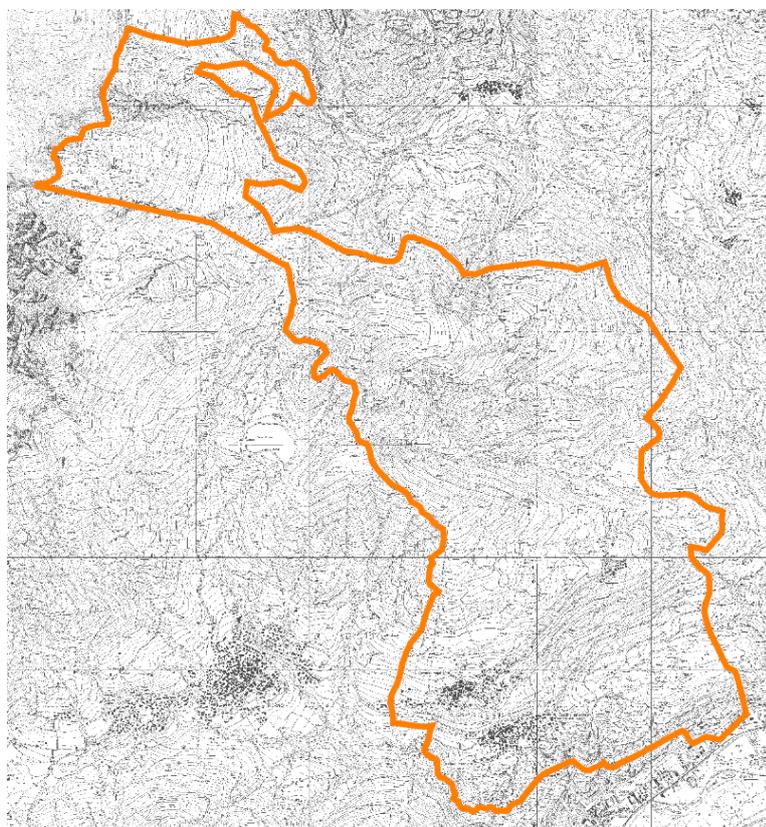


Regione Lombardia

Provincia di Brescia

COMUNE DI OSSIMO



Ottobre 2012

Componente
Geologica,
Idrogeologica
e Sismica del
Piano di
Governo del
Territorio

In attuazione
dell'art. 57 della
L.R. 11-03-2005
n° 12 e D.G.R.
30-11-2011 n°
IX/2616

Dott. Geol. Fausto Franzoni
Via Milano 50
25042 Borno (BS)
Tel. E FAX 0364-310613
fausto.franzoni@gmail.com

collaboratori:
Dott. Ing. Luigi Franzoni
Dott. Geol. Davide Lombardi

Indice degli argomenti

<i>1 Introduzione</i>	3
1.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica	5
<i>2 Inquadramento geografico e topografico</i>	8
<i>3 Cartografia Tematica</i>	10
3.1 Note strutturali.....	10
3.2 Carta Geologico-Strutturale.....	16
3.2.1 Calcarea di Angolo [<i>Anisico medio-inferiore</i>]	19
3.2.2 Calcarea di Prezzo [<i>Anisico superiore</i>].....	20
3.2.3 Calcarea di Buchenstein [<i>Ladinico inferiore</i>].....	21
3.2.4 Formazione di Wengen [<i>Ladinico superiore</i>]	22
3.2.5 Calcarea di Pratorotondo [<i>Ladinico</i>].....	22
3.2.6 Calcarea di Esino [<i>Anisico superiore - Carnico inferiore</i>]	23
3.2.7 Calcarea di Sommaprada [<i>Ladinico</i>].....	24
3.2.8 Argillite di Lozio [<i>Ladinico superiore</i>]	24
3.2.9 Formazione di Breno [<i>Carnico medio-inferiore</i>].....	25
3.2.10 Formazione di Gorno [<i>Carnico medio-inferiore</i>].....	27
3.2.11 Formazione di San Giovanni Bianco [<i>Carnico superiore</i>].....	27
3.2.12 Depositi superficiali.....	28
3.3 Carta Geomorfologica	33
3.3.1. Forme, processi e depositi dovuti alle acque superficiali	34
3.3.2 Forme, processi e depositi dovuti alla gravità	35
3.3.3 Analisi geomeccanico-strutturale	37
3.3.4 Forme e processi di origine carsica.....	46
3.3.5 Forme e depositi glaciali.....	47
3.3.6 Forme, processi e depositi crionivali.....	48
3.3.7 Forme, processi e depositi di origine antropica	48
3.4 Carta Idrogeologica.....	48
3.5 Carta della Dinamica Geomorfologica con elementi litologici e geotecnici.....	53

3.6 Carta dei Vincoli.....	56
3.7 Carta di Sintesi	60
3.8 Carta di Fattibilità Geologica e delle Azioni di Piano	62
3.8.1 Indicazioni in relazione alla Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano	67
3.9 Carta del Quadro del Dissesto.....	68
4 Analisi della Sismicità del territorio.....	70
4.1 Premessa.....	70
4.2 Risposta Sismica Locale - generalità.....	72
4.3 Analisi sismica del territorio comunale	74
4.4 Norme Tecniche.....	82
4.5 Norme sismiche di attuazione	83
5 Conclusioni.....	88
Bibliografia	90

I Introduzione

In data 11 Marzo 2005 è entrata in vigore la Legge Regionale n. 12 (Legge per il governo del territorio), che abroga le D.G.R: n. 5/63147 del 18 Maggio 1993, n. 36/37918 del 6 Agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 Ottobre 2001, fino ad allora indizi tecnici per gli studio geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997, n. 41.

Tale normativa regionale, unitamente all'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, che hanno contribuito a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata, e alle recenti modifiche costituzionali (modifica del Titolo V)1, impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità in tutte le fase del processo pianificatorio.

L'effettivo "governo del territorio" si esplica soltanto grazie ad una integrazione armonica dei diversi livelli di pianificazione, anche mediante l'approfondimento specifico delle singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte da effettuare.

Il Comune di Ossimo è dotato di Studio Geologico rispondente ai dettami della Legge Regionale 24-11-1997 n° 41 e della D.G.R. n° 7/6645 del 29 Ottobre 2001. Tale studio è stato redatto nell'anno 2003 dallo scrivente.

Con deliberazione della Giunta Comunale n° 21 del 21/04/2012, l'Amministrazione ha disposto la stesura della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, affidandola allo scrivente dr. geologo Fausto Franzoni, con Studio di Geologia Tecnica a Borno in Provincia di Brescia, per aggiornare ed adeguare lo studio di cui al punto precedente ai sensi della recente Deliberazione della Giunta Regionale 30/11/2011 n° 9/2616 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 Marzo 2005, n° 12' approvati con D.G.R. 22 Dicembre 2005, n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 Maggio 2008, n° 8/7374.

L'obiettivo del lavoro è quello di fornire agli uffici Tecnici una visione d'insieme delle caratteristiche geologiche del territorio in modo da offrire un valido contributo in termini conoscitivi e gestionali nei campi della pianificazione territoriale e dei pubblici lavori, e più in generale negli interventi sul territorio.

Lo studio delle caratteristiche geologiche del territorio ha sostanzialmente due obiettivi. Il primo è la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e con le condizioni di sismicità del territorio. A tale scopo vengono definite le aree che possono essere interessate da situazioni di pericolo (frane, dissesti, allagamenti, amplificazioni dei danni di un terremoto, ecc.). Il secondo obiettivo è l'individuazione delle risorse presenti che si ritiene debbano essere tutelate, come la falda acquifera, le aree umide (Dossi del Cerreto), gli elementi morfologico-paesistici che caratterizzano il paesaggio, ecc.

A tal fine, lo studio intende classificare il territorio in funzione delle sue caratteristiche fisiche oggettive, trattate in modo tale da ottenere una suddivisione in ambiti geologici a cui associare successivamente gli indirizzi generali sulla loro suscettività d'uso.

Lo studio ha avuto come oggetto l'intero territorio comunale, esaminato attraverso una rilettura di documenti vari, editi e non (documenti personali del professionista incaricato), e tramite sopralluoghi di controllo sul terreno.

Il lavoro di adeguamento e di integrazione dello studio geologico è stato condotto seguendo le indicazioni fornite dalla Regione Lombardia, in accordo con i criteri di cui sopra, ed è consistito essenzialmente in:

- Aggiornamento della Carta di Sintesi in scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale;
- Aggiornamento della Carta dei Vincoli in scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale utilizzando il Reticolo Idrico e la Carta del Dissesto con legenda uniformata PAI;
- Aggiornamento della Carta di Fattibilità a scala adeguata per tutto il territorio comunale (1:2000 su volo aerofotogrammetrico);
- Aggiornamento della Carta del Dissesto con Legenda Uniformata PAI alla scala 1:10.000;
- Redazione dello Studio Geologico per la realizzazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale;
- Aggiornamento Relazione Geologica
- Aggiornamento Norme Geologiche di Piano

Per valutare se all'interno del territorio comunale sono presenti situazioni litologiche e geomorfologiche in grado di produrre effetti di amplificazione sismica locale è stata applicata la metodologia contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. 28 Maggio 2008 n. VIII/7374.

È stata quindi predisposta la Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) (Tav. 5). La fase di sintesi/valutazione ha condotto alla predisposizione della Carta dei Vincoli (Tav. 2) che

individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e della Carta di Sintesi (Tav. 1) che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologica, geotecnica, idrogeologica e sismica.

La sovrapposizione critica di queste due cartografie ha portato alla redazione della Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (Tav. 3) che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti.

Il presente lavoro si compone degli elaborati e delle tavole grafiche che seguono:

Tav. 1 - Carta di Sintesi in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 2 - Carta dei Vincoli in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 3 - Carta della Fattibilità in scala 1:10.000 su CTR e 1:2000 su volo aerofotogrammetrico;

Tav. 4 - Carta del Dissesto con Legenda uniformata PAI in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 5 - Carta della Pericolosità Sismica Locale in scala 1:10.000 su CTR;

A Relazione Geologica Generale (presente documento);

B Norme Geologiche di Piano.

1.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica

Per il presente lavoro è stata svolta una ricerca storica e bibliografica finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, andando ad esaminare l'evoluzione del territorio ed i fenomeni di dissesto avvenuti in passato. In particolare sono stati consultati: gli studi disponibili in bibliografia, il Sistema Informativo Territoriale regionale, gli studi di tipo geologico presenti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, le cartografie disponibili al momento della stesura della presente relazione, le pubblicazioni effettuate dai vari Enti Territoriali.

Per il Comune di Ossimo sono disponibili le informazioni relative ai dissesti degli ultimi 36 anni.

- 1976: in località "Cià de Ortù" si è avuto un intervento del Genio Civile per la sistemazione di un dissesto, di limitate proporzioni, interessante i depositi superficiali;
- Aprile 1983: in località "Creelone" causa infiltrazioni di acqua nei depositi morenici, si è avuto un lieve movimento dei terreni superficiali, per una superficie di circa 240 mq;
- Luglio 1992: in località "Borgo Olcese-Prada" si è avuto un distacco di elementi litoidi che hanno raggiunto alcune abitazioni poste sotto la parete rocciosa;

- Ottobre 1993: dissesto in località Via S. Antonio [Ossimo Inf. re], con scollamento della copertura superficiale che ha interessato una abitazione;
- Novembre 1996: in località “Onder” ove presente la sorgente principale del Comune di Ossimo, sé è avuto un dissesto interessante i depositi superficiali morenici;
- Settembre-Ottobre 1996: dissesto in località Doane interessante un tratto della strada sterrata che porta alla medesima località, successivamente sistemato mediante gabbionate;
- Novembre 2000: in località “Averta” movimento del terreno dovuto ad un assestamento del deposito quaternario ha interessato una cascina causando delle fratturazioni a livello dei muri perimetrali;
- Novembre 2000: sempre in località “Doane” lungo lo stesso tratto di strada, le intense precipitazioni hanno rimobilizzato la massa di terreno, causando un dissesto che ha provocato lo slittamento verso valle delle opere di protezione passiva (gabbionate);
- Novembre 2000: in località “Magno” le intense precipitazioni hanno causato un limitato movimento di terreno, attualmente sistemato mediante la formazione di viminate;
- 29 Novembre 2002: dissesto in località Via S. Antonio, nel quale sono stati movimentati circa 30-45 mc di terreno eluvio-colluviale scollatosi dalla roccia in posto situata a circa 1 m di profondità dal p.c.; quest’ultimo dissesto è da collegarsi al precedente dell’Ottobre 1993 nella medesima località.

