

**ENERGIA MINERALS ITALIA S.R.L.**



**ISTANZA DI RINNOVO DELLA CONCESSIONE MINERARIA  
DENOMINATA "MONICA"**

**COMUNI DI OLTRE IL COLLE, ONETA E GORNO - PROVINCIA DI BERGAMO  
MINIERE DEL COMPLESSO MINERARIO RISO/PARINA -**



**RT01\_\_ RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E  
GEOMINERARIA DI PROGETTO**

**20/12/2019**

Dott. Geol. Marcello de Angelis  
Ordine dei Geologi della Campania N° 1146  
Amministratore  
Energia Minerals (Italia) Srl

## Sommario

1.	Introduzione .....	2
2.	Premessa.....	4
3.	Capacità tecnico-economiche della Società.....	5
4.	Inquadramento geografico.....	6
4.1.	Caratteri morfologici.....	8
4.2.	Caratteri geomorfologici.....	12
5.	Geologia .....	13
5.1.	Caratteri strutturali.....	15
5.2.	Geologia dell'area in oggetto.....	17
5.2.1.	Calcere di Angolo (Anisico inferiore-medio).....	19
5.2.2.	Calcere di Esino (Anisico-Carnico).....	19
5.2.3.	Formazione di Breno.....	21
5.2.4.	Calcere Metallifero Bergamasco (CMB, Carnico inferiore).....	21
5.2.5.	Arenaria di Val Sabbia (Carnico).....	22
5.2.6.	Formazione di Gorno (Carnico inf.).....	23
5.2.7.	Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico sup.).....	24
6.	Caratteri geominerari.....	25
6.1.	Attività storiche.....	31
6.2.	Attività in corso.....	33
6.3.	Attività programmate nel 2019-2020-2021.....	34
7.	Descrizione geografica della Concessione Mineraria MONICA e dell'ampliamento richiesto.....	34
7.1.	Stato di fatto della Concessione MONICA.....	35
8.	Bibliografia.....	37

## 1. Introduzione

Questa relazione è parte della documentazione richiesta per l'istanza di rinnovo e ampliamento della Concessione Mineraria MONICA, in precedenza assegnata alla Berghem Mines & Tech con decreto N. 538 del 20/01/2005 e successivamente trasferita alla Energia Minerals (Italia) S.r.l. (EMI) con decreto N. 845 del 06/02/2015.

L'ampliamento è richiesto allo scopo di includere il corpo minerario, denominato Pannello Zorzone (Fig. 1), che rappresenta l'obiettivo principale dell'attività mineraria pianificata dalla EMI con programmi aggiornati rispetto a quanto descritto dal concessionario precedente Berghem Mines & Tech. Il Pannello Zorzone è compreso nel Permesso di Ricerca denominato "PARINA", Decreto n. 1995 in concessione alla EMI, e si trova esterno all'angolo nord-ovest della Concessione Mineraria Monica (Fig. 1).

La Concessione MONICA copre ettari 128 e l'ampliamento richiesto è di 1108 ettari per un periodo di anni 20 anni.

Vengono a seguito descritte la geologia, geomorfologia e la situazione geomineraria che interessano la Concessione.

Nel Capitolo 7 si dettagliano le caratteristiche geografiche della Concessione nel suo stato di fatto e quelle che riguardano l'ampliamento oggetto dell'istanza.

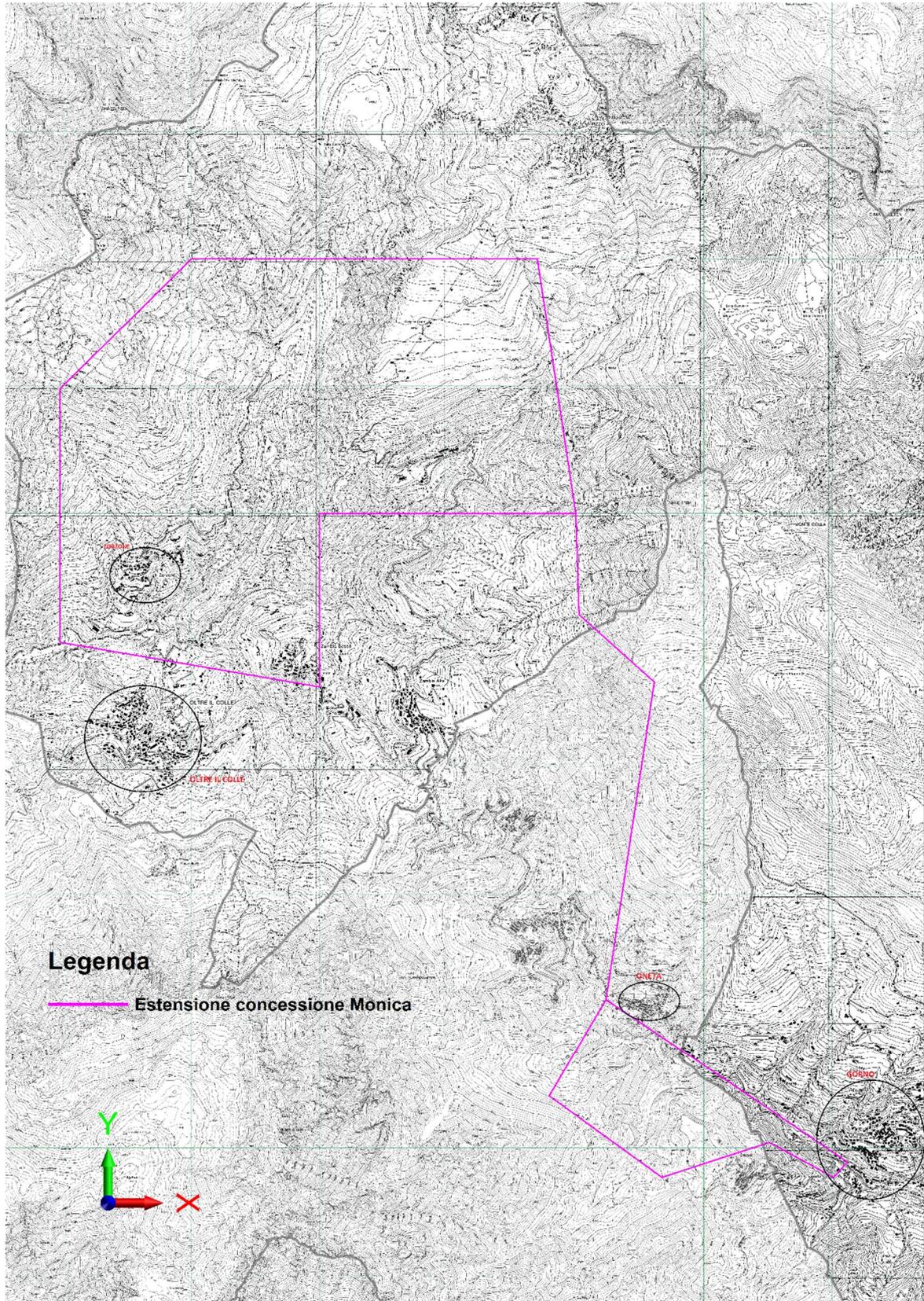


Figura 1- Concessione Mineraria Monica ed ampliamento richiesto.

## 2. Premessa.

Questa relazione costituisce parte integrante della richiesta presentata alla Regione Lombardia Ambiente, Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile dalla società Energia Minerals (Italia) S.r.L (EMI), finalizzata al rinnovo e ampliamento della Concessione Mineraria denominata “MONICA” per la coltivazione per zinco, piombo e minerali associati. La Concessione Mineraria Monica è situata nel territorio dei comuni di Gorno, Oneta ed Oltre il Colle, Provincia di Bergamo.

La Concessione di Coltivazione MONICA di ettari 128 è stata assegnata alla EMI con decreto N. 845 del 06/02/2015, emesso dalla Regione Lombardia, Direzione Generale Ambiente, Energia e Sviluppo Sostenibile.

I minerali oggetto della coltivazione (zinco, piombo ed argento) sono definiti Minerali di Interesse Nazionale come stabilito dai decreti R.D. 1443/1927 e D.P.R. 382/1994.

L’area della richiesta estensione della Concessione MONICA è di 1108 ettari.

L’area d’interesse è mostrata in Figura 1.

Le Prealpi Lombarde sono sede di importanti mineralizzazioni a Pb, Zn, F e Ba, di cui la principale è situata a Gorno. Si calcola che in questo bacino siano state estratte più di 800.000 tonnellate di Zn+Pb metallico.

Il giacimento oggetto del programma di coltivazione è composto da minerali di zinco e piombo con associato argento, ed è quindi ascrivibile alla categoria dei giacimenti di interesse nazionale (prima categoria).

### 3. Capacità tecnico-economiche della Società.

La Società Energia Minerals (Italia) Srl (EMI) è una compagnia registrata in Italia, con sede legale in Milano, Corso di Porta Romana 6, codice fiscale N. 07766110964, iscritta al Registro Società della Camera di Commercio di Milano N. 1980454, e controllata interamente dalla Alta Zinc Limited (AZI), incorporata a Perth (Australia) e iscritta nel Registro delle Società in Australia col N° ABN 63 078 510 988, sito web [www.altazinc.com](http://www.altazinc.com). La AZI è quotata sul mercato azionario australiano. Informazioni più dettagliate sono esposte nella relazione operativa in Allegato 1.

La Società opera livello internazionale, con progetti attivi in Australia e in Italia per metalli base ed uranio, e fa affidamento su un gruppo di tecnici con esperienza multidisciplinare e pluriennale, da esplorazione a produzione, nel settore minerario.

Il supporto economico è assicurato sia da investitori istituzionali che da azionisti: ciò permette l'avvio delle attività di estrazione e la continuità operativa nel tempo di progetti il cui potenziale è riconosciuto ed alimentato dal proseguire delle attività di ricerca che si effettuano in contemporanea alle attività estrattive.

Lo scopo principale della Società è di definire depositi di minerali economicamente utili con tecniche prospettive d'avanguardia e di avviarne l'estrazione con metodologie moderne e nel pieno rispetto delle norme ambientali e di tutela della salute pubblica.

#### 4. Inquadramento geografico.

La Concessione Monica è situata nella parte nord-occidentale della Provincia di Bergamo, Lombardia settentrionale, ed è compresa nei Comuni di Oltre il Colle, Oneta e Gorno (Fig.3).

