimità delle proposte di ubicazione delle nuove perforazioni non vi sono sorgenti, anche perché le caratteristiche del substrato roccioso, che presenta principalmente dei litotipi argillosi e/o marnosi, non favoriscono l'immagazzinamento sotterraneo dell'acqua. Le sorgenti più vicine si trovano ad una distanza di circa 300 m (o superiore) a NE più a monte. Da evidenziare che la perforazione per la ricerca di idrocarburi prevede il tubo cieco per i primi 100 m in quanto l'eventuale venuta di acqua nel pozzo rappresenterebbe un aspetto negativo nello sfruttamento degli idrocarburi e pertanto da evitare per la buona riuscita del progetto.

Discorso analogo può essere fatto per le eventuali tubazioni di raccordo. Per il collegamento dell'ipotesi **D'** occorrerà provvedere all'attraversamento del Rio dell'Inferno. Seguendo il tracciato delle nuove tubazioni quello di una carreggiata esistente, detto attraversamento verrà a porsi in coincidenza dell'attraversamento carrabile del rio medesimo.

5. USO DEL SUOLO, FLORA E FAUNA

Nell'area nella quale si colloca le ipotesi di perforazione **C** (e relativo allacciamento alla rete) e **D'** (e alcuni tratti di tubazione di raccordo) non sono presenti zone naturalistiche vincolate o aree boscate (Figure 12 e 13).

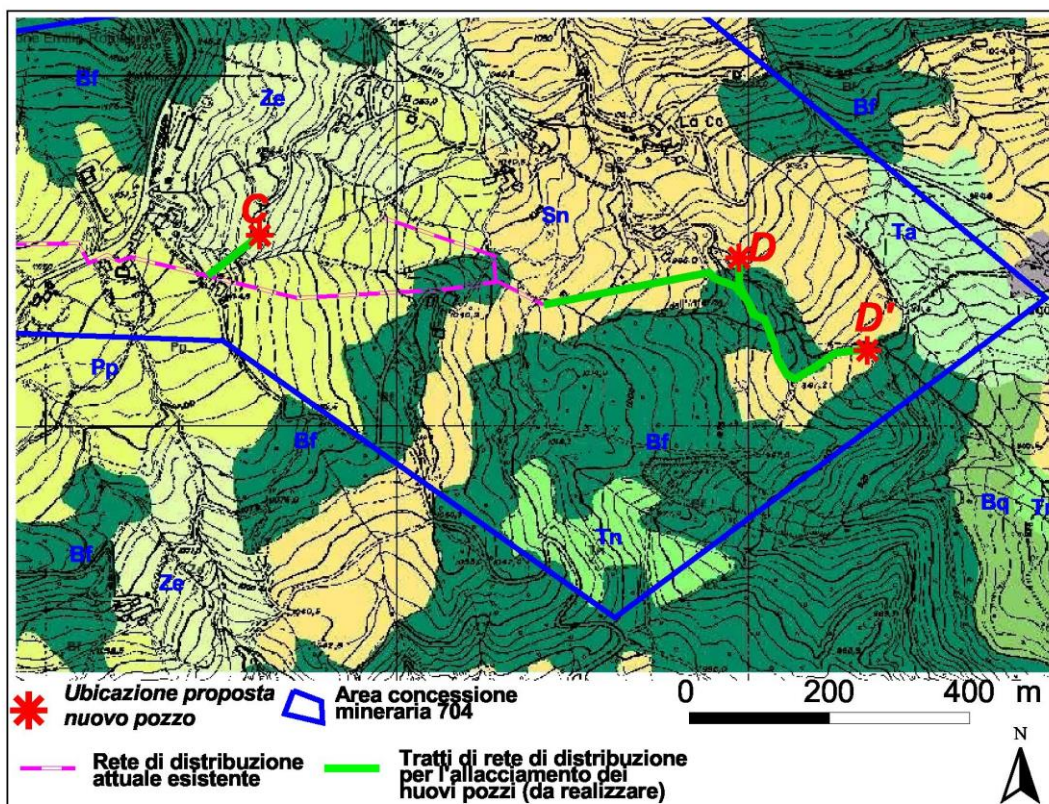


Figura 12 – Carta dell'Uso del Suolo 2008 (ripresa con inserimenti grafici dal sito webgis dell'Archivio Cartografico della Regione Emilia-Romagna). Ze-Aree con colture agricole e spazi naturali importanti; Sn Seminativi non irrigui; Bf-Boschi a prevalenza di faggi; Bq- Boschi a prevalenza di querce, carpini e castagni;Ta-Rimboschimenti recenti; Tn-Vegetazione arbustiva e arborea in evoluzione.

Secondo la carta dell'uso del suolo (Figura 12) le ipotesi **D** e **D'** sono poste in aree a seminativi non irrigui, mentre l'ipotesi **C** (e relativo allacciamento alla rete) ricade in un'area con colture agricole e spazi naturali importanti.

Alcuni tratti di tubazione che occorrerebbero per l'allacciamento delle ipotesi **D** e **D'** interessano un'areale classificato boscato con prevalenza di faggi (Figura 12). Il tracciato delle tubazioni, previo anche sopralluogo, nella parte boscata è stato posizionato in coincidenza di piste e carreggiate esistenti (si vedano ad esempio le fotografie riportate nell'Allegato al Quadro Programmatico, relativo alla compatibilità del progetto con gli elementi di instabilità di versante).

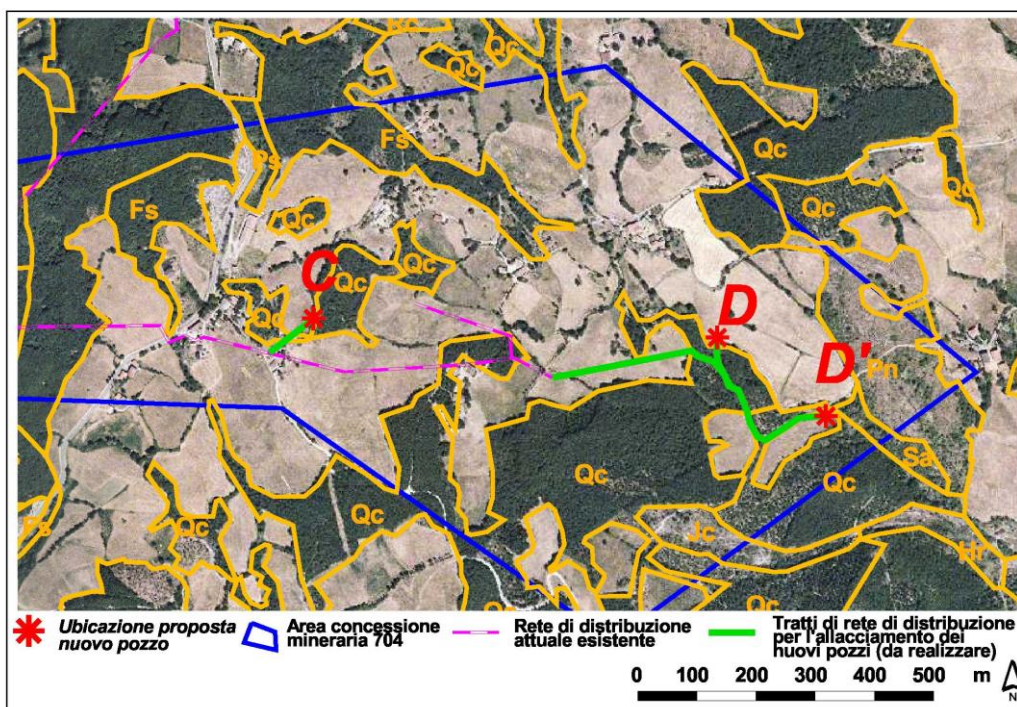


Figura 13 - Ortofotografia sulla quale sono state riportate le perimetrazioni individuate nella Carta Forestale allegata al Quadro Conoscitivo del PTCP, oltre che all'ubicazione delle perforazioni in progetto.

L'area oggetto degli interventi in esame si colloca (anche considerate le quote s.l.m. poco superiori ai 900 m) al limite tra la fascia vegetazionale collinare e quella montana. Di fatto la prima dovrebbe terminare all'incirca attorno ai 900 m di quota e coincide sostanzialmente con la scomparsa dei boschi a predominanza di querce e la presenza di boschi dominati principalmente dai faggi (o da conifere se vi sono stati interventi di rimboschimento). Secondo la Carta Forestale allegata al Quadro Conoscitivo del PTCP (Tavola QC 1.37) le proposte di ubicazione pozzi sono al di fuori di aree forestali cartografate. In aree limitrofe ad esse sono tuttavia presenti aree forestali a ceduo, principalmente a *Quercus spp.*, *Fraxinus excelsior* ed altre specie non determinate, ad indicare come l'indicazione del limite dei 900 m sia indicativo e dipenda anche da altri fattori, tra i quali l'esposizione all'irraggiamento solare. Come si evince dalla Figura 13, un tratto di tubazione va ad insistere su un areale forestale a ceduo con le caratteristiche appena descritte. Come già evidenziato in precedenza, il posizionamento dell'ipotesi di tracciato delle tubazioni che dovrebbe attraversare il bosco è stato fatto coincidere piste e carraie esistenti che attraversano il bosco medesimo.

* * *

I Cervidi e i cinghiali sono animali comuni in molte aree dell'Appennino e soprattutto il capriolo si sta diffondendo raggiungendo anche le aree di pianura, soprattutto seguendo i corsi dei fiumi e torrenti principali.

I Mammiferi di dimensioni medie, quali volpi, lepri, tassi, faine, donnole, sono piuttosto comuni, ma abitualmente notturni, come anche l'istrice che meno diffuso.

Per un elenco indicativo delle specie presenti nella Provincia di Modena (gran parte delle quali presenti in Appennino) si riportano gli elenchi degli uccelli e dei mammiferi estratti dalla *Carta delle vocazioni faunistiche* prodotta dalla Regione Emilia Romagna (Figure 13, 14 e 15).

Non vengono riportati elenchi relativi a specie ittiche e in generale di ambiente acquatico in quanto le proposte di ubicazione per le nuove perforazioni non interagiscono con tali tipologie di ecosistemi.

Considerato che la gran parte delle specie dei mammiferi carnivori hanno abitudini principalmente notturne o comunque crepuscolari, che le specie erbivore sono tendenzialmente mobili, come pure l'avifauna, ed insistono su areali ben più ampi se paragonati con l'area di ingombro del cantiere per le perforazioni (alcune decine di metri quadri), che l'attività di cantiere sarà comunque limitata ad un periodo di poche settimane, che i lavori previsti non interesseranno aree boschive e alvei di corsi d'acqua e saranno eseguiti in orari diurni non si ritengono necessari ulteriori approfondimenti inerenti l'aspetto floristico e faunistico.

Uccelli:

NOME	MODENA	NOME	MODENA	NOME	MODENA
Tuffetto	S, N, W parz.,M	Airone cinerino	N irr, W, M	Beccaccia	N, W, M
Svasso maggiore	N, W parz., M	Airone rosso	N irr., M	Falco di palude	N, W irr., M
Tarabuso	S, N, W parz., M			Astore	S, N, W, M
Tarabusino	N, M	Falco pecchiaiolo	N, M	Sparviere	S, N, W, M
Nitticora	N, M,	Nibbio bruno	N irr., M	Poiana	S, N, W, M
Aquila reale	S, N irr., W	Piro-piro piccolo	N, W irr., M	Fratichello	N, M
Mestolone	N, W irr., M	Pellegrino	S, N, W, M irr.	Sterna comune	N, M
Germano reale	S, N, W, M	Gheppio	S, N, W, M	Mignattino piombato	N, M
Marzaiola	N, M	Pernice rossa	S, N	Piccione selvatico	S, N, W
Barbagianni	S, N	Starna	S, N	Colombella	N irr., M irr.
Gufo comune	S, N, W, M	Quaglia	M, N	Colombaccio	S, N, W, M,
Succiacapre	N, M	Fagiano	S, N	Tortora dal collare	S, N
Rondone	N, M	Folaga	S, N, W parz., M	Tortora selvatica	N, M
Gallinella d'acqua	S, N, W, M,	Assiolo	N, M	Cuculo	N, M
Martin pescatore	S, N, W parz.,M	Cavaliere d'Italia	N, M	Gufo reale	S, N
Gruccione	N, M	Occhione	N irr., M	Civetta	S,N
Upupa	N, M	Occhione	N irr., M	Allocco	S, N
Torcicollo	N, M	Corriere piccolo	N, M	Merlo dal collare	N, W irr., M
Picchio verde	S, N	Topino	N, M	Tordela	S, N, W irr., M
Picchio rosso maggiore	S, N	Rondine montana	N, M	Usignolo di fiume	S, N, W parz., M
Picchio rosso minore	S, N	Rondine	N, M	Beccamoschino	S, N, W parz., M

Figura 14 - Avifauna presente nel modenese (parte prima) (Estratto da *Carta delle vocazioni faunistiche*). Le sigle indicano S=Stanziale, N=Nidificante, M=Migratrice e W=Svernante.

Calandrella	N, M	Balestruccio	N, M	Salciaiola	N, M
Tottavilla	N, M	Calandro	N, M	Cannareccione	N, M
Allodola	S, N, W, M	Pispola	W, M	Cannaiola verdognola	N, M
Codirosso	N, M	Spioncello	N, W, M	Forapaglie	N, M
Stiaccino	N, M	Prispolone	N, M	Cannaiola	N, M
Saltimpalo	S, N, W, M	Ballerina bianca	S, N, W, M	Canapino	N, M
Culbianco	N, M	Ballerina gialla	S, N, W, M	Capinera	S, N, W parz., M
Codirossone	N, M	Cutrettola	N, M	Beccafico	N, M
Lui bianco	N, M	Merlo acquaiole	S, N	Sterpazzolina	N, M
Lui piccolo	S, N, W, M	Scricciolo	S, N, W, M	Sterpazzola	N, M
Codirosso spazzacamino	S, N, W parz., M	Sordone	N, W, M	Bigia grossa	N, M
Merlo	S, N, W, M	Passera scopaiola	N, W, M	Bigia padovana	N, M
Tordo bottaccio	S, W, M, M	Petiroso	S, N, W, M	Verzellino	S, N, W, M
Rampichino	S, N	Usignolo	M, N	Fanello	S, N, W, M
Pendolino	S, N, W, M	Averla piccola	N, M	Cardellino	S, N, W, M
Lui verde	N, M	Rigogolo	N, M	Verdone	S, N, W, M
Fiorrancino	N, W, M	Basettino	S, N, W, M	Averla cenerina	N irr., M
Regolo	S, N, W, M	Codibugnolo	S, N, W, M	Averla capirossa	N, M
Pigliamosche	N, M	Cincia mora	S, N, W, M	Ghiandaia	S, N, W, M irr.
Cincialegra	S, N, W, M	Cinciarella	S, N, W, M	Gazza	S, N, W, M irr.
Cincia bigia	S, N, W, M	Cornacchia grigia	S, N, W, M	Lucherino	N, W, M
Picchio muratore	S, N, W	Taccola	S, N, W, M	Crociere	N, W, M
Picchio muraiolo	S, W	Storno	S, N, W, M	Ciuffolotto	S, N, W, M
Passera domestica	S, N	Frosone	S, M, N, W	Zigolo giallo	N, M
Passera mattugia	S, N, W, M	Zigolo muciatto	N, M	Ortolano	N, M
Fringuello	S, N, W, M	Zigolo nero	S, N, W parz.	Migliarino di palude	S, N, W, M
Strillozzo	S, N, W, M				

Figura 15 - Avifauna presente nel modenese (parte seconda) (Estratto da Carta delle vocazioni faunistiche). Le sigle indicano S=Stanziale, N=Nidificante, M=Migratrice e W=Svernante.

NOME	MODENA	NOME	MODENA
Riccio europeo occidentale	P	Topolino delle risaie	P
Toporagno comune	P	Ratto delle chiaviche	P
Toporagno nano	P	Ratto nero	P
Toporagno appenninico	P	Topolino delle case	P
Toporagno acquatico di Miller	P	Istrice	P
Toporagno d'acqua	P	Nutria	P
Mustiolo	P	Lupo	P
Crocidura ventre bianco	P	Volpe	P
Crocidura minore	P	Tasso	P
Talpa cieca	P	Donnola	P
Talpa europea	P	Puzzola	P
Rinolofo euriale	P	Faina	P
Rinolofo maggiore	P	Martora	P
Rinolofo minore	P	Cinghiale	P
Vespertilio di Monticelli	P	Cervo nobile	P
Vespertilio smarginato	P	Daino	P
Vespertilio maggiore	P	Capriolo	P
Pipistrello albolimbato	P	Muflone	P
Pipistrello nano	P	Arvicola rossastra	P
Pipistrello di Savi	P	Arvicola terrestre	P
Serotino comune	P	Arvicola campestre	P
Barbastello	P	Arvicola di Fatio	P
Orecchione	P	Arvicola di Savi	P
Miniottero	P	Arvicola delle nevi	P
Lepre	P	Topo selvatico collo giallo	P
Scoiattolo	P	Topo selvatico	P
Marmotta	P	Ghiro	P
Quercino	P	Moscardino	P

Figura 16 - Mammiferi presenti nel modenese (Estratto da Carta delle vocazioni faunistiche). La sigla P indica che la specie è presente sul territorio provinciale.

6. PAESAGGIO

Tutta la concessione mineraria n. 704 ricade nell'Unità di Paesaggio UP 24-*Paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana*", la cui descrizione è riportata, per estratto, come segue, nell'appendice 2 alla Relazione Generale del PTCP:

Il paesaggio è caratterizzato da una morfologia montuosa e dall'estensione delle aree boscate che divengono dominanti, con alternanza di prati e pascoli. I caratteri dell'agricoltura collinare tendono qui a rarefarsi e la struttura aziendale ad indebolirsi ulteriormente.

La morfologia è varia, con ambienti di fondovalle e cime rocciose tipiche delle zone di crinale con presenza di fenomeni erosivi e franosi localizzati.

L'area è caratterizzata da una notevole varietà ambientale, che comprende i boschi di castagno e latifoglie miste (acero montano e frassino) alle quote inferiori, mentre gli ambienti di forra e i boschi di faggio caratterizzano le quote superiori, unitamente alle praterie, ai boschi di conifere di origine artificiale, laghi di quota, torbiere, prati, pascoli e colture erbacee.

(...)

Il sistema insediativo principale è costituito dai centri urbani di (...) e da numerosi centri e nuclei storici quali: (...). La distribuzione degli insediamenti è particolarmente legata alle condizioni di acclività e di esposizione dei terreni, nonché allo sviluppo delle direttrici storiche di comunicazione. L'insediamento rurale sparso, in conseguenza del grande esodo degli scorsi decenni, è generalmente in stato di abbandono anche se spesso presenta elementi di particolare interesse sotto il profilo storico-architettonico e testimoniale.

(...)

La organizzazione produttiva dell'agricoltura è fortemente legata alla produzione del parmigiano reggiano. Nel versante Ovest permangono alcune realtà zootecniche significative sotto l'aspetto economico, che raggiungono una dimensione media che si aggira sui 40/50 ha. La maglia poderale è varia, vista la prevalenza di colture erbacee (prati) e pascoli.

Le strutture edilizie sono connesse alla produzione casearia, con una distribuzione insediativa rada e tendenza alla dismissione, in particolare a seguito della razionalizzazione della rete casearia. Le modalità con cui l'agricoltura influisce sul paesaggio sono quindi prevalentemente determinate dall'attività di allevamento bovino e pascolo. L'esiguità numerica delle realtà aziendali implica tuttavia un impatto molto contenuto dell'attività agricola sul paesaggio. La presenza di una funzione turistica di tipo bistagionale (ancorché non sufficientemente strutturata per la doppia stagionalità e l'offerta nei periodi intermedi dell'anno), appare determinante per fornire integrazione del reddito e opportunità occupazionale.

(...)

Le ubicazioni proposte per la perforazione dei tre nuovi pozzi esplorativi si pongono in corrispondenza di radure ad una certa distanza da insediamenti abitati e dalle principali infrastrutture viarie, in aree soggette ad un'agricoltura di tipo

marginale (prativo/incolto foraggero), con le quali il progetto non interferisce se non per l'intervento sul breve termine (perforazione e/o messa in posa di tubazioni) e su un'area comunque limitata, in quanto in fase di esercizio l'occupazione di terreno è limitata ad circa una decina di metri quadrati, per i pozzi, mentre per le tubazioni non c'è presenza in superficie, essendo itnerrate.