Tali dissesti, ad eccezione di quello del 1976 (per il quale si è avuto l’intervento del Genio Civile), del dissesto in località Magno del Novembre 2000, e l’ultimo del Novembre 2002 ad Ossimo Inf.re, non hanno una documentazione scritta, e sono stati riportati grazie alle indicazioni degli addetti comunali.

Allegati alla presente relazione si riportano le schede dell’Allegato 5 - Scheda per il censimento delle frane, per i principali dissesti attivi e/o quiescenti nel territorio comunale.

Per la stesura del presente studio, si è fatto riferimento inoltre alle Carte Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia in scala 1:10.000, redatte durante lo svolgimento del Progetto Strategico 5.3 “Strumenti di gestione integrata del territorio e dell’ambiente – Attività di Progetto n° 5.3.1. “Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala del sottobacino idrografico”.

In generale il territorio comunale non presenta fenomeni di dissesto rilevanti, tali da mettere a repentaglio la sicurezza dei centri urbanizzati; comunque nelle carte tematiche sono

stati evidenziati alcuni dissesti recenti, non cartografati nelle carte inventario, degni di nota, e riportati nelle schede dell'Allegato 5 per il censimento delle frane.

Inoltre dall'analisi effettuata sul terreno, comparata alle carte inventario, si sono notate delle discrepanze:

- in località 'Onder' e 'Malga Mignone' la carta inventario riporta aree a franosità superficiale diffusa, non riscontrate durante il rilevamento sul terreno;
- a N della località "Cascina de Pludi" la carta inventario riporta un esteso deposito dovuto ad un accumulo di frana da scivolamento; l'accumulo esiste, ma non così esteso come riportato nella carta inventario; sono presenti inoltre estesi fenomeni di soliflusso superficiale interessanti la copertura detritico-eluviale;
- le Carte Inventario riportano in località "Ponte del Ferro" nella Valle dell'Inferno, due conoidi quiescenti, più un piccolo conoide in località "Pat", circa 700 m ad E, dei quali non si è osservata la loro effettiva presenza dall'analisi sul terreno; essendo il substrato roccioso sub-affiorante si tratta quasi certamente di depositi eluvio-colluviali;
- riguardo al dissesto dell'Aprile 1983, dall'analisi sul terreno non si è notata la presenza del dissesto, poiché nel punto esatto delle coordinate Gauss-Boaga evidenziate nell'elenco dei dissesti, si è evidenziata la presenza del collettore fognario comunale, con terreno movimentato durante gli scavi per la posa delle condutture.

2 Inquadramento geografico e topografico

Il territorio comunale di Ossimo occupa una superficie pari a 14,88 kmq, per uno sviluppo lineare dei confini comunali di circa 30 km, ed è situato sul versante orografico destro della media Valle Camonica, in Provincia di Brescia.

Il territorio è altimetricamente compreso tra i 262,5 m s.l.m. del fondovalle sulla piana alluvionale del Fiume Oglio, ed i 2.398,6 m s.l.m. del Monte Susino, per un dislivello complessivo di 2.136,1 m.

Il limite settentrionale del territorio comunale coincide con il Comune di Schilpario (in Provincia di Bergamo) e con il Comune di Lozio; ad W confina con i Comuni di Borno e Schilpario; a S con i Comuni di Piancogno e Civate Camuno; ad E con il Comune di Malegno ed ancora con il Comune di Lozio.

La base cartografica utilizzata per la stesura del presente studio è costituita dalle seguenti Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000 del Foglio n° 34 Breno:

- *Lozio Ovest* *Sezione D4b1*
- *Piancogno* *Sezione D4b2*
- *Breno Nord* *Sezione D4c1*
- *Breno Sud* *Sezione D4c2*

Sono state utilizzate inoltre le seguenti mappe aerofotogrammetriche in scala 1:2.000 per le carte di dettaglio:

- *Passagrop* *Mappa n° 1 (D4c1)*
- *Fontanelle* *Mappa n° 2 (D4b2)*
- *Creelone* *Mappa n° 3 (D4c2)*
- *Ossimo* *Mappa n° 4 (D4b2)*
- *Dossi del Cerreto* *Mappa n° 5 (D4c2)*

I limiti estremi del territorio sono così definiti nell'ambito del sistema di coordinate geografiche (si riferiscono alla Cartografia Ufficiale Italiana con ellissoide orientato a Monte Mario, fuso W, con origine convenzionale delle coordinate E: 1500 km ad W del meridiano centrale; le coordinate N hanno origine sull'equatore come il sistema di riferimento europeo U.T.M.) e WGS84 (l'acronimo di *World Geodetic System 1984* e definisce il sistema come geodetico, mondiale, riferito al 1984.):

	<i>Coordinate Geografiche U.T.M.</i>	<i>WGS84</i>
<i>Nord</i>	Lat. N 45°59'59" – Long. W 02°14'48"	5094794 – 593308
<i>Ovest</i>	Lat. N 45°59'11" – Long. W 02°16'14"	5093275 – 591561
<i>Sud</i>	Lat. N 45°56'08" – Long. W 02°13'04"	5087726 – 595690
<i>Est</i>	Lat. N 45°56'35" – Long. W 02°11'25"	5088586 - 597807

I due centri abitati di Ossimo Superiore e Ossimo Inferiore, si collocano nella parte meridionale del territorio comunale, a quote rispettivamente di 863 m s.l.m. e 760 m s.l.m. È presente inoltre una terza località, denominata Creelone, ad una quota di 950 m s.l.m.

Morfologicamente il territorio si presenta piuttosto vario ed articolato e può essere suddiviso in tre aree distinte fra loro:

- un'area settentrionale nella quale sono presenti le parti più elevate del territorio, contraddistinta dalla totale assenza di corsi d'acqua;
- un'area centrale caratterizzata dalla profonda incisione generata dal torrente che scorre nella Valle dell'Inferno che va poi a confluire nel Torrente Lanico;
- un'area meridionale con un assetto morfologico contraddistinto da deboli pendenze, nella quale sono situati i centri abitati (ad esclusione della estrema zona a S con ripidi pendii rocciosi che danno direttamente sul fondovalle).

Attraverso l'esame dettagliato dei vari aspetti analizzati, il presente studio geologico è stato finalizzato alla ricostruzione del quadro geologico complessivo del territorio comunale, evidenziando i caratteri salienti della dinamicità geomorfologica, con il fine precipuo di utilizzare il presente lavoro come strumento per integrare le attività umane con il territorio comunale, in relazione al continuo sviluppo del paesaggio fisico.

3 Cartografia Tematica

Sono stati esaminati singolarmente gli aspetti relativi alle caratteristiche litologiche del territorio, rappresentati nella Carta Geologica, gli aspetti riguardanti la morfologia, rappresentati nella Carta Geomorfologica, le caratteristiche del sistema idrografico superficiale e profondo, nella Carta Idrogeologica, le implicazioni dinamiche del quadro morfologico, rappresentate nella Carta della Dinamica Geomorfologica, e le indicazioni emergenti riguardo le possibili interazioni indicate in quest'ultima, nella Carta di Sintesi e di Fattibilità, soprattutto per i due centri abitati e la località Creelone.

Nel presente studio sono allegate le seguenti Carte Tematiche:

Tavola 1 – Carta di Sintesi scala 1:10.000

Tavola 2 – Carta dei Vincoli scala 1:10.000

Tavola 3A - Carta di Fattibilità Geologica scala 1:10.000

Tavola 3B - Carta di Fattibilità Geologica scala 1:2.000

Tavola 4 – Carta della Pericolosità Sismica Locale scala 1:10.000

3.1 Note strutturali

I principali studi strutturali effettuati in questa zona sono di De Sitter (1949-1963), Rossetti (1966) e Jadoul-Forcella (1988-91). Nella zona a N del territorio comunale ed in un intorno esteso, sono presenti complicazioni strutturali che rendono difficile lo studio e la comprensione dei fenomeni che hanno causato tale assetto. De Sitter, partendo da studi di autori precedenti (Taramelli et alii), traccia una sintesi dell'assetto strutturale regionale; lo stesso autore modifica più volte le sue ipotesi ad ulteriore prova che questa è una zona assai complessa. In un primo tempo (1949) egli sostiene che l'assetto strutturale locale è il risultato di una forza compressionale che avrebbe asportato la copertura triassica dell'anticlinale di Cedegolo e traslerebbe a S della Val di Scalve. Successivamente (1960) imputa tale duplicazione non più ad una forza compressionale ma semplicemente ad uno scollamento gravitativo. Per quanto riguarda i rapporti tra il Pizzo Camino e la Concarena, De Sitter individua un sovrascorrimento che chiama "Camino overthrust", il quale duplica la serie triassica affiorante sul versante settentrionale ed occidentale del Pizzo Camino, limitato a NE dalla Faglia del Lifretto, separando in due unità strutturali distinte il Pizzo Camino e la Concarena. Per l'autore, il gruppo del Pizzo Camino è alloctono, mentre la Concarena è

autoctona, ed è caratterizzata da una serie triassica continua. Tra l'interpretazione data e le carte prodotte dallo stesso autore, esiste una evidente incongruenza, in quanto su queste ultime risulta che la Concarena non sia una zona autoctona, poiché risulta avere una posizione originaria a N del Monte Campione. Tutto questo genera notevoli fonti di incertezza sulla ricostruzione che l'Autore vuole dare dei rapporti esistenti tra Camino e Concarena.

Gli studi strutturali del Rossetti (1966) concludono invece che entrambe le unità sono alloctone, questo sulla base di considerazioni geologico-strutturali, per l'iso-orientazione di assi di pieghe ed altri elementi strutturali presenti nelle due zone. Lo stesso Rossetti verifica, ad ulteriore prova della sua tesi, che le rocce dell'Anisico passano con continuità da una unità all'altra nella zona del Lifretto. Egli attribuisce un significato diverso alla faglia del Lifretto ritenendo che questa separa il Pizzo Camino e la Concarena, già sovrascorsi solidalmente, e solo tardivamente caratterizzati da un movimento differenziale che ha permesso alla zona del Pizzo Camino di subire una ulteriore traslazione a S ed una rotazione ad E. In questa interpretazione la faglia del Lifretto disloca semplicemente la stessa unità tettonica, impostandosi in una zona di debolezza causata da un assottigliamento della scogliera esiniana.

Sulla base di studi più recenti effettuati da Jadoul e Forcella (1988-1991), si ha una riconferma delle ipotesi formulate da Rossetti, con un aggiornamento della terminologia. Il piano di sovrascorrimento individuato sul fianco orografico sinistro dell'alta Val di Scalve tra le rocce del Carnico superiore dell'unità inferiore, e le rocce dell'Anisico inferiore dell'unità alloctona del Pizzo Camino, è costantemente sottolineato da una fascia di rocce intensamente brecciate (carniole) contenente localmente frammenti di porfinte. Il sovrascorrimento ha una moderata immersione a S.

Le Prealpi Orobiche orientali presentano, tra l'alta Val Seriana e la Val Camonica, un cambiamento dell'assetto strutturale tra le aree occidentali e quelle orientali. Tale cambiamento si realizza in senso NNW-SSE in una zona che va da Bondione a Bratto.