L'estensione richiesta è di ettari 1116 per un periodo di anni 20. I vertici sono, in proiezione geografica UTM WGS84 Z32N (Gauss Boaga):

#### **NUOVA CONCESSIONE MONICA**

#### **Coordinate vertici ed area (totale ettari 909)**

	X	Y
V1	1560000,000	5086000,000
V2	1562700,000	5086000,000
V3	1563000,000	5084000,000
V4	1561000,000	5084000,000
V5	1561000,000	5082600,000
V6	1559000,000	5083000,000
V7	1559000,000	5085000,000
V8	1563026,000	5083198,000
V9	1563613,000	5082668,000
V10	1563236,000	5080171,000
V11	1565120,000	5078890,000
V12	1565013,000	5078769,000
V13	1564511,000	5079043,000
V14	1563673,000	5078769,000
V15	1562793,000	5079409,000

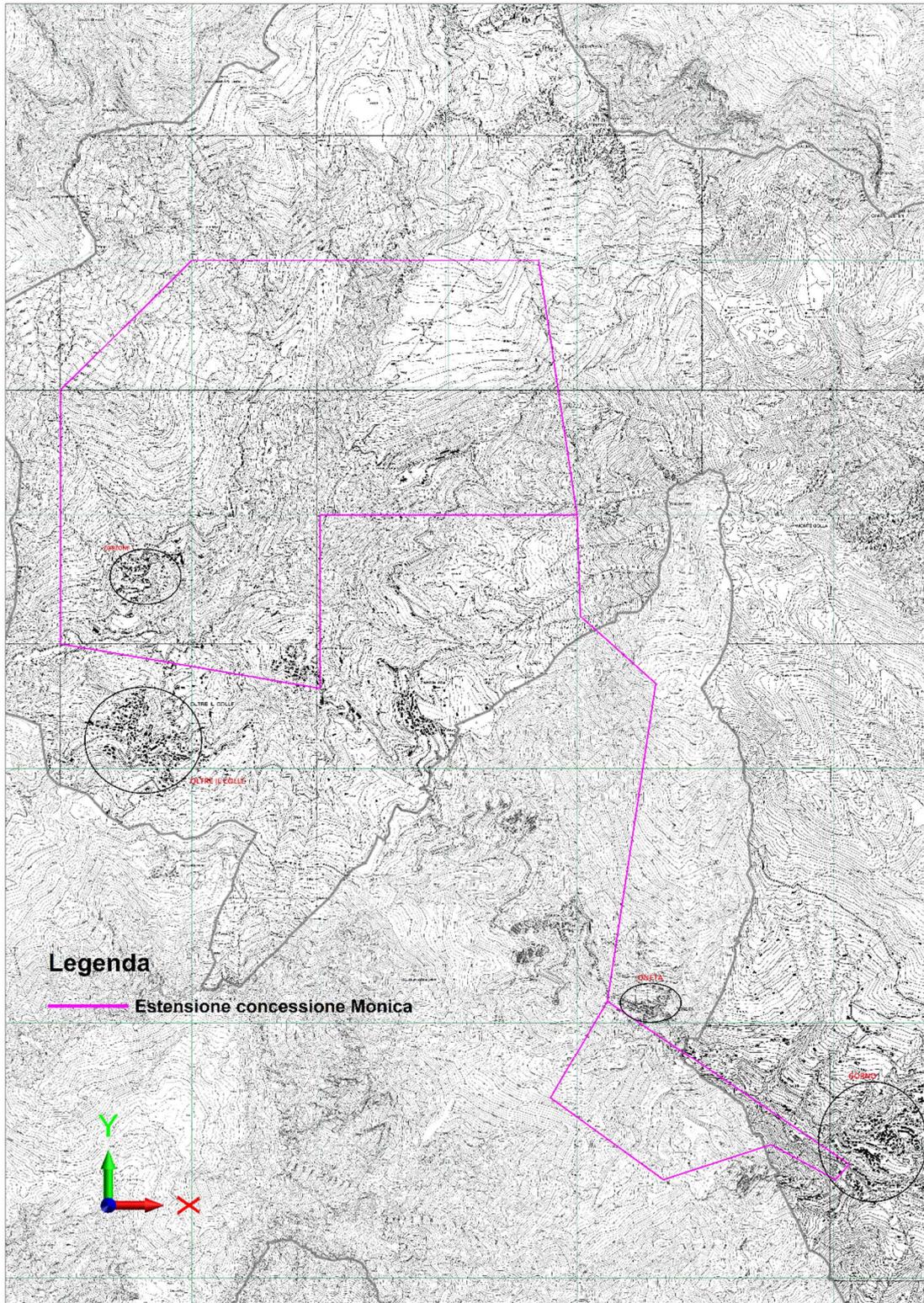


Figura 2- Comuni interessati e perimetro di concessione

#### **4.1. Caratteri morfologici.**

L'area oggetto dell'estensione è ubicata in Alta Val Brembana, in corrispondenza della Val Vedra e ad est della Frazione di Zorzone di Oltre il Colle (BG).

La topografia del territorio è caratterizzata da rilievi alpini e sub-alpini con quote che superano i 2 500 m.s.l.m., collocando l'area nella fascia altimetrica montana più elevata della Provincia di Bergamo.

Gli abitati di Zambla, Oltre il Colle e Zorzone sono sviluppati lungo i pendii rispettivamente del Grem, dell'Alben e del Menna e sono divisi tra loro da profondi solchi in cui scorrono i torrenti principali della Valle Parina e della Valle Vedra.

Il Passo di Zambla Alta (1 264 m.s.l.m.), posto alla sommità del costone che unisce il Monte Alben alla Cima di Grem, rappresenta uno spartiacque naturale tra la Val Serina ad occidente e la Valle del Riso ad oriente. I versanti ai due lati dello spartiacque sono costituiti principalmente da roccia dolomitica e sono caratterizzati da profondi dirupi in particolare nel versante orientale.

Il Pizzo Arera (2 512 m.s.l.m.) è la cima più importante di quelle che circondano la conca di Oltre il Colle ed è facilmente visibile e riconoscibile dalla pianura anche da molti chilometri di distanza. È costituito in gran parte da rocce calcaree che hanno favorito il formarsi di cavità sotterranee a seguito di dissoluzioni di origine carsica. Da secoli è anche conosciuto per le miniere di calamina ora dismesse.



*Figura 3- Corografia con individuazione dei principali rilievi presenti nell' area*

*Parchi e Comunità Montane.*

I Parchi Nazionali e le Comunità Montane che interessano l'area sono:

- Parco delle Orobie Bergamasche (Fig. 3.2. A)
- ZPS IT2060401 (Parco delle Orobie Bergamasche)
- Comunità Montana Valle Brembana (Fig. 3.2. B)
- Comunità Montana Valle Seriana Superiore (Fig. 3.2. B)

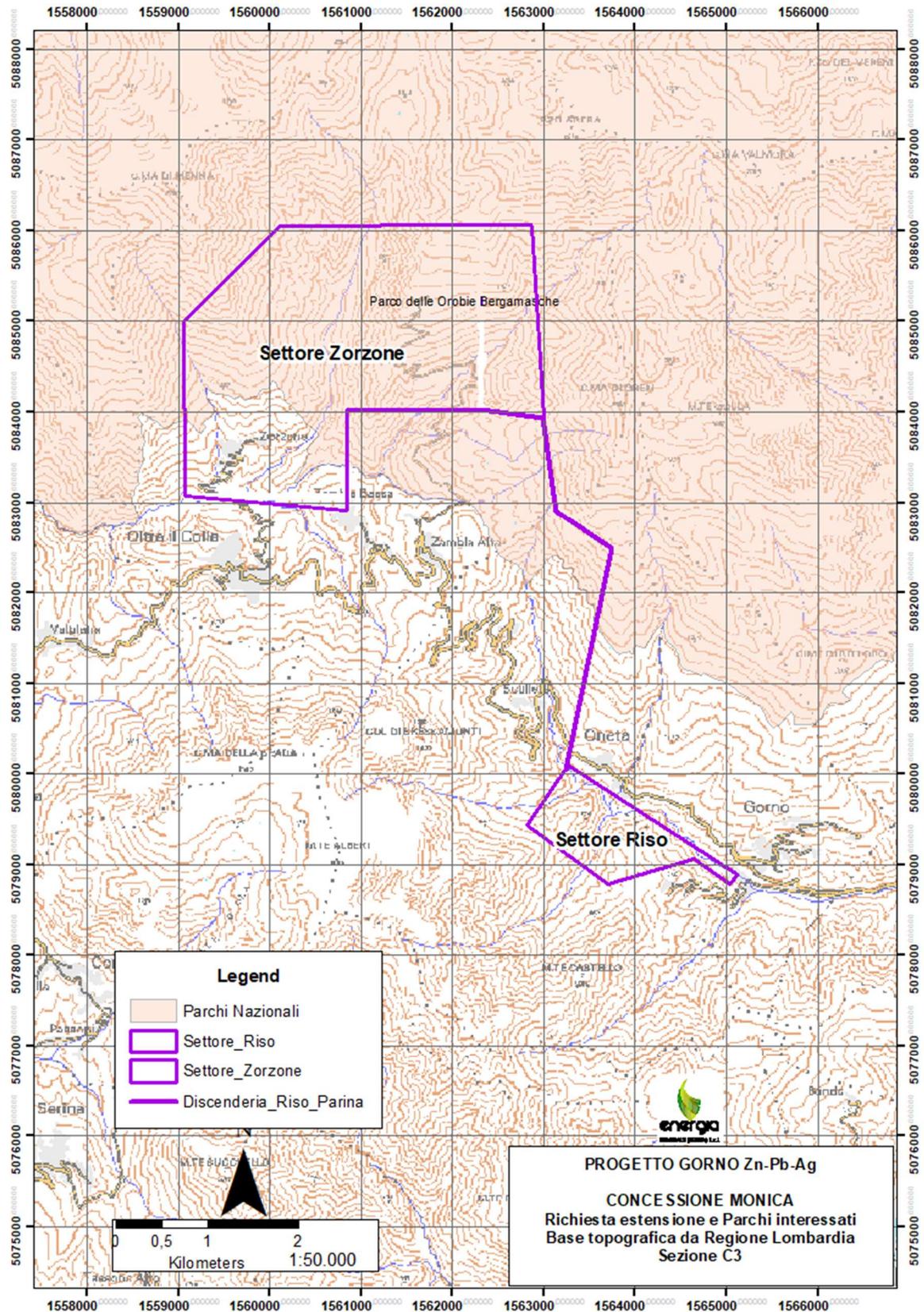


Figura 4- Parco delle Orobie Bergamasche e perimetro di concessione.

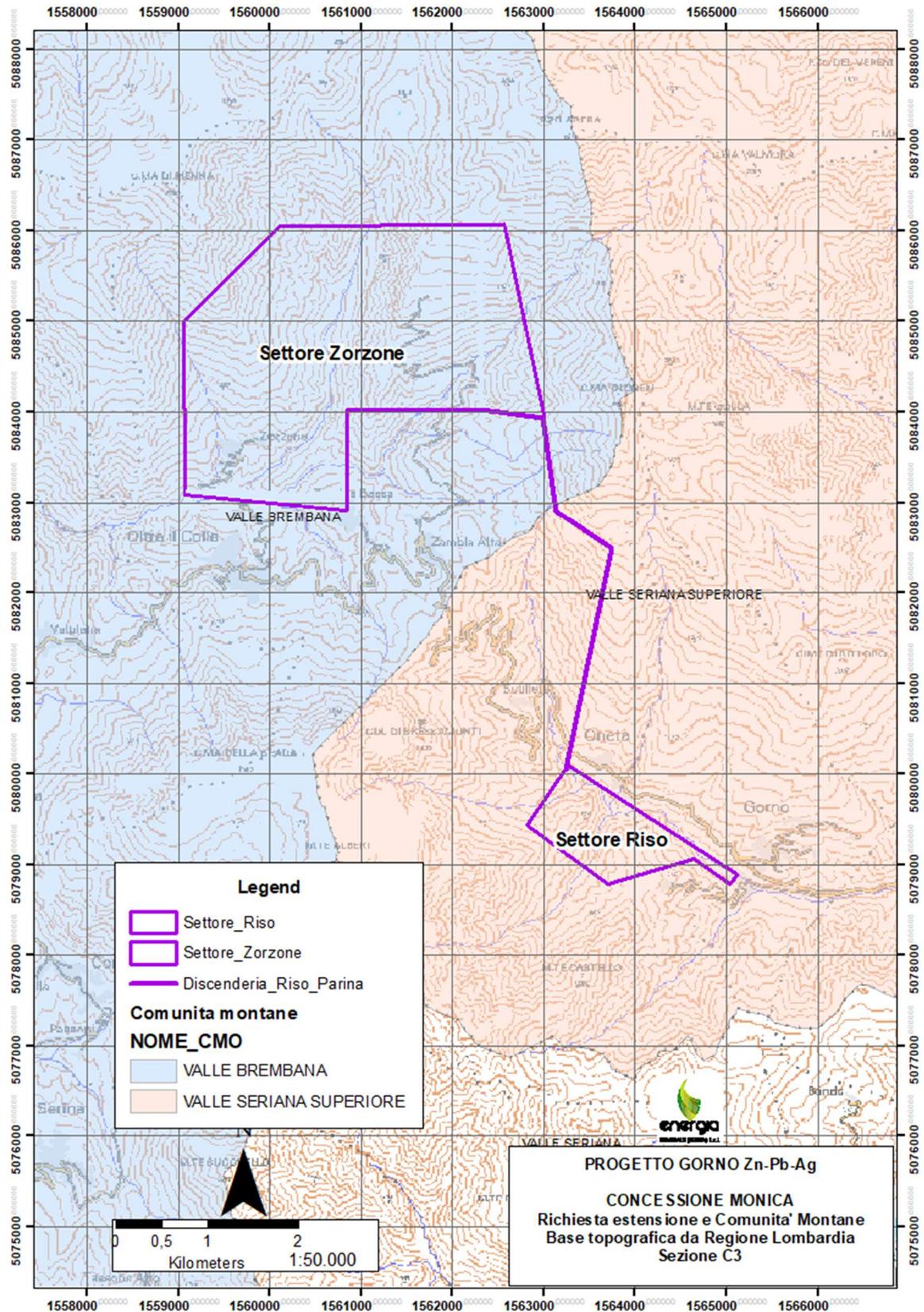


Figura 5- Comunità Montane

## 4.2. Caratteri geomorfologici.

Con riferimento ai caratteri geomorfologici, l'ambito territoriale preso in esame può essere descritto, riprendendo le note relative all'Unità di Paesaggio n. 13 "Val Secca e Val Vedra" del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, come segue:

*"L'unità ambientale appartiene alla fascia prealpina per i paesaggi montani e delle dorsali della Val secca, della Val Vedra e della Valle Nossana, ed alla fascia prealpina delle energie di rilievo caratterizzata da un complesso sistema continuo di creste a diversa morfologia (...), il sistema di versante è a morfologia calcarea, più complesso e notevolmente accidentato e inciso con sistemi di creste articolate su una sequenza che, senza soluzione di continuità, tocca i monti: Valbona, Menna, Vetro; culmina nel massiccio dell'Arera e prosegue verso est con la cima di Leten ed il monte Secco (...). Il sistema di cresta altresì costituisce elemento di scenario per vasti ambiti della media Val Brembana e risultano chiaramente riconoscibili da grandi distanze in diversi periodi dell'anno in funzione del precoce innevamento o del disgelo tardivo, costituendo importante punto di riferimento per la pianura bergamasca".*

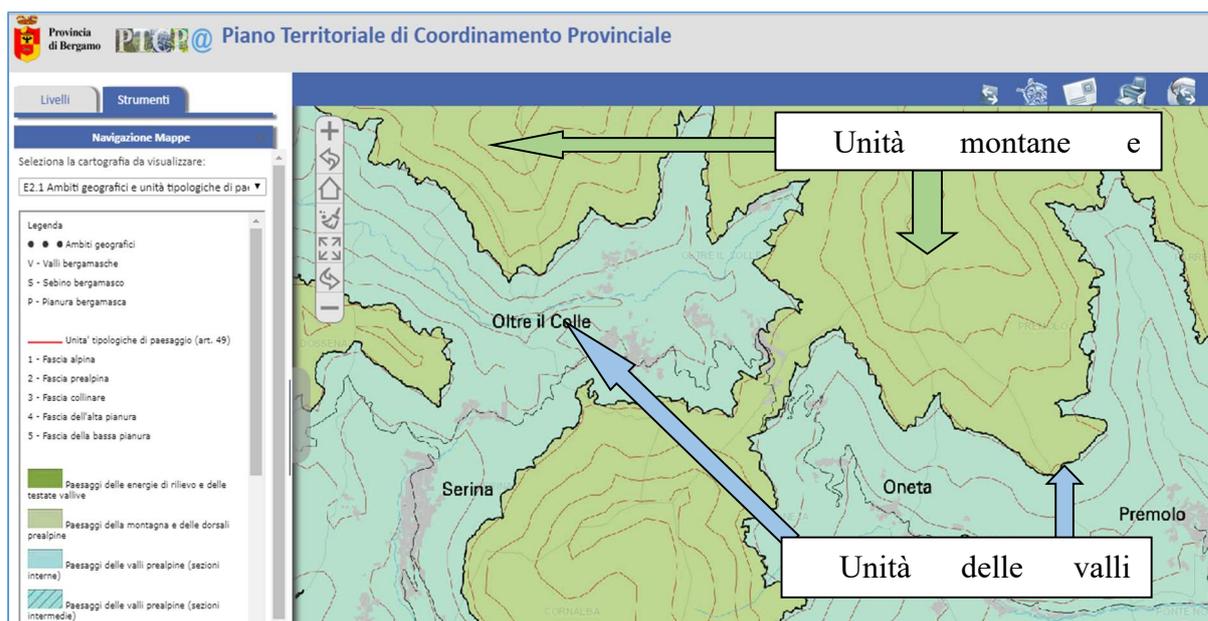


Figura 6- Unità Morfologiche

Il rilievo molto accentuato, i dislivelli significativi ed improvvisi e la verticalità delle pareti rocciose sono particolarmente evidenti nel settore di cresta tra il monte Menna, il monte

Arera e il monte Secco, segnato “*da una serie di creste e culminazioni che si alzano ampiamente al di sopra dei 2000 m di quota, in un ambiente caratterizzato da una tipica morfologia rupestre d’alta montagna, con ripidi versanti, ghiaioni e suggestive conche di origine glaciale*”.

## 5. Geologia

Le Alpi Bergamasche fanno parte delle Alpi Meridionali o Sudalpino che, da un punto di vista paleogeografico, vengono considerate un frammento di un continente (paleo-Africa) originariamente situato a Sud dell'Oceano Ligure-Piemontese. Tale porzione di catena è formata da un basamento cristallino con impronta metamorfica varisica e da una copertura sedimentaria di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Cretacico.

La geologia dell’area di interesse è mostrata in Fig. 5 a seguito.

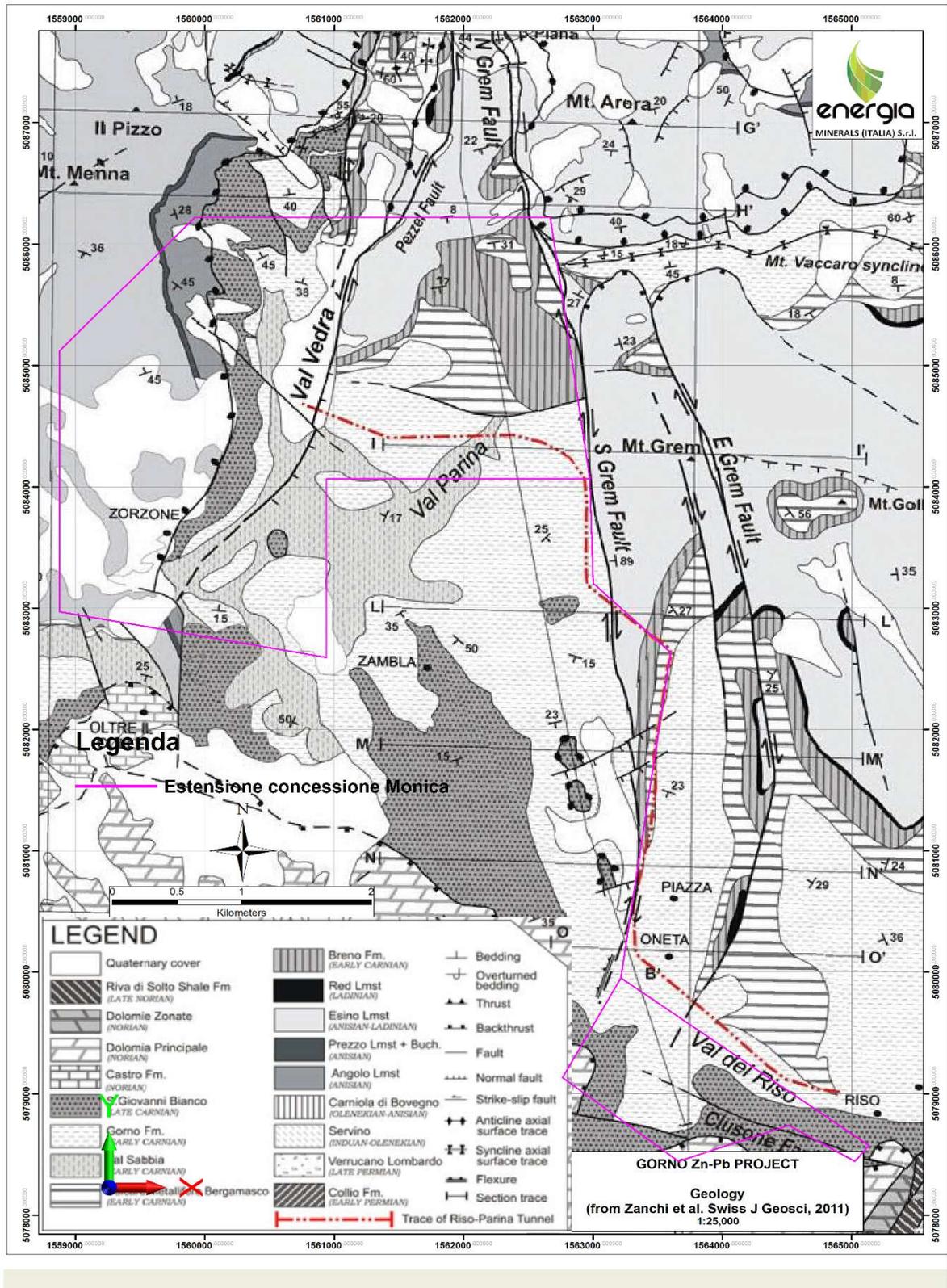


Figura 5: Geologia dell'area di interesse.

### 5.1. Caratteri strutturali.

L'evoluzione strutturale della catena è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi (Fig. 5.1. a, Fig. 5.1.b). In particolare sono state riconosciute:

- due o più fasi deformative prealpine da cui deriva il metamorfismo del basamento cristallino;
- una tettonica distensiva iniziata nel Permiano e protrattasi fino al Giurassico medio, culminata con l'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese (durante tale periodo il Sudalpino ricoprì il ruolo di margine continentale passivo);
- una tettonica compressiva iniziata nel Cretacico superiore e perdurata, anche successivamente alla collisione continentale, sino al Neogene.

L'attuale configurazione strutturale della catena è il risultato della tettonica compressiva di età alpina, che ha dato luogo ad una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti pellicolari (fold-thrust chain). L'edificio strutturale che ne è derivato risulta particolarmente complesso e può essere schematicamente suddiviso, da nord a sud, in tre settori:

- Basamento cristallino (zona orobica) ed anticlinale orobica s.s. La zona orobica costituisce la più settentrionale delle zone nelle quali viene tradizionalmente suddivisa la catena. Essa è costituita dalle rocce del basamento metamorfico accavallate sulle loro coperture permo-triassiche lungo un fascio di linee in parte vicarianti, talora en échelon orientate E-W, che in letteratura sono conosciute come Linea Orobica. A S di questa è presente una stretta fascia costituita da strutture anticlinaliche, con disposizione en échelon destra, che coinvolgono sia il basamento cristallino che la copertura sedimentaria permo-triassica.
- Un settore centrale comprendente la successione triassica che corrisponde in gran parte con la porzione di catena sudalpina nota come Prealpi Bergamasche. L'assetto strutturale di questa zona è particolarmente complesso nella fascia settentrionale dove, a ridosso delle anticlinali orobiche, si sviluppa un sistema di faglie WSW- ENE e E-W, noto in letteratura come Valtorta-Valcanale. A S di tale

sistema si sviluppa un edificio strutturale alloctono formato dalla successione triassica (“Para-autoctono ed unità alloctone”).

- Un settore frontale che comprende le unità giurassico-cretacee.