7. RUMORE E VIBRAZIONI

La classificazione acustica del territorio comunale (documento che fa parte del PSC di Lama Mocogno) attribuisce gli areali sui quali insisteranno le nuove perforazioni alla classe acustica III-Aree di tipo misto) (Figura 17).

Tab. 1 - Valori limite assoluti di immissione

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO		VALORI LIMITE DI IMMISSIONE (dBA)	
		Periodo diurno	Periodo notturno
Classe I	Aree particolarmente protette	50	40
Classe II	Aree prevalentemente residenziali	55	45
Classe III	Aree di tipo misto	60	50
Classe IV	Aree di intensa attività umana	65	55
Classe V	Aree prevalentemente industriali	70	60
Classe VI	Aree esclusivamente industriali	70	70

Tab. 2 - Valori limite assoluti di emissione

CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO		VALORI LIMITE DI IMMISSIONE (dBA)	
		Periodo diurno	Periodo notturno
Classe I	Aree particolarmente protette	45	35
Classe II	Aree prevalentemente residenziali	50	40
Classe III	Aree di tipo misto	55	45
Classe IV	Aree di intensa attività umana	60	50
Classe V	Aree prevalentemente industriali	65	55
Classe VI	Aree esclusivamente industriali	65	65

Figura 17 - Valori limite per le diverse classi di classificazione acustica (estratto da *Norme Tecniche di Attuazione-Classificazione acustica del territorio comunale* di Lama Mocogno).

L'attività di perforazione dei nuovi pozzi (o quella di messa in opera delle tubazioni di raccordo) va intesa come attività temporanea e pertanto occorre fare riferimento al *Regolamento comunale per la disciplina delle attività rumorose temporanee* (approvato nel settembre 2009) e più in particolare agli articoli relativi ai cantieri temporanei, che si riportano qui di seguito per estratto e ai quali saranno conformi le attività svolte nel cantiere di perforazione.

Art 3 – GENERALITÀ

All'interno dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, le macchine in uso dovranno operare in conformità direttive CE in materia di emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto, così come recepite dalla legislazione italiana.

All'interno dei cantieri dovranno comunque essere utilizzati tutti gli accorgimenti tecnici e gestionali al fine di minimizzare l'impatto acustico verso l'esterno.

In attesa delle norme specifiche di cui all'art. 3, comma 1, lett. g) della Legge 447/95, gli avvisatori acustici potranno essere utilizzati solo se non sostituibili con altri di tipo luminoso e nel rispetto delle vigenti disposizioni in materia di sicurezza e salute sul luogo di lavoro e non sostituibili con altri di tipo luminoso.

Art. 4 – ORARI E LIMITI MASSIMI

L'attività dei cantieri edili, stradali ed assimilabili, e' svolta di norma tutti i giorni feriali dalle ore 7 alle ore 20.

Non si applica il limite di immissione differenziale, né si applicano le penalizzazioni previste dalla normativa tecnica per le componenti impulsive, tonali e/o a bassa frequenza.

L'esecuzione di lavorazioni disturbanti (ad esempio escavazioni, demolizioni, ecc.) e l'impiego di macchinari rumorosi (ad esempio martelli demolitori, flessibili, betoniere, autobetoniere appartenenti a terzi, seghe circolari, gru, ecc.), sono svolti, di norma, secondo gli indirizzi di cui ai successivi capoversi, dalle ore 8:00 alle ore 12:30 e dalle ore 14:00 alle ore 19:00.

Durante gli orari in cui e' consentito l'utilizzo di macchinari rumorosi non dovrà mai essere superato il valore limite LAeq = 70 dB(A), con tempo di misura (TM) ≥ 10 minuti, rilevato in facciata ad edifici con ambienti abitativi.

Dalle ore 7:00 alle ore 8:00, dalle 12:30 alle 14:00 e dalle 19:00 alle 20:00, dovranno essere rispettati i valori limite assoluti di immissione individuati dalla classificazione acustica, mentre restano derogati i limiti di immissione differenziali e le penalizzazioni sopra citate.

Ai cantieri per opere di ristrutturazione o manutenzione straordinaria di fabbricati si applica il limite di LAeq 65 dB(A), con TM (tempo di misura) ≥ 10 minuti misurato nell'ambiente disturbato a finestre chiuse. Per contemperare le esigenze del cantiere con i quotidiani usi degli ambienti confinanti occorre che:

- il cantiere si doti di tutti gli accorgimenti utili al contenimento delle emissioni sonore sia con l'impiego delle più idonee attrezzature operanti in conformità alle direttive CE in materia di emissione acustica ambientale che tramite idonea organizzazione dell'attività;*
- in occasione dello svolgimento di attività o lavorazioni rumorose venga data preventiva informazione, alle persone potenzialmente disturbate, su tempi e modi di esecuzione delle stesse.*

Art. 5 – CASI PARTICOLARI

Ai cantieri edili o stradali per il ripristino urgente dell'erogazione dei servizi di pubblica utilità (linee telefoniche ed elettriche, condotte fognarie, acqua, gas ecc.) ovvero in situazione di pericolo per l'incolumità della popolazione, è concessa deroga agli orari ed agli adempimenti amministrativi previsti dal presente regolamento.

Art. 6 – PROCEDURE

Lo svolgimento nel territorio comunale delle attività di cantiere nel rispetto dei limiti di orario e di rumore sopra indicati è oggetto di preventiva comunicazione da presentarsi in tre copie allo sportello unico almeno 20 giorni prima dell'inizio dell'attività. La comunicazione si considera ritualmente presentata solo se corredata della documentazione di cui all'Allegato 1. In questo caso lo sportello unico provvede a trasmettere la comunicazione all'Ufficio Ambiente e al Distretto ARPA territorialmente competente senza ulteriori seguiti.

L'autorizzazione è tacitamente rilasciata se entro tale termine dalla presentazione non sono richieste integrazioni o non viene espresso motivato diniego.

Le attività di cantiere che, per motivi eccezionali, contingenti e documentabili, non siano in condizione di garantire il rispetto dei limiti ed orari individuati all'art. 4, possono richiedere specifica deroga. A tal fine va presentata domanda allo sportello unico, con le modalità previste nell'Allegato 2, corredata, quando la complessità e la rilevanza dell'opera lo renda necessario, della documentazione tecnica redatta da un tecnico competente in acustica ambientale. L'autorizzazione in deroga può essere rilasciata, dallo sportello unico, entro 30 giorni dalla richiesta, acquisito eventualmente il parere di ARPA.

Ai cantieri edili per i quali si può prevedere un impatto acustico particolarmente elevato o comunque di durata superiore a due anni il Comune può prescrivere la presentazione di una valutazione di impatto acustico redatta da un tecnico competente ovvero un piano di monitoraggio acustico dell'attività di cantiere.

Resta salvo il potere dell'Autorità Comunale di sospendere i lavori qualora vengano meno le condizioni di ammissibilità della comunicazione o dell'autorizzazione.

E' fatto divieto dare inizio alle attività di cantiere senza aver presentato la documentazione richiesta o ottenuto l'autorizzazione.

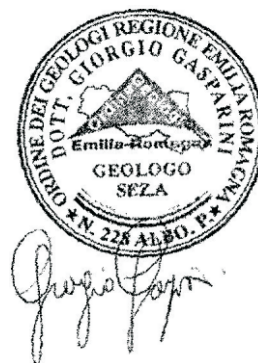
Per quanto attiene le valutazioni di rumorosità stimabili per i cantieri di perforazione e l'eventuale superamento dei limiti di rumorosità in relazione a specifici recettori presenti in area, si rimanda alla relazione specifica di stima dell'impatto acustico allegata al Quadro Progettuale (All. n. 6 al Quadro Progettuale).

8. CONCLUSIONI

La presente relazione di Quadro Ambientale descrive e analizza lo stato di fatto dal punto di vista ambientale delle aree sulle quali andranno ad insistere le scelte progettuali nell'ambito della Concessione Mineraria n. 704-Barigazzo e di un loro intorno significativo.

Bastiglia, 19-11-2012

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



**Interpretazione geologico
strutturale dell'area comprendente
la concessione mineraria 704 e zone
limitrofe - Località Barigazzo,
Comune di Lama Mocogno
(Provincia di Modena).**

**ALLEGATO
al
QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE**

COMMITTENTE:

SIAM S.r.l. - 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)



Novembre 2010

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE
ARKIGEO
di Gasparini Dott. Geol. Giorgio
 Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)
 Tel. /Fax : 059 – 815262
 e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»
 C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

INDICE

- RELAZIONE GEOLOGICA -

1. PREMESSA	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.1. <i>Generalità</i>	6
3.2. <i>Stratigrafia</i>	6
3.2.1. <i>Unità liguridi</i>	8
3.2.1.1. <i>Unità tettonica Monghidoro</i>	10
3.2.1.2. <i>Unità ofiolitica della Val Baganza</i>	11
3.2.2. <i>Unità Toscane</i>	13
3.2.2.1. <i>Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini) (AVP-AVC)</i>	13
3.2.2.1.1. <i>Argille di Fiumalbo (FIU)</i>	14
3.2.2.1.2. <i>Marne di Marmoreto (MMA)</i>	14
3.2.2.1.3. <i>Arenarie di Vallorasa (VLR)</i>	14
3.3. <i>Geomorfologia e coperture superficiali</i>	15
3.4. <i>Assetto strutturale regionale</i>	17
3.4.1. <i>Organizzazione dell'impilamento tettonico</i>	17
3.4.2. <i>Tettonica tardiva postimpilamento (Neotettonica)</i>	22
3.4.3. <i>Elementi strutturali trasversali</i>	24
3.4.4. <i>L'Area della Concessione Mineraria n. 704 nel quadro geologico regionale</i> ..	26
4. ANALISI DELL'ASSETTO STRUTTURALE LOCALE	33
4.1. <i>Introduzione</i>	33
4.2. <i>Analisi morfostrutturale</i>	33
4.3. <i>Interpretazione dell'assetto strutturale dell'area in esame</i>	39
5. CONCLUSIONI E IPOTESI DI LOCALIZZAZIONE DI NUOVE PERFORAZIONI	52
6. BIBLIOGRAFIA	55

STUDIO GEOLOGICO AMBIENTALE
ARKIGEO
di Gasparini Dott. Geol. Giorgio
Via S. Martino 4 - 41030 BASTIGLIA (MO)
Tel. /Fax : 059 – 815262
e-mail : «arkigeo@arkigeo.191.it»
C.F.: GSP GRG 54M14 A959S P. I.V.A.: 02350330367

**Interpretazione geologico strutturale dell'area
comprendente la Concessione Mineraria 704 e zone
limitrofe – Località Barigazzo, Comune di Lama
Mocogno (Provincia di Modena).**

- ALLEGATO AL QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE -

1. PREMESSA

Su incarico della Società Idroelettrica Alto Modenese (SIAM srl) si è provveduto alla redazione del presente studio, finalizzato all'interpretazione dell'assetto geologico strutturale dell'area posta in sinistra idrografica del Torrente Scoltenna nei pressi della località Barigazzo (Comune di Lama Mocogno, Provincia di Modena) e delle aree limitrofe (Figure 1 e 2).

Lo studio è stato basato principalmente sull'indagine bibliografica e di archivio, l'interpretazione morfostrutturale di fotografie aeree, satellitari e di modelli digitali del terreno, l'interpretazione dei dati reperibili sul sito cartografico dell'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, integrati con nuovi dati originali rilevati sul terreno, l'interpretazione critica delle informazioni disponibili relativamente alla stratigrafia dei pozzi per la ricerca di idrocarburi esistenti in zona (messi a disposizione dalla società committente (SIAM)), il rilevamento geologico di dettaglio, il rilevamento diretto di elementi strutturali alla scala mesoscopica su affioramenti selezionati, nonché successiva elaborazione dei dati. Si è poi tenuto conto anche dei contenuti e delle conclusioni presenti all'interno di un precedente studio, svolto sempre per conto di SIAM nell'attigua Val del Torrente Dragone, concernente la concessione mineraria n. 706 - VETTA.

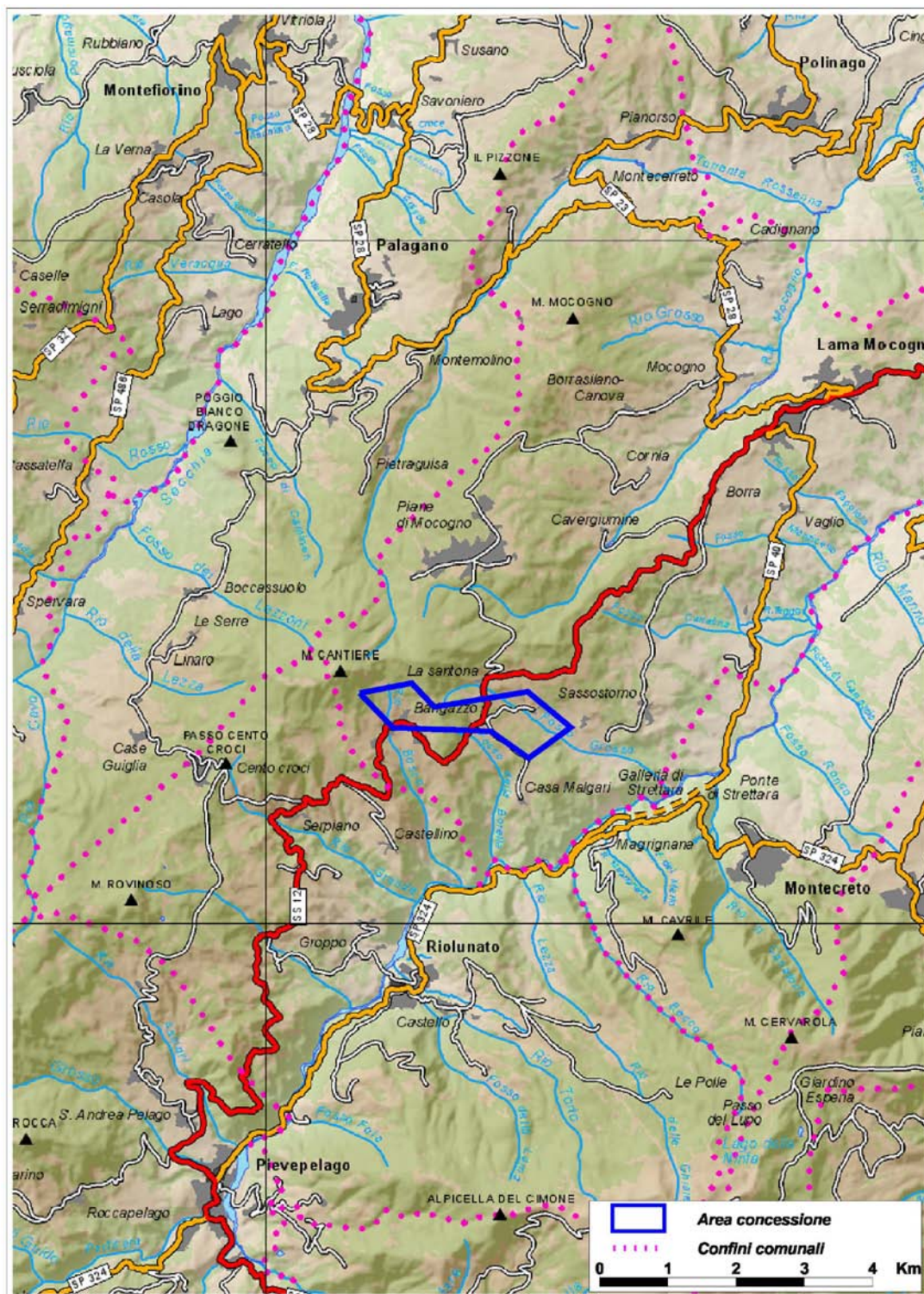


Figura 1 - Inquadramento geografico della concessione mineraria n. 704 (BARIGAZZO). (Base topografica: estratto da Carta Stradale delle Provincia di Modena, Amm. Prov. Modena). N. B. La carta originale, qui ripresa, riporta erroneamente la dicitura Fiume Secchia, in luogo di quella corretta di Torrente Dragone (in alto a sinistra).

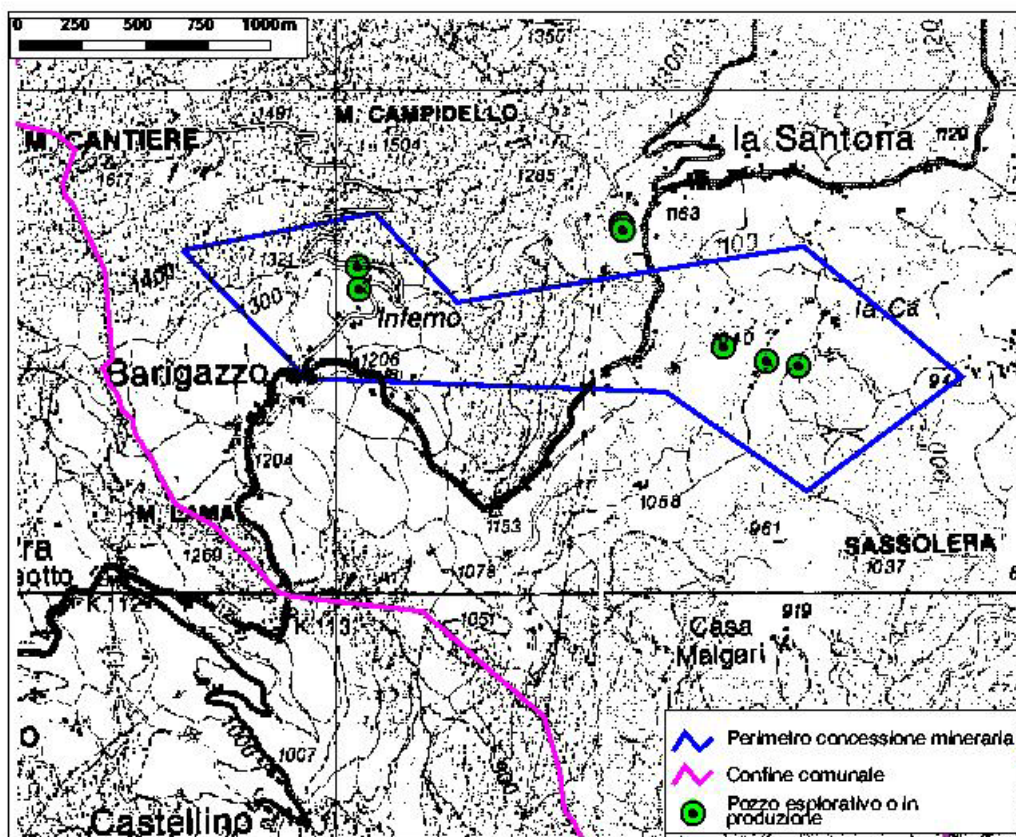


Figura 2 – Inquadramento territoriale dell'area compresa all'interno della concessione mineraria n. 704 (BARIGAZZO) con ubicazione dei pozzi per metano (Base topografica: Estratto da Carta Topografica Regionale alla scala 1:50.000, Fogli nn. 235 e 236, Regione Emilia-Romagna).

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La presenza di venute a giorno spontanee di idrocarburi nelle aree limitrofe al Monte Cantiere, è nota da diverso tempo, tanto che si è consolidata anche nella presenza di numerosi toponimi caratteristici quali: *Inferno* e *Rio dell'Inferno* (presso Barigazzo) *Il Fuoco* (lungo la SS 486 per il Passo delle Radici) e *Boccasuolo* (bocche nel suolo) (nel Comune di Palagano).

Le manifestazioni naturali (emanazioni di gas facili ad incendiarsi, fuochi fatui, salse o comunque pozze d'acqua con bolle di gas) di Barigazzo (località *Inferno* e *Rio dell'Inferno*)¹, nonché presso Serpiano) sono note da diversi secoli.