Nella zona orientale la geometria esistente è quella di una "stacked embricate antiformal", mentre l'assetto della zona occidentale è quello di una "foreland dipping duplex". La disposizione "en echelon" delle anticlinali Orobiche è evidenziato in maniera molto chiara da due anticlinali presenti nella zona: l'Anticlinale Trabuchello-Cabianca (AT) e l'Anticlinale di Cedegolo (AC), entrambe con asse orientato in direzione WNW-ESE.

L'Anticlinale di Cedegolo è situata a SE dell'Anticlinale Trabuchello-Cabianca ed il contatto è caratterizzato dalla presenza di una serie di linee tettoniche. Analizzando in dettaglio i rapporti esistenti tra le anticlinali e le coperture triassiche si può notare come questi varino per la AT a secondo che si consideri la zona ad E o quella ad W rispetto alla

faglia di Bondione. Verso W i sedimenti del Trias ricoprono la AT, mentre ad E è quest'ultima ad essere accavallata sulle coperture. L'embricazione delle unità carbonatiche alloctone ha portato alla duplice o triplice ripetizione della sequenza Anisico-Carnica, come si può notare nella figura 3.1 per la presenza di una serie di sovrascorrimenti ad andamento E-W.

Ad E della direttrice Bondione-Bratto il fianco meridionale immergente a S dell'AC, è coperto da unità triassiche distinte in unità superiori ed inferiori. Le prime dovevano costituire la copertura triassica dell'area successivamente deformata nell'AC, anche se occupano una posizione strutturale analoga a quella della zona occidentale (Unità Timogno [UT]); se ne differenziano perché il margine meridionale dei thrust è affiorante e sovrapposto alla sequenza camuna affiorante più a S.

L'assetto delle unità inferiori è più difficilmente interpretabile anche a causa delle estese coperture superficiali che mascherano i loro margini; sono comunque caratterizzate da facies bacinali e presentano una giacitura monoclinale conforme all'AC, e quindi potrebbero rappresentare la parte più meridionale della copertura dell'anticlinale rimasta sostanzialmente aderente ad essa o lievemente sovrascorsa.

La variazione di stile strutturale tra le due aree, è da attribuire alle diverse unità sovrastanti la Formazione San Giovanni Bianco che presenta reologia differente: ad W di Bratto è ricoperto dalla Dolomia Principale (non affiorante nel territorio comunale) e l'assetto tettonico è caratterizzato da embricazioni avvenute sotto la copertura della stessa Dolomia Principale che non viene lacerata; ad E, invece, sono presenti conglomerati e brecce sui quali sovrascorre il fronte d'impilamento delle unità coinvolte.

Le deformazioni responsabili dei sovrascorrimenti sembra siano il risultato di due fasi compressive principali, più o meno assiali e con asse di massima compressione in direzione NNW-SSE. La prima fase è in relazione con il Thrust Orobico e ha determinato l'impilamento delle unità tettoniche superiori (nel Paleogene); la seconda è in relazione al movimento verso E delle deformazioni anticlinali Orobiche che coinvolgono livelli più profondi, basculando verso S le unità precedentemente impilate e provocando dei retroscorrimenti dove si manifesta la resistenza della Dolomia Principale.

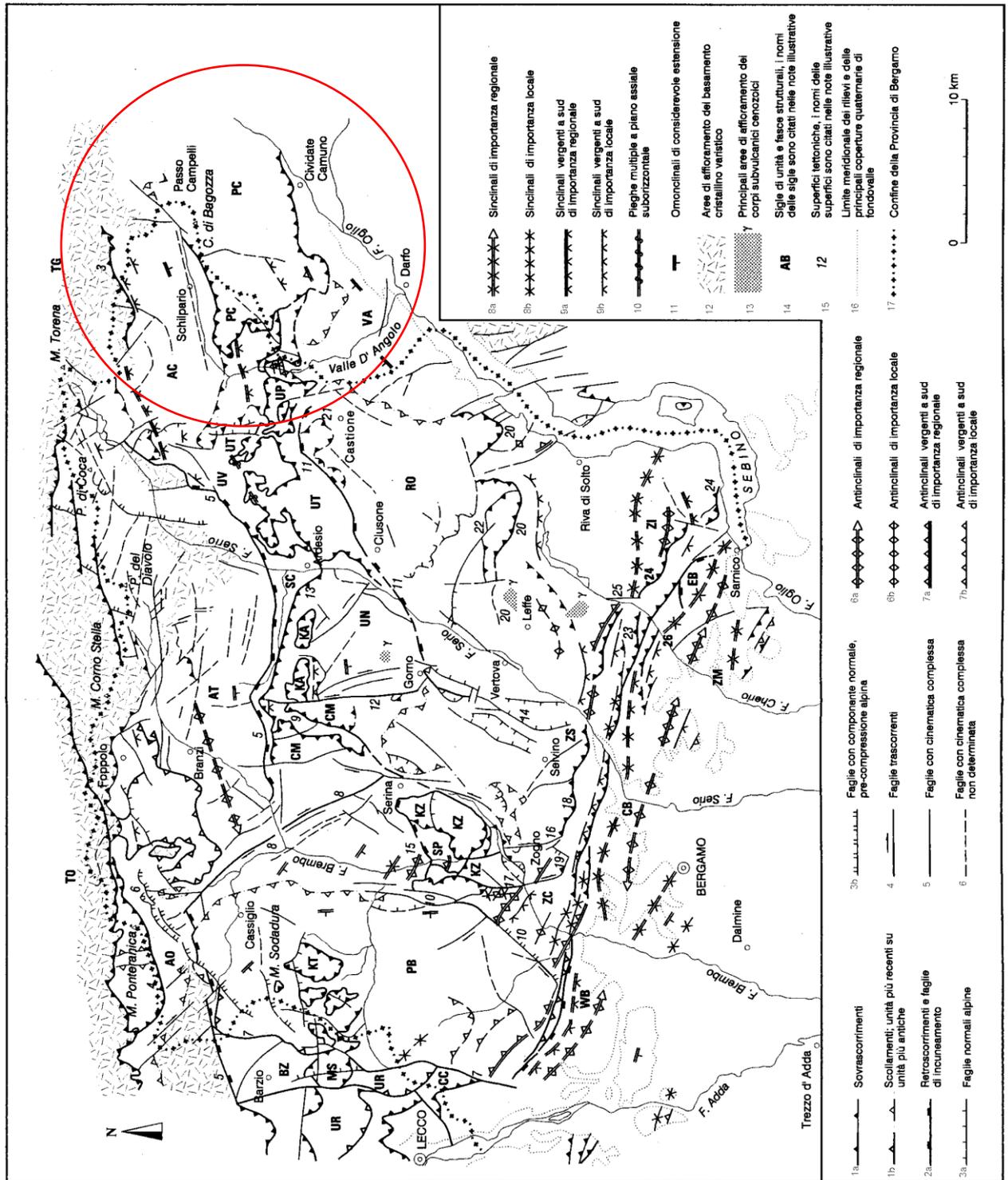


Fig. 3.1 - Schema Strutturale: Thrust Orobico occidentale (TO), Thrust orobico orientale (TG), Anticlinale orobica (AO), Anticlinale Trabuchello-Cabianca (AT), Anticlinale di Cedegolo (AC), Unità Pizzo Camino (PC), Successione camuna della Val d'Angolo (VA), Unità Timogno (UT), Unità Presolana e relativo klippe sommatiale (UP)

Dall'esame in dettaglio utilizzando lo schema strutturale seguente, in figura 3.2, risulta evidente che la zona presenta un assetto strutturale complicato, a causa della sovrapposizione di varie unità. Partendo dall'alto verso il basso si possono riconoscere:

- *Unità carbonatiche superiori*
- *Unità carbonatiche inferiori*
- *Parautoctono carbonatico bergamasco*
- *Basamento cristallino s.l.*

L'elemento tettonico predominante nella zona è sicuramente il sovrascorrimento Palline-Borno-Malegno che si estende per oltre 15 km dalla Valle del Dezzo sino a N di Breno. L'andamento di questo sovrascorrimento è E-W, con il thrust inclinato di circa 30°, ed immersione in generale verso NNE. Tale elemento crea una ripetizione della successione triassica, interrompendola alla Formazione di San Giovanni Bianco e ripetendola dal Calcere di Angolo al Calcere di Esino. In virtù degli intensi stress deformativi prodotto da questo fenomeno, si ritrovano nella formazione del Calcere di Angolo, una serie di pieghe coricate antiformali, talora molto complesse ed embricate, a struttura caotica. L'andamento E-W di questo sovrascorrimento fa pensare ad un certo rapporto strutturale, a livello regionale, con gli elementi tettonici che si rinvencono più a N, quali la Linea del Mortirolo e la Linea del Tonale, entrambe disposte con andamento E-W.

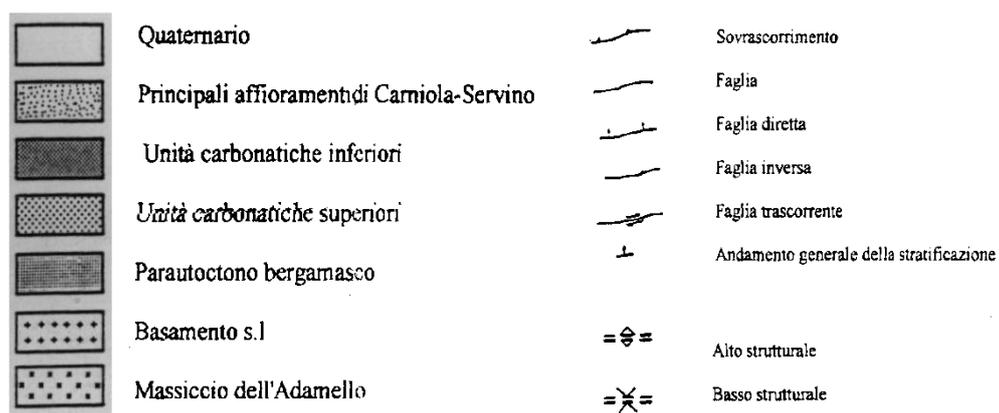
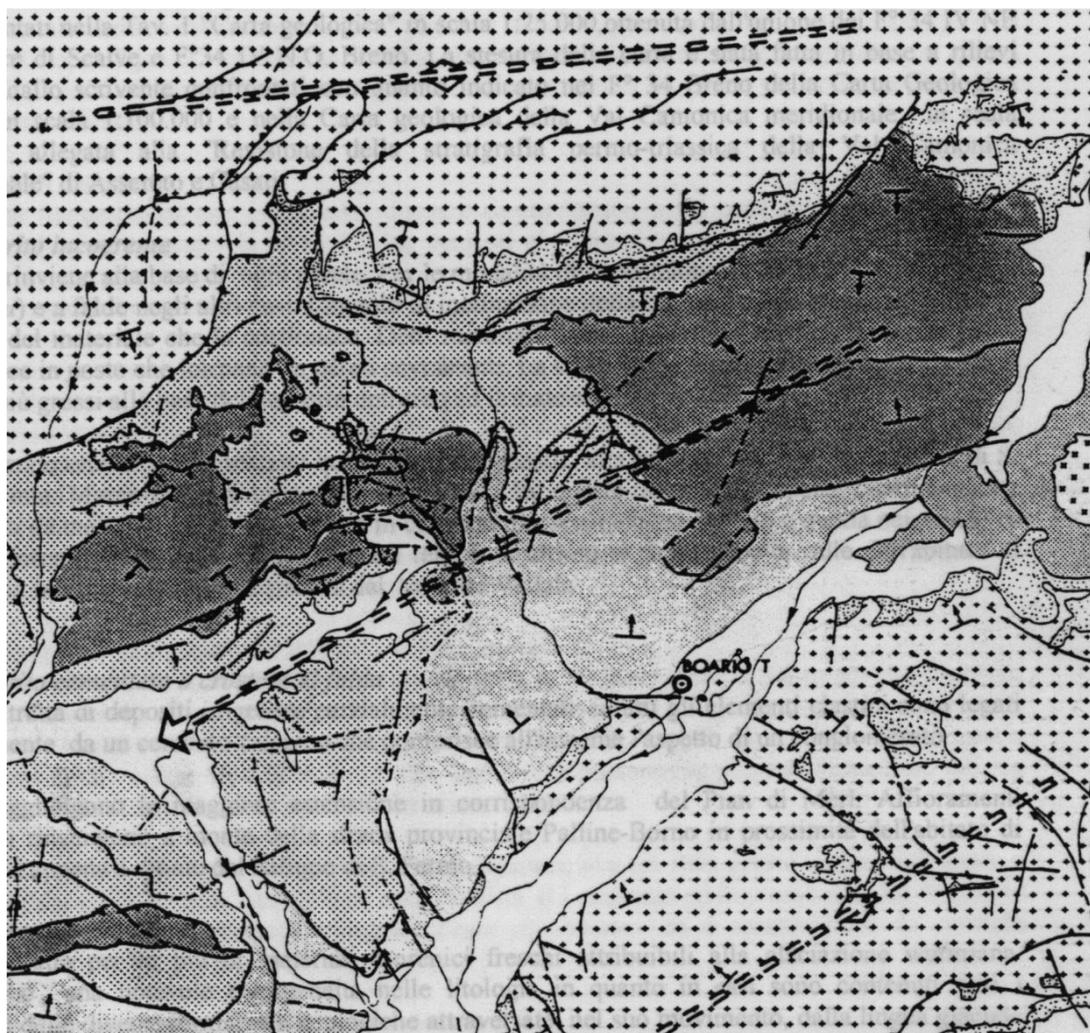