Il territorio oggetto di questa relazione ricade nel settore centrale, costituito dalle unità triassiche (eta' 250-210 milioni di anni). Queste formano un edificio alloctono, localmente caratterizzato dalla duplice o triplice ripetizione delle unità strutturali (Fig. 5.1., c), prevalentemente inclinate verso S ed impostate lungo gli orizzonti evaporitici e le carniole delle Formazioni di San Giovanni Bianco e della Carniola di Bovegno, accavallatesi tra loro lungo superfici di scorrimento. A grande scala, l'edificio che ne deriva può essere schematizzato come un insieme di embrici immergenti verso la pianura. L'immersione verso meridione, legata al basculamento prodotto a scala regionale dalla deformazione della fascia delle Anticlinali Orobiche, comporta l'emergenza del solo margine settentrionale delle unità alloctone in posizione inferiore. I fronti meridionali di tali unità sono infatti ricoperti dalle unità alloctone sovrastanti. Nel territorio in esame, le unità triassiche affioranti comprendono le formazioni che dall'Anisico inferiore e medio (Calcarea di Angolo) giungono sino al Norico inferiore (Dolomia Principale).

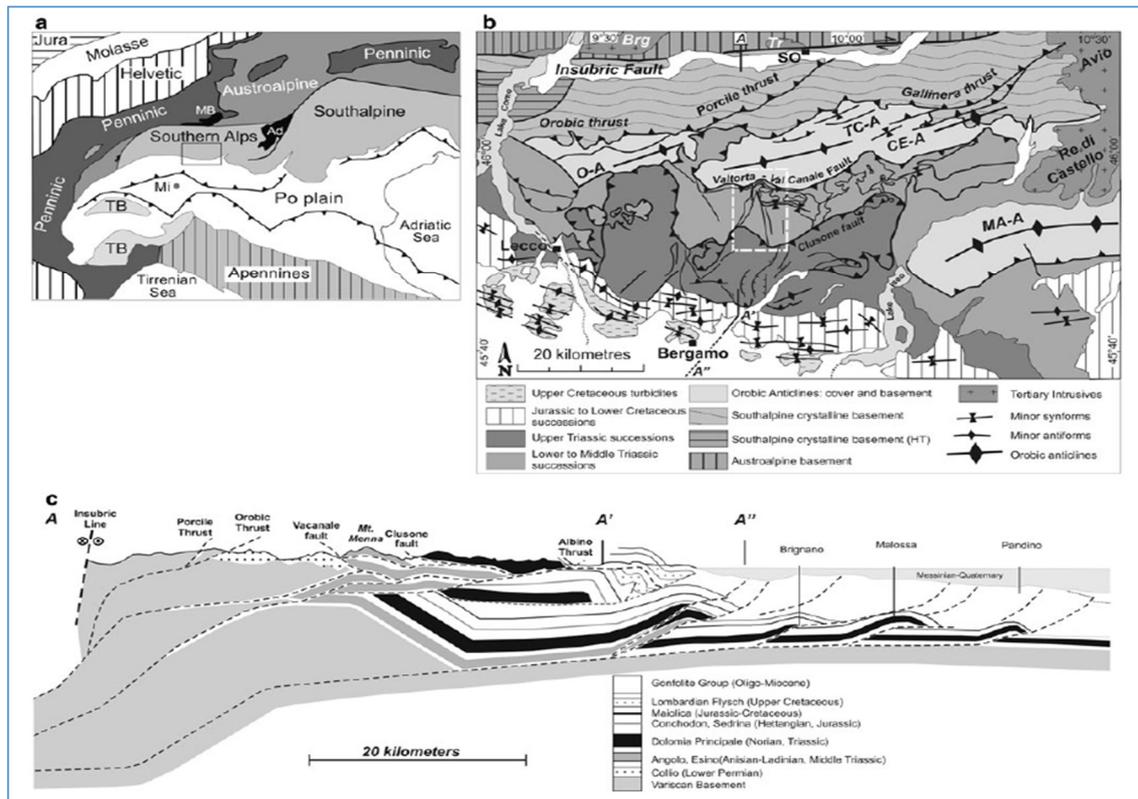


Figura 5.1.a: Evoluzione strutturale del settore alpino bergamasco (Zanchi et al, 2010).

## 5.2. Geologia dell'area in oggetto.

Le unità che affiorano nell'area in esame sono di età comprese fra il Triassico Medio e Triassico Superiore, come indicato nello schema stratigrafico in Figura 7 e sono descritte a seguito:

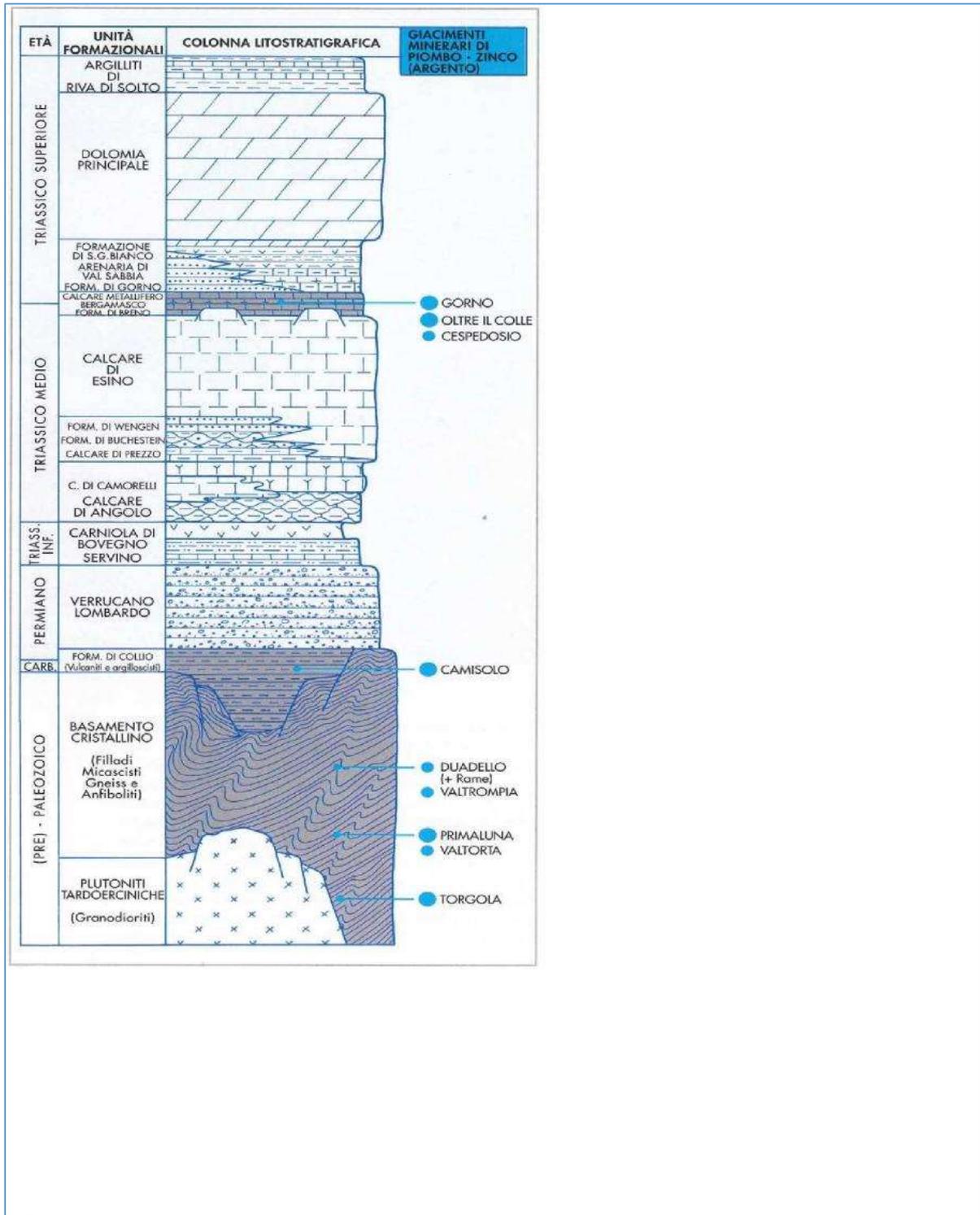


Figura 7- Colonna stratigrafica delle formazioni geologiche di riferimento

### 5.2.1. Calcare di Angolo (Anisico inferiore-medio).

Il Calcare di Angolo affiora lungo una fascia ristretta ma continua nella porzione settentrionale del Foglio 077-Clusone, dalla Val Brembana sino al margine orientale del foglio.

Il Calcare di Angolo è rappresentato da calcari grigio-scuri localmente in strati pluridecimetrici planari, con intercalazioni di orizzonti costituiti da strati più sottili, amalgamati, debolmente nodulari, bioturbati e con interstrati millimetrico-centimetrici marnosi (litofacies calcarea). I calcari sono in prevalenza fini, con locali intercalazioni calcarenitiche con dispersi crinoidi e laminazioni parallele. Lo spessore di questa litozona, in genere non ben affiorante, varia da 60 m a circa 120 m nel settore a occidente della Val Seriana, mentre a oriente questa facies costituisce interamente l'unità, raggiungendo uno spessore di circa 400 metri. Nella porzione più occidentale del Foglio 077-Clusone questa litofacies contiene una piccola porzione terrigena fine, sottolineata dalla presenza di lamelle di muscovite. Alla base dell'unità sono anche intercalati dei livelli di spessore da decimetrico a plurimetrico di dolomie calcaree vacuolari, simili a quelle della carniola di Bovegno.

Il Calcare di Angolo rappresenta un ambiente deposizionale a sedimentazione prevalentemente carbonatica di baia subtidale, caratterizzato da fondali sufficientemente ossigenati per consentire lo sviluppo di una ricca fauna di organismi molli responsabili della bioturbazione che caratterizza l'unità.

### 5.2.2. Calcare di Esino (Anisico-Carnico).

Il calcare di Esino costituisce l'unità con gli affioramenti più estesi e continui del Foglio 077-Clusone; esso costituisce la maggior parte dei massicci carbonatici settentrionali (Ortighera - Cima di Menna, Pizzo Arera - M. Secco, M. Redondo - Vigna Vaga) che attraversano in senso E-W la parte centro-settentrionale del foglio.

Le sezioni più potenti e complete (700-900 m di spessore) di questa formazione sono presenti nel settore brembano (massiccio del Menna-Ortighera) ed una sezione stratigrafica tipica si osserva sul crinale della Cima di Menna, fra i 1730 e i 2100 m.

Il calcare di Esino è di facies di piattaforma marginale-pendio e si presenta a colorazione grigio-chiara/nocciola, passante a grigio scuro. Esso è caratterizzato dalla presenza di calcari

compatti, sovente bioclastici, localmente con biocostruzioni (prevalenti croste microbialitiche e Tubiphytes, coralli e alghe) e/o intercalazioni calcarenitico-ruditiche, interessati da numerose cavità dai contorni mammellonari e riempite da cementi calcitici e microbialiti, sovente di colore grigio scuro. Localmente si associano e diventano prevalenti le calcareniti grossolane granoclassate e laminate, intercalate a calciruditi intraclastiche e bioclastiche spesso ricche in bivalvi e a breccie-megabreccie caotiche amalgamate, con clasti intraformazionali di dimensioni sino a metriche, cementate e permeate da un esteso e irregolare reticolato di cavità, fratture tensionali subverticali e anche localmente sedimenti interni argillosi.

Gli spessori del Calccare di Esino sono variabili. Nel settore occidentale del Foglio 077-Clusone, caratterizzato da una successione medio-triassica prevalentemente di piattaforma carbonatica, la potenza si mantiene tra 700 e 1000 m; nelle aree orientali, a evoluzione più bacinale, dove sono presenti le unità eteropiche di Buchenstein, Wengen e/o Perledo-Varenna, il Calccare di Esino presenta spessori compresi tra 400 e 500 m. In particolare le facies di pendio raggiungono il maggiore sviluppo e spessore in bassa Val Parina (circa 600 m) e costituiscono la maggior parte della successione del calcare di Esino.