I fuochi di Barigazzo sono menzionati nei resoconti di viaggio da parte di molti studiosi a partire già dall'antichità. Plinio il Vecchio ne fa menzione nella sua *Historia Naturalis*, mentre Lazzaro Spallanzani vi dedica una grande parte del suo *Viaggio alle Due Sicilie e in alcune parti dell'Appennino*, riportando descrizioni dettagliate delle sue osservazioni e degli esperimenti condotti sul campo, nonché un compendio dei lavori scritti sull'argomento da parte numerosi altri studiosi a lui precedenti.

Da diversi decenni nell'area in questione la Società Idroelettrica Alto Modenese (SIAM) è impegnata nella ricerca e nello sfruttamento locale di tale risorsa energetica, 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.

Le manifestazioni metanifere di Barigazzo si collocano sul versante in sinistra idrografica (occidentale) della Valle del Torrente Scoltenna, ed interessano sostanzialmente tre ubicazioni principali:

- Barigazzo, località Inferno, ad una quota di circa 1250-1300 m s.l.m., lungo il versante sud del Monte Campidello;
- Barigazzo, lungo il Rio dell'Inferno, ad una quota compresa all'incirca tra i 1000 e i 1100 m s.l.m., lungo il versante est del Monte Roncovecchio;
- Serpiano, lungo un fosso minore tributario del Rio Monia ad una quota compresa all'incirca tra i 1075 e i 1100 m s.l.m.

¹ Dalle indicazioni riportate nell'opera di Lazzaro Spallanzani si deduce che il toponimo originale era probabilmente "Orto del Diavolo".

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

L'area oggetto di studio (Concessione mineraria n. 704-Barigazzo) dal punto di vista amministrativo è compresa interamente all'interno del territorio comunale di Lama Mocogno ed è compresa grossomodo all'interno del quadrilatero formato dalle vette dei Monti Cantiere, Campidello, Sassolera e Lama, nel territorio comunale di Lama Mocogno (Figure 1 e 2).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. Generalità

Dal punto di vista geologico l'area in esame fa parte dell'Alto Appennino Modenese. Tra i lavori più recenti che ne descrivono le caratteristiche vanno annoverati, tra gli altri, *le Note Illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000* relative ai fogli n. 235-Pievepelago (Plesi, 2002) e 236-Pavullo nel Frignano (Bettelli, 2002), alle quali si rimanda per una disamina più approfondita della numerosa bibliografia disponibile³.

3.2. Stratigrafia

L'alto Appennino modenese è caratterizzato (Figura 3) da un substrato roccioso composito, formato in prevalenza da rocce sedimentarie⁴ appartenenti a successioni stratigrafiche e unità tettoniche ascrivibili a tre distinti domini paleogeografici (Plesi, 2002; Bettelli, 2002):

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

Localmente sono presenti (ad esempio in Val Dolo presso la località Gova, Arenarie di Gova, o presso Barigazzo, Calcari a Lucine) affioramenti di rocce di incerta collocazione paleogeografica, nonché stratigrafico-strutturale. Alcuni di questi, Arenarie di Gova, che a parere di alcuni studiosi evidenziano caratteristiche affini con unità riferibili al dominio Umbro-Marchigiano-Romagnolo (Plesi, 2002) affiorano in finestra tettonica nella Val Dolo; altri, Calcari a Lucine, pur trovandosi al di sopra delle Arenarie del Monte Cervarola sono con queste in rapporti non chiaramente definibili (stratigrafici-tettonici) (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 (Concessione Mineraria n. 704) e che

³ Nel capitolo relativo alla Bibliografia, posto in coda alla presente nota, viene richiamata solo una parte dei lavori pubblicati che più direttamente trattano degli aspetti geologici dell'area esaminata e che sono stati consultati per la redazione del presente studio.

⁴ Le uniche rocce di origine magmatica sono ascrivibili ad associazioni ofiolitiche (Ofioliti nella Figura 3) che localmente costituiscono affioramenti anche di grandi dimensioni e che spesso formano rupi caratteristiche che si distinguono sia per il colore sia per l'evidenza morfologica dal paesaggio circostante.

appartengono principalmente a unità tettoniche di pertinenza del Dominio ligure e del Dominio Toscano (Figure 3 e 4).

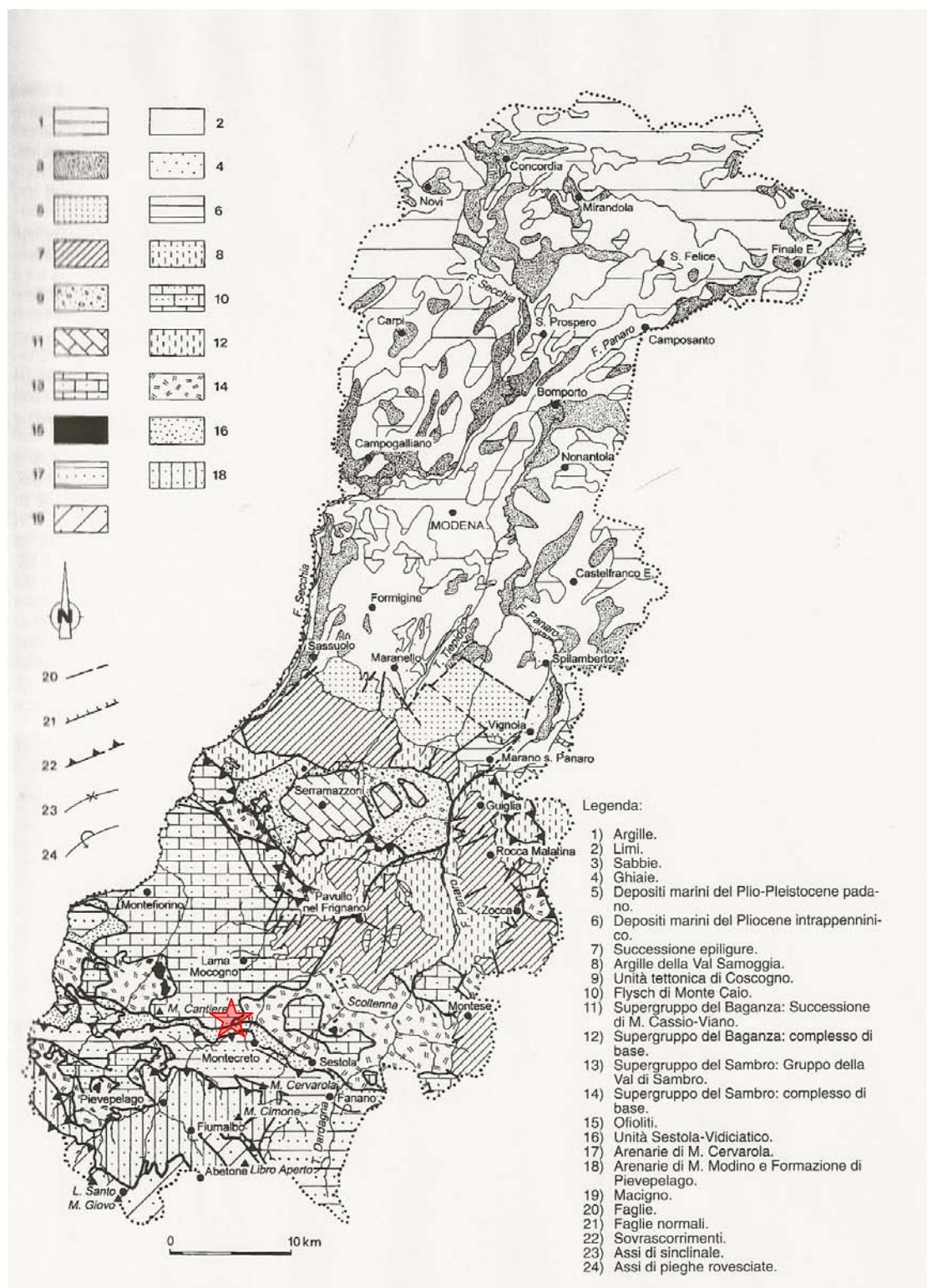


Figura 3 – Carta geologica della Provincia di Modena (estratto da Capitani & Bertacchini, 1997). La stella individua l'area oggetto del presente studio.

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). Le conoscenze stratigrafiche e la nomenclatura utilizzata per identificare le diverse unità sono andate soggette ad un'evoluzione piuttosto marcata con la realizzazione del progetto di cartografia geologica attuato dalla Regione Emilia-Romagna. Di conseguenza ad alcune formazioni è stata cambiata la denominazione, ad altre unità è stato cambiato il rango (da formazione a gruppo, da membro a formazione, ecc.), mentre sono state meglio definite le originarie successioni e di conseguenza l'appartenenza a domini e sotto-domini paleogeografici.

3.2.1. Unità liguridi⁵

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 Settentrionale, al confine tra le Province di Modena e Reggio Emilia, le unità tettoniche Liguri Esterne sono dagli autori citati identificate come segue, in ordine dall'alto verso il basso:

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

Nell'area qui esaminata (Figura 4) affiorano solamente rocce riferibili alle Unità Monghidoro e della Val Baganza.

⁵ Le informazioni riportate nel presente capitolo sono riprese principalmente da Plesi 2002.

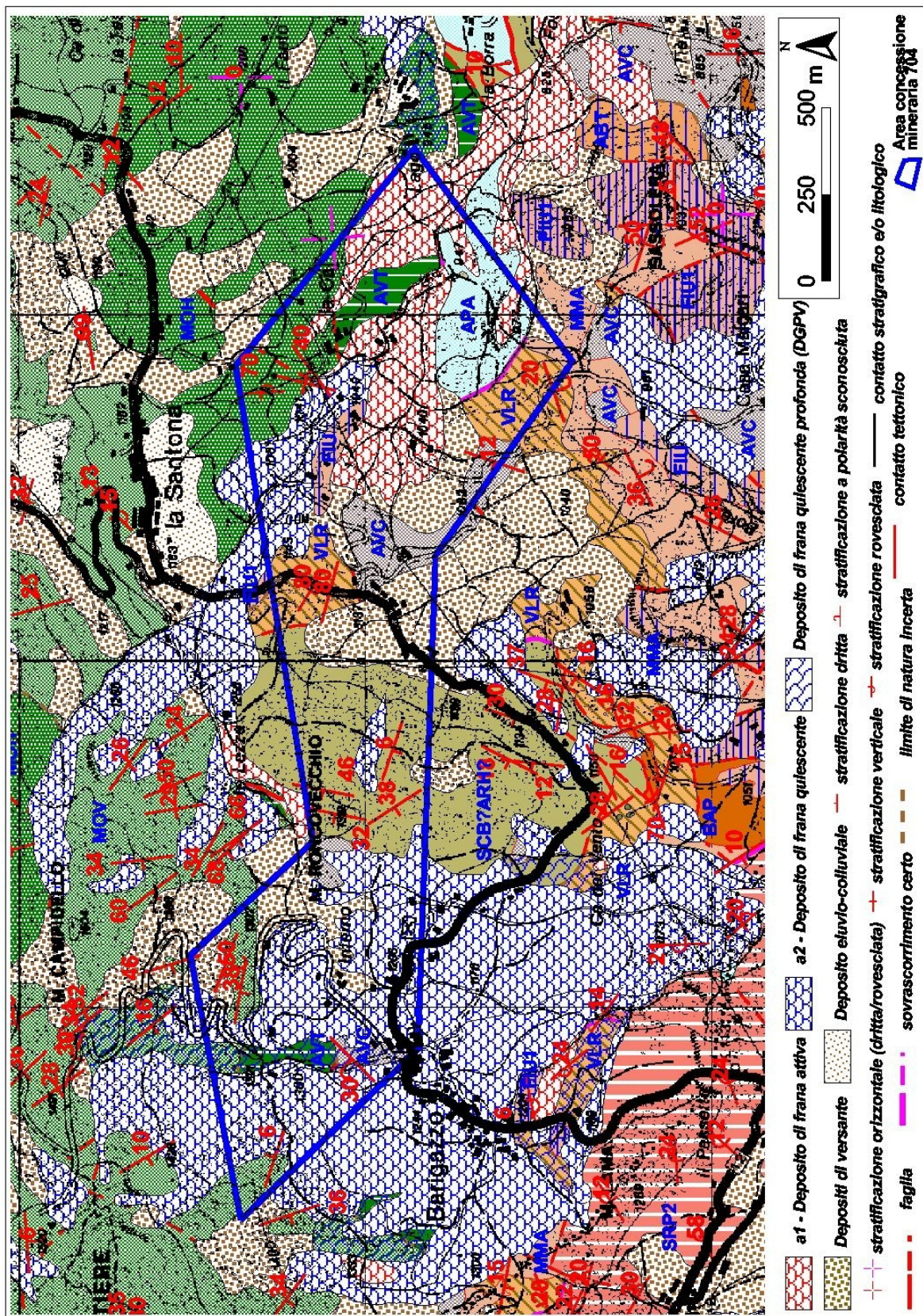


Figura 4 – Concessione mineraria n. 704 – Carta Geologica (elaborato sulla base dei dati contenuti nel sito web del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. Si rimanda al testo per il significato delle sigle formazionali.

3.2.1.1. *Unità tettonica Monghidoro*

L'Unità Monghidoro, nell'area in esame, affiora principalmente con le unità torbiditiche denominate rispettivamente Formazione di Monte Venere e Formazione di Monghidoro; sono inoltre presenti le Arenarie di Monte Roncovecchio affioramenti della formazione a dominante argillitica delle Argille Variegate di Grizzana Morandi. Da sottolineare che gli affioramenti che nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Foglio n. 235) sono attribuiti alla formazione di Monte Roncovecchio, nella carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (consultabile anche sul sito web cartografico dell'Ufficio Geologico, vengono invece riferiti alla formazione delle Arenarie di Scabiazza. Nella Carta di cui alla figura 4, per chiarezza, sono state pertanto riportate entrambe le sigle formazionali (seguite da un punto interrogativo), qui tuttavia si seguirà l'interpretazione della Carta Geologica d'Italia considerando le Arenarie di Monte Roncovecchio come formazione a sé stante facente parte dell'Unità Monghidoro. Da sottolineare come gli stessi estensori delle Note Illustrative del foglio 235 (Plesi, 2002) esprimano incertezza nell'ascrivere sia le Argille variegate di Grizzana Morandi che le Arenarie di Monte Roncovecchio alla successione dell'Unità Monghidoro.

La formazione di Monte Venere (**MOV** nella Figura 4) (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 (**MOH** nella Figura 4) (Maastrichtiano sup. - Paleocene sup.) è formata principalmente da torbiditi arenaceo-pelitiche in strati spessi, con generale prevalenza dei termini arenacei. Intercalati alle torbiditi possono esserci degli orizzonti formati da strati da sottili a medi di torbiditi pelitico arenacee nelle quali la componente più fine è prevalente. 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.

Le Argille variegate di Grizzana Morandi (**AVT** nella Figura 4) sono date principalmente da argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio

azzurrognole. Subordinatamente sono presenti siltiti grigio-scure o nere manganeseifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. L'unità non presenta quasi mai ordine stratigrafico preservato a causa dell'intensa deformazione.

Le Arenarie di Monte Roncovecchio (**ARH** nella Figura 4) (affiorano esclusivamente nei pressi dell'omonima località alla base dell'Unità Monghidoro. Sono date da arenarie torbiditiche, di colore grigio o grigio-verdastro in strati di decimetrico, intercalate a peliti verdastre. Il rapporto arenaria/pelite è poco superiore a 1).

Nell'area del Monte Cantiere principalmente la Formazione di Monte Venere e la Formazione di Monghidoro che formano la parte più alta dei versanti del gruppo Monte Cantiere-Monte Campidello a partire all'incirca dalla quota di 1200-1300 m s.l.m. Come già accennato le Arenarie di Monte Roncovecchio affiorano presso l'omonima località, mentre le Argille variegata di Grizzana Morandi affiorano secondo due fasce longitudinali al versante, la prima poco a monte di Barigazzo (quote comprese all'incirca tra 1250 e 1300 m s.l.m.), la seconda poco a valle delle località *La Ca' e Lago* (quote tra 900 e 1000 m s.l.m.).

3.2.1.2. Unità ofiolitica della Val Baganza

Seguendo lo schema strutturale proposto da Plesi (2002) vengono qui attribuiti dubitativamente a tale unità le Argille a palombini (APA) che affiorano nella parte orientale della carta di cui alla Figura 4, presso le località *Lago* e *La Borra*; a tal riguardo è opportuno ricordare come in Bettelli (2002) si ipotizzi che durante il Cretaceo inf.-Cenomaniano p.p. si siano avute condizioni di *deposizione in tutto il dominio* [ligure] *di torbiditi distali carbonatiche e subordinatamente arenacee (Argille a Palombini: APA) in un ambiente di piana sottomarina*. Le Argille a palombini costituirebbero quindi la "formazione basale" di tutte le unità tettoniche liguri formate da unità ascrivibili ai così detti Complessi di base (Auctt.) o formazioni pre-flysch (Bettelli, 2002) tra le quali appunto *l'Unità ofiolitica della Val Baganza*.

Le Argille a Palombini 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 deformazioni 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; Bettelli, 2002). Oltre ai menzionati

due affioramenti presso le località *Lago* e *La Borra*, terreni riferibili a unità dei complessi di base liguri (Argille a palombini, ma anche argille variegata e brecce argillitico-calcaree) sono comprese anche all'interno della così detta Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (Plesi, 2002), che costituirebbe la parte inferiore del così detto *Mélange delle Tagliole* (cfr più oltre), identificata con la sigla AVC nella figura 4 (AVP nella carta geologica regionale alla scala 1:10.000). Si tratterebbe di lembi di formazioni liguri (scaglie tettoniche) che separati dalle loro originarie collocazioni sarebbero stati inclusi nel *mélange* tettonico che formerebbe la parte inferiore della così detta Unità Modino (riferibile al dominio toscano). Al di là delle diverse interpretazioni e attribuzioni stratigrafiche, è interessante notare come, nell'area in esame, gli affioramenti attribuiti all'unità AVC si collocano in una posizione analoga a quella degli affioramenti attribuiti alle Argille a Palombini s.s. (APA) (Figura 4). L'area in studio si colloca di fatto in corrispondenza dei limiti tra due fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (fogli 235 e 236) la cui redazione è stata curata da gruppi di studio diversi (Plesi, 2002; Bettelli, 2002). Le due formazioni in esame (AVC e APA) sono di fatto formate da materiali analoghi (come di è detto, scaglie di Argille a Palombini sono presenti anche in AVC) sia dal punto di vista litologico (formazioni a dominante argillosa fortemente tettonizzate) e paleogeografici (complessi di base liguri). Ne consegue che in talune situazioni di "confine"⁶ possano emergere difficoltà interpretative nell'attribuire affioramenti di unità del tipo "complessi di base" a unità tettoniche liguri piuttosto che al *Mélange* tettonico che forma la parte inferiore dell'Unità Modino (*Mélange delle Tagliole*).

Per tornare al caso in esame, non si può escludere che gli affioramenti attribuiti nelle carte geologiche (scala 1:10.000 e 1:50.000) contenute nel foglio 235 all'unità AVC (o AVP sul foglio al 50.000) presenti poco a monte di Barigazzo (ad es. presso *Ca' Cervetti*) siano da attribuire all'Unità Ofiolitica della Val Baganza. Tali terreni (ad affinità ligure) si collocano strutturalmente nella medesima maniera degli affioramenti di argille a Palombini di *Lago* e *La Borra* e cioè tra l'unità Monghidoro e L'unità Modino.

⁶ Fasce di giustapposizione tettonica tra unità liguridi e unità toscane, soprattutto laddove non sia presente un'interposizione di unità sub-liguri.

3.2.2. Unità Toscane

Si tralascia qui la descrizione delle unità che costituiscono la Successione Cervarola e che affiorano nella parte bassa della valle dello Scoltenna, al di fuori della Concessione Mineraria n. 704. Vengono qui descritte alcune delle formazioni che costituiscono la così detta Unità Modino e più in particolare la sotto-unità Ventasso (Plesi, 2002). Quest'ultima rappresenterebbe quella porzione della Successione Modino che avrebbe sovrascorso l'unità Cervarola; essa pertanto coincide con l'unità Sestola-Vidiciatico *Auctt.*

La Successione Modino secondo Plesi (2002) è formata dalle seguenti unità (in ordine dall'alto verso il basso):

- Marne di Civago (CIV);
- Arenarie di Vallorsara (VLR);
- Breccie di Tia (BRT);
- Marne di Marmoreto (MMA);
- Argille di Fiumalbo (FIU);
- Flysch di Sorba (SRB);
- Flysch dell'Abetina reale (ABT);
- Formazione del Fosso della Ca';
- Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini) (AVP-AVC).