Fig. 3.2 – Carta Strutturale del settore delle Alpi Meridionali compreso tra le anticlinali orobiche e la culminazione camuna (scala 1:200.000)

3.2 Carta Geologico-Strutturale

Sia nell'ambito del substrato roccioso che dei depositi superficiali presenti nel territorio comunale, sono state riconosciute diverse unità litostratigrafiche, operando una suddivisione, in carta, tra la litologia affiorante e quella subaffiorante, quest'ultima coperta, oltre che da depositi morenici che sono stati cartografati, anche da depositi di natura eluvio-colluviale aventi spessori molto limitati e quindi non cartografati. Per quanto riguarda il substrato, le unità sono state definite in base ai loro caratteri litologici e stratigrafici, mantenendo i termini formazionali istituiti dalla cartografia del Servizio Geologico Nazionale. Le unità relative ai depositi superficiali sono state invece distinte in funzione della genesi dei depositi stessi.

Le formazioni affioranti comprendono unità appartenenti a quasi tutto il Triassico, dallo Scitico al Carnico. Partendo dalla formazione stratigraficamente più bassa ed antica, queste sono:

Calccare di Angolo [Anisico medio-inferiore, Tuvalico]

Calccare di Prezzo [Anisico superiore, Illirico]

Calccare di Buchenstein [Ladinico inferiore, Fassanico]

Formazione di Wengen [Ladinico superiore, Longobardico]

Calccare di Pratorotondo [Ladinico]

Calccare di Esino [Anisico superiore–Carnico inferiore]

Calccare di Sommaprada [Ladinico]

Argillite di Lozio [Ladinico superiore, Longobardico]

Formazione di Breno [Carnico medio-inferiore, Tuvalico (?)-Cordevolico]

Formazione di Gorno [Carnico medio-inferiore, Julico-Cordevolico]

Formazione di San Giovanni Bianco [Carnico superiore, Tuvalico]

Al fine di meglio chiarire le relazioni spaziali ed i rapporti eteropici intercorrenti fra le varie formazioni si propone di seguito, in figura 3.3, lo schema cronostratigrafico delle unità formazionali di substrato (l'area investigata è sita nel settore orientale).

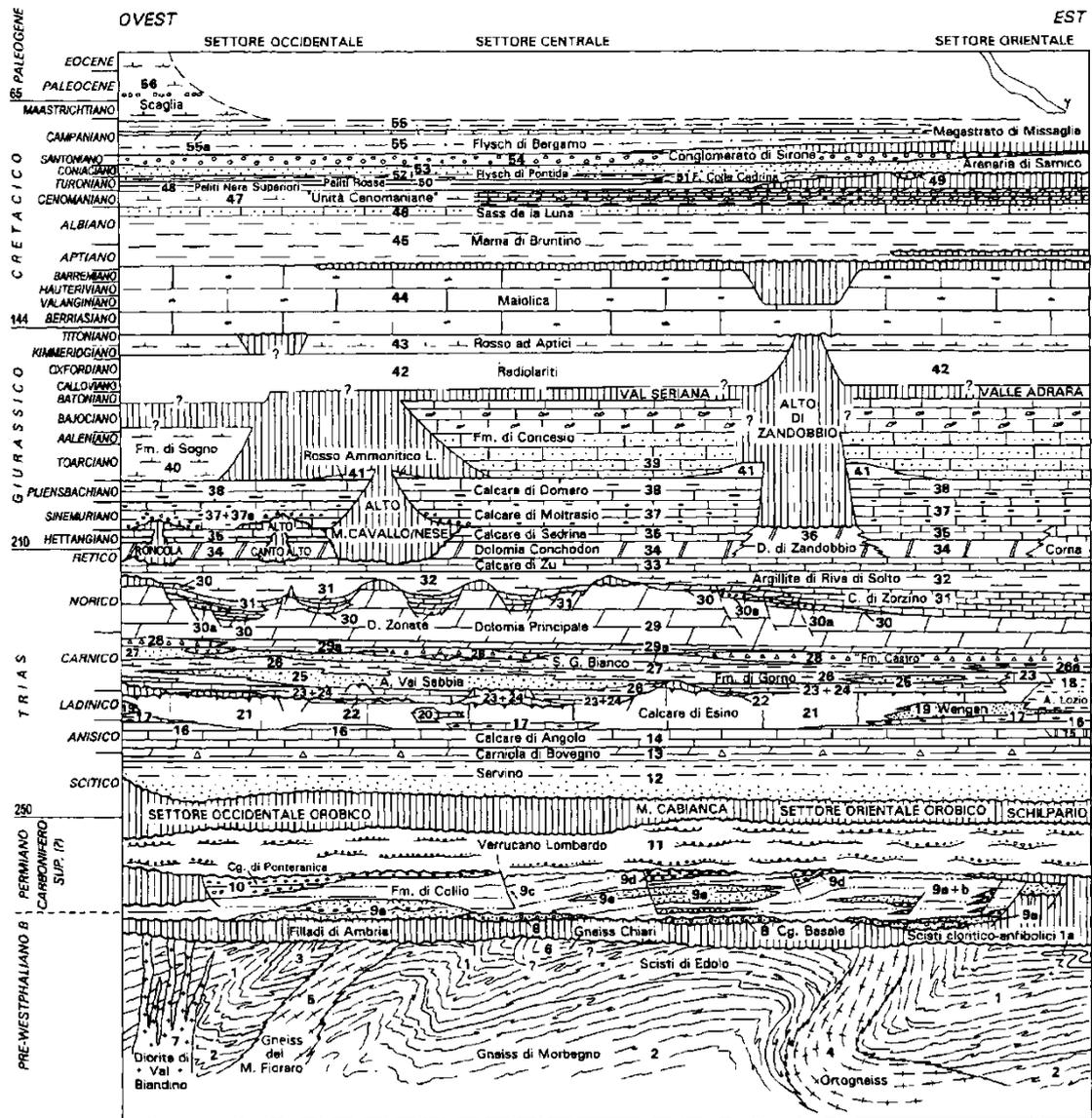


Fig. 2.3 Schema stratigrafico delle unità formazionali di substrato delle Alpi Orobie - Prealpi Bergamasche presenti nella carta geologica della Provincia di Bergamo.

Formazioni della copertura pre-orogena: 56 Scaglia; 55 Flysch di Bergamo, 55a Magestrato di Missaglia; 54 Conglomerato di Sirona; 53 Arenaria di Sarnico; 52 Flysch di Pontida; 51 Flysch di Colle Cedrina; 50 Peliti Rosse; 49 Unità del M. Misma; 48 Peliti Nere superiori; 47 Sequenza Cenomaniana; 46 Suss de la Luna; 45 Marna di Bruntino; 44 Maiolica; 43-42 Gruppo del Selcifero Lombardo; 43 Rosso ad Aptici, 42 Radiolariti; 41 Rosso Ammonitico Lombardo; 40 Formazione di Sogno; 39 Formazione di Concesio; 38 Calcare di Domaro; 37 Calcare di Moltrasio; 36 Dolomia di Zandobbio; 35 Calcare di Sadrina; 34 Dolomia a Conchodon e Corna; 33 Calcare di Zu; 32 Argillite di Riva di Solto; 30-31 Gruppo dell'Ararulla; 31, Calcare di Zorzino; 30 Dolomie Zonate; 30a Breccie sommitali della Dolomia Principale; 29 Dolomia Principale; 29a Membro basale della Dolomia Principale; 28 Formazione di Castro; 27 Formazione di S. Giovanni Bianco; 27a leniti di gesso e anidrite; 26 Formazione di Gorno; 26a Sequenza carnica indistinta (nel settore orientale della Provincia); 25 Arenaria di Val Sabbia; 24 Calcare Metallifero Bergamasco; 23 Formazione di Breno; 22 Calcare Rosso; 21 Calcare di Esino; 20 Calcare di Perledo Varenna; 19 Formazione di Wengen; 18 Argillite di Lozio; 17 Formazione di Buchenstein; 16 Calcare di Prezzo; 15 Calcare di Camorelli; 14 Calcare di Angolo; 13 Carniola di Bovegno; 12 Servino; 11 Verrucano Lombardo; 10 Conglomerato di Ponteranica; 9 Formazione di Collio: a litofacies arenacea, b litofacies pelitiche, c litofacies terrigene indistinte del settore occidentale, d conglomerati, e vulcaniti; 9 Conglomerato Basale. Formazioni del basamento metamorfico varisco: 7 Diorite di Val Biandino; 6 Gneiss Chiari del Corno Stella; 5 Gneiss del M. Fioraro; 4 Ortogneiss (appartenenti a varie formazioni); 3 Filladi di Ambria; 2 Gneiss di Morbegno; 1 Scisti di Edolo, 1a Scisti clortico-anfibolici.

Dagli studi compiuti da Rossetti (1966) emergono diverse considerazioni riguardanti le serie Ladinico-Carniche di scogliera e bacinali nella zona del Pizzo Camino e della Concarena, cioè nel settore centro-settentrionale del territorio comunale. In base all'analisi di più sezioni stratigrafiche, Rossetti suddivide l'area tra il Pizzo Camino e la Concarena in due settori: una a N che si estende da Monte Pratotondo attraverso la Concarena fino a Passo Campelli, ed una a S comprende la zona dalla Valle d'Angolo alla Valle del Daen. Questi due settori appartengono a unità tettoniche sovrapposte separate dal piano di accavallamento che passa per Ossimo-Malegno (sovrascorrimento Palline-Borno-Malegno del Foglio n° 34 Breno); esse sono formate da più unità stratigrafiche quali: Calcarea di Buchenstein, Formazione di Wengen, Calcarea di Esino, Calcarea di Sommaprada, Calcarea di Pratotondo, Argillite di Lozio in quella settentrionale, mentre in quella meridionale (geometricamente sottostante) mancano le ultime tre unità. Confrontando le due serie si nota che le unità stratigrafiche presentano diversi rapporti: al letto di entrambe le serie è presente il Calcarea di Buchenstein mentre la Formazione di Wengen presenta una variazione di spessore e litologia passando da una serie all'altra.

Di seguito si evidenziano i rapporti tra le formazioni e le loro litofacies a N (sezione A) ed a S (sezione B) della Val di Borno.