Il Calccare di Esino presenta un limite stratigrafico inferiore con varie unità: C. di Angolo, Calccare di Prezzo, F. di Buchenstein e F. di Wengen; in tutti questi casi il limite, da netto a transizionale, viene posto in corrispondenza della prevalenza delle facies calcarenitiche e calciruditiche grigio-nocciola stratificate o massive che caratterizzano la base di questa formazione. Il limite superiore con i carbonati peritidali del calcare rosso in genere è netto, evidenziato dalla presenza di una discontinuità stratigrafica localmente evidenziata anche da un livello a "terra rossa" e/o tasche con diverse tipologie di breccie, localmente pedogenizzate, permeate da argille e con clasti carbonatici e argillosi policromi. Nei casi in cui la discontinuità non è evidente (settore orientale della valle dell'Ogna) il limite viene posto in corrispondenza della comparsa di calcari meglio stratificati. Si segnala che il Calccare di Esino poggia direttamente sul Calccare di Prezzo, e talora sul Calccare di Angolo, nel settore a occidente della Val Seriana, mentre verso oriente sono più diffuse alla base le facies bacinali eteropiche della Formazione di Wengen e della Formazione di Buchenstein.

L'età delle successioni più potenti del calcare di Esino comprende la parte sommitale dell'Anisico e tutto il Ladinico.

### 5.2.3. Formazione di Breno.

In Val Brembana, lo spessore massimo di questa formazione raggiunge 140 m; verso nord ed est esso si riduce a qualche decina di metri. Questa unità è ovunque caratterizzata da una successione di calcari grigio chiari, in banchi di spessore sino a metrico, caratterizzati da cicli regressivi peritidali di spessore decimetrico-metrico. Nella porzione subtidale sono presenti (*Clypeina besici*), Gasteropodi e Foraminiferi bentonici (*Trocholina procera*, *Involutina sp.*, *Glomospira sp.*). La porzione intertidale si caratterizza per la parziale dolomitizzazione e la presenza di stromatoliti.

In Val Brembana e Seriana, nei lavori minerari del distretto piombo-zincifero, sono presenti packstones e wackstones intra-bioclastici con *Dasycladacee*. A Gorno, sono stati descritti e correlati vari livelli biancastri di spessore sino a decimetrico di argilliti tufacee. In questo settore, l'unità è una piattaforma carbonatica di retro-scogliera, con ambienti lagunari e di zona intercotidale. In Val Brembana, l'età di questa unità corrisponde al Carnico inferiore in base al contenuto algale. La Formazione è localmente mineralizzata a fluorite, sfalerite e galena.

### 5.2.4. Calcare Metallifero Bergamasco (CMB, Carnico inferiore).

Quest'unità è presente in tutte le Prealpi Bergamasche, formando una sottile fascia di affioramenti al tetto del Calcare di Esino o della Formazione di Breno.

La denominazione deriva dal fatto che questa unità, unitamente alla sottostante Formazione di Breno, contiene mineralizzazioni a Pb-Zn, fluorite e barite. Il termine minerario di "Metallifero", utilizzato in passato negli studi giacimentologici, è più estensivo in quanto comprende questa unità e la sottostante Formazione di Breno. Il limite inferiore è costituito dal contatto con la Formazione di Breno e si realizza con passaggio da calcari grigio chiari a calcari scuri ben stratificati con stromatoliti e localmente liste di selce nera. Superiormente l'unità passa a marne scure della parte basale della Formazione di Gorno o ad arenarie a clasti vulcanici e siltiti verdine dell'Arenaria di Val Sabbia.

Gli spessori del CMB in Val Brembana variano da pochi metri a circa 20 m; più a oriente la potenza media si mantiene sui 40-50 m. Il Calcare Metallifero Bergamasco è

costituito da calcari grigio scuri ben stratificati con cicli peritidali di spessore decimetrico, ricchi in livelletti stromatolitici planari e fenestrae. Tra le microfacies sono diffusi i packstones bio-intraclastici bioturbati, fenestrati e localmente grainstones oolitici. Nella parte sommitale dell'unità sono più frequenti le sottili intercalazioni marnose e i fenomeni di silicizzazione con liste di selce nera soprattutto in corrispondenza della media Val Brembana. Nelle zone dove il Calcarea Metallifero Bergamasco risulta mineralizzato sono presenti grandi cavità paleocarsiche alla sua sommità.

I fossili sono scarsi e limitati a rare Dasycladacee (*Clypeina besici*), piccoli Gasteropodi e Lamellibranchi e Foraminiferi bentonici. L'ambiente deposizionale del Calcarea Metallifero Bergamasco è una piana tidale ristretta prospiciente il sistema deposizionale lagunare-deltizio dell'Arenaria di Val Sabbia - Formazione di Gorno.

#### 5.2.5. Arenaria di Val Sabbia (Carnico).

L' Arenaria di Val Sabbia costituisce una fascia a decorso meridiano lungo il versante destro della Val Brembana da Averara a Camerata Cornello, estendendosi da qui verso est sino a Dossena; è presente inoltre in alta Val Parina fra Oltre il Colle e il Pizzo Arera. L'unità poggia su marne e calcari marnosi del Membro basale della Formazione di Gorno oppure direttamente sul Calcarea Metallifero Bergamasco. Il limite è generalmente posto in corrispondenza della comparsa di arenarie con clasti di vulcaniti e siltiti verdastre ben stratificate al di sopra di marne e/o calcari marnosi grigio scuri. Nei dintorni di Dossena le arenarie verdastre fanno da transizione verso il basso ai calcari marnosi e marne siltose nere della "Lingua inferiore" della Formazione di Gorno. Superiormente l'unità passa gradualmente ai calcari marnosi neri ed arenacei della Formazione di Gorno, con cui presenta evidenti rapporti di eteropia.

L' Arenaria di Val Sabbia raggiunge in media Val Brembana uno spessore massimo di 520 m, verso nord si riduce a 250-150 m e poi si chiude rapidamente verso Nord ed Est. L'unità è caratterizzata da siltiti e litareniti vulcaniche plagioclastiche, arenarie immature o submature; esse si presentano molto compatte e ben stratificate in banchi sino a plurimetrici. Nel settore occidentale dal basso verso l'alto si può distinguere una porzione di colore grigio-verdastro (Arenaria di Val Sabbia inferiore), seguita da arenarie di colore rosso cupo

(Arenaria di Val Sabbia centrale), ed infine un secondo intervallo di arenarie verdi (Arenaria di Val Sabbia superiore).

L' Arenaria di Val Sabbia non contiene fossili; solo localmente nelle arenite verdi dei settori più settentrionali sono stati rinvenute concrezioni contenenti piccoli lamellibranchi.

Questa unità è attribuita al Carnico, sulla base dell'eteropia con la porzione medio-inferiore della Formazione di Gorno. Le caratteristiche sedimentologiche ed i rapporti laterali dell'Arenaria di Val Sabbia indicano una deposizione in ambiente di transizione da continentale a lagunare, in corrispondenza di due distinti edifici deltizi, uno occidentale esteso dalla Valsassina alla Val Brembana, e uno orientale sviluppato essenzialmente nel Bresciano. Nell'ambito dell'edificio deltizio brembano si può distinguere una prima fase di progradazione con deposizione in ambiente deltizio marino (arenarie verdi), a cui seguono i red-beds fluvio-deltaici tipici di ambienti di piana deltizia.

Nella parte superiore dell'unità, la riduzione graduale degli apporti evidenzia il ritorno a condizioni di piana deltizia inferiore e fronte del delta. I depositi grossolani alla base di ciascuna sequenza sono interpretati in questo quadro come depositi di riempimento di canale, seguiti da depositi più fini di inondazione. La direzione in cui decrescono gli spessori, le strutture sedimentarie e la petrografia dei clasti indicano una provenienza dall'erosione di una cintura vulcanica posta a sud e non nota in affioramento. Il chimismo andesitico dei litici vulcanici, in particolare, porta ad ipotizzare una deposizione entro un bacino di retroarco ensialico. I clasti di vulcaniti alterate deriverebbero da apparati vulcanici del Carnico inferiore; è tuttavia possibile che buona parte degli stessi possa costituire l'erosione di successioni terrigene con vulcanoclastiti ladiniche (Formazione di Wengen).

#### 5.2.6. Formazione di Gorno (Carnico inf.).

Affiora ampiamente sul versante sinistro della media Val Brembana, da Camera Cornello a Dossena, e con continuità si estende dall'alta Val Parina – conca di Oltre il Colle alla valle del Riso, sino alla media Val Seriana (Ardesio – Villa d'Ogna). La sezione tipo è nella valle del Riso: questa sezione è attualmente poco affiorante e priva dei limiti di tetto e di letto, per cui si propone la sezione lungo la strada tra Dossena e Valpiana come nuova sezione di riferimento. Arenite e calcarenite ibride, con laminazioni parallele, ripple da onda

e da corrente e bioturbazioni sono localmente intercalate nella parte inferiore presso S. Giovanni Bianco, Dossena e in Val Vedra e al tetto dell'unità (Valle Asnera inferiore). Nella successione di Dossena, l'unità è caratterizzata da una litozona mediana prevalentemente carbonatica, di spessore decametrico, in strati e banchi amalgamati con dispersi noduli di selce nera. Nelle successioni alloctone più settentrionali (Pizzo Arera, crinale di Cima Blum) sono presenti alcune intercalazioni metriche di calcari grigio-chiari di piattaforma carbonatica (F. di Breno). Nella valle del Riso, la locale successione della F. di Gorno presenta anche intercalazioni di argilliti verdi, calcari dolomitici grigi e dolomie marnose vacuolari di colore ocraceo (litofacies simili a quelle della f. di S. Giovanni Bianco).

Lo spessore della Formazione di Gorno è estremamente variabile, anche a causa delle eteropie presenti; varia da 70 a 140 m tra S. Giovanni Bianco e Lenna, raggiunge valori medi di 140-180 m nel settore Dossena - Oltre il Colle e supera i 250 m nella valle del Riso e presso Ardesio.

L'unità poggia in genere sul Calcare Metallifero Bergamasco nel settore orientale, o sull'arenaria di Val Sabbia nel settore occidentale. Il limite inferiore con il Calcare Metallifero Bergamasco è generalmente netto, posto in corrispondenza dalla comparsa di marne e/o calcari marnosi grigio scuri. Nel settore meridionale (Val Brembana), la Formazione di Gorno sovrasta l'arenaria di Val Sabbia e il relativo limite è più graduale, evidenziato dal progressivo incremento di calcareniti ibride e calcari marnoso-siltosi di colore grigio scuro. Superiormente l'unità passa gradualmente alle arenarie e peliti verdastre della Formazione di San Giovanni Bianco.

#### 5.2.7. Formazione di San Giovanni Bianco (Carnico sup.).

L'unità si sovrappone alla Formazione di Gorno mediante una fascia di transizione, caratterizzata da intercalazioni, entro le marne ed i calcari neri, di strati arenacei verdi via via più frequenti. Si tratta di litotipi ricchi di frustoli vegetali e con strutture sedimentarie tipiche dei depositi di correnti di torbida: essi rappresentano verosimilmente la parte esterna di una conoide deltizia che si affacciava sulla baia in cui si depositava la Fm. di Gorno. La serie continua verso l'alto con depositi evaporitici costituiti da dolomie e calcari dolomitici

vacuolari, terrosi di color bruno giallastro e da banchi di breccie di collasso. Questi sedimenti si alternano a potenti pacchi di argilliti verdi e rosse, localmente con concrezioni carbonatico-silicee di dimensioni sino a decimetriche.

## **6. Caratteri geominerari.**

La Valle del Riso è sede del più importante distretto minerario piombo-zincifero della Lombardia. All'industria estrattiva (di storia millenaria e cessata nella seconda metà del ventesimo secolo) si devono molte migliaia di metri di galleria (circa 250 km), grandi cavità sotterranee, numerose discariche a cielo aperto localizzate soprattutto nella parte medio alta del versante sinistro della valle.

In Figura 8 sono delineati i corpi minerari del settore. Il Pannello Zorzone è evidenziato con i pannelli che saranno ulteriormente esplorati nel corso delle attività estrattive.