Nell'elenco precedente in blu sono indicate le unità che costituiscono la parte inferiore della Successione di Monte Modino (Mélange delle Tagliole), in rosso quelle della parte intermedia e in viola quelle della parte alta come indicato in Plesi (2002). I **termini sottolineati e in grassetto** identificano quelle unità che affiorano all'interno della concessione mineraria n. 704 e che verranno descritte più in dettaglio, sebbene a livello di interpretazione strutturale si farà riferimento all'unità tettoniche nel loro complesso.

3.2.2.1. Successione argilloso-calcareo pre-campaniana (argille variegata, breccie argillitico-calcaree, Argille a Palombini) (AVP-AVC)

Come già accennato è formata da lembi e scaglie tettoniche di unità di pertinenza ligure quali argille a palombini, argille variegata e breccie argillitico-calcaree. Dal punto di vista litologico si tratta quindi di terreni a dominante argillitica con inclusi arenacei e/o calcarei in frammenti e lembi di strato di dimensioni variabili da centimetri che a decametrici. L'ordine stratigrafico non è mai conservato se non per

limitate porzioni di affioramento laddove la componente lapidea era superiore a quella pelitica. Sui dubbi relativi all'attribuzione degli affioramenti di BArigazzo all'Unità Modino piuttosto che all'Unità Ofiolitica della Val Baganza si è già accennato in precedenza. La posizione degli affioramenti è infatti simile a quella degli affioramenti attribuiti alle Argille a Palombini posti poco più ad est presso le località *Lago* e *La Borra*. Le unità in parola, se ascrivibili all'Unità Modino, costituiscono la parte inferiore del così detto Mélange delle Tagliole. Nelle vicinanze dell'area in esame, ma al di fuori della concessione mineraria n. 704, sono presenti altri affioramenti attribuibili a tale unità o ad altre unità facenti sempre parte del Mélange delle Tagliole ad esempio al Flysch dell'Abetina Reale (presso *Casa Malgari*).

3.2.2.1.1. Argille di Fiumalbo (FIU)

Si tratta di una formazione a composizione complessa costituita da membri diversi la cui estensione cambia da zona a zona (Plesi, 2002).

La parte bassa della formazione è principalmente data da argille varicolori marnose, rosse o verdastre, con intercalazioni di straterelli calcarenitico-marnosi. Nella parte alta sono presenti principalmente argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili.

Mochi et al. (1996) hanno documentato un passaggio per discordanza stratigrafica tra le Argille di Fiumalbo e le sottostanti torbiditi del Flysch dell'Abetina Reale in un affioramento in Val Dragone. All'interno della formazione si riconosce anche la presenza di corpi di arenarie risedimentate. Ad esempio, sempre a sud de *La Santona* sono stati cartografati affioramenti di arenarie grossolane in strati spessi e molto spessi (membro delle Arenarie di Monte Sassolera) (FIU1 nella Figura 4).

3.2.2.1.2. Marne di Marmoreto (MMA)

Affiorano nella parte sud orientale dell'area della concessione mineraria n. 704 o poco più a sud della medesima (Figura 4). Si tratta in prevalenza di marne siltose grigio chiare a frattura prevalentemente scheggiata. Localmente sono presenti straterelli arenacei e/o brecce argillos-calcaree.

3.2.2.1.3. Arenarie di Vallorasara (VLR)

Si tratta di arenarie silicoclastiche grigie, a grana fine o molto fine, in strati da sottili a medi intercalati a interstrati spessi di natura pelitico-marnosa; localmente sono presenti depositi da slumping. L'unità affiora, quasi sempre in associazione con le Marne di Marmoreto, tra *La Santona* e *Monte Roncovecchio* e, poco al di fuori

dell'area di concessione, secondo una fascia discontinua che da sud di *Barigazzo* passa a sud di *Ca' del Vento* fino a giungere presso il *Rio dell'Inferno*.

3.3. Geomorfologia e coperture superficiali

Il settore del versante sinistro della Valle del Torrente Scoltenna, sul quale s'inserisce la concessione mineraria n. 704, è caratterizzato dalla presenza di estese coperture detritiche superficiali molte delle quali sono di origine gravitativa e sono ascrivibili a forme franose classificate attive e/o quiescenti. Si tratta di sistemi franosi, in alcuni casi anche molto estesi (Figure 4 e 5), che interessano soprattutto la parte medio-bassa del versante (sostanzialmente al di sotto della quota oltre la quale affiorano principalmente rocce ascrivibili all'Unità Monghidoro e che pertanto insistono anche sull'areale della concessione mineraria n. 704.

Il sistema franoso principale che interessa l'area di Barigazzo (individuato con la lettera in Figura 5) è costituito da grandi corpi di frana partono da quote comprese all'incirca tra i 1250 e i 1400 m s.l.m. e scendono all'incirca fino a quote di 1000-1100 m, conflueno nell'impluvio del Fosso del Bosco. Altre importanti forme franose (individuate con la lettera B nella Figura 5) che interessano anche l'areale della concessione mineraria n. 704 sono quelle che si delineano sul versante est dell'allineamento Monte Roncadello, Monte Roncovecchio Monte Sassolera e che confluiscono nell'impluvio del Fosso Grosso

L'attività di alcuni di questi sistemi franosi è descritta anche in documenti storici antichi (Brunamonte, 2003; Mordini, 2003; sito web Progetto IFFI, Sito web Servizio Geologico Regionale⁷) secondo i quali i movimenti franosi⁸ dell'area tra il Monte Sassostorno e il Monte Sassolera avrebbero causato la distruzione, in epoca storica, di almeno due abitati Casteltagliate e Gradiana (Brunamonte, 2003; Mordini, 2003).

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

- a) stabilità, sebbene le rimobilizzazioni più recenti sono più legate a situazioni localizzate che alla mobilitazione di parti significative dei sistemi franosi;
- b) spessori dei materiali accumulati che, in un'ottica di realizzazione di una perforazione, devono comunque essere attraversati.

⁷ Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi ricadenti nelle province di Modena e Reggio Emilia.

⁸ Lezza di Sassostorno.

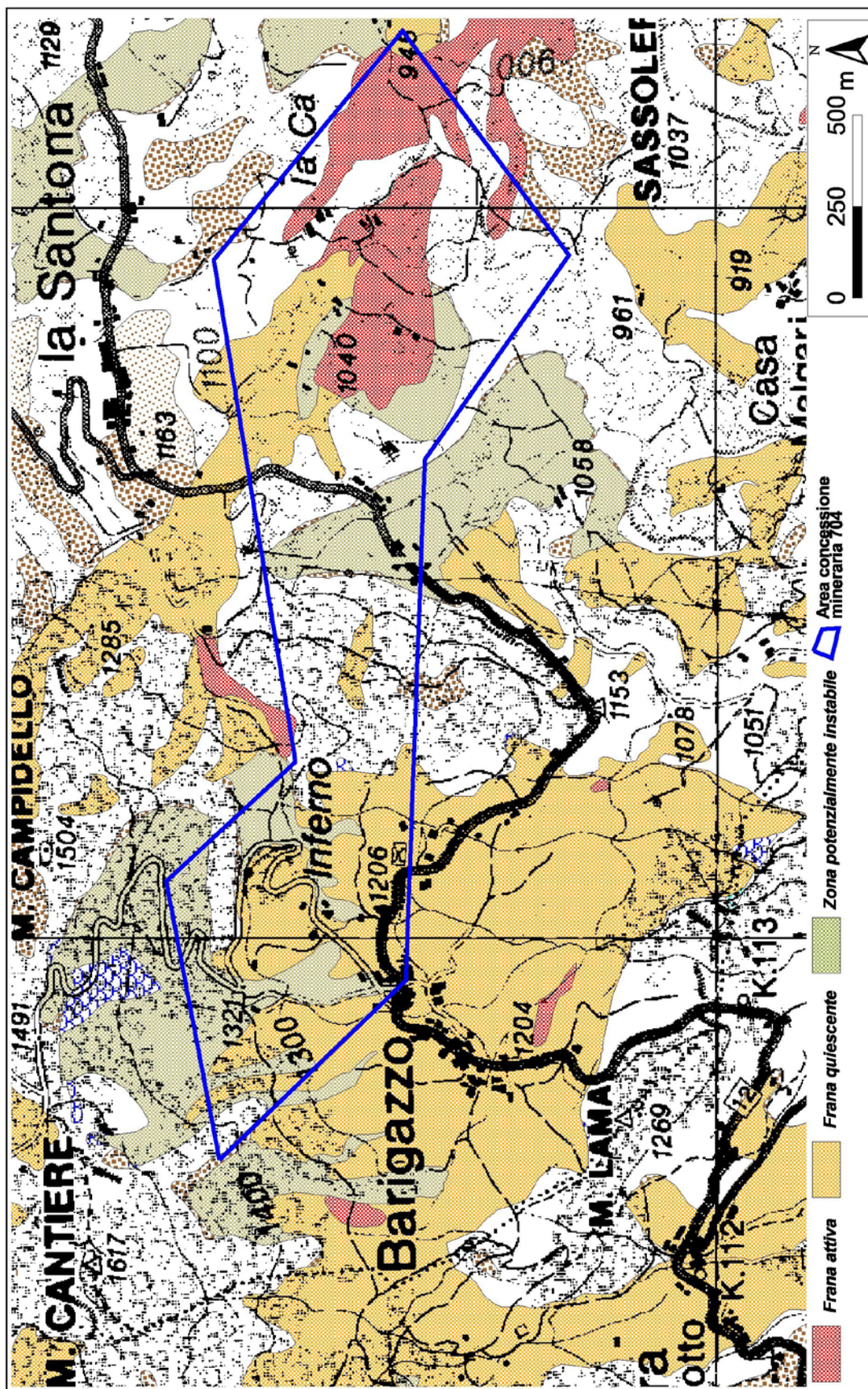


Figura 5 – Carta del dissesto (elaborata su dati da PTCP della Provincia di Modena, Tavola 2.1).

3.4. Assetto strutturale regionale

3.4.1. Organizzazione dell'impilamento tettonico

Già da diversi anni la struttura 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. Ogni grande falda tettonica sarebbe riconducibile a un diverso settore paleogeografico in cui era suddiviso l'originario bacino marino denominato Tetide dalla quale avrebbe avuto origine la catena appenninica (Treves, 1984) (Figura 6).

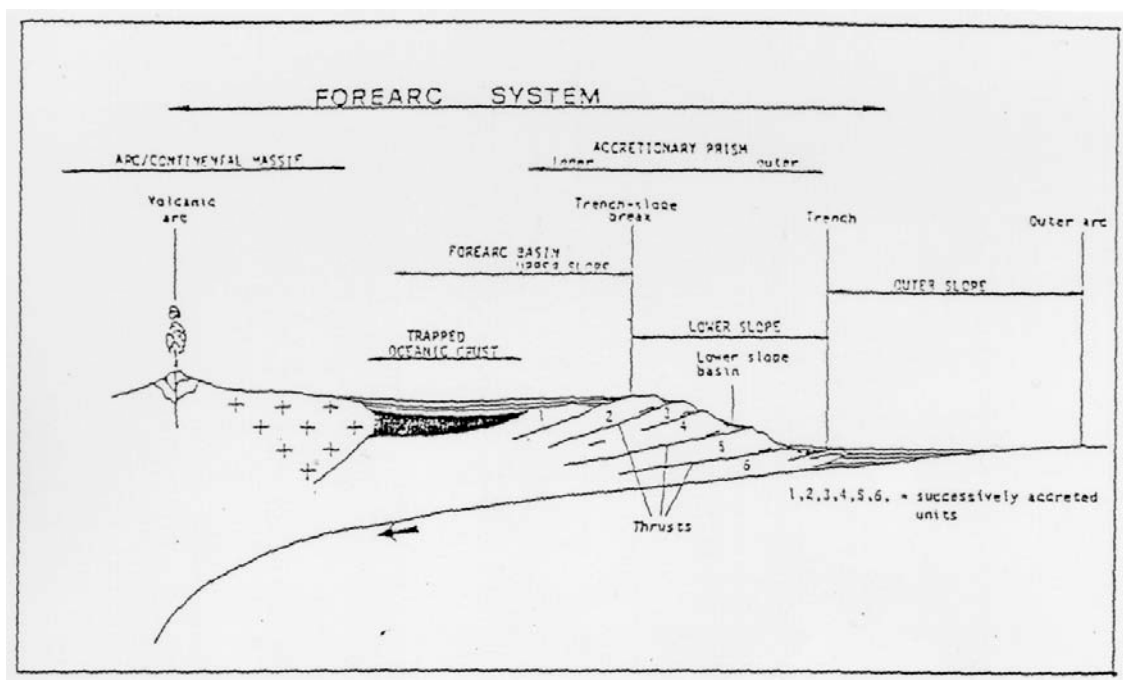


Figura 6 – L'Appennino Settentrionale è una catena a "pieghe e a faglie inverse" inquadrabile nel modello di prisma d'accrezione (da Treves, 1984).

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 7). 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 Ligure⁹ (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 7).

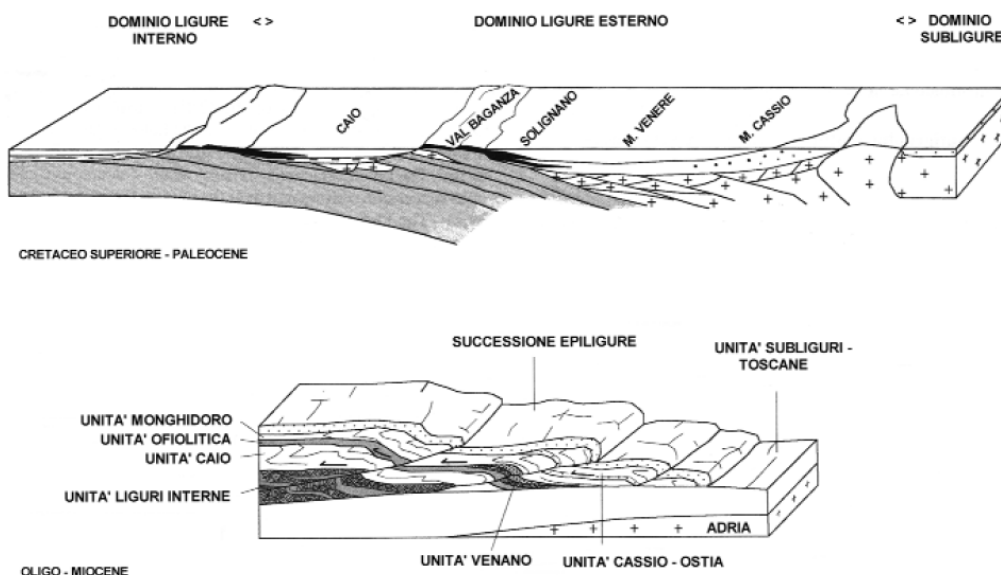


Figura 7 - Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle Liguridi Esterne attraverso l'Appennino modenese secondo Daniele & Plesi (2000).

Come evidenziato nella Figura 7, 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; Bettelli, 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.

A loro volta la pila delle Liguridi presenta una strutturazione interna, caratterizzata anch'essa dalla sovrapposizione di unità distinte che avrebbero ciascuna un proprio significato paleogeografico (Figura 7).

⁹ Suddiviso in una porzione interna ed una esterna, rispetto l'attuale struttura della catena (Figura 4).

Le Liguridi, nel settore di Appennino Modenese compreso tra l'alta Val Dragone e la Val Scoltenna (comprendente anche l'area qui presa in esame), sono così distinguibili, sempre in base all'ordine geometrico di sovrapposizione dall'alto verso il basso¹⁰ (Figura 7) (Plesi, 2002):

- Unità Monghidoro (Liguridi esterne);
- Unità Venano (Liguridi esterne) (non affiorante in Val Scoltenna e più a est);
- Unità ofiolitica della Val Baganza;
- Unità Caio (Liguridi interne).

L'Unità Ofiolitica per posizione strutturale e per composizione litologica parrebbe coincidere con l'Unità Leo definita sostanzialmente a est dello Scoltenna (Bettelli, 2002). Nel presente lavoro pertanto, per non creare confusione si utilizzerà solo la prima denominazione.

Più a nord, rispetto l'area qui esaminata, compaiono altre unità tettoniche¹¹ ascrivibili alle Liguridi esterne, tra le quali si ricorda ad esempio l'Unità Cassio (Figura 7) tipica delle aree di Serramazzoni (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 e le unità toscane (Successione del Cervarola e unità Modino), sono gli elementi strutturali principali che a scala regionale caratterizzano l'architettura geologica del settore qui esaminato (Figure 1, 2, 5, 6, 8 e 9).

Come già descritto a proposito della stratigrafia, in quest'area affiorano rocce riferibili alle Unità tettoniche liguri Monghidoro e della Val Baganza, nonché l'unità Modino e Cervarola ascrivibili al Dominio Toscano.

¹⁰ 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).

¹¹ 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 crosta oceanica, che durante la fase tettonica eo-alpina sono state sovrapposte le une sulle altre a formare il prisma d'accreszione ligure. Le liguridi, nelle 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.

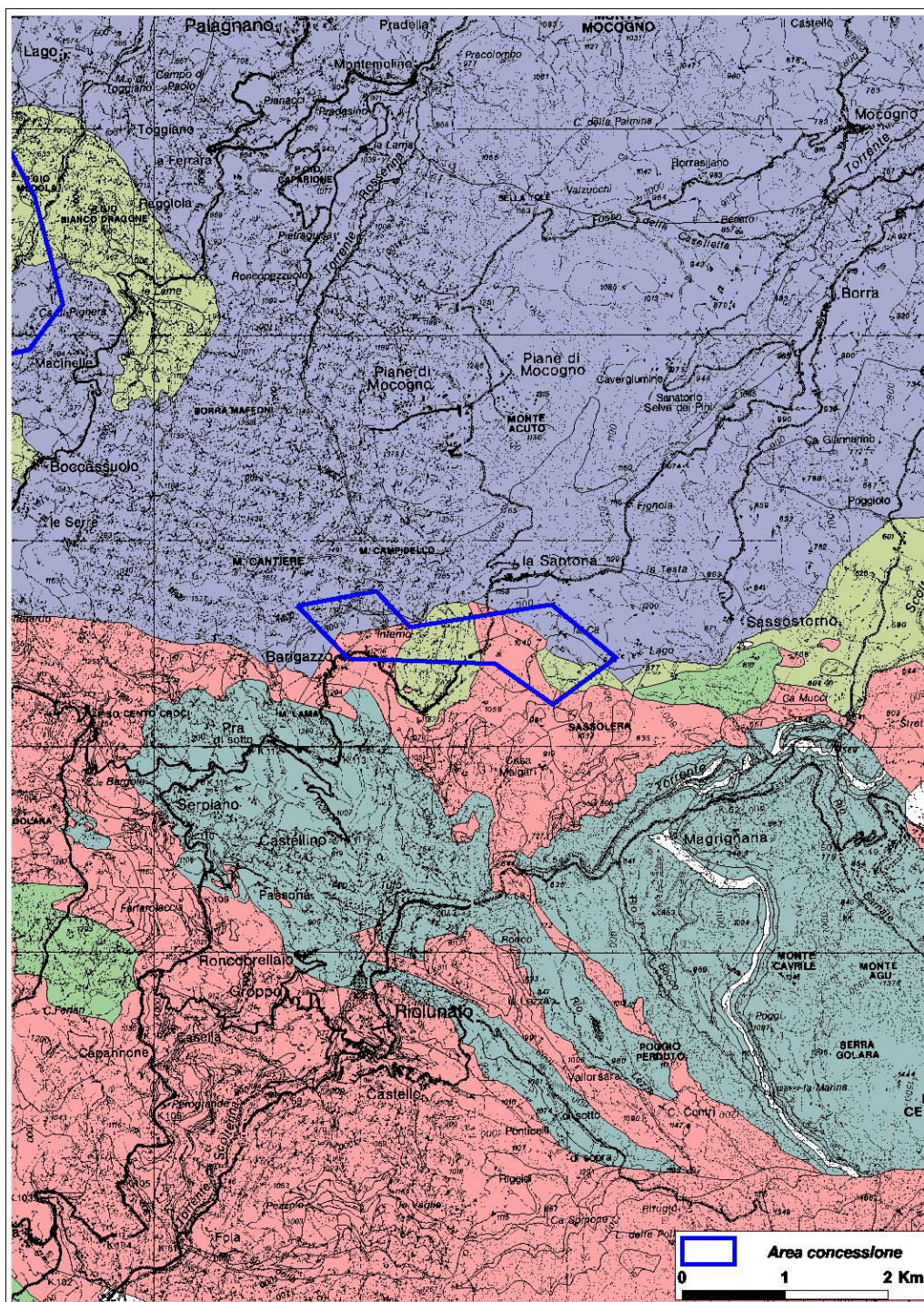


Figura 8 – Carta delle Unità tettoniche (compilata sulla base dei dati reperiti, e reinterpretati, sul sito web cartografico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale; Base topografica: Estratto da Carta Topografica Regionale alla scala 1:50.000, Fogli nn. 235 e 236). Per la legenda cfr. la figura seguente.