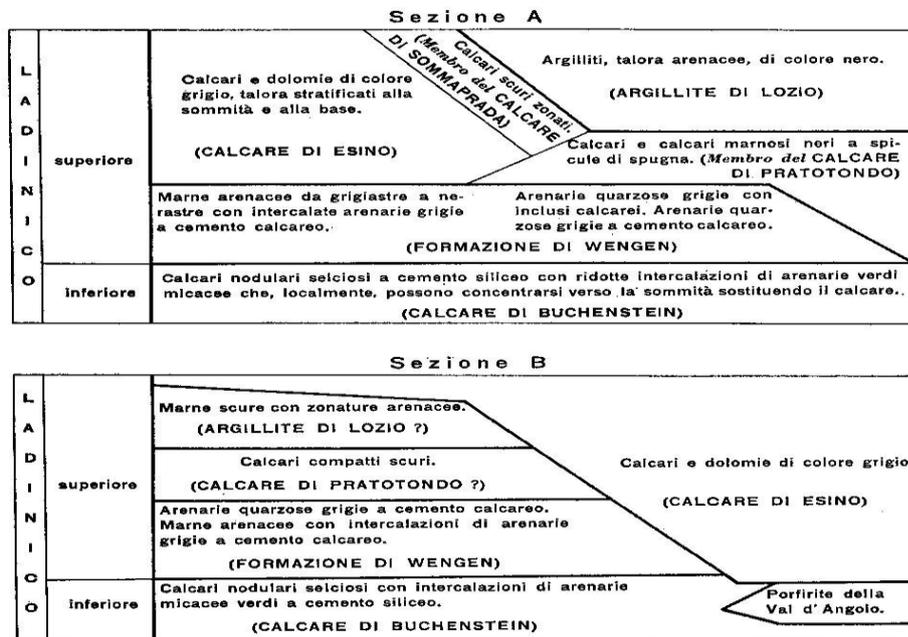


Fig. 3.4 – Rapporti tra le formazioni e le loro litofacies a N (Sezione A) e a S (Sezione B) della Val di Borno. Entrambe le sezioni sono orientate secondo una direzione mediana ed hanno il N a sinistra ed il S a destra.

Di seguito viene descritta la successione litostratigrafica affiorante nel territorio comunale:

3.2.1 Calcarea di Angolo [*Anisico medio-inferiore*]

Il Calcarea di Angolo, il Calcarea di Prezzo, il Calcarea di Buchenstein, la Formazione di Wengen e l'Argillite di Lozio appartengono al 'Gruppo di Valsecca', introdotta con il rango di formazione da Swolfs (1938), ma già Porro (1903) aveva distinto questa unità con il nome di "facies calcareao-scistosa del Muschelkalk", per indicare "tutti gli strati a facies calcareao-scistosa che stanno fra il Servino ed il Calcarea di Esino". Tra l'altro Swolfs comprendeva nel Servino anche la Carniola di Bovegno, formazioni che non affiorano nel territorio comunale.

Il Calcarea di Angolo è la formazione più rappresentata, e antica, nell'ambito del territorio comunale, affiorando in gran parte nell'area centro-meridionale. Tale unità viene descritta in letteratura (Assereto e Casati, 1965) come una formazione distinguibile in due membri. Il membro inferiore (da Ossimo sup. re alla località Creelone) è caratterizzato da calcari da grigio-scuri a neri, per lo più microcristallini, compatti, spesso finemente venati di calcite, talora dolomitici nei livelli più bassi, con stratificazione indisturbata o in grossi banchi (50-80 cm di spessore); localmente i calcari presentano all'interno degli strati una ritmica laminazione parallela a volte così marcata da suddividere i banchi in straterelli di 2-10 centimetri. Nella parte superiore del membro, ai calcari microcristallini si intercalano calcari organogeni (biospanti) grigio-scuri, ricchi di frammenti di crinoidi, in strati ben marcati di 30-60 centimetri. Per la loro compattezza questi calcari danno vita a scarpate morfologiche molto marcate (vedasi lungo il confine ad E con il Comune di Lozio, tra la Località Pat e Asinino). Il membro superiore è invece caratterizzato, nella sua parte basale, da una ritmica alternanza di calcari neri in straterelli di 2-5 centimetri, con argilliti carboniose nerastre spesso micacee, finemente laminate che possono raggiungere alcuni centimetri di spessore. La superficie di stratificazione è in genere piana. Verso l'alto lo spessore degli strati calcarei aumenta leggermente (5-15 centimetri), mentre contemporaneamente diminuiscono di potenza gli strati di argilliti, che spesso si riducono a sottili veli di qualche millimetro. Caratteristica di questa porzione superiore dell'unità è la marcata ondulazione delle superfici di strato; tali ondulazioni sono a volte così marcate da dare luogo a veri e propri calcari nodulari. Questo membro è nella Valle Camonica molto potente: il suo spessore si aggira sui 450 metri. In generale, in Valle Camonica, il Calcarea di Angolo è limitato inferiormente dalla Carniola di Bovegno e verso occidente può venire in contatto con il Servino venendo a mancare la Carniola. Verso l'alto il

Calccare di Angolo è ricoperto dal Calccare di Prezzo. Il limite è caratterizzato dall'improvvisa comparsa di alternanze di marne e calcari marnosi neri in strati di 20-40 centimetri. Nell'area comunale il Calccare di Angolo è stato rilevato in un'ampia zona che si sviluppa dai due centri abitati di Ossimo Sup. re ed Inf. re, fino alla zona che si estende dal Dos d'Averta ad W, alla Località Pat ad E. Sul terreno il Calccare di Angolo appare costituito da calcari scuri, anche nerastrati, a grana fine fittamente stratificati, con livelli di spessore da qualche centimetro ad un metro, rinsaldati ed amalgamati con superfici di strato sia piano-parallele che ondulate e pseudo-nodulari ("bernoccolato"). Si riscontra localmente la presenza di laminette micacee (mica bianca) in località Feit e Dos D'Averta. Tra gli strati calcarei si possono rinvenire dei sottili strati argillosi. L'intera unità appare in ogni luogo osservato, intensamente piegata, con inclinazione dei piani di stratificazione di 80-90°. Si tratta di litotipi caratterizzati da una buona compattezza, ma da una media resistenza all'erosione a causa della stratificazione sottile e della diffusa fratturazione. Il limite superiore è costituito dal Calccare di Prezzo. I resti fossili, per lo più articoli di crinoide, brachiopodi e lamellibranchi, sono molto numerosi ma difficilmente isolabili dalla matrice. Tra le varie specie si ricordano: *Decurtella decurtata* (Girard), *Coenothyris vulgaris* (Scholothem), *Spiriferina fragilis* (Scholothem).

3.2.2 Calccare di Prezzo [*Anisico superiore*]

Il Calccare di Prezzo in letteratura (Assereto e Casati, 1965) viene descritto come un'unità costituita da una ritmica alternanza di calcari marnosi neri, compatti, in strati di 20 cm, e di marne e marne carboniose nere, tenere, generalmente fissili, in pacchi di 15-20 cm. Caratteristica la presenza di una fauna a Lamellibranchi in molti livelli. Nei livelli marnosi della parte superiore dell'unità sono presenti localmente grossi corpi ellissoidici di calcari marnosi neri del diametro di 15-120 cm. Verso l'alto gli strati calcarei aumentano di spessore e divengono particolarmente ricchi di Ammoniti e di Lamellibranchi del genere *Daonella* (località Molinà-Rive). In corrispondenza del versante S del Monte Mignone, le marne nere prevalgono sui calcari che sono limitati ad alcuni banchi nella parte superiore dell'unità. Nella Valle Camonica la potenza di questa formazione varia da 60 a 80 m, fino ad un massimo di 100-120 m. Nella zona il Calccare di Prezzo è limitato inferiormente dal Calccare di Angolo, ed il limite è posto in corrispondenza della comparsa dei livelli marnosi. Il limite superiore è con il Calccare di Buchenstein; il passaggio a questa formazione è caratterizzato dalla comparsa di strati con noduli di selce e dalla contemporanea scomparsa dei livelli marnosi neri che caratterizzano il Calccare di Prezzo. Il Calccare di Prezzo è sempre stato rinvenuto sopra al Calccare di Angolo. Questa descrizione del Calccare di Prezzo è molto vicina a quella offerta dalla letteratura, in

quanto si è osservata la presenza di calcari micritici e calcari marnosi con spessore variabile da qualche cm a qualche dm. I calcari si presentano sempre di colore nero. In alternanza ai calcari, specialmente verso la parte superiore dell'unità, si hanno livelli marnosi, anch'essi di colore nero ma con aspetto meno compatto rispetto ai calcari e ai calcari marnosi. Tale formazione affiora lungo una stretta fascia ad andamento E-W, con potenza variabile compresa tra 60-90 m, dal Dos D'Averta alla località Pratulungo. La formazione è quasi ovunque straordinariamente fossilifera, soprattutto nei livelli alti si ricordano alcune specie: *Paraceratites trinodosus* (Mojsisovics), *Flexoptichites flexuosus* (Mojsisovics), *Fl. gibbus* (Mojsisovics), *Bulogites camunus* (Mojsisovics), *Piarorhynchia trindosi* (Bittner), *Daonella sturi* (Benecke), *Rhynchonella trindosi* (Bittner).

3.2.3 Calcarea di Buchenstein [*Ladinico inferiore*]

Tale formazione è costituita prevalentemente da calcari grigio-nerastri compatti, spesso caratterizzati dalla presenza di selce in grossi noduli. La stratificazione è ben marcata e regolare, in strati nodulari di 15-30 cm. Fra strato e strato si osservano sottili orizzonti argillosi di colore nero o verdino. Nella parte superiore della formazione, localmente, si intercalano ai calcari degli strati di arenarie di grana da grossolana a fine e di siltiti grigio-verdastre, molto compatte, che raggiungono spessori fino a 1,5 m. Nell'area, il Calcarea di Buchenstein è sempre limitato inferiormente dal Calcarea di Prezzo. Verso l'alto si ha un graduale passaggio tra il Calcarea di Buchenstein e la Formazione di Wengen in quanto in vicinanza del limite si ha un'alternanza tra i calcari nodulari a selce, tipici del Buchenstein, e le marne nere che caratterizzano il Wengen; in particolare il passaggio con quest'ultima formazione è graduale e, per convenzione, il limite è stato posto in corrispondenza dell'ultimo strato di calcarea contenente selce. Il Calcarea di Buchenstein è stato rinvenuto in una sottilissima fascia che si estende verso W a partire dal Colle di Mignone e verso Est fino a raggiungere la località Pratulungo. Il Calcarea di Buchenstein è costituito da alternanze di strati calcarei di spessore variabile da uno a qualche dm, di colore grigio chiaro e, in alcuni casi, rosato a granulometria arenacea fine con strati argillitici di spessore centimetrico di colore grigio scuro che non mostrano nessuna reazione all'acido e si presentano con un aspetto fratturato e scagliettato. Al tetto degli strati calcarei si notano delle bande silicizzate e noduli di selce. Le zone silicizzate si distinguono per il colore grigio molto scuro e per la tipica frattura concoide. Lungo la strada che conduce al Monte Mignone è stato rinvenuto un livello di arenaria tufacea. L'unità nella zona interessata è scarsamente fossilifera.