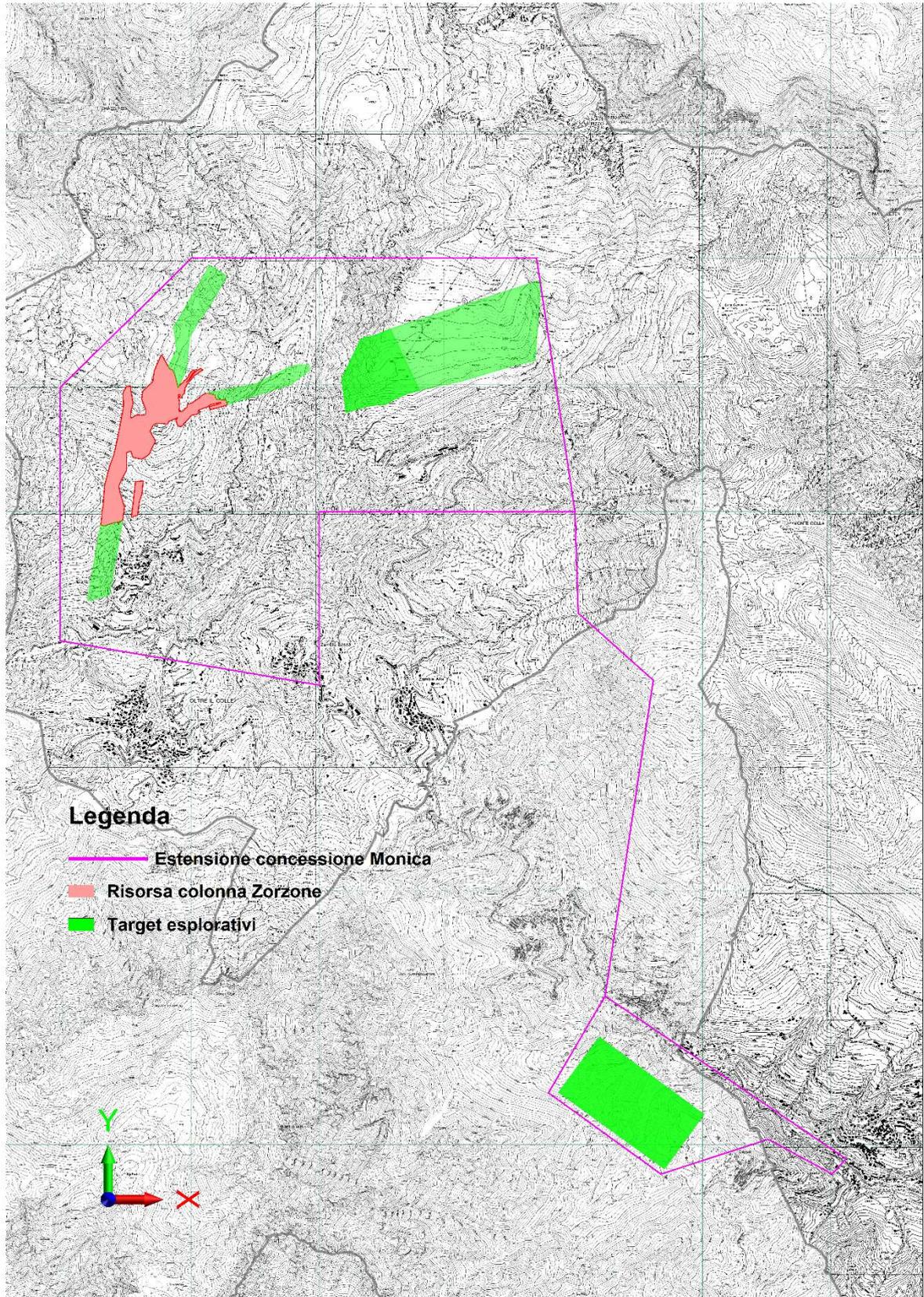


Figura 8- Rappresentazione dei Pannelli minerari entro l'area di concessione

I suoi minerali sono stati oggetto di coltivazione e lavorazione fin da epoca pre-romana. I ritrovamenti di scorie e manufatti bronzei nella zona (datati 1000 a.C.) lo dimostrano, com'è comprovato che le miniere fossero note in epoca romana, come affermato da Plinio il Vecchio (23/79 d.C.) e provato dal ritrovamento di reperti del tempo.

I filoni hanno una giacitura subverticale e sono ospitati generalmente in faglie o fratture. Essi sono stati coltivati in passato soprattutto per argento e la ganga più frequente è costituita, oltre che da quarzo, da siderite o barite, per cui lo stesso corpo può essere stato sfruttato anche per questi altri minerali.

In epoche più recenti, la maggior parte della produzione di zinco e piombo del Bergamasco non proviene però da questi filoni, ma da corpi a geometria planare e colonnare che, in forma di grosse lenti ramificate e contorte, con estensione anche di centinaia di metri in lunghezza e con spessori di alcuni metri, hanno dato luogo a intense coltivazioni nei calcari del Trias medio-sup. (Ladinico - Carnico). Questa porzione di rocce, molto limitata (circa 100 m di spessore massimo dell'orizzonte produttivo) rispetto all'intera serie dei terreni sedimentari della Bergamasca (alcune migliaia di metri di spessore totale), è da tempo conosciuta come potenzialmente fertile per minerali di zinco e piombo ed è nota, sia nella tradizione mineraria locale sia negli studi geologici, come "Metallifero".

Le caratteristiche litostratigrafiche di questa particolare "unità" sono rappresentate da calcari e calcari dolomitici da grigio chiari a grigio scuri fino a neri, a stratificazione marcata, con liste di selce e livelli di argilliti bituminose (*black-shales*) nella parte sommitale. La roccia di letto è costituita da calcari massivi biancastri, quella di tetto da arenarie verdi o da alternanze argilliti-calcari. Da un punto di vista paleogeografico, questo orizzonte può configurarsi come il livello di transizione tra un ambiente stabile di piattaforma carbonatica (Calcere di Esino del Ladinico) e una potente sedimentazione di ambiente lagunare-deltizio (formazioni carniche di Gorno, Arenaria di Val Sabbia e di S. Giovanni Bianco). Questi particolari "strati di transizione" si estendono, con caratteristiche costanti, come una fascia da Ovest ad Est per tutte le Orobie, dalla Valsassina alla Val Camonica. Tutte le principali attività minerarie per zinco e piombo (localmente fluorite e barite) sono ubicate in corrispondenza di tale fascia.

Nella parte settentrionale delle Valli Brembana e Seriana, dove affiorano rocce cristalline, soprattutto metamorfiche, del basamento sudalpino e rocce vulcaniche del Permiano

appartenenti alla Formazione di Collio, si rinvengono vene e filoni, portatori di minerali di zinco (blenda) e di piombo (galena), spesso con argento.

In Val Brembana, all'altezza di Piazza Brembana-San Giovanni Bianco, la serie metallifera attraversa latitudinalmente la valle, con una pendenza della stratificazione di circa una ventina di gradi verso Sud. Sul versante destro, dalla località Cespedosio verso Nord, sono ubicati numerosi cantieri, ormai inattivi, per la coltivazione delle calamine ospitate nelle formazioni di Breno e Calcare Metallifero Bergamasco. Nella zona compresa tra la Val Brembana e la Val Seriana, tra Dossena e Ponte Nossia, si estende l'importante "Distretto piombo-zincifero di Gorno-Oltre il Colle" (Fig. 7).

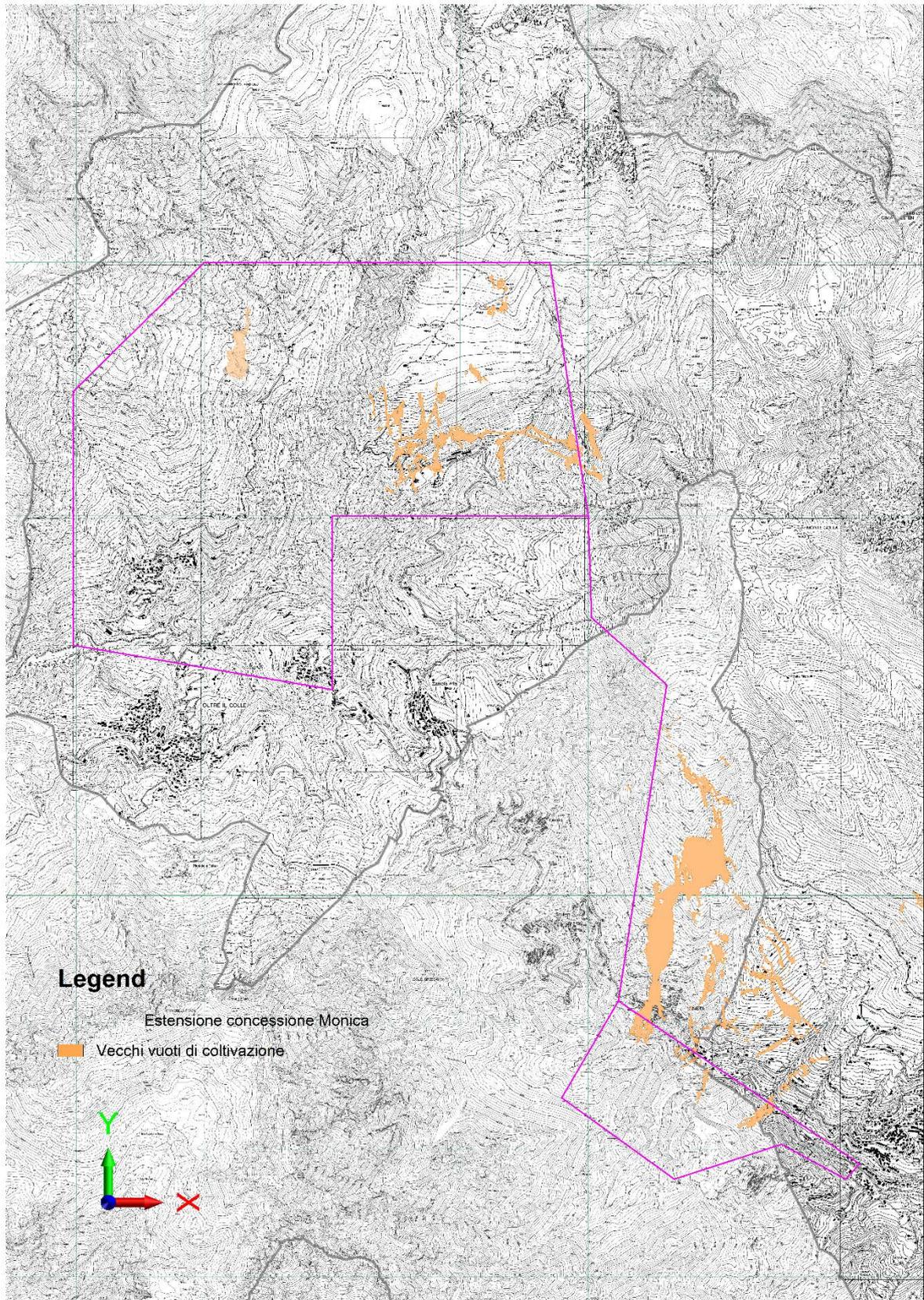


Figura 9- Rappresentazione dei corpi minerali storici di Gorno-Oltre il Colle

Le principali miniere, disseminate in un arco di circa 20 km, sono: *Vaccareggio, Val Vedra, Parina-Plassa, Arera, Grem, Riso, Belloro, Monte Trevasco.*

I corpi coltivati, a blenda (prevalente), galena e calamine, sono tutti ospitati nel "Metallifero" e hanno varie forme: colonnari e filoniformi nei calcari, stratoidi nei *black-shales* sommitali. La loro pendenza varia da suborizzontale a 45°; il corpo più esteso è la colonna *Fortuna*, che si allunga sull'asse Cima di Grem-Oneta per circa 2,6 km, dalla quota 1550 m alla quota 400 m.