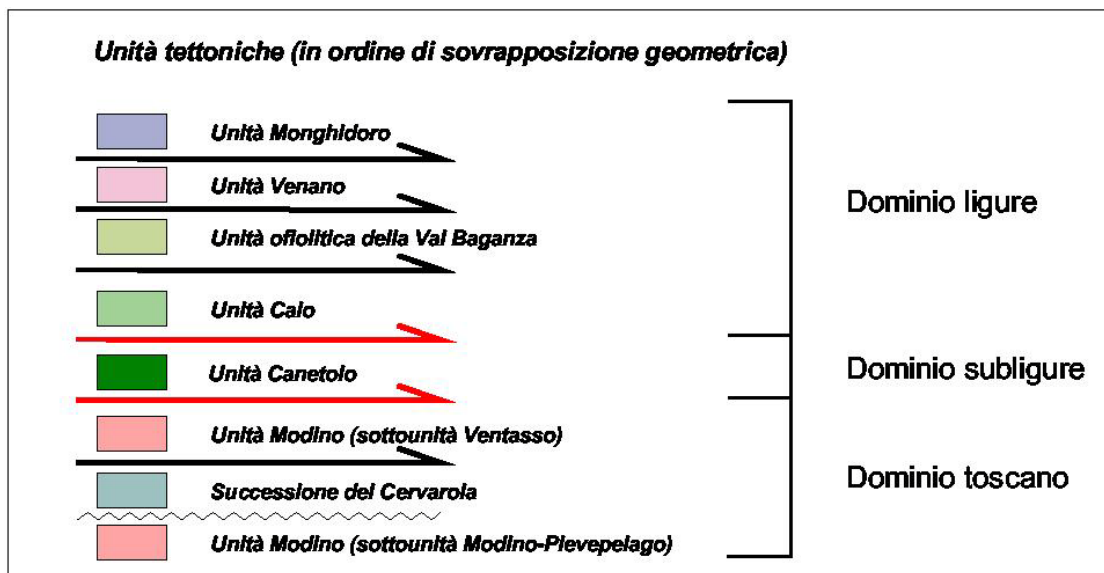


Figura 9 – Schema dell'assetto strutturale del settore di Appennino Modenese compreso tra l'alta Val Dragone e la Val Scoltenna (Basato su Plesi, 2002). L'ordine di sovrapposizione geometrica è ricostruibile attraverso l'integrazione dei dati stratigrafico-strutturali a scala regionale, ma è spesso obliterato 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).

Come evidente anche dalla carta di cui alla figura 8, le unità toscane sono giustapposte a quelle liguri lungo un lineamento ad andamento grossomodo da ovest verso est che collega sostanzialmente Barigazzo con Sassostorno (passando poco a sud de *La Santona*).

L'area della concessione mineraria n. 704 si colloca proprio a cavallo di tale lineamento che riveste una certa importanza nel quadro strutturale generale; esso può essere tracciato e seguito lateralmente (verso est e verso ovest) per alcune decine di chilometri (sia come espressione morfostrutturale da immagini da satellite e/o modelli digitali del terreno) sia come evidenza geologica in quanto giustappone le unità toscane, a sud, alle unità liguri¹², a nord.

Nell'area in esame il lineamento in parola è stato denominato Linea della Santona (Bettelli & Panini, 1992) e coincide con il *Lineamento interno* dello schema strutturale contenuto nelle note illustrative del Foglio 236 della Carta Geologica d'Italia (Bettelli, 2002).

Esso si configura come fascio di faglie ad alto angolo inclinate verso nord attraverso le quali si realizzerebbe il ribassamento dei settori settentrionali rispetto quelli meridionali per il quale le unità liguri (che si trovano alla sommità dell'edificio

¹² Unità Monghidoro, Unità ofiolitica della Val Baganza (o suo equivalente orientale)

appenninico) verrebbero ribassate e quindi giustapposte ad unità “più basse”, ad affinità toscana¹³.

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; le unità subliguri, ad esempio, non affiorano in maniera continua, ma alquanto frammentata.

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 non spiegabili attraverso il modello medesimo. 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 coinvolti. Il modello quindi ha una sua validità generale, ma può presentare lacune a livello particolare.

Ad una analisi di dettaglio, 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 non è così evidente; nello Scoltenna, invece, è possibile osservare le Arenarie del Monte Cervarola sulle quali si accavallano le formazioni che costituiscono l'Unità Modino (sotto-unità Ventasso).

In generale, le unità afferenti al dominio toscano paiono giustapposte alle unità liguri e subliguri (quando presenti) attraverso faglie normali ad alto angolo, a direzione appenninica inclinate verso nord est che dislocano e obliterano le originarie superfici di sovrapposizione geometrica, tra unità toscane, Liguridi e Subliguridi.

¹³ Sul significato geometrico-cinematico del così detto Lineamento interno non c'è unanimità di veduto. Diversi autori lo hanno interpretato come un accavallamento fuori sequenza che porterebbe le unità toscane a sovrapporsi a quelle liguri.

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.

Quest'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 (Linea della Santona in Bettelli & Panini, 1992) si collega verso ovest (presso Gova) a 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 tali strutture tardive giocano 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 a 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 Province 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 a una migliore comprensione dell'evoluzione strutturale della catena, ma ha anche numerosi risvolti pratici. Le stesse manifestazioni naturali a gas riconosciute in vari settori della catena si collocano lungo un allineamento NO-SE (fino alla Provincia di

Piacenza (Figura 10) che nella Provincia di Modena coincide sostanzialmente con la Linea della Santona (Borgia et al., 1986).

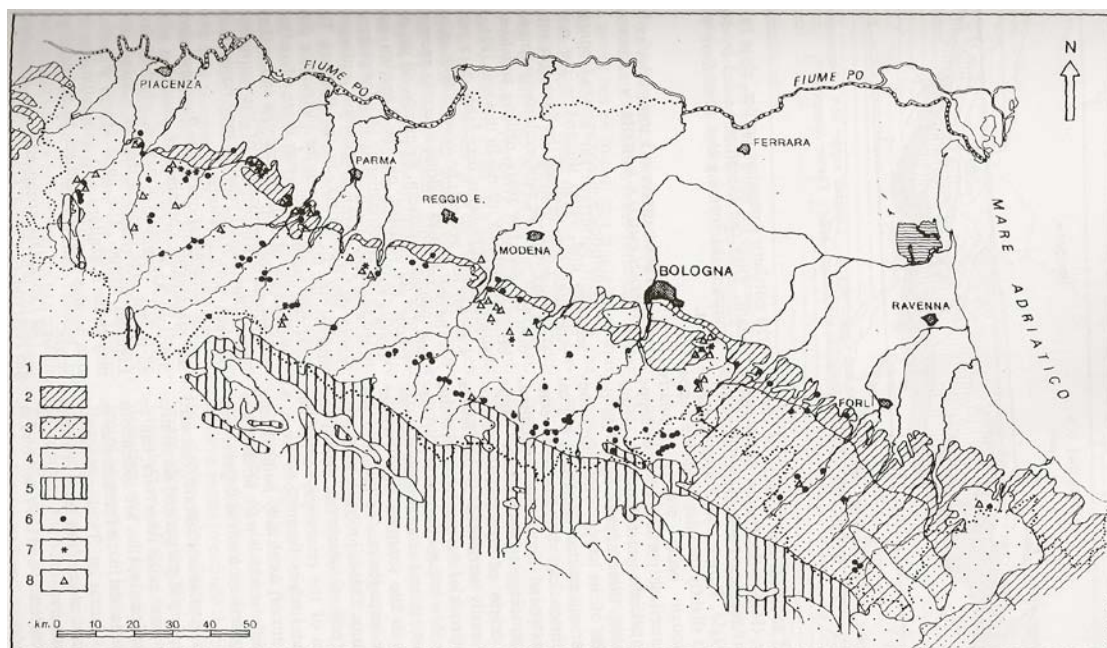


Figura 10 – Schema geologico con l'ubicazione delle principali manifestazioni ad idrocarburi dell'Appennino emiliano. (Estratto da: Borgia et al., 1986). 1) Quaternario continentale; 2) Neogene e Quaternario pedo-appenninico; 3) Formazione Marnoso-Arenacea; 4) Falda ligure; 5) Unità Monte Modino-Monte 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; nel medio-alto Appennino modenese le faglie trasversali presentano in generale un assetto subverticale e una cinematica non definita in modo univoco. In questo contesto tali strutture sembrano 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 e correlata ad un particolare regime tettonico.

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 nelle fasi tettoniche successive. Nella zona collinare e del basso Appennino (margine appenninico padano) le strutture trasversali assumono spesso il ruolo di rampe laterali e oblique dei fronti di accavallamento arcuati che costituiscono, per inviluppo, 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 inviluppo di rampe laterali (sistemi trasversali) che sostanzialmente si vanno a collocare come ideale prosecuzione di alcuni dei sistemi trasversali affioranti.

L'insieme di queste considerazioni ha portato quindi a interpretazioni spesso diverse del significato di tali strutture antiappenniniche. Esse potrebbero 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. Rilievi nella vicina Val Dragone mettono in evidenza un'apparente cinematica destra lungo faglie trasversali rilevate principalmente nei grandi ammassi ofiolitici, mentre nell'area di Pavullo-Monte Cenere sono stati documentati regimi trascorrenti sinistri lungo faglie mesoscopiche a direzione antiappenninica (Capitani & Sasso, 1994).

L'area nella quale si inserisce la Concessione mineraria n. 704 è delimitata da un importante lineamento trasversale che nelle note illustrative del foglio 236 della Carta Geologica d'Italia (Bettelli, 2002) è denominato Linea dello Scoltenna.

In coincidenza di tale elemento strutturale (che si colloca sostanzialmente a cavallo della Val Scoltenna¹⁴) si verificano delle differenze sia negli assetti strutturali che nella natura delle unità presenti su lati adiacenti. Ad es. l'unità Cervarola affiora più a nord sul lato orientale rispetto quello occidentale del lineamento.

3.4.4. L'Area della Concessione Mineraria n. 704 nel quadro geologico regionale

L'area compresa all'interno della concessione mineraria n. 704 si colloca sul versante in sinistra idrografica della valle del Torrente Scoltenna, sul lato meridionale dell'insieme dei Monti Cantiere e Campidello.

Come già descritto nei capitoli precedenti, 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 8) l'unità della Val Baganza si trova a un livello più basso rispetto l'Unità Monghidoro, che invece è posta in cima alla pila strutturale.

A causa delle estese coperture superficiali non sempre la natura del substrato roccioso può essere osservata direttamente e pertanto occorre un certo grado di interpretazione nella compilazione delle carte geologiche. Da ciò deriva che carte 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. Se si confrontano, ad esempio, le figure 4, 11 e 13 appaiono evidenti delle differenze, a volte minime, a volte piuttosto marcate anche nel descrivere la geologia del medesimo areale.

¹⁴ Nell'area qui esaminata.

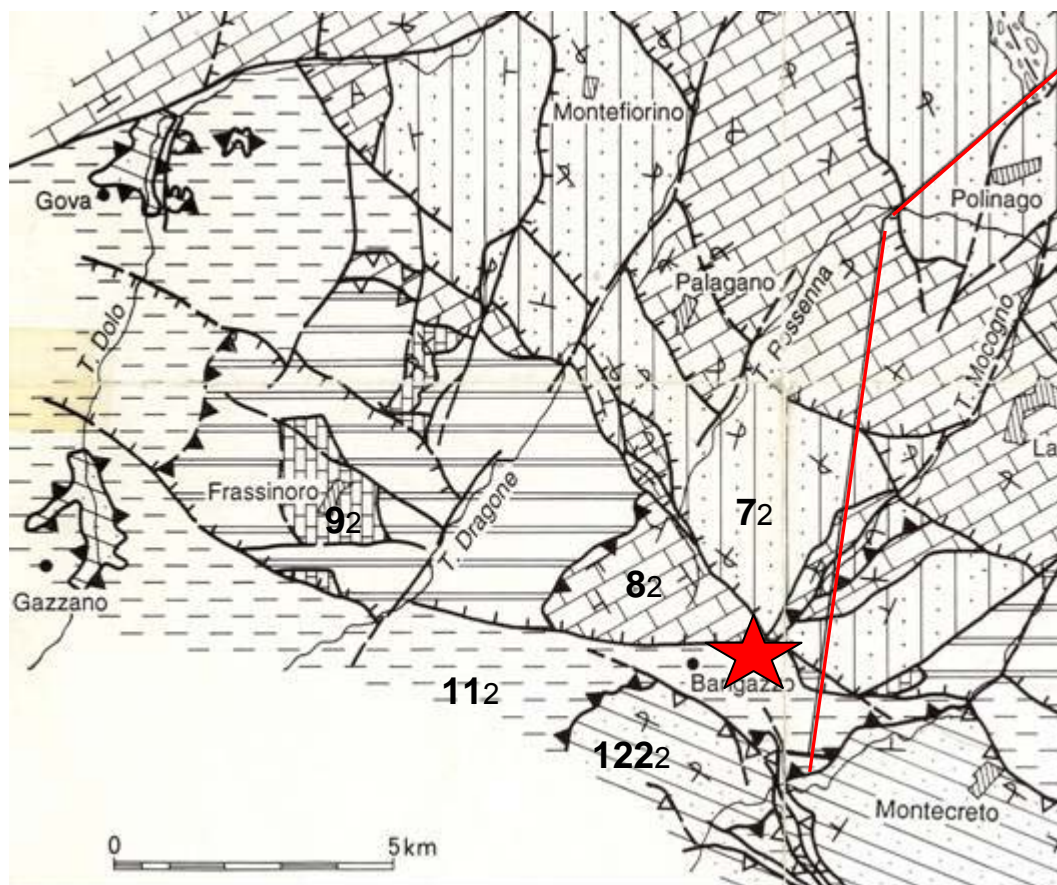


Figura 11 – Carta Geologico-strutturale schematica (estratto da Bettelli & Panini, 1992). Legenda: 6) Argille della Val Rossenna, breccie argillose di Ca' del Tocco e lembi di tettoniti dei complessi di base; 7) Formazione di Monghidoro; 8) Formazione di Monte Venere, 9) Flysch di Monte Caio, 10) Complesso 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.

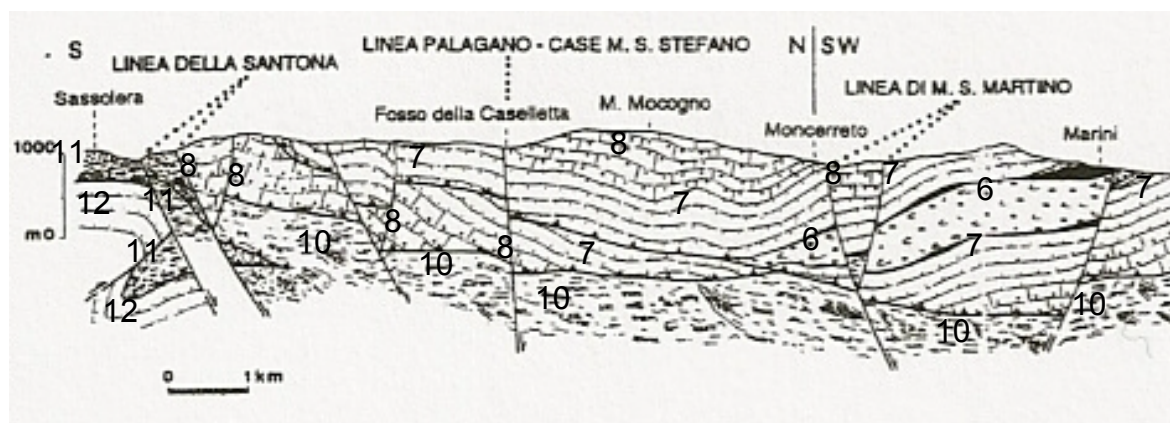


Figura 12 – Stralcio di sezione geologica tratta da Bettelli & Panini, 1992. Per l'ubicazione e le voci di legenda cfr. la figura precedente.

In realtà, la carta di cui alla figura 4 è stata ottenuta dai dati informatizzati¹⁵ della carta geologica regionale. Essa non è quindi il risultato di un'elaborazione interpretativa, ma piuttosto di un'operazione di grafica informatica; ciò nonostante, anche nella redazione della carta di cui alla Figura 4 sono emersi dei dubbi interpretativi: ad esempio nell'attribuire le Arenarie di Monte Roncovecchio ad un'unità a sé stante (come indicato nel foglio n. 237 della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000) oppure alle Arenarie di Scabiazza dell'Unità Cassio. Al contrario nella realizzazione delle carte di cui alle figure 11 e 13 sono state avanzate delle ipotesi e considerazioni interpretative facendo astrazione delle coperture superficiali.

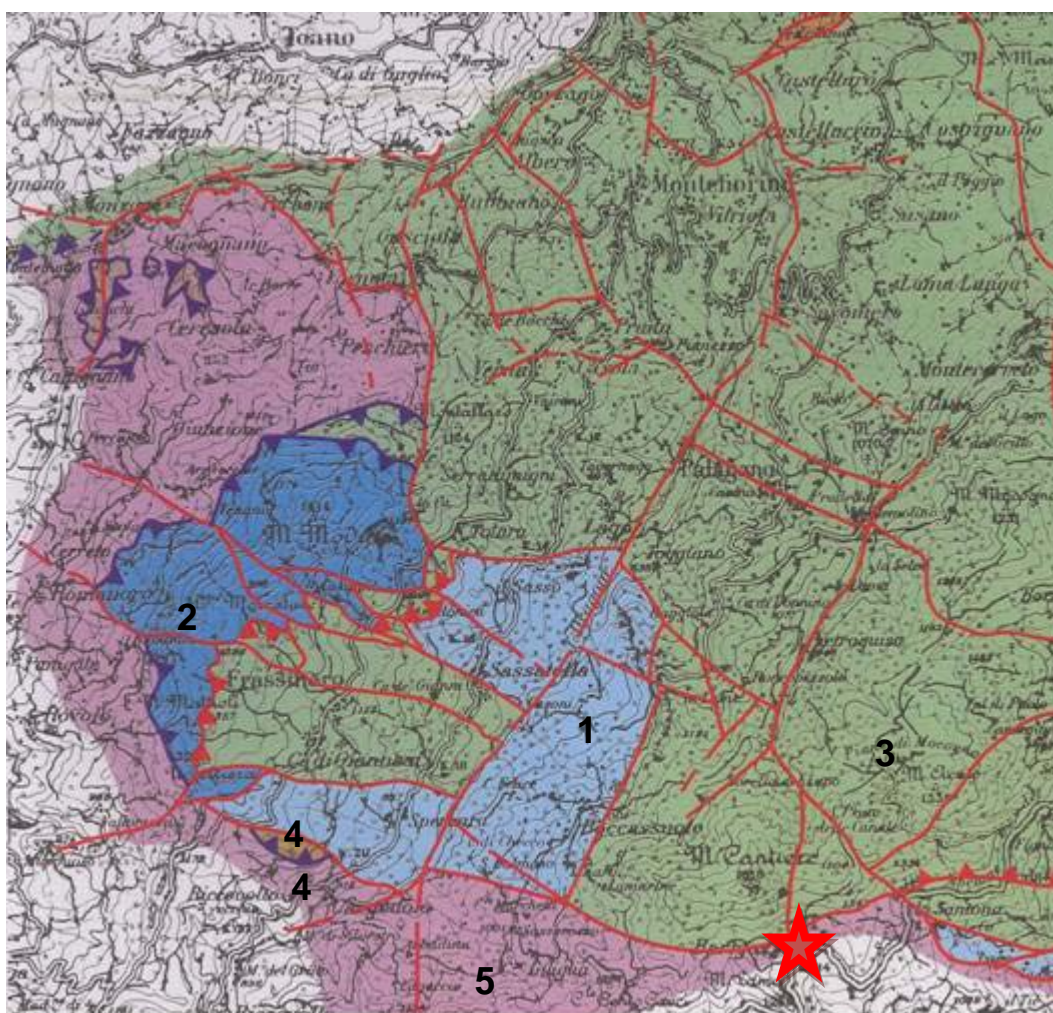


Figura 13 – Estratto da “Carta geologico-strutturale dell’Appennino emiliano sudorientale” (Bettelli et al., 2002). Legenda: 1) Unità tettonica Leo; 2) Unità tettonica Venano; 3) Unità tettonica Monghidoro; 4) Unità Tettonica Caio; 5) Unità tettonica Ventasso (o Sestola-Vidiciatico). Le righe rosse individuano 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.