3.2.4 Formazione di Wengen [*Ladinico superiore*]

La Formazione di Wengen è costituita prevalentemente da marne e marne arenacee nere, stratificate in grossi banchi con laminazioni interne. Alle marne si intercalano argilliti marnose nerastre o arenarie grigio-verdine, talora tufacee, a grana media, compatte, in straterelli isolati da 5 a 10 cm; più rare le intercalazioni di calcari marnosi. Nell'ambito degli strati arenacei, si rinvengono laminazioni piano-parallele e talora incrociate, intercalati a marne e calcari marnosi grigio scuri o a volte neri. Nella parte inferiore della formazione prevalgono invece arenarie e siltiti grigio-verdastre in grossi banchi con laminazione interna, suddivisi da interstrati argillosi neri di pochi millimetri di spessore. Verso l'alto predominano invece le argilliti e le marne nere. Caratteristica è la presenza nei litotipi di questa unità, di noduletti di pirite, diffusi prevalentemente nelle marne, che, sulla superficie alterata, danno luogo a macchie color ruggine; assai diffusi sono anche i resti vegetali. Verso l'alto la Formazione di Wengen è in genere limitata dal Calcare di Esino (non riscontrato comunque nel territorio comunale), ma localmente passa anche alla Argillite di Lozio. Inoltre nell'area Monte Mignone-Agolo si ha il contatto con il Calcare di Pratorotondo. Tale contatto nella letteratura meno recente non viene citato in quanto il Calcare di Pratorotondo non veniva distinto dal Wengen stesso. Nell'area investigata non si osserva mai direttamente il limite Wengen-Argillite di Lozio, essendo interposta una litozona di transizione di peliti marnose e marne. Nell'area rilevata il Wengen occupa un'ampia area che dal Colle di Mignone si estende ad E verso località Agolino. L'unità non è ricca di fossili, ma nei livelli inferiori si rinvengono: *Daonella lomelli* (Wissman), *Celtite epolenis* (Mojsisovics). *Protrachyceras* sp.

3.2.5 Calcare di Pratorotondo [*Ladinico*]

Rossetti (1966) interpreta il Calcare di Pratorotondo come un membro del Calcare di Esino in modo analogo al Calcare di Sommaprada, mentre in questa sede si è preferito, date le sue caratteristiche peculiari, considerarlo come una formazione a se stante, alla stessa stregua del Calcare di Sommaprada. Il Calcare di Pratorotondo è costituito da calcari e calcari marnosi neri con spicole di spugna. Ha una potenza massima di 250 m. È meno fossilifero rispetto al Calcare di Sommaprada, e contiene piccoli gasteropodi turricolati; tra i resti organici compaiono le alghe diplopore. La stratificazione è sempre netta e gli strati hanno uno spessore variabile da 10 cm al mezzo metro. In posizione stratigrafica centrale di questa formazione è possibile osservare una litofacies dello spessore di una trentina di metri composta da calcari neri debolmente marnosi attraversati da numerose vene di calcite bianca;

da questo orizzonte si ricava materiale da ornamentazione, noto con il nome di “Nero Venato”. Il Calcarea di Pratotondo affiora sul versante nord orientale del Monte Mignone, e nella zona tra Agolo e il Corno della Luna. Nell’area esaminata il limite inferiore è sempre dato dalla Formazione di Wengen con la quale è in rapporto di eteropia. Verso l’alto si ha una transizione abbastanza sfumata all’Argillite di Lozio che ricopre il Calcarea di Pratorotondo. Il Calcarea di Pratotondo riscontrato sul terreno è formato da calcari grigio-nocciola in patina e grigio-scuro in frattura, mostrandoti numerose vene di calcite di spessore millimetrico. In patina è intuibile una certa laminazione. Si rinvencono frammenti di bioclasti e tracce di solfuri (pirite).

3.2.6 Calcarea di Esino [*Anisico superiore - Carnico inferiore*]

Il Calcarea di Esino è costituito da calcari e calcari dolomitici bianchi o nocciola a stratificazione per lo più indistinta localmente in grossi banchi poco marcati. Verso l’alto la formazione si presenta grossolanamente ricristallizzata, con cavità riempite di calcite spatica. Caratteristica è la presenza in questa formazione di alghe, di grossi gasteropodi, di crinoidi e, verso il tetto dell’unità, di strutture algali pisolitiche o mammellonari assai tipiche. La potenza della formazione varia nella Val Camonica meridionale da 0 a 500 metri. Nel territorio comunale il Calcarea di Esino è limitato inferiormente dall’Argillite di Lozio a SE della zona denominata I Segaboli, e dal Calcarea di Sommaprada lungo una fascia che corre poco più a N. Al tetto è ricoperto dal Calcarea Metallifero Bergamasco (non affiorante in zona) e dalla Formazione di Breno (settore più meridionale della carta geologica a S dei Dossi del Cerreto). Il Calcarea di Esino affiora con continuità nella parte NW dell’area rilevata, arrivando nei punti più a Nord, fino alla Malga Valburnega ed al Passo di Ezendola. Il Calcarea di Esino osservato sul terreno rispecchia alcuni dei caratteri descritti in letteratura, essendo costituito da calcari grigio-chiaro in patina e grigi in frattura, organizzati in strati mal definiti e mostrandoti la presenza di bioclasti. Nell’area studiata l’identificazione del passaggio fra Calcarea di Esino e Formazione di Breno è facilitato dalla presenza di un sottile livello di calcari arenacei neri a *Pachycardie*. In località “I Segaboli” si sono osservate delle brecce aventi un certo grado di cementazione, e quindi cartografate separatamente dai depositi superficiali, in quanto aventi caratteristiche geotecniche differenti; le brecce e i conglomerati cementati sono formati da clasti eterometrici del Calcarea di Esino con granulometria assai grossolana e dimensioni da decimetriche a metriche; la matrice è carbonatica ed è di colore giallastro. Se osservate da una certa distanza si può notare una rozza bancatura dell’ammasso roccioso. L’unità è generalmente fossilifera ad alghe, coralli, articoli di crinoidi, più raramente lamellibranchi e

gasteropodi. Alcune specie rinvenute sono: *Omphaloptycha escheri* (Hörnes), *Gigantogonia eximia* (Hörnes), *Omphaloptycha princeps* (Stoppani), *Gradiella gradata* (Hörnes).

3.2.7 Calcare di Sommaprada [*Ladinico*]

Interpretato da Rossetti (1974) come un membro del Calcare di Esino, esso è costituito da calcari di potenza variabile dai 70 ai 150 metri. Presenta una stratificazione/laminazione netta, e mostra sempre un colore scuro; le zonature che lo contraddistinguono derivano dalla presenza di piccoli livelli detritici più chiari, spesso bioclastici. Frequentemente questi calcari presentano selce in piccoli noduli e liste. Nella zona del Passo del Lifretto, a NE del Passo di Ezendola, si osservano numerosi resti organici attribuibili a Gasteropodi; i calcari sono debolmente marnosi, la zonatura è meno marcata e compare una suddivisibilità secondaria organizzata in sottili lastre che tendono a fogliettarsi in prossimità del passaggio all'Argillite di Lozio. Il Calcare di Sommaprada affiora in una fascia ad E della località I Segaboli, ed è compreso fra il Calcare di Esino e l'Argillite di Lozio, verso la quale è in transizione. È in parziale eteropia con il Calcare di Pratotondo. Il Calcare di Sommaprada, nell'area comunale, affiora in una fascia con direzione N-S sul versante NE della dorsale carbonatica tra il Pizzo Camino ed il Passo del Lifretto. Tale Unità è limitata lateralmente, nell'area studiata, dal Calcare di Esino, con il quale è in eteropia.

3.2.8 Argillite di Lozio [*Ladinico superiore*]

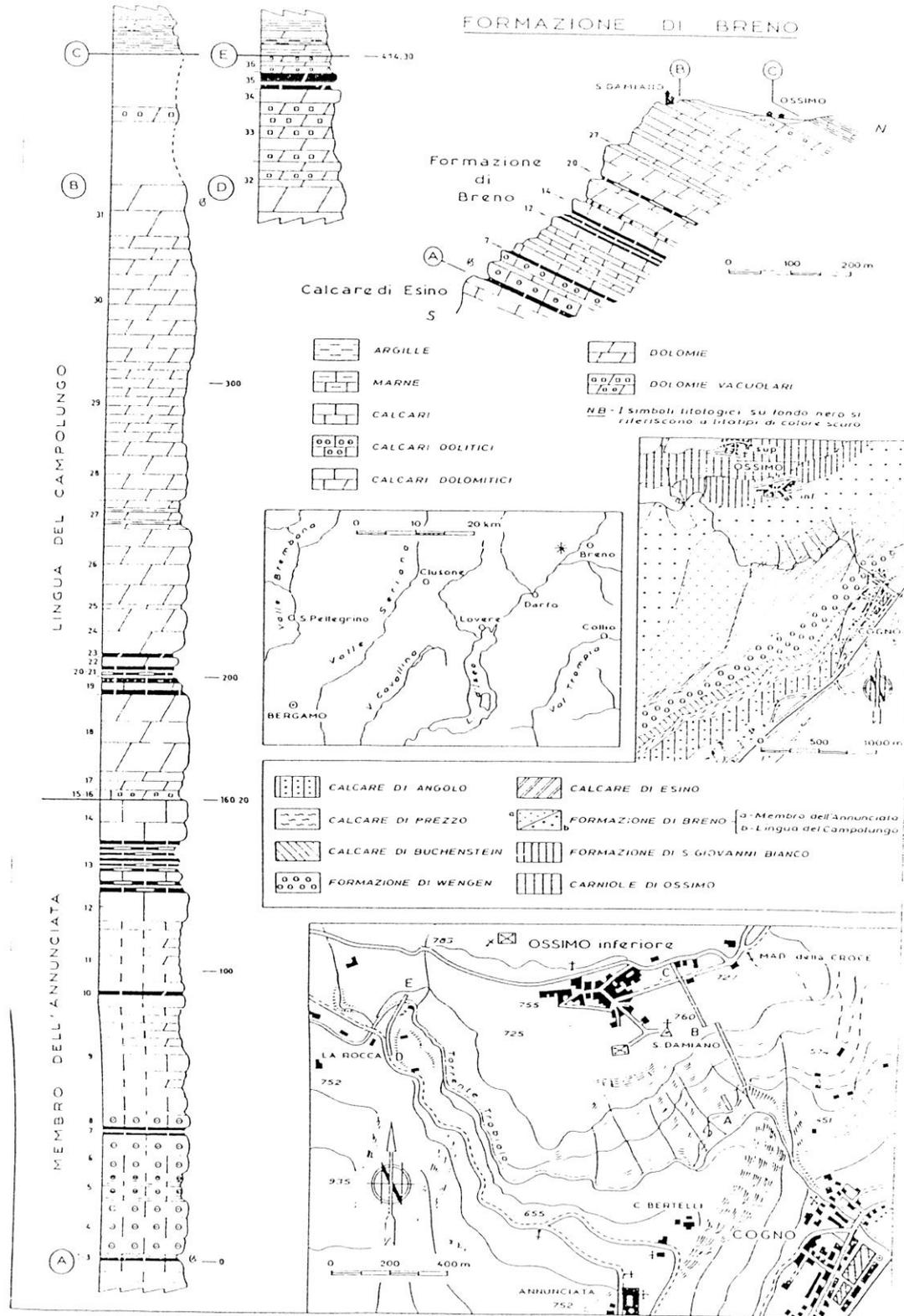
La formazione è costituita da una monotona ed uniforme successione di argilliti lievemente marnose, prive di fossili, con una percentuale di CaCO₃ pari al 10-15%, che presentano la peculiare caratteristica di sfaldarsi in schegge minute, spesso aghiformi. Nella parte superiore dell'unità, alle argilliti si intercalano siltiti nerastre più compatte, in strati poco marcati di 20-60 cm, con laminazione interna. Verso l'alto si osservano, entro la roccia, noduli di solfuri. La stratificazione non è quasi mai manifesta. La potenza delle argilliti affioranti si aggira sui 200 metri. Il limite inferiore dell'Argillite di Lozio è rappresentato dai calcari nero venati (Calcare di Pratotondo) e dalla formazione di Wengen. Localmente l'Argillite di Lozio passa alla Formazione di Gorno. L'Argillite di Lozio osservata sul terreno è un'unità costituita essenzialmente da argilliti e argilliti debolmente marnose; in genere questa unità presenta la caratteristica fratturazione scheggiata che dà origine a frammenti allungati. Le peliti si presentano di colore variabile dal grigio, anche molto chiaro, al marroncino e in alcuni casi anche nere. Sono presenti, specie nella zona del Colle di Mignone inclusi più resistenti dovuti probabilmente a livelli di arenarie fini budinate. È possibile osservare, inoltre, piani di clivaggio

e piani di fessurazione con spaziature che in alcuni casi arrivavano ad alcuni centimetri; si è rinvenuta infine, anche se molto raramente, la presenza di sottili laminazioni ondulate.