L'associazione mineralogica dominante risulta costituita da blenda cristallina, di colore da bruno miele a rossastro, associata a galena, sia a grana fine che in cristalli grossolani. Sono presenti inoltre altri minerali accessori o in tracce come pirite, marcassite, calcopirite, Cu-Sb-As solfosali, argentite, fluorite e barite. Sono diffusi minerali secondari di alterazione come smithsonite, idrozincite ("calamine"), emimorfite, cerussite, anglesite, platnerite, limonite, auricalcite, malachite, azzurrite, covellina, calcocite e gesso oltre a piccole quantità di greenockite, wulfenite, arsenopirite e piromorfite. Spesso, intimamente commisto alla mineralizzazione metallica, si associa materiale bituminoso, talora in quantità rilevanti.

Le tessiture più frequenti delle mineralizzazioni blendose, visibili macroscopicamente, sono sacche e tasche decimetriche, livelli strato-concordanti uniti da vene, disseminazioni in noduli e mosche, cemento di breccie a clasti calcarei e dolomitici.

Le ipotesi genetiche più recenti per questo tipo di mineralizzazioni, che mostrano alcuni caratteri simili a quelle più estese della Valle del Mississippi (Stati Uniti), vedono l'arricchimento in metalli in bacini a circolazione ristretta (*black-shales*), coadiuvato probabilmente da un vulcanismo contemporaneo alla sedimentazione; da questa concentrazione primaria i solfuri metallici si sarebbero successivamente rimobilizzati in strutture ricettive ad alta porosità, come le cavità paleocarsiche (breccie) già preesistenti nei calcari. Il tenore medio in zinco più piombo è pari a circa 5%, con un rapporto zinco-piombo in media di 5 a 1; la produzione totale di metallo nell'ultimo secolo dell'intero distretto ammonta a più di 0,8 milioni di tonnellate.

## 6.1. Attività storiche.

In epoca post-Romana, di questa attività minerario-estrattiva si perdono le tracce e bisogna giungere in epoca medioevale per ritrovarne notizie, e questo pare avvenga in loc. Costa Jels, sul versante che sovrasta Gorno. Alla fine del 1100, infatti, il vescovo di Bergamo Arnolfo, che godeva del diritto di regalia, concesse agli abitanti del territorio bergamasco libertà di iniziative in questo campo. Da allora iniziò una forte ripresa, costante nei secoli. Nel Medioevo gli scavi sono al centro di dispute con il Vescovo di Bergamo per lo sfruttamento della galena argentifera che vi si trova, minerale utile per battere moneta. Al tempo della Repubblica di Venezia sono in atto ancora scavi ed il Doge, in data 9 aprile 1492, “concesse ad alcuni di Gorno della Valle Seriana che potessero per venticinque anni far cavar, nei monti e nei luoghi della Valle Seriana e Brembana Superiori, oro, argento e altri metalli di qualunque sorte, pagando la decima al Dominio”. All’inizio del Cinquecento anche il grande Leonardo da Vinci s’interessò delle miniere della zona, svolgendo uno studio topografico, come risulta da un suo disegno conservato in un museo di Londra. Nel 1677 Donato Calvi scrive che nei dintorni di Gorno “nasce zeiamina, argento, piombo e cristallo come dalli intendenti fu osservato”. Si presume che l’attività estrattiva sia poi cessata perché si erano esaurite le vene più superficiali, le sole sfruttabili con i mezzi di allora. Verso la meta dell’Ottocento, le nuove ricerche di minerali di zinco danno risultati positivi e gli scavi si rianimano. Si fanno avanti anche alcuni “forestieri” che si proclamano scopritori delle miniere. La “Deputazione comunale” di Gorno, con atto del 16 aprile 1853, non riconosce tale titolo ai nuovi arrivati *“giacche esistono le bocche di esse cave e con lunghi internamenti nel seno del monte, quali più e quali meno prolungati, ove certamente e indubitamente, in tempi remoti e da nessuno dei viventi ricordato, vi fu scavato del minerale”*. Questa è un’altra testimonianza dell’antichità delle miniere di Gorno.

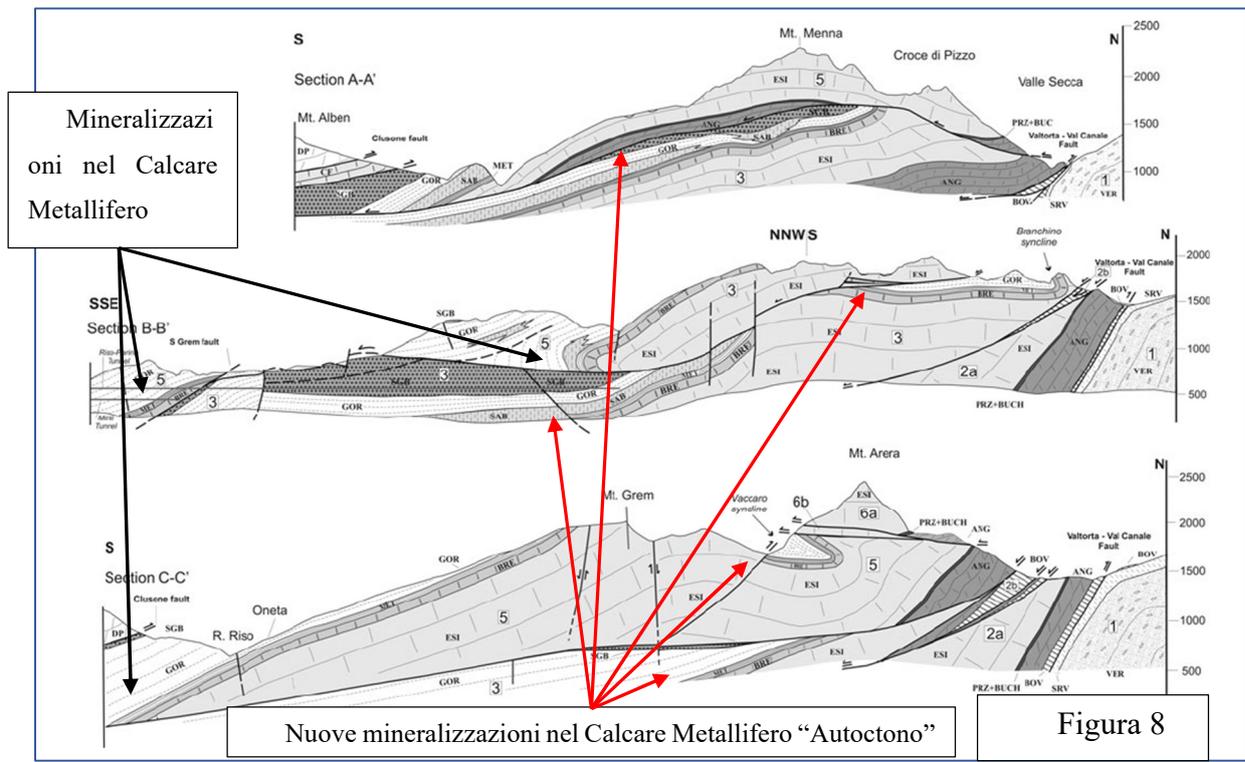
Nel 1871 la concessione mineraria di “Costa Jels” viene rilasciata all’avvocato genovese G. Sileoni, che gestiva la miniera con B. Epis di Oneta. I giacimenti si dimostrano subito promettenti e ai concessionari italiani subentrano società estere, inglesi e belghe, più ricche di capitali e di attrezzature.

Nel 1877 la concessione viene ceduta alla ditta inglese “Richardson e Comp.”, cui subentra nel 1884 la ditta londinese The English Crown Spelter Co. Ltd. Nel comprensorio minerario, prima della Grande Guerra, vi sono occupati più di un migliaio di lavoratori, tra

cui le “taissine”, donne addette alla cernita del minerale agli imbocchi delle gallerie e nelle laverie. Nel 1922 la Vieille Montagne di Liegi acquisisce anche le concessioni della Spelter e gestisce per alcuni decenni le miniere. Si arriva così al 1927, anno della massima produzione (12.575 tonnellate estratte di calamina), ma anche dell’inizio della grande crisi.

Alla fine del 1940, le miniere sono trasferite alla S.A. Nichelio e Metalli Nobili e, nel 1942, alla S.A. Piombo e Zinco (S.A.P.E.Z.) che le cederà nei dopoguerra all’Azienda Minerali Metallici Italiani (A.M.M.I.) e poi S.A.M.I.M del Gruppo ENI.

L’entrata in produzione (giugno 1952) dello stabilimento elettrolitico di Ponte Nossà dà nuovo slancio all’attività mineraria. Nel 1972 la miniera di “Costa Jels” viene dismessa. Nel 1982, dopo una campagna di ricerca e potenziamento delle strutture, per scelte politiche nazionali, anche le altre miniere sono chiuse definitivamente, nonostante la presenza di corpi minerali pronti per la coltivazione - sempre nei livelli superiori del Calcare Metallifero Alloctono - e, ancora più importante, il potenziale per nuove mineralizzazioni economiche di Zn-Pb comprovate da gallerie e sondaggi fatti nei livelli inferiori delle unità sovrascorse (Calcare Metallifero Autoctono, Fig. 8 a seguito).



Al 2002, la società Cattaneo è titolare della Concessione Mineraria MONICA e, nello stesso anno, questa viene ceduta alla Berghem Mines & Tech Srl, che ne è titolare fino al 6/2/2015, data in cui subentra la Energia Minerals (Italia) Srl.

## 6.2. Attività in corso.

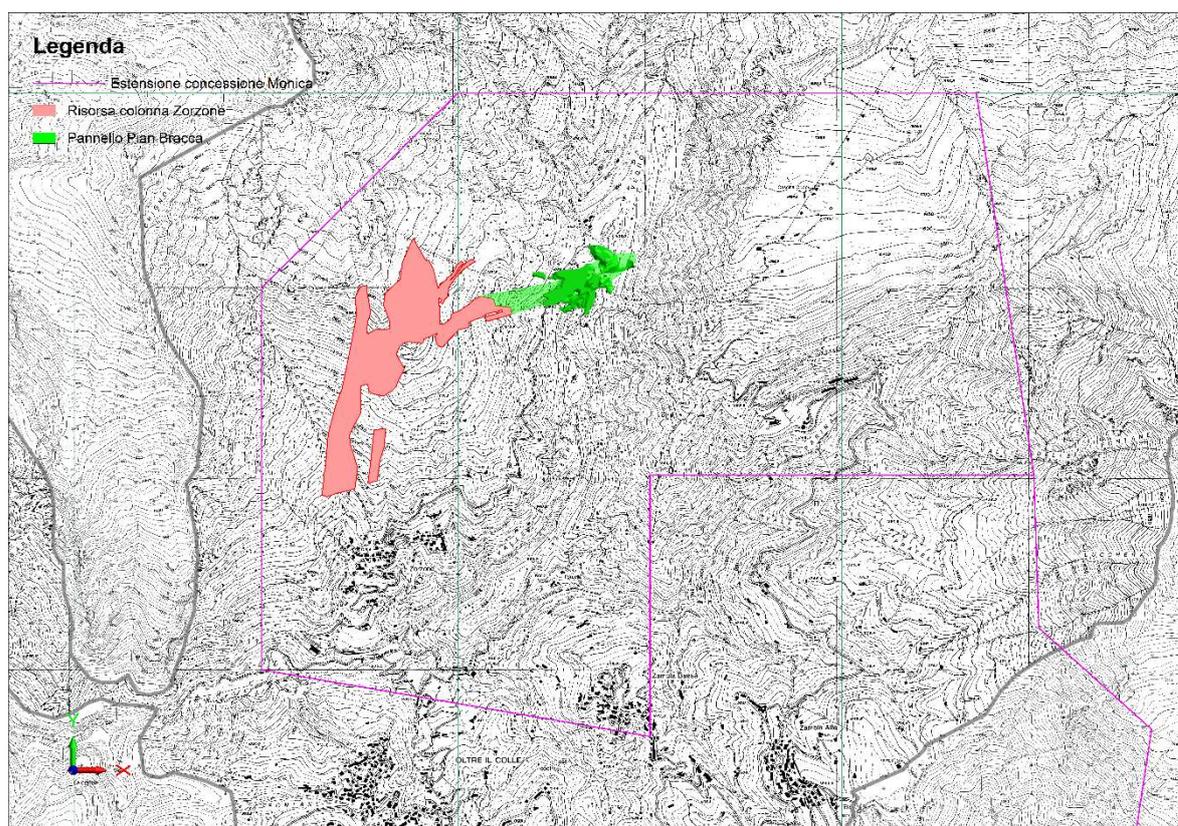
La EMI diventa titolare della Concessione Mineraria Monica con Decreto N. 845 emesso dalla Regione Lombardia il 06/02/2015 e, nello stesso periodo, si iniziano i lavori di messa in sicurezza e sondaggi a carotaggio continuo per comprovare i corpi minerali già identificati dall'operatore precedente SAMIM.