¹⁵ Reperibili presso il sito web cartografico del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Per tali motivi, per la descrizione dell'assetto strutturale dell'area in studio è pertanto meglio fare riferimento alle Figure 11, 13 e 14, che non alla figura 6.

L'area in esame (Figura 14) si pone poco a sud una struttura (faglia o, meglio, sistema di faglie), a direzione appenninica e a cinematica normale denominato da Bettelli & Panini (1992) come *Linea della Santona*. Questa 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 11, 13 e 14).

La Linea della Santona, poco a nord di Barigazzo, procedendo verso ovest, si suddivide in due diramazioni: una diramazione che passa a nord del Monte Cantiere ed una che passa a Sud, proprio in corrispondenza di Barigazzo (Figura 14).

La diramazione sud mantiene il significato strutturale della Linea della Santona p.p. e cioè di giustapporre le unità toscane, a sud, alle unità liguri, a nord (Figura 14). Mentre nella Val Dragone (a ovest del Monte Cantiere) il sistema della diramazione sud è responsabile (nei pressi di Cargedolo-Figure 11 e 13) della giustapposizione tra l'unità Modino (sotto-unità Ventasso) e l'Unità Ofiolitica del Val Baganza¹⁶, presso Barigazzo l'Unità Modino (sotto-unità Ventasso) viene a contatto direttamente con l'unità Monghidoro, mentre dell'Unità ofiolitica della Val Baganza restano solo alcuni lembi che formano una fascia di larghezza contenuta e soprattutto discontinua di Argille a palombini e/o di altre unità riferibili ai complessi di base liguri incertae sedis (Arenarie del Monte Roncovecchio) (Figura 4).

¹⁶ Nella Figura 9 sono utilizzate le denominazioni rispettivamente di Unità Tettonica Sestola-Vidiciatico e Complesso di base I, mentre nella figura 11 Unità tettonica Modino-Cervarola (sottounità tettonica Ventasso) e Unità tettonica Leo.

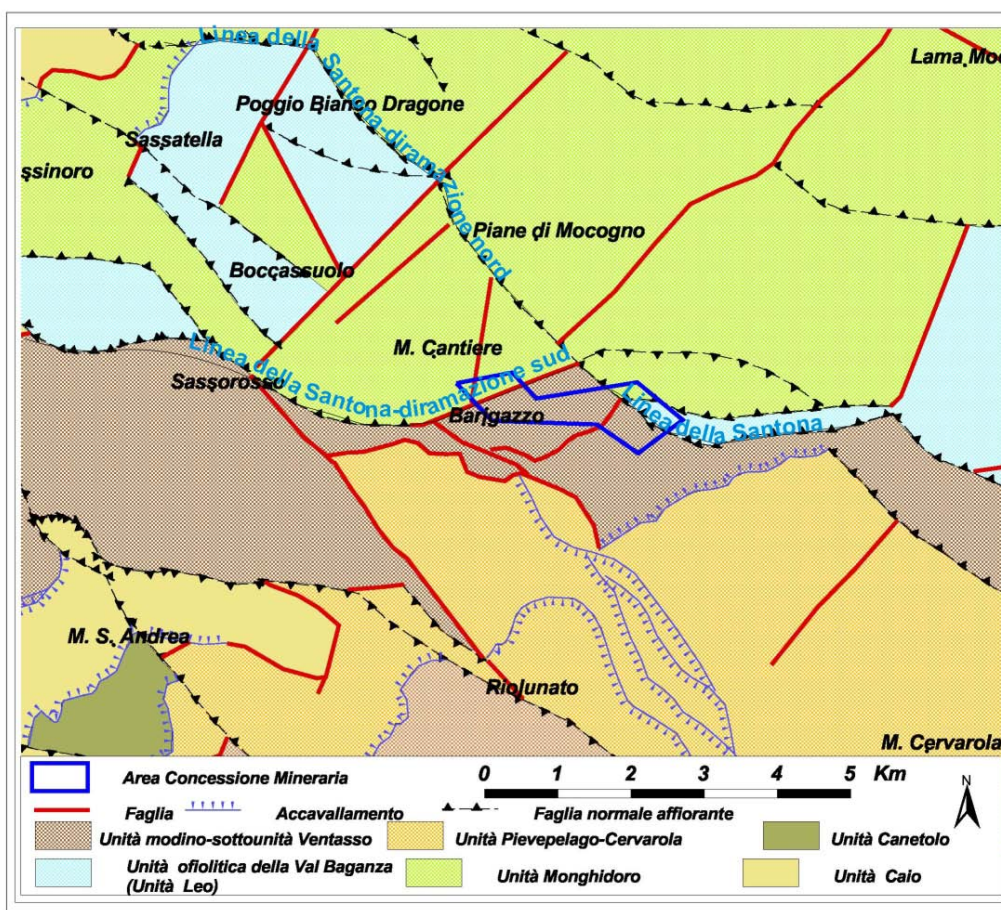


Figura 14 – Schema tettonico (compilato sulla base di Bettelli et al., 1998; 2002; Capitani et al 2001).

A tale proposito occorre anche osservare che gli affioramenti, attribuiti al Mélange delle Tagliole¹⁷, posti circa 200 m a SO della località *Inferno* (Barigazzo) di lembi di unità tipo “complessi di base” liguri¹⁸ vengano a collocarsi strutturalmente in una posizione analoga agli affioramenti attribuiti alle Argille a Palombini dell’unità Ofiolitica della Val Baganza (o unità Leo) presenti presso il Rio dell’Inferno.

Lungo la diramazione nord della linea della Santona (Figura 14), 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, si delinea il ribassamento del blocco nord, formato dai terreni appartenenti alla parte alta dell’unità Monghidoro (Formazione di Monghidoro), rispetto al blocco sud formato dalle rocce riferibili alla parte bassa dell’unità tettonica Monghidoro e cioè Formazione di Monte Venere e Argille

¹⁷ Successione argilloso-calcareo pre-campaniana.

¹⁸ Argilliti variegata con calcari di cui alla Figura 4.

variegate di Grizzana Morandi¹⁹. In val Dragone tale struttura comporta anche la giustapposizione dell'unità Ofolitica della Val Baganza, a sud, e dell'Unità di Monghidoro, a nord (Figure 13 e 14).



Figura 15 – Schema dei rapporti di giustapposizione geometrica (in senso sud-nord) tra le diverse unità tettoniche nella Val Dragone. 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. La Linea della Santona, verso ovest, presso l'omonima località, si suddivide in due diramazioni. La concessione mineraria n. 704 nel settore più occidentale si sovrappone alla diramazione sud della linea della Santona, nel suo settore orientale si sovrappone alla Linea della Santona propriamente detta (non suddivisa in due diramazioni). Si veda anche la sezione di cui alla figura 12.

Lo schema che descrive i rapporti di giustapposizione, in senso sud nord è riportato in figura 15. L'entità delle dislocazioni verticali lungo le faglie normali appenniniche che giustapppongono le diverse unità tettoniche è valutabile in diverse centinaia di metri.

In effetti:

- se si assumono come riferimento gli spessori delle unità tettoniche indicati nella sezione di cui alla figura 12 (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);

¹⁹ 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).

- se si ipotizza che nell'area in esame l'Unità Monghidoro appoggia direttamente sull'Unità Ofiolitica della Val Baganza;
per fare in maniera che vi sia giustapposizione tra le unità liguri e le unità toscane occorre posturale delle dislocazioni di diverse centinaia di metri.

A livello di distribuzione delle venute naturali di gas si nota che i due principali areali di affioramento presenti in zona (Barigazzo località *Inferno*, Barigazzo *Rio dell'Inferno*) si posizionano tutti a breve distanza dalla Linea della Santona o dalla sua diramazione sud.

Anche i pozzi perforati presso la Santona sono stati ubicati in coincidenza dell'omonimo allineamento strutturale.

Anomala appare invece l'ubicazione delle manifestazioni di Serpiano che sono associate ad affioramenti del membro di Castellino della Formazione di Serpiano).

4. ANALISI DELL'ASSETTO STRUTTURALE LOCALE

4.1. Introduzione

L'assetto strutturale dell'area compresa all'interno della concessione mineraria n. 704 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.

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. 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 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 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 16 e 17). 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 a quella di un

reticolo a maglie quadrate di circa 90 m di lato²⁰. Un DEM con una siffatta precisione permette di eseguire delle buone analisi morfostrutturali a scala regionale e subregionale (scale cartografiche inferiori a 1:25.000). Occorre ricorrere a DEM di più alta risoluzione (ad esempio basati su maglie quadre 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 a 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; questo esalterà infatti 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 vengono visualizzate.

L'interpretazione in chiave morfostrutturale del DEM SRTM è stata eseguita elaborando i dati topografici (Figura 16) in maniera da ottenere un modello digitale derivato che esaltasse maggiormente l'aspetto delle morfosculture presenti nel territorio analizzato (Figura 17). Di per sé, il modello digitale del terreno non è altro che una rappresentazione delle quote (della topografia) dell'area in esame (Figura 16); ad ogni cella del reticolo a maglie quadre in cui viene suddiviso il territorio viene assegnata una quota topografica. I dati di quota contenuti nel DEM possono 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 17. 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 un certo territorio. Tale condizione è meglio chiarita comparando tra di loro le Figure

²⁰La precisione dichiarata 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.

16 e 17, nelle quali sono stati indicati i lineamenti morfostrutturali principali che appaiono ben più evidenti nella Figura 17 (*aspect map*).

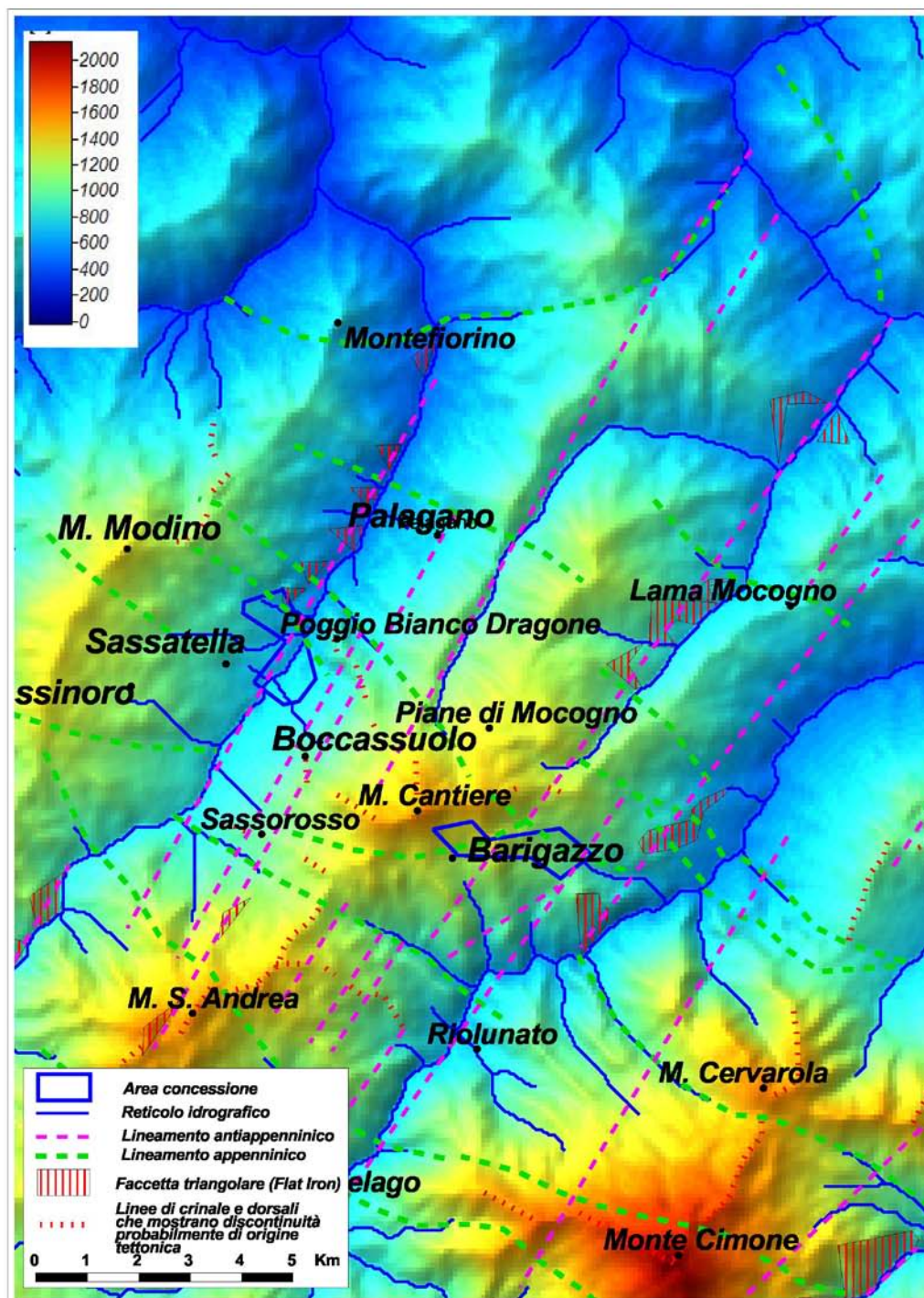


Figura 16 – Rappresentazione della topografia dell'area compresa tra la Val Dragone e la Valle dello Scoltenna tramite modello digitale del terreno. (Fonte dati: DEM SRTM, sito web NASA).

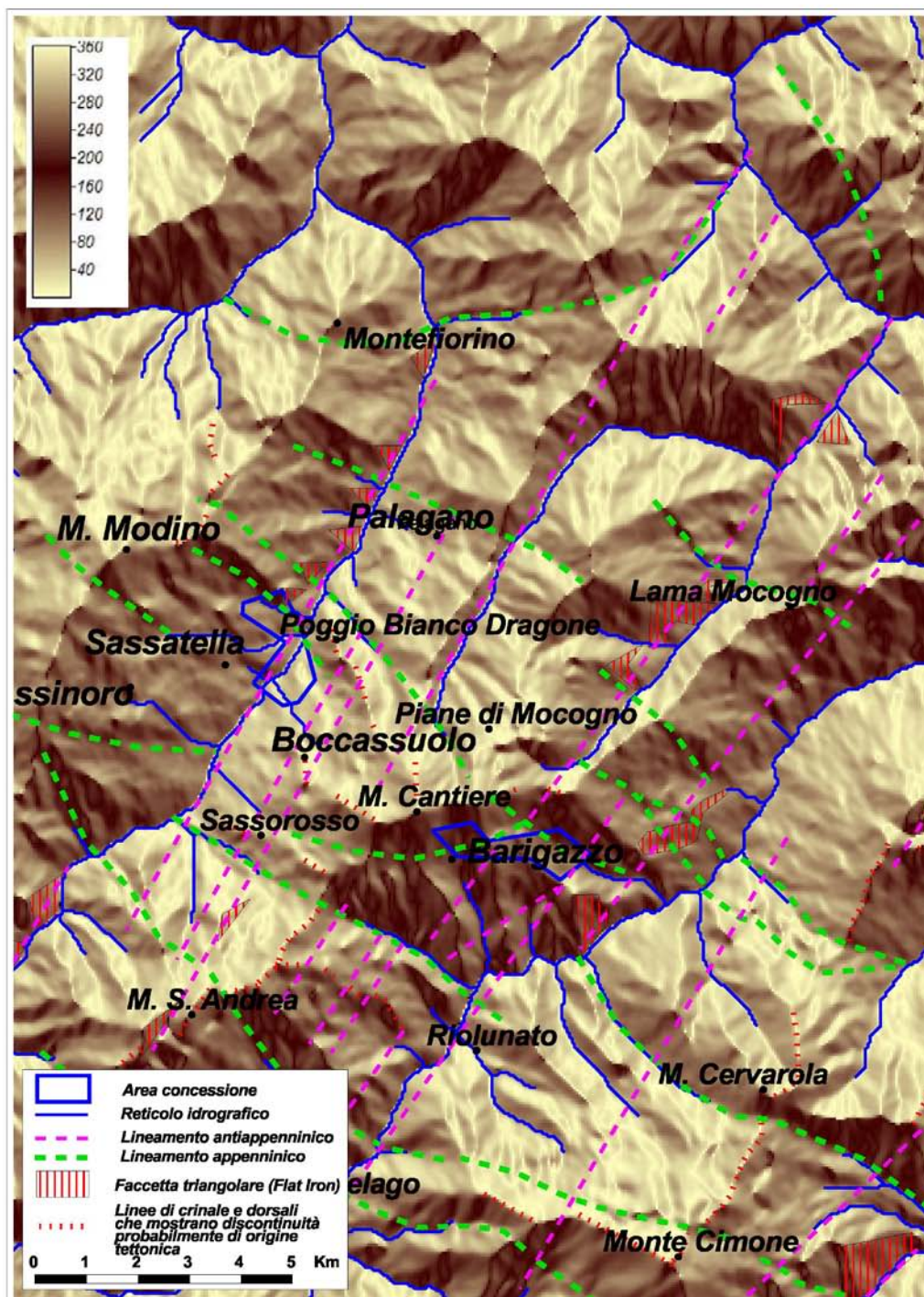


Figura 17 – Aspect map (carta dell'esposizione) elaborata a partire dal DEM di cui alla figura precedente. La carta descrive l'orientazione, rispetto al nord, di ciascuna cella che forma il DEM. Tale elaborazione permette di accentuare maggiormente il risalto di certe forme topografiche (crinali, fondivalle, scarpate, superfici relitte, faccette triangolari (*flat iron*), ecc.), evidenziando l'esistenza di strutture e forme.

La figura 17 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 esalta l'andamento di certe forme (ad esempio scarpate, ripiani morfologici, crinali, fondivalle, ecc.) e pertanto permette di individuare anomalie nell'andamento di tali strutture, soprattutto lungo direzioni (lineazioni) particolari. Attraverso l'analisi della presenza di strutture lineari o planari che si discostano dall'andamento medio dei versanti, sono state identificate le strutture indicate nelle Figure 16 e 17. 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). Ciò è particolarmente evidente per i lineamenti morfostrutturali ad andamento appenninico, tra i quali si possono riconoscere anche alcuni rami della Linea della Santona; al contrario i lineamenti morfostrutturali trasversali appaiono marcatamente evidenziati sul DEM, ma non sempre sono evidenti a livello geologico²¹.

I morfolineamenti a direzione appenninica (Figure 16 e 17) presentano un andamento grossolanamente curvilineo, sembrerebbero riconducibili a piani ad alto angolo, o comunque molto inclinati²² e come ubicazione spesso coincidono (o comunque sono subparalleli) con le faglie normali e coi sistemi di faglie normali descritti a livello regionale nel capitolo precedente²³.

I morfolineamenti a direzione antiappenninica sono tutti pressoché paralleli l'uno all'altro e costituiscono un fascio di tracce subparallele rettilinee (riferibili quindi a 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 direzione trasversale alla catena (N210). Le evidenze morfologiche dell'esistenza di tale fascio di deformazioni fragili trasversali sono di natura diversa:

²¹ Nell'area qui esaminata, mentre nell'adiacente val Dragone molti dei lineamenti trasversali individuati attraverso l'analisi morfostrutturale sono coincidono sul terreno con dei limiti litologici.