3.2.9 Formazione di Breno [*Carnico medio-inferiore*]

La Formazione di Breno si presenta, nella località-tipo, distinguibile in due membri: uno inferiore, il “Membro dell’Annunciata”, costituito da calcari compatti da grigio-chiaro a grigio-scuro, localmente con stiloliti, a stratificazione ben distinta, con strati di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di rare dolomie calcaree; ed uno superiore, la “Lingua del Campolungo”, costituito da dolomie microcristalline grigio-biancastre, a patina di alterazione giallina, localmente farinose e talora con selce sia diffusa, che in noduli finemente fratturati e venati, in strati di 30-40 cm, a volte con sottili interstrati di argilliti arenacee. L’elemento denominato “Lingua del Campolungo” affiora lungo una fascia che va dai Dossi del Cerreto alla strada che porta all’abitato di Borno in località Rocca, mentre il “Membro dell’Annunciata” si rinviene nel settore più meridionale del territorio comunale, costituente le ripide pareti rocciose sovrastanti il Torrente Trobiolo e l’abitato di Cagno. La Formazione di Breno, specialmente nella sua parte superiore, presenta strutture stromatolitiche e strutture ritenute di essiccazione, che sono caratteristiche delle piattaforme carbonatiche intercotidali. Al letto della Formazione di Breno si ritrova il Calcare di Esino. Al tetto si rinviene la Formazione di San Giovanni Bianco. La Formazione di Breno raggiunge nella località-tipo circa 400 m di spessore, così suddivisi: Membro dell’Annunciata 160 m, Lingua del Campolungo 240 m. questa potenza si mantiene pressoché costante anche ad oriente e nei dintorni di Breno. Ad occidente invece l’unità passa lateralmente quasi interamente alla Formazione di Gorno; solo la Lingua del Campolungo continua lungo la Val Camonica sino al Colle di Vareno, ridotta però ad un lembo sottile di 100 m di spessore. I fossili rinvenuti sono: *Megalodon corinthiacus* (Boue), *Megalodon cassianus* (Hörnes), *Trachyceras aonides* (Mojsisovics).

La sezione tipo è stata rilevata entro il canalone che dalla Chiesa di San Damiano (Ossimo Inf. re) scende verso la Valle del Trobiolo, a partire dal punto di quota 510 m s.l.m. e di N: 5088068 – E: 1595997 / Lat. N 45°56’19” – Long. W 02°12’50” (vedasi figura 2.5). L’inizio della sezione è in corrispondenza del sentiero che dall’Annunciata conduce con direzione E alle case di quota 574 m s.l.m. La parte superiore della sezione (livelli 32-36) che non affiorava bene nei pressi di Ossimo Inf. re, è stata misurata in località La Rocca, a partire dal ponte sul Torrente Trobiolo (N: 5088328 – E: 1594830 / Lat. N 45°56’28” – Long. W 02°13’44”), lungo la strada che conduce alla centrale dell’ex Società Olcese.



- Cartine di ubicazione, sezione geologica e colonna litologica della sezione-tipo e schizzo geologico dell'area-tipo della Formazione di Breno.

3.2.10 Formazione di Gorno [*Carnico medio-inferiore*]

La Formazione di Gorno, insieme alla Formazione di San Giovanni Bianco, l'Arenaria di Val Sabbia ed il Calcare Metallifero Bergamasco (queste ultime due formazioni non affioranti nel territorio comunale), appartengono al 'Gruppo di Raibl' (*Raibler Schichten*), nome introdotto per la prima volta nella letteratura geologica, con chiaro significato litostratigrafico, da Hauer (1855), per indicare una successione prevalentemente calcareo-marnosa, compresa fra due complessi dolomitici (Dolomia dello Schlern e Dolomia Principale), affiorante nelle Alpi Giulie. In Lombardia il termine "*Raibler Schichten*" fu introdotto dallo stesso Hauer nel 1858, con significato litostratigrafico, per indicare un complesso di arenarie, calcari e marne compreso fra il Calcare di Esino e la Dolomia Principale. La Formazione di Gorno è costituita da una potente successione di marne e di calcari nerastri, fossiliferi. I calcari si presentano in genere compatti, localmente nodulari, molto ricchi di fossili; la stratificazione è in strati di spessore piuttosto variabile, da 2 a 40 cm, sempre ben netta, a volte marcata da giunti marnosi. Le marne, particolarmente diffuse nella parte inferiore dell'unità, si presentano piuttosto compatte, molto fossilifere, di colore grigio scuro, giallastre in alterazione, sovente laminate. Nella parte inferiore si hanno locali intercalazioni di arenarie verdine e nerastre in genere di limitato spessore. La Formazione di Gorno compare nell'area comunale in due limitati affioramenti, nel settore settentrionale, al tetto dell'Argillite di Lozio e a S in eteropia laterale con la Formazione di Breno (Lingua del Campolungo). Sul terreno la Formazione di Gorno si presenta in calcari micritici di colore grigio blastro in patina e grigio scuro alla frattura, con qualche livello più chiaro ma sempre a grana finissima. Nei calcari si alternano marne in strati sottili e calcari marnosi con intercalazioni arenacee e pelitiche organizzate in strati di spessore decimetrico. L'unità è quasi ovunque riccamente fossilifera, soprattutto di lamellibranchi, quali: *Myophoria kefersteini* (Münster), *Myoconcha lombardica* (Hauer), *Modiolus raiblianus* (Bittner), *Amussium filosum* (Hauer). Non mancano gasteropodi, vegetali quali *Voltzia* sp. e piste varie di organismi.

3.2.11 Formazione di San Giovanni Bianco [*Carnico superiore*]

Tale unità chiude il ciclo triassico delle unità affioranti nel territorio comunale, ed affiora con continuità alla base del sovrascorrimento segnato sulla Carta Geologico-Strutturale. È costituita prevalentemente da argilliti verdastre, talora rossicce, sottilmente stratificate, alternate a dolomie marnose e marne grigie, a patina di alterazione giallastra. La formazione

affiora lungo una fascia che va dall'abitato di Ossimo Inf. re alla Località La Fornace più ad E. Al letto della Formazione si trova la Formazione di Breno. Il tetto dell'unità è sempre costituito dalla Dolomia Principale [*Norico*], non affiorante nell'area comunale e comunque affiorante poco più ad W nel Comune di Borno; nel nostro caso la parte superiore della formazione è mancante per ragioni tettoniche, in quanto gran parte delle zolle sovrascorse hanno avuto come piani di scivolamento i livelli superiori della formazione. Tra il confine comunale con Borno e l'abitato di Ossimo Inf. re, lungo la strada provinciale, si sono osservate delle carniolate giallastre; tali carniolate, denominate in letteratura '*Lente di Ossimo*', si ritrovano inoltre, immediatamente a S dell'abitato di Ossimo Sup. re. in affioramenti presenti lungo la Via Aldo Moro (la strada secondaria che collega i due centri abitati); tale lente appare come una breccia di colore grigio-giallastro costituita da clasti appiattiti e spigolosi di natura carbonatica, da pochi centimetri fino a qualche decimetro. Si è notata inoltre la presenza di una diffusa vacuolarità superficiale dovuta probabilmente alla dissoluzione dei clasti di natura dolomitica ed evaporitica. L'unità è scarsamente fossilifera.

3.2.12 Depositi superficiali

Le formazioni continentali quaternarie sono costituite da depositi glaciali, da depositi fluvioglaciali, da detrito di falda, da depositi alluvionali e dalla copertura eluviale. La copertura eluviale, dati i limitati spessori di questa, non è stata rappresentata in carta, ed è comunque coincidente con il retino "sub-affiorante" rappresentato nella Tav. I – Carta Geologico-Strutturale. Si è riscontrata inoltre la presenza di materiale di riporto in località "Madonna della Croce", costituito da abbondante matrice sabbioso-limosa con ciottoli calcarei e calcareo-marnosi di varia pezzatura, da 2-5 cm in media a ciottoli isolati di 10-15 cm. Oltre a questo vi è la presenza di una discarica di materiale avente caratteristiche non ben definibili, poiché quasi completamente colonizzata dalla vegetazione, in Via Trieste, ad Ossimo Sup.re. Tale discarica è stata segnalata nella relazione tecnica effettuata a supporto della progettazione di consolidamento del dissesto del Novembre 2002 in Via S. Antonio ad Ossimo Inf.re, quale pericolo potenziale al sopraccitato abitato.

a) depositi glaciali: i depositi glaciali, o morene, principalmente legati alla grande glaciazione würmiana, sono presenti in plaghe discontinue di varie dimensioni e con spessori variabili da pochi metri a qualche decina. I depositi glaciali sono presenti abbastanza diffusamente sul territorio comunale. Si tratta di sedimenti la cui origine è direttamente legata all'azione delle lingue glaciali che in passato hanno occupato sia il solco principale della Valle Canonica che le valli laterali ad essa tributarie. Sono principalmente depositi di ablazione che

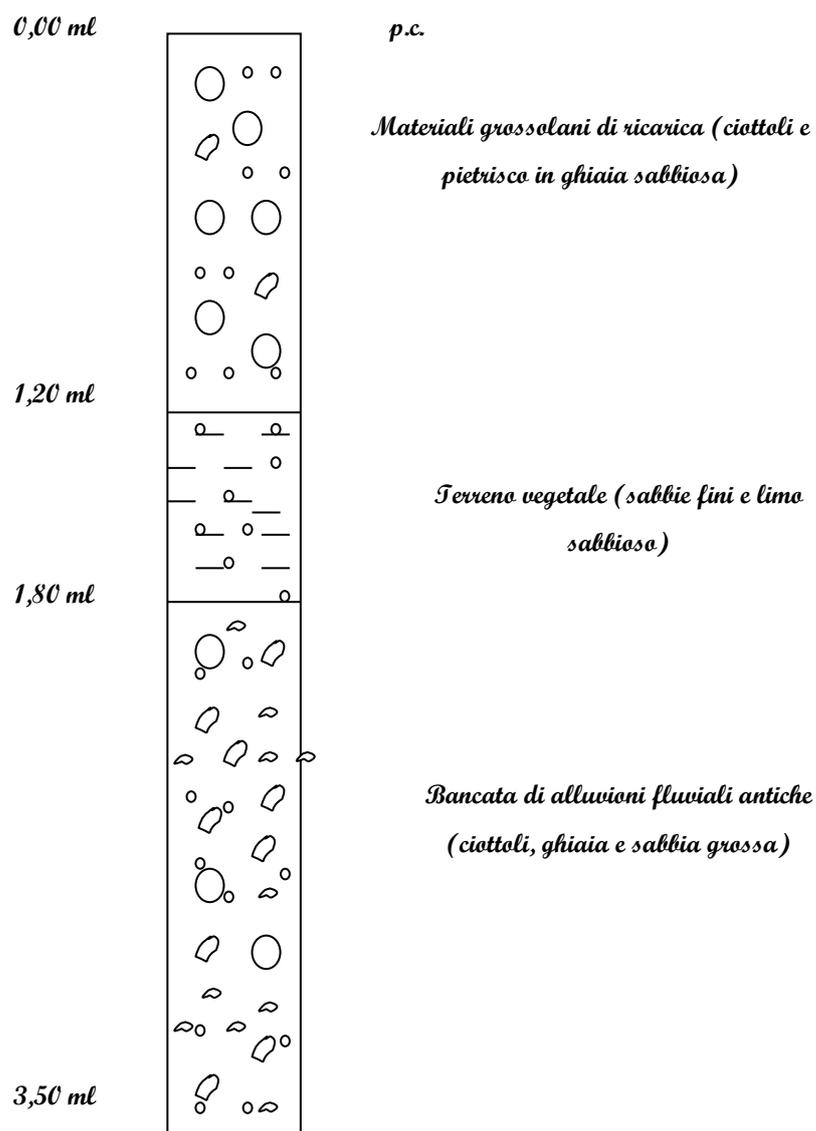
originariamente costituivano le morene laterali o frontali delle lingue glaciali. Questi depositi sono costituiti da sedimenti sciolti, eterometrici, massivi, a supporto clastico o a supporto di matrice. I clasti, litologicamente eterogenei, sono da spigolosi a subarrotondati, meno frequentemente arrotondati. In particolare i depositi legati al ghiacciaio principale sono a prevalente supporto di matrice, con clasti in genere subarrotondati, a volte alterati e appartenenti ai vari litotipi affioranti in Val Camonica tra i quali compaiono rocce provenienti dal basamento cristallino (micascisti) e dal Verrucano Lombardo. Tali depositi morenici ricoprono uniformemente la zona a N di Ossimo Sup. re e Creelone fino alla località Baleggie; si ritrovano inoltre in località Pat e Asinino nel settore orientale dell'area comunale. La quota massima alla quale sono stati rinvenuti clasti attribuibili al ghiacciaio camuno è di circa 1650 m. s.l.m. ad E del Colle di Mignone. I depositi legati alle lingue glaciali secondarie invece si presentano spesso a supporto clastico, con clasti prevalentemente spigolosi, raramente alterati e appartenenti esclusivamente alle formazioni che affiorano nei rispettivi bacini di alimentazione. Apparati morenici locali sono visibili nella zona del rifugio Coppellotti (Comune di Borno) e nella zona del Passo di Ezendola, dove si ha la presenza di più cerchie moreniche. Tali apparati morenici locali sono chiaramente distinguibili da quelli del ghiacciaio camuno per l'esclusiva presenza di clasti appartenenti a formazioni costituenti le pareti rocciose sovrastanti le morene. Anche i depositi legati alle lingue glaciali secondarie sono da riferire in gran parte alla glaciazione würmiana, ad esclusione dei cordoni morenici presenti alle quote superiori che sono invece dovuti alle piccole pulsazioni glaciali avvenute successivamente. Localmente sono stati rinvenuti massi erratici appartenenti alla formazione del Verrucano Lombardo (Pietra Simona), e a formazioni ignee a composizione gneissico-muscovitica.