Alla fine del 2018 sono state completate le seguenti operazioni:

- 1. Messa in sicurezza di 1.560 metri di gallerie (Ca Pasi e Zorzone);**
- 2. Rilievi topografici in sottterraneo;**
- 3. Rilievi geologici in sottterraneo e superficie;**
- 4. Una nuova discenderia aperta al progressivo 555 metri;**
- 5. Sondaggi a carotaggio continuo per un totale di 17.000 metri;**
- 6. Calcolo di una Risorsa Mineraria Iniziale nel marzo 2016 di 3,87 milioni di tonnellate (Indicate+Dedotte, Codice JORC/PERC) al 7,7% Zn+Pb e 25g/t Ag;**
- 7. Raccolta di campioni volumetrici per prove metallurgiche di laboratorio;**
- 8. Prove metallurgiche;**
- 9. Rilievi geofisici;**
- 10. Rilievi archeologici e speleologici;**
- 11. Risultati ottimali dalle prove di cernita del minerale con uso di tecnologia avanzata XRT;**
- 12. Rilievi ambientali per la stesura di documentazione VIA.**

### 6.3. Attività programmate nel 2019-2020-2021.

1. Sondaggi per la definizione di ulteriori risorse nel settore Pian Bracca (Fig. 9);
2. Nuova definizione entro il 2021 dello Studio Definitivo di Fattibilità Tecnico-Economica;
3. Istanza di estensione areale e temporale della Concessione Monica.



*Figura 10- Settore Pian Bracca, settore dei sondaggi in programma nel 2019*

## 7. Descrizione geografica della Concessione Mineraria MONICA e dell'ampliamento richiesto.

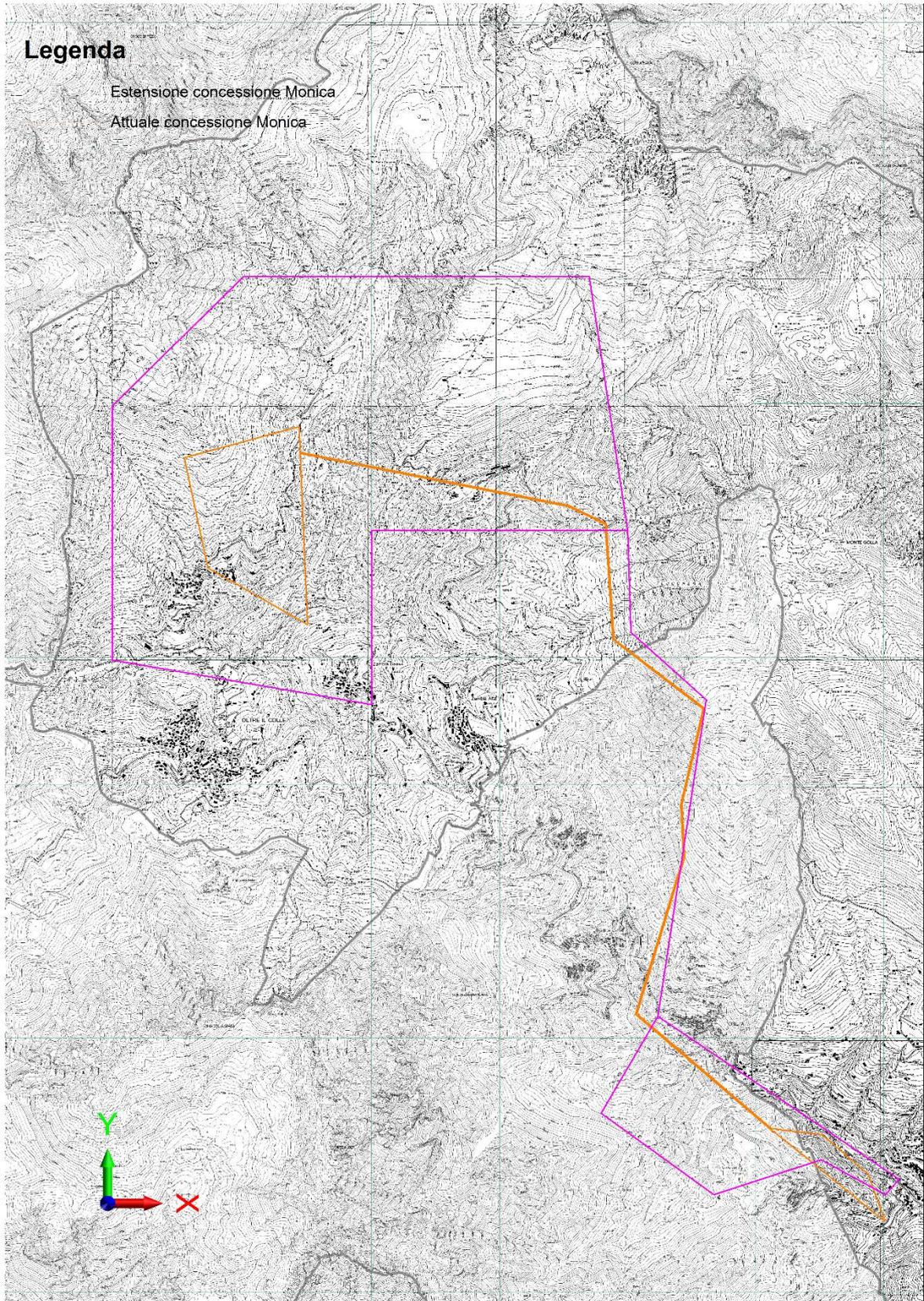
Si elencano nel paragrafo seguente le coordinate geografiche dei vertici della Concessione Mineraria MONICA nello stato di fatto. Il paragrafo successivo a questo descriverà la Concessione Mineraria MONICA con le coordinate geografiche dei vertici relativi all'ampliamento richiesto.

### 7.1. Stato di fatto della Concessione MONICA

La Concessione Mineraria MONICA è intestata alla EMI con Decreto N. 845 per ettari 128 in data 06/02/2015 e valida fino al 31/01/2020.

Le coordinate della Concessione MONICA sono:

X	Y	Porzione Discenderia Riso-Parina
<b>Porzione Zorzone</b>		V9 560606.411 5084509.525
V1 1559698.989	5084471.524	V10 1561272.484 5084131.696
V2 1560595.562	5084721.168	V11 1562699.627 5084093.149
V3 1560657.006	5083164.765	V12 1562986.250 5083967.206
V4 1559888.409	5083610.876	V13 1563054.289 5083042.179
		V14 1563745.515 5082521.036
<b>Porzione Riso</b>		V15 1563235.248 5080085.425
V5 1564578.606	5079097.756	V16 1564257.636 5079188.298
V6 1565014.462	5079058.468	
V7 1565350.036	5078767.034	Sistema di coordinate:
V8 1565485.942	5078371.200	UTM WGS84 Zona 32N Gauss Boaga



*Figura 11-Concessione Monica: confront tra lo stato di fatto e di progetto*

## 8. Bibliografia

Boni, M., and Large, D., 2003, Non-sulfide zinc mineralization in Europe: an Overview: *Economic Geology*, v. 98, p. 715-729.

Brigo, L., Kostelka, L., Omenetto, P., Schneider, H.J., Schroll, E., Schulz, O., and Strucl, I., 1977.

Comparative reflections on four alpine Pb-Zn deposits: In, Klemm, D.D. and Schneider, H-J., (eds.), *Time and Stratabound Ore Deposits*. Springer, Berlin, p. 273-293.

Brusca, C., Gaetani, M., Jadoul, F., Viel, G., *Paleogeografia Ladino-Carnica e Metallogenesi del Sudalpino*, 1981, *Mem. Soc. Geol. It. 22 (1981)*, 65-82, 5ff.

Cassinis, G., Cortesogno, L., Gaggero, L., Perotti, C.R., and Buzzi, L., 2008. Permian to Triassic geodynamic and magmatic evolution of the Brescian Prealps (eastern Lombardy, Italy), *Boll. Soc. Geol. It. (Ital. J. Geosci.)*, Vol. 127, No. 3, pp. 501-518

Criscuolo, 1982?, partial copies of internal reports to ENI obtained by Energia.

De Angelis, M., 2008. Gorno Project Lead-Zinc-Fluorite-Barite Mining District, Lombardy Region, Italy; internal report to Metex Resources Ltd.

Di Colbertaldo, D., 1967. *Giacimenti Minerari*, Vol. I – *Giacimentologia generale e giacimenti di Pb-Zn (e Ag)*. Cedam, Padova, 383p.

Dzulynski, S. and Sass-Gustiewicz, M., 1977. Comments on the genesis of the Eastern-Apline Zn-Pb deposits: *Mineralium Deposita* 12, p. 219-233.

Kucha, H., Schroll, E., Raith, J.G., and Halas, S., 2010, *Microbial Sphalerite Formation in*

*Carbonate-Hosted Zn-Pb Ores, Bleiberg, Austria: Micro- to Nanotextural and Sulfur Isotope Evidence*, *Economic Geology*, 105, p. 1005–1023.

Leach, D., Bechstädt, T., Boni, M., and Zeeh, S., 2003, *Triassic-hosted MVT Zn-Pb ores of*

Poland, Austria, Slovenia and Italy, *in* Kelly, J., et al., Europe's major base metal deposits: Irish Association of Economic Geology, p. 169–213.

Leach, D. L., and D. F. Sangster. 1993. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits. Geological Association of Canada special paper 40.

Maucher, A., and Schneider, H. J., 1967, The Alpine lead-zinc ores: Economic Geology Monograph 3, p. 71–89.

Rosenbaum, G., Lister, G.S., and Duboz, C., 2004. The Mesozoic and Cenozoic motion of Adria (central Mediterranean): a review of constraints and limitations, *Geodinamica Acta* 17/2 (2004) 125–139

Sangster, D.F., 1976. Carbonate-hosted lead-zinc deposits: In, Wolf, K.H. (Ed), *Handbook of Stratabound and Stratiform Ore Deposits*, v. 6, P. 447-456.

Selverstone, J., 2005, Are the Alps collapsing? *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 33, p. 113–32.

Schmid, S.M., 2011, Regional tectonics: from the Rhine graben to the Po plain, a summary of the tectonic evolution of the Alps and their forelands, html version by R. Bousquet & P. Dèzes:

Schroll, E., 2005, Alpine type Pb-Zn-deposits (APT) hosted by Triassic carbonates: in Mao, J. And Bierlein, F.P., eds., *Mineral deposit research: meeting the global challenge: Proceedings of the Eighth Biennial SGA Meeting Beijing, China, 18–21 August, 2005*, p. 175–178.

Schulz, O., 1964. Lead-zinc deposits in the Calcareous Alps as an example of submarine-hydrothermal formation of mineral deposits: *Developments in Sedimentology*, v.2, p. 47-52.

Stampfli, G.M., Borel, G.D., Marchant, R., and Mosar, J., 2006a. Western Alps geological constraints on western Tethyan reconstructions, *Journal of the Virtual Explorer* 8: p. 77-106.

Stampfli, G.M., von Raumer, J.F., and Borel, G.D., 2002b. Paleozoic evolution of pre-Variscan terranes: From Gondwana to the Variscan collision. *Geological Society of America Special Papers* 634

Zanchi, A., D'Adda, P., Zanchetta, S., Berra, F., 2012, Syn-thrust deformation across a transverse zone: the Grem-Vedra fault system (central Southern Alps, N. Italy), Swiss Geological Society