²² La traccia segue addolcendolo (reggipoggio) oppure è contraria all'andamento delle curve di livello (franapoggio maggiore del pendio).

²³ Da sottolineare che operando un passaggio di scala, si riscontra uno scostamento nella localizzazione delle strutture. I lineamenti da satellite, rilevati operando a scale 1:100.000 o più piccole, sono localizzati secondo la precisione della scala medesima e pertanto non possono essere riportati su cartografie di dettaglio (pari o maggiori a 1:25.000) senza evidenti imprecisioni rispetto a dati e strutture che sono stati rilevati alla scala di dettaglio o addirittura localizzati tramite apparecchiature topografiche o gps. Riportare un lineamento morfostrutturale da satellite a una scala di dettaglio, attraverso una semplice operazione informatica può comportare la localizzazione imprecisa (con scostamenti anche di un centinaio e più di metri rispetto all'evidenza di campagna).

- a) i corsi dei Torrenti Dragone, Rossenna (parte alta), Mocogno e di un tratto del Torrente Scoltenna sono 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 triangolari²⁴ (*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 17) 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 17), dove sono presenti rocce appartenenti all'unità Monghidoro, sia nel tratto a sud di tale lineamento tettonico dove affiorano le ofioliti e le argille a Palombini riferibili all'Unità Ofiolitica della Val Baganza (entro le quali è stata confermata a livello mesostrutturale la presenza di faglie trasversali). Alcune strutture assimilabili a faccette triangolari, ma meno evidenti, sono state identificate anche in Val Scoltenna (Figura 17);
- 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 da contatti tettonici lungo faglie a direzione antiappenninca (coincidenti con i lineamenti morfostrutturali). Strutture simili sono riconoscibili in Val Scoltenna, sul versante sinistro, tra il Monte Cantiere e Il Monte Sant'Andrea (Figura 17) come allineamenti di selle, contropendenze e bruschi cambi nella direzione o discontinuità nelle linee di dorsale.

²⁴ Tali forme sono evidenziate soprattutto dalla carta dell'esposizione (aspect map, Figura 17) che risalta le forme principali riducendo il rumore di fondo dovuto alle forme locali e all'erosione.

4.3. Interpretazione dell'assetto strutturale dell'area in esame

Come già ampiamente descritto nei capitoli precedenti, l'area in esame, e in particolar misura quella compresa all'interno della Concessione Mineraria n. 704, si colloca in corrispondenza del lineamento tettonico che giustappone le unità liguri a nord alle unità toscane a Sud (Linea della Santona in Bettelli & Panini, 1998; Lineamento interno in Bettelli, 2002).

Si tratta di un sistema di faglie ad alto angolo inclinate verso nord che determina il ribassamento del blocco settentrionale rispetto quello meridionale.

Se si analizza tale struttura nel dettaglio si verifica tuttavia che questa non coincide con un'unica grande faglia che si può seguire in direzione est-ovest per diverse decine di chilometri, ma piuttosto con un insieme di strutture (un fascio di faglie) che localmente sono associate a una fascia di deformazioni di ampiezza non trascurabile (diverse centinaia di metri) che al proprio interno presenta un certo grado di complicazione strutturale. In alcuni casi il lineamento viene a collocarsi in coincidenza di altre strutture pre-esistenti tanto che la sua interpretazione può essere fuorviata.

Lo schema di cui alla Figura 18 suddivide l'area in esame in domini strutturali identificati da lettere e apici, che sono stati definiti a partire dall'analisi e interpretazione dei dati a disposizione; lo schema non rappresenta l'unica possibile interpretazione, in quanto altre soluzioni sarebbero possibili.

Nella sua elaborazione si è cercato di mantenere un approccio conservativo all'interpretazione dei dati.

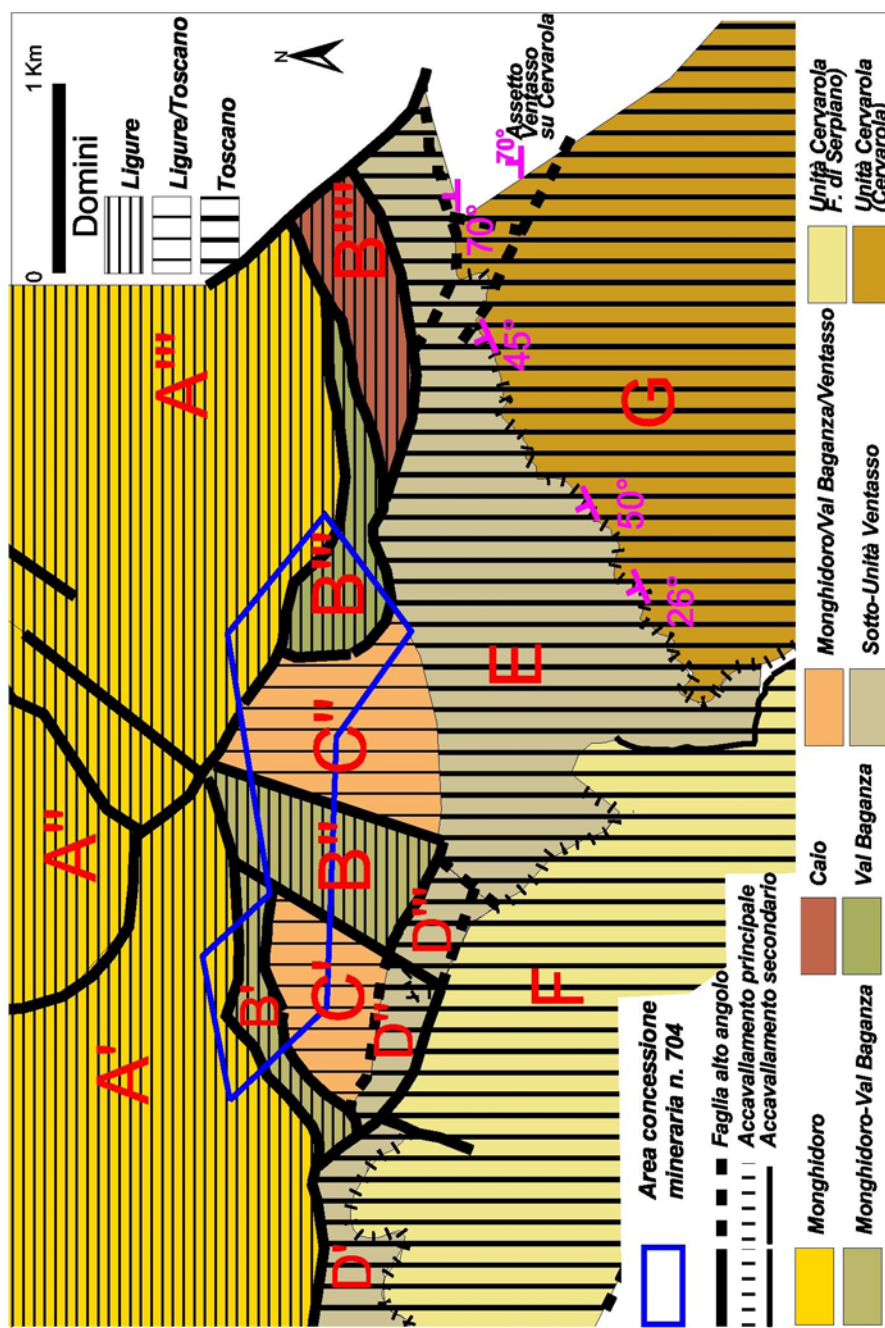


Figura 18 – Carta strutturale interpretativa dell'area della Concessione Mineraria n. 704.

Nella Figura 18 si distinguono settori (o domini strutturali) nei quali affiorano solamente unità liguri (identificati con le lettere **A** e **B**), altri nei quali affiorano solo unità Toscane (identificati dalle lettere **D**, **E**, **F** e **G**) e due settori (**C'** e **C''**) nei quali affiorano sia unità toscane che liguri.

La Linea della Santona propriamente detta (Figura 14) è data dall'insieme di strutture che separano i settori **A'**, **A''** e **A'''** dai settori tipo **B**, **C** e **D** (Figura 18). Strutture ad essa associate sono le faglie che delimitano il lato sud dei settori **B'**, **B''**

e B'''''. I settori **D**, **E**, **F** e **G** sono separati tra di loro principalmente da superfici di accavallamento (**E** su **F** ed **F** su **E** e **D**) o da strutture tettoniche a geometria e cinematica non facilmente risolvibile. I settori **D** sono giustapposti ai settori **A**, **B** e **C** attraverso faglie ad alto angolo, mentre sono di natura incerta i rapporti tra il settore **E**, posto a sud, e i settori **B''** e **C''**, nonché la reale distinzione rispettivamente tra i settori **C'** e **D''**, nonché tra il **B''** e il **D''''**.

I settori tipo **A** sono caratterizzati dalla presenza in affioramento dell'unità Monghidoro; nel settore **A'** questa è in giacitura prevalentemente diritta, mentre in **A''** e **A'''** gli strati sono soprattutto rovesciati. I Settori **A''** e **A'''** sono separati dal settore **A'** attraverso la diramazione nord della Linea della Santona (Figura 14) che, anche alla luce del diverso assetto assume un significato non minore, rispetto alla diramazione sud, e porta stimare in alcune centinaia di metri il rigetto da essa accomodato.

I settori tipo **B** sono caratterizzati da un'estensione areale limitata e dalla presenza di unità liguridi che occupano normalmente le posizioni basse nell'edificio strutturale della catena (Figura 15): l'Unità ofiolitica della Val Baganza e l'Unità Caio. Molto probabilmente si tratta di settori che coincidono con anomalie geometrico-cinematiche della Linea della Santona, forse derivanti o impostatesi in coincidenza di singolarità geometriche locali nelle grandi superfici di accavallamento originarie, oppure per ragioni geometrico-spaziali²⁵. L'interesse che deriva da tali domini strutturali consiste nel fatto che vi affiorano unità tettoniche liguri che normalmente non dovrebbero affiorare a quote alte, perché ricoperte da altre unità (unità Monghidoro). In altre parole si tratta di aree ribassate rispetto le unità toscane, ma in maniera minore se comparate con i settori tipo **A** di cui alla Figura 18. Tra i settori tipo **B** occorre rilevare come la geometria del **B''** si discosti rispetto gli altri. Questo, nel quale affiorano le Arenarie di Scabiazza (o le Arenarie di Monte Roncovecchio secondo altre interpretazione), parrebbe delimitato a est e a ovest da faglie trasversali (antiappenniniche), mentre gli altri settori **B** presentano una geometria a "semicerchio" con il lato nord coincidente con la Linea della Santona e il lato sud delimitato da una faglia "minore" apparentemente sintetica con la prima come a delimitare delle "schegge" di liguridi riprese all'interno del Sistema della Santona.

²⁵ Quando i corpi rocciosi si deformano per fagliazione se si comportassero idealmente come corpi rigidi si verrebbero a determinare dei vuoti. In realtà quegli spazi vuoti devono essere in qualche maniera riempiti; ad es con la formazione di strutture tettoniche minori (anche antitetiche rispetto alla struttura principale) oppure accompagnando la deformazione fragile con una componente più o meno significativa di deformazione duttile.

Come esemplificato nella Figura 20 ha chiaramente individuato una superficie di discontinuità ad alto angolo, interpretata come una faglia che si colloca proprio in coincidenza della Linea della Santona (diramazione sud) in corrispondenza del passaggio morfologico e geologico che in superficie individua il lineamento in parola. Gli estensori dell'indagine hanno poi ipotizzato la presenza di discontinuità minori più a valle (Figura 20) che sembrerebbero coincidere con la faglia (subparallela alla Linea della Santona) che giustapporrebbe le Argilliti Variegate di Grizzana Morandi alle unità di pertinenza toscana del Mélange delle Tagliole. La stratigrafia del pozzo 7, che raggiunge quasi i 500 m di profondità viene ascritta all'unità Sestola-Vidiciatico (Sotto-unità Ventasso dell'Unità Modino), è suddivisibile in tre parti principali: fino a circa 12 m materiali argillosi di copertura frammisti a trovanti arenacei; da circa 12 a 85 m marne siltose grigie e rossastre con livelli arenacei ed intercalazioni argillose; tra 85 e 89 m strati di calcare con calcite; da 89 m fino a fondo pozzo marne grige con intercalazioni calcaree. L'analisi macroscopica (per mezzo della lente di ingrandimento) di alcuni campioni²⁷ prelevati durante la perforazione, ha permesso una descrizione più puntuale delle caratteristiche litologiche delle rocce perforate (Tabella 1).

Profondità m	Interpretazione litologica
0-9	Arenaria
9-10	Arenaria
10-23	
21-23	Arenaria
23-25	Arenaria
25-34	Arenaria con marne calcaree
34-60	Argillite scura con livelletti calcarei chiari (Campione 34-60) Marna (campione 50-60)
60-63	Argillite scura con livelletti calcarei chiari
63-77,20	
77,20-78,30	
78,30-85	Argilliti e argilliti marnose (Campione 65-100); Arenaria fine (campione 85-89) Argillite marnosa (campione 77-85)
85-89	Marne siltose dure (campione 63-77) Marne e siltiti (campione 89-101)
89-104	
104-122	Marne e argilliti marnose
122-150	Calcarenite-calcilutite ben cementata
140-158	Calcarenite-calcilutite ben cementata
158-183	Calcarenite-calcilutite ben cementata, un frammento di argillite nera
183-207	Calcarenite-calcilutite ben cementata
207-219	Calcarenite fine

Tabella 1 – Descrizione petrografica macroscopica dei campioni prelevati durante la perforazione del pozzo 7B della concessione n. 704.

²⁷ Il materiale di risulta presenta una granulometria da plurimetrica a subcentrimetrica a causa del metodo di perforazione a distruzione ad aria.

Fino alla profondità di 34 m prevalgono i termini prevalentemente arenacei; tra 34 e 65 m prevalgono i termini con argilliti scure; argilliti che presentano componenti marnose, anche prevalenti, tra i 65 e i 122 m; a profondità oltre i 122 m si rinvengono rocce lapidee a composizione calcarenitica-calcilutitica o areanecea²⁸. In riferimento ai termini marnosi (tra 65 e 122 m) e calcarenitica-calcilutitica (oltre i 122 m) l'assenza di determinazioni più precise (ad esempio di carattere paleontologico) non permette un'attribuzione formazionale precisa, soprattutto per il fatto che esistono diverse unità litostratigrafiche "compatibili" con tale descrizione petrografiche; tra queste, perché anche più diffuse, si possono richiamare le Marne di Marmoreto per i termini marnosi, il Flysch dell'Abetina Reale, Il flysch di Sorba e le Arenarie del Monte Sassolera

Anche per il settore **B''** sono disponibili dati stratigrafici (pozzo SIAM n. 2B che raggiunge i 227 m) e un'indagine geofisica condotta nel 1989²⁹ (Figura 21 e 22). I dati stratigrafici, seppure sommari, descrivono una successione di terreni prettamente argillosi con trovanti calcarei e arenacei; a vari livelli si incontrano anche arenarie per spessori panche plurimetrici.

Secondo la carta geologica l'area del pozzo sarebbe caratterizzata dalla presenza di argille a palombini liguri.

La descrizione stratigrafica sembrerebbe portare a pensare a litologie più simili alle Argilliti Varicolori di Grizzana Morandi e alle Arenarie di Monte Roncovecchio per gli orizzonti arenacei (o alle Arenarie di Scabiazza). In alternativa le litologie potrebbero essere ascritte alle unità ascrivibili Alla Successione argilloso-calcareo pre-Campaniana del Mélange delle Tagliole.

In quest'ultimo caso il settore **B''** risulterebbe formato in parte da unità toscane e non liguridi.

²⁸ Si ricorda che l'analisi è stata condotta per mezzo della lente d'ingrandimento.

²⁹ Dott. Geol. Maurice Wuillermin – 1989 Indagine geofisica preliminare in località Sassostorno.

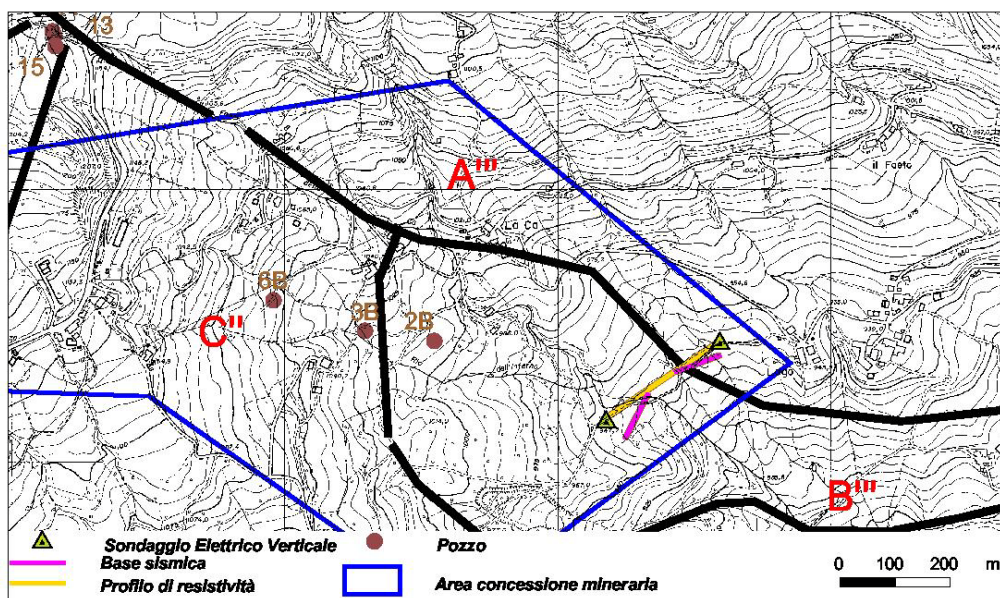


Figura 21 – Ubicazione dei pozzi e dei sondaggi geofisici nella parte orientale della Concessione mineraria n. 704.

Le prospezioni geofisiche (stendimenti sismici e sondaggi elettrici verticali) furono eseguite nella parte più orientale dell'area compresa all'interno della concessione mineraria (Figura 21) e furono interpretate in maniera da ottenere un profilo orientato SO-NE (Figura 21) che integrasse tutti i dati.

Tra gli aspetti più significativi che le indagini misero in evidenza c'era la presenza di un orizzonte ad elevata velocità delle onde sismiche con tetto posto alla quota di circa 930 m e l'individuazione di una discontinuità principale ad alto angolo inclinata verso nord, accompagnata da altre due minori all'incirca sub parallele, che venne interpretata come una faglia normale che ribassava il blocco nord rispetto al blocco sud (Figura 22).

L'indagine geofisica confermò il quadro macro strutturale che si può delineare sulla base della geologia di superficie. Linea della Santona si colloca infatti tra la faglia principale e la discontinuità secondaria a est di essa individuate sul profilo di cui alla Figura 22).

La discontinuità secondaria subverticale postulata nella Figura 22 (a ovest della faglia principale) potrebbe coincidere con il contatto (vicariante della faglia principale) tra Argille a Palombini e Argilliti Variegate di Grizzana Morandi.