b) depositi fluvioglaciali: nella zona compresa tra la località Carnino ed i Dossi del Cerreto (settore SE dell'area comunale), ad una quota di circa 600 m s.l.m., è stata rilevata la presenza di depositi caratterizzati da una granulometria e tessitura tipicamente alluvionali; questi depositi fluvioglaciali sono costituiti da livelli di sabbie medie e fini, sabbie limose e sabbie con ghiaia fine, con massi di 50-70 cm di diametro. Si può riconoscere anche del paraconglomerato non cementato che, a grande scala, presenta evidente un allineamento dei clasti di dimensione media e grande. In base alla posizione altimetrica di questi depositi si può ragionevolmente supporre che siano collegati alla deposizione di materiale da parte delle acque di fusione delle lingue glaciali che scendevano verso il fondovalle. Tali depositi erano stati interpretati da Assereto e Casati (1965) come depositi alluvionali; comunque recentemente si è preferito adottare la caratterizzazione fluvioglaciale per le caratteristiche tessiturali dei depositi stessi.

c) depositi detritici di versante: sono depositi legati principalmente all'azione della gravità, e si originano dall'accumulo, ai piedi delle pareti rocciose, dei materiali che si distaccano in seguito ai processi di alterazione e disgregazione chimico-meccanica degli ammassi rocciosi. All'interno di tali depositi i clasti si distribuiscono dando luogo ad orizzonti clinostatigrafici, con gradazione laterale per gravità. La disposizione è solitamente a cono (lungo i canali) o a falde, con sviluppo relativamente allungato. L'angolo di inclinazione dei cono o delle falde tende all'angolo limite di stabilità del materiale che lo costituisce. Si tratta di sedimenti a supporto clastico, raramente a supporto di matrice, costituiti da ciottoli e blocchi a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Generalmente le dimensioni dei clasti sono molto variabili (si va dai blocchi alla ghiaia, in relazione alle caratteristiche geomeccaniche e litologiche delle rocce), ed aumentano dalla zona prossimale alla zona distale dei depositi. I detriti posti alle quote inferiori sono in prevalenza inattivi e colonizzati dalla vegetazione e, a causa dell'alterazione, sono caratterizzati da una maggiore percentuale di materiale fine, mentre quelli che si rinvengono nelle aree altimetricamente più elevate, sono spesso attivi e non colonizzati.

Questi depositi, organizzati in falde e cono, si ritrovano prevalentemente nel settore settentrionale del territorio comunale, alla base delle creste rocciose del Passo Varicla-Monte Susino ed a N della località I Segaboli per quanto riguarda clasti derivanti dal Calcere di Esino; in località Averta lungo il sentiero che porta in località Agolo si ritrovano clasti del Calcere di Prezzo e del Calcere di Angolo più a SE; lungo il corso del Trobiolo alla base delle pareti rocciose a S della Chiesa di San Damiano (Ossimo Inf. re) si hanno clasti derivanti dalla formazione di Breno; la falda di detrito a N della località Prada (Comune di Civate Camuno), sul versante destro della Valle Camonica, è costituita da clasti misti derivanti dal Calcere di Esino e dalla Formazione di Breno, ed è soggetta a sporadiche alimentazioni da parte di distacchi di blocchi dalle pareti rocciose sovrastanti.

d) depositi alluvionali: tali depositi si rinvengono prevalentemente nel settore meridionale dell'area comunale, nella piana alluvionale del Fiume Oglio, a confine con il Comune di Civate Camuno in località Prada. Si tratta di depositi sicuramente post-glaciali, depositati appunto dal Fiume Oglio dopo il ritiro del ghiacciaio; sono costituiti da materiali grossolani, quali ghiaie, ciottoli e sabbie grosse, trasportati in sospensione dalle acque di inondazione e depositati con velocità di sedimentazione molto bassa, dell'ordine di spessori centimetrici per ogni periodo di piena. Sulla base di pozzetti esplorativi effettuati nell'area esaminata, si può definire in linea generale la seguente sezione stratigrafica:



A profondità superiori la stratigrafia dei depositi alluvionali è composta prevalentemente da orizzonti costituiti da ghiaia e ciottoli alternati ad orizzonti di ghiaia e sabbie, con intercalazioni di livelli di materiali fini. La potenza di questo materasso alluvionale ha valori che variano dai 15 ai 20 ml, presentando caratteristiche geotecniche di buon addensamento e compattazione. La falda freatica si riscontra a profondità comprese tra 8 e 12 ml dal piano campagna. Esternamente ai canali si ritrovano i sedimenti depositi durante i periodi di esondazione, costituiti da livelli di sabbie fini e sabbie limose, come nel caso dell'area comunale in cui sono presenti i depositi alluvionali depositati dal Fiume Oglio. Localmente, soprattutto al piede delle pareti rocciose, tali depositi alluvionali sono mescolati a detrito di versante.

Depositi alluvionali di limitato spessore si ritrovano anche per l'azione delle acque incanalate: si rinvencono lungo l'alveo del Torrente della Valle dell'Inferno, nella sua parte centrale, partendo da quota 900 m s.l.m. circa in località Feit, e lungo il corso del Torrente Trobiolo. Si tratta di depositi grossolani costituiti da orizzonti a supporto clastico di ciottoli, ghiaia e sabbia con massi, talora con scarsa matrice limoso-sabbiosa. I clasti sono da arrotondati a subarrotondati. Comunque data la limitata importanza di questi torrenti, non è stato possibile cartografarli adeguatamente.

e) depositi eluviali: costituiscono la normale copertura delle rocce di substrato subaffioranti; tali depositi, non cartografati alla scala del rilievo utilizzata per la carta geologico-strutturale e geomorfologica, e coincidenti, come detto precedentemente, con il sub-affiorante, sono costituiti da materiali derivanti dall'alterazione chimica, fisica e biologica in posto del substrato roccioso, e sono coincidenti con i suoli e con le unità pedostratigrafiche. Sono disposti parallelamente alla superficie topografica, ed impediscono l'osservazione diretta dei litotipi che costituiscono il substrato roccioso. Si tratta di sedimenti fini a supporto di matrice rappresentati da ciottoli e ghiaia immersi in un'abbondante frazione sabbioso-limosa. Questi depositi sono distribuiti in tutto il territorio comunale e costituiscono delle coltri di spessore generalmente sottile e sono spesso molto discontinue. Nel sistema Piano Montano (PM), coincidente con le fasce fitoclimatiche del 'Pietetum' e del 'Fagetum' a quote comprese tra 700 e 1700 m s.l.m. (+/- 300 m), e nel sistema Piano Basale (PB), coincidente con la fascia fitoclimatica del 'Castanetum' a quote inferiori a 700 m s.l.m. (+/- 300 m), si ritrovano suoli sottili e scheletrici spesso associati a roccia affiorante (*Entisols*, *Inceptisols*).

f) depositi colluviali: i depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti, ad opera della gravità, dei materiali eluviali; anche in questo caso si tratta di sedimenti prevalentemente fini a supporto di matrice. Si ritrovano solitamente ai piedi dei versanti per colamento progressivo dei materiali costituenti la coltre di alterazione dei versanti stessi. Non sono stati rappresentati in carta, poiché di non importante entità e quindi difficilmente cartografabili.

3.3 Carta Geomorfologica

Il territorio del Comune di Ossimo, come detto in precedenza, può essere morfologicamente suddiviso in tre aree distinte, in relazione alle caratteristiche litologiche e strutturali che hanno orientato l'attività degli agenti morfologici.

L'area settentrionale, nella quale si rinvencono le zone più elevate del territorio che fungono da spartiacque tra la Valle dell'Oglio e la Valle di Scalve, presenta una morfologia varia ed articolata, fortemente influenzata dall'azione glaciale. Nelle aree immediatamente ad W del Passo di Ezendola (1973,7 m s.l.m.) e del Passo di Varicla (2124,5 m s.l.m.), si possono riconoscere due circhi glaciali. In tale area non si rinvencono corsi d'acqua, ad eccezione di piccoli torrenti a carattere prevalentemente stagionale e di scarsa entità.

L'area centrale, rappresentata dalla profonda incisione generata dal torrente della Valle dell'Inferno, molto probabilmente a controllo strutturale, risulta morfologicamente dominata dall'attività del corso d'acqua stesso, ed è improntata ad un forte dinamismo, così come sarà evidenziato nella descrizione della Carta della Fattibilità.

L'area meridionale risulta caratterizzata da una morfologia dolce, ed anche in questo caso dalla mancanza di corsi d'acqua superficiali, sintomo, in questo caso, della presenza di un sistema carsico sotterraneo, che ha la sua manifestazione superficiale nella località Dossi del Cerreto, con una dolina. Bisogna comunque sottolineare la presenza, in un limitato tratto a SW dell'area per circa 1,5 km, del Torrente Trobiolo, immediatamente al confine con il Comune di Piancogno. Tale torrente poco più a valle forma un esteso conoide alluvionale su cui sorge l'abitato di Cogno.

Gli elementi strutturali presenti hanno quindi esercitato un forte controllo sullo sviluppo del reticolo idrografico, che mostra un andamento subdendritico, in cui alcuni rami presentano una direzione di sviluppo preferenziale, con tratti disposti parallelamente alla direzione delle principali famiglie di discontinuità, ad andamento E-W, come il torrente della Valle di Doane, il torrente della Valle dell'Inferno e il torrente che scorre il località Passagrop.

Gli elementi morfologici individuati sono stati distinti tra loro in 'attivi' per indicare le forme legate a processi in atto, e 'quiescenti' per indicare