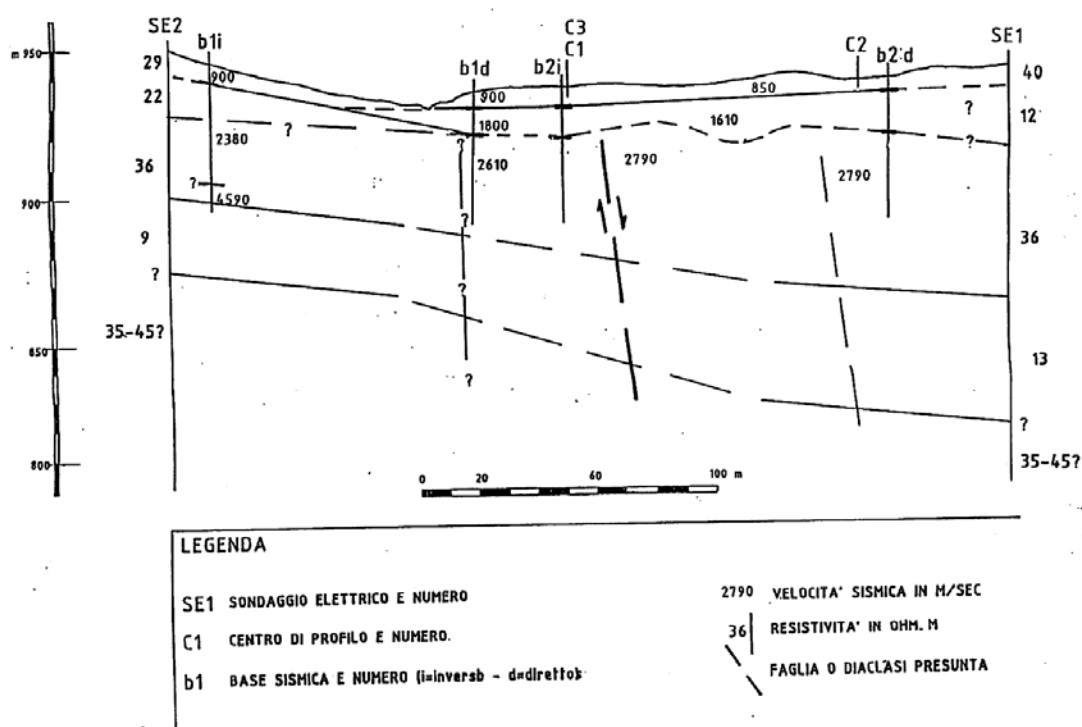


Figura 22 – Profilo geofisico elaborato sulla base di indagini sismiche e geoelettriche. La figura è ripresa dal report prodotto dal Dott. Geol. Maurice Wuillermin – 1989 *Indagine geofisica preliminare in località Sassostorno* per conto della società SIAM, fornito in copia dalla medesima.

I settori tipo **C** di cui alla Figura 18 presentano diverse problematiche interpretative dal punto di vista sia geometrico che cinematico. Innanzi tutto la loro delimitazione non è affatto agevole da definire, né su base geologica né morfostrutturale. Soprattutto il limite sud non è chiaro, tanto che nella Figura 18 è stato esclusivamente tracciato assecondando la geometria di altre strutture. All'interno dei domini di tipo C affiorano sia rocce riferibili ai complessi di base liguri che in parte sono però assimilate al così detto Mélange delle Tagliole (di pertinenza Toscana) sia rocce riferibili a diverse delle formazioni che costituiscono la parte medio alta della sotto-unità Ventasso (di pertinenza toscana) che rocce assimilate alle liguridi s.s. (Argilliti variegate di Grizzana Morandi). Gli affioramenti discontinui e spesso poco estesi non facilitano la ricostruzione, anche solo geometrica delle strutture. Non si può altresì escludere che una parte dei terreni argillitici (tipo complessi di base liguri) attribuiti al Mélange delle Tagliole non siano in realtà da ascrivere alle unità tettoniche liguri p.p., alla stregua di quelle che affiorano nei settori di tipo **B**. A tali difficoltà va imputata anche la non ben definizione, anche solo geometrica, dello stile strutturale dei settori **C'** e **C''**. Come detto, i limiti sul lato sud dei due settori (figura 18) sono stati definiti assecondando l'andamento della

prosecuzione delle strutture che delimitano i settori **B'''** e **B''''**. Di fatto, soprattutto per quanto intuibile per il settore **C''**, l'aspetto generale della geologia sarebbe riconducibile a quello di un *mélange* tettonico. Le dislocazioni "tardive" avvenute lungo la Linea della Santona, verificatesi in un'area nella quale le unità toscane presentavano già una seria complicazione strutturale, dovuta all'accavallamento ripetuto di scaglie tettoniche diverse (cfr. più avanti), avrebbero determinato una più marcata commistione tra vari elementi delle unità toscane con elementi prettamente liguri. Il quadro di "confusione strutturale" unito alla presenza di affioramenti non sempre estesi, rende pertanto difficoltoso attribuire gli affioramenti di unità argillitiche "tipo complessi di base", alle unità liguri o alle unità toscane.

Nel settore **C'** sono presenti due pozzi estrattivi e sono state condotte in passato indagini geofisiche (Figure 21 e 22), mentre nel settore **C''** sono presenti due pozzi (Figura 19) nelle cui descrizioni stratigrafiche si richiamano terreni principalmente a componente argillitica con inclusi e pertanto compatibili con unità dei complessi di base liguri o della parte basale del *Mélange* delle Tagliole. Sono segnalati anche livelli plurimetrici prevalentemente arneacei.

Dal punto di vista dell'assetto strutturale i settori **E**, **F** e **G** di cui alla Figura 18 vanno considerati come in rapporti reciproci. Esula dagli scopi della presente nota l'analisi puntuale dello stile strutturale che caratterizza tali settori e pertanto ci si limiterà ad evidenziare gli aspetti principali e più importanti per l'interpretazione macro strutturale.

Innanzitutto occorre evidenziare che il settore **E** è costituito essenzialmente da formazioni appartenenti alla sotto-unità Ventasso (dell'Unità Modino). Come già descritto nei capitoli precedenti (Figura 15) tale unità tettonica (che corrisponde all'Unità Sestola-Vidiciatico *Auctt.*), a scala regionale si accavalla sull'Unità Cervarola. La superficie di accavallamento è stata identificata dai rilevatori della Carta Geologica regionale nel Torrente Scoltenna e coincide sostanzialmente con il limite tra il settore **E** ed il settore **G** che, di fatto, è formato per gran parte dalle rocce appartenenti alla Formazione delle Arenarie di Monte Cervarola. A sua volta, il settore **F** parrebbe accavallarsi sul settore **E**, sebbene la superficie di sovrascorrimento sia localmente ripresa da tettonica posteriore; ma il settore **F** è formato principalmente da rocce riferibili alla Successione Cervarola e più in particolare alla Formazione di Serpiano che dovrebbe essere geometricamente sottoposta alla sotto-unità Ventasso, non viceversa. Il limite tra settore **F** e settore **E**, se confermato come accavallamento, coinciderebbe con una superficie attraverso la

quale si determinerebbe il raddoppio della successione geometrica. Tale condizione di inversione delle superfici di accavallamento e non parrebbe unica e contribuisce ad evidenziare l'elevato grado di complicazione dello stile strutturale dell'area considerata, soprattutto se si passa ad una analisi strutturale di dettaglio. A complicare ulteriormente il quadro già complicato vi è la constatazione dell'esistenza, documentata soprattutto a carico delle Arenarie del Cervarola, ma anche nell'unità Monghidoro, della presenza di strutture plicative cartografiche che possono determinare il raddoppio, ma anche il ribaltamento, degli spessori delle diverse Successioni coinvolte.

A tal fine, se si vuole ad esempio valutare, sulla base dei dati a disposizione, la quota alla quale le Arenarie del Cervarola si dovrebbero trovare in un'eventuale perforazione all'interno della concessione mineraria n. 704, non si può prescindere dal fare astrazione delle eventuali strutture di raddoppio della successione di accavallamento delle unità, oltre che delle ulteriori complicazioni strutturali che sono state evidenziate a proposito dei settori **C'** e **C''**, nonché dei settori tipo B³⁰.

Una siffatta valutazione non potrebbe che essere basata su una serie di ipotesi conservative e, a priori, da ritenere affetta da errori anche significativi:

- a) le Arenarie del Monte Cervarola affiorano nel Torrente Scoltenna ad una quota di circa 750-800 m s.l.m o inferiore con assetti della stratificazione inclinati verso i quadranti occidentali secondo angoli compresi tra i 30° e i 60°;
- b) la superficie di accavallamento che porta la sotto-unità Ventasso (unità Modino) a sovrapporsi sulle Arenarie del Monte Cervarola, immerge anch'essa verso i quadranti occidentali secondo inclinazioni variabili tra i 25° e i 50° (Figura 18). Il dato di 70° (Figura 18) nella parte NE del settore **G**, al confine con il settore E, è probabilmente da attribuire ad una faglia ad alto angolo (sintetica del sistema della Linea della Santona) che ha ripreso il contatto;
- c) l'accavallamento della sotto-Unità Ventasso sull'unità Cervarola prosegue verso ovest almeno fino all'altezza della Concessione mineraria n. 704 senza ulteriori complicazioni strutturali e senza essere troncato da faglie ad alto angolo.

Sull'ultima ipotesi vi sono forti dubbi legati alle complicazioni strutturali di cui si è accennato a proposito dei settori **E** e, soprattutto, **C''**. Accettando tali ipotesi, estremamente conservative, è possibile stimare la profondità del contatto di

³⁰ Soprattutto in riferimento all'interpretazione corretta della natura delle strutture tettoniche che li delimitano a tergo (verso sud).

sovrapposizione tra Unità Ventasso e Unità Cervarola in coincidenza della Concessione mineraria.

La stima parte dai seguenti dati:

- quota di affioramento del contatto Ventasso su Cervarola nello Scoltenna: circa 800 m s.l.m.;
- inclinazione del contatto tra 25° e 50°, si assume pari a 30° (α);
- distanza lineare (L) in pianta dell'affioramento dall'area della concessione variabile, ma pari o superiore a un chilometro: si assume pertanto un chilometro=1000 m;
- Δh : abbassamento della superficie di accavallamento rispetto la quota di 800 m s.l.m.:

$$\text{tg}\alpha = \Delta h/L$$

$$L \cdot \text{tg}\alpha = \Delta h$$

$$1000 \text{ m} \cdot \text{tg}30^\circ = \Delta h$$

$$1000 \text{ m} \cdot 0,577 = \Delta h$$

$$577 \text{ m} = \Delta h$$

Da cui deriva che la quota dell'accavallamento minima è pari a (800-577) m s.l.m. in corrispondenza della concessione è pari a circa 223 m s.l.m. che corrisponde ad una profondità rispetto il p.c. di 727 m (per una quota del piano campagna di 950 m s.l.m.

* * *

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 strutturali che determina la giustapposizione delle unità toscane alle liguridi (Linea della Santona in Bettelli & Panini, 1992 o Lineamento interno, Bettelli, 2002), mentre più a ovest è interna alle unità liguri, coincidendo comunque con la prosecuzione dei lineamenti strutturali lungo la quale 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. A tale proposito, per l'area esaminata e anche per l'area della vicina Val Dragone, occorre rilevare che;

- le manifestazioni naturali in superficie di Barigazzo sono note da oltre 2000 anni (Plinio il Vecchio) e la loro attività è stata documentata nei secoli da numerosi studiosi e scrittori;
- alcuni pozzi sono stati perforati alcune decine di anni fa e continuano a fornire gas.

Ne consegue che, se il gas è effettivamente contenuto in masse calcaree o arenacee inglobate entro le unità liguri, o queste sono di dimensioni particolarmente significative oppure ricevono apporti da settori più profondi o laterali (*reservoir?*) probabilmente attraverso circuiti di fratture.

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 liguri di base.

La pila delle unità liguri costituirebbe quindi 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. Nell'area in esame si verifica che non solo le unità liguri costituiscono il contenimento superiore alla risalita dei gas, ma anche le unità di pertinenza toscana che si sono sovrapposte a unità più recenti.

Un esempio è dato dalle venute naturali e dai pozzi di Serpiano, laddove probabilmente un elemento strutturale (o una serie di strutture fragili) permettono al

gas di risalire a giorno, in un contesto dove si verifica la sovrapposizione (con raddoppio della serie geometrica) dell'Unità Cervarola (Formazione di Serpiano) sulla sotto-unità Ventasso (o Sestola-Vidiciatico) che a sua volta si sovrappone alle Arenarie del Cervarola.

All'interno di tale quadro non si può escludere che giochino 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 comunque zone erose 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.

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 Concessione mineraria 704, onde pervenire a una ipotesi di lavoro per l'ubicazione 3-4 eventuali nuove perforazioni esplorative finalizzate 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 mesoscopici, nonché i dati derivanti dalle stratigrafie dei pozzi per idrocarburi già perforati e da indagini geofisiche condotte in passato.

Nella carta di figura 23 sono indicate quattro ipotesi per l'ubicazione di eventuali nuove perforazioni esplorative finalizzate alla ricerca di idrocarburi ognuna identificata da una lettera (**A**, **B**, **C** e **D**).

Le ipotesi **A** e **B** si collocano nella medesima area nei pressi della località Inferno; esse presentano caratteristiche simili, ma con obiettivi in parte diversi.

Le ipotesi **A** e **B** (Figura 23):

- si pongono immediatamente ad est dell'area dove già sorgono due pozzi produttivi e dove erano localizzate le manifestazioni storiche naturali di emergenza di idrocarburi (studiate da Plinio e da Spallanzani);
- sono collocate in un'area morfologicamente poco acclive, al di fuori di aree classificate in frana dal PTCP, in un'area che lo strumento provinciale classifica come Zona Potenzialmente instabile;
- sono a una distanza relativamente modesta dalle infrastrutture viarie e dalla rete gas.

Le due ipotesi si differenziano per il fatto che l'ubicazione **A** è prossima alla struttura principale afferibile alla Linea della Santona (diramazione sud) identificata anche dalle indagini geofisiche, mentre l'ipotesi **B** è più prossima a un'altra faglia subparallela a detto lineamento (identificata come fratturazione secondaria nell'indagine geofisica) che dovrebbe giustapporre le Argilliti Variegate di Grizzana Morandi alle unità di pertinenza Toscana.

Nella sostanza l'ipotesi **A** è omologa al pozzo 7b (perforato nel 2009 in prossimità della linea della Santona), mentre l'ipotesi **B** è omologa al pozzo 1b 8posto in prossimità di una struttura sub parallela a quella principale (Figura 23).

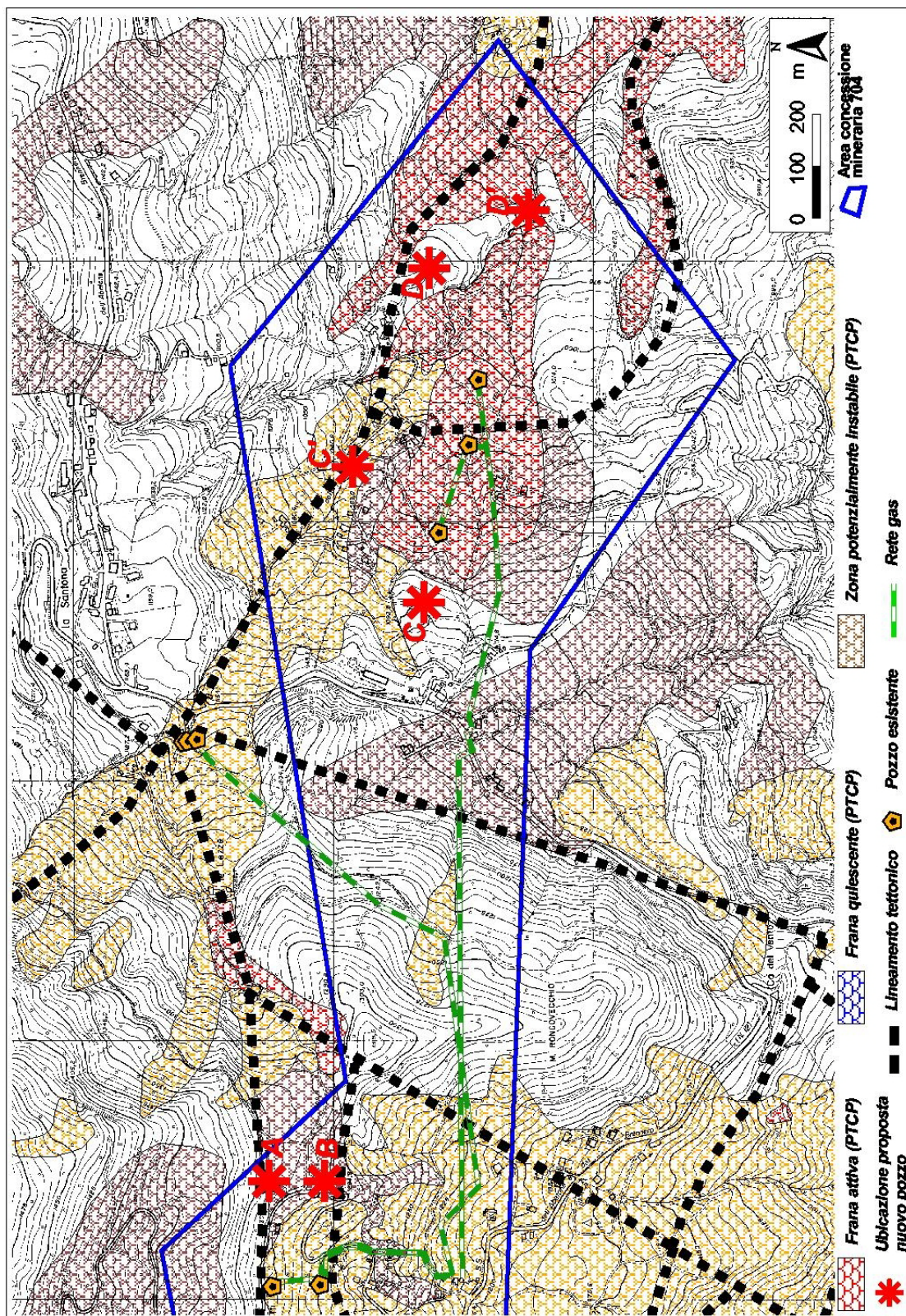


Figura 23 – Proposte per l'ubicazione di eventuali nuove perforazioni esplorative.

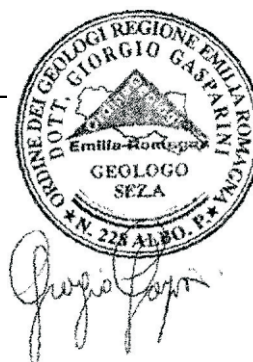
L'ipotesi di ubicazione **C** (Figura 23) è stata localizzata per la sua vicinanza al rio dell'inferno e al di fuori di aree classificate in frana sia dallo strumento pianificatorio provinciale (PTCP) che dalle carte geologiche e dei dissesti. Come descritto nei capitoli precedenti, l'area è caratterizzata da complicazioni dell'assetto strutturale che ne rendono difficoltosa la comprensione; l'ubicazione è pertanto suggerita più dalla presenza originaria di manifestazioni di gas spontanee nelle vicinanze, che indicherebbero quindi vie di fuga preferenziali che non da strutture geologiche realmente riconosciute. L'ipotesi d'ubicazione si pone ad una distanza di circa 150 m dalla rete gas. All'ipotesi **C**, in Figura 23, è affiancata un'ulteriore ubicazione, denominata **C'**, nel medesimo areale. Quest'ultima ha lo svantaggio di ricadere in area classificata frana quiescente, ma avrebbe l'obbiettivo di cercare di perforare nelle vicinanze della Linea della Santona.

L'ipotesi **D** ha come obiettivo la perforazione nelle vicinanze della Linea della Santona, messa in evidenza dalle indagini geofisiche eseguite a poca distanza. L'area di individuazione è posta in corrispondenza di un segmento poco acclive di una dorsale con facilità di accesso perché posizionata nelle vicinanze di una strada secondaria. In subordine, è stato riportato una localizzazione denominata **D'** in coincidenza di una struttura secondaria individuata sempre dalle indagini geofisiche (Figura 23).

Le quattro (più due) ipotesi di localizzazione areale presentano ciascuna i propri vantaggi e svantaggi, la loro individuazione scaturisce sia dall'analisi dei dati geologici sia dalla considerazione di collocazione relativa alla rete gas esistente e in generale alle infrastrutture viarie, nonché alla stabilità di versante. Altre localizzazioni sarebbero possibili sulla base dell'analisi geologica, ma si posizionerebbero in aree meno note (per mancanza di indagini geofisiche), in frana o comunque ad una certa distanza dalle infrastrutture viarie e/o di distribuzione del gas.

Bastiglia, 5 Novembre 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 Lizzanno 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.

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.

Mochi E., Plesi G. & Villa G. (1996) - *Biostratigrafia a nannofossili calcarei della parte basale della successione del M. Modino (nell'area dei Fogli 234 e 235) ed evoluzione strutturale dell'unità omonima*. Studi Geol. Camerti, 13 (1995): 39-73.

Mordini A. (2003) - *Frane e rovine nella storia della montagna modenese attraverso i documenti*. Rassegna Frignanese 33, 49-82.

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.

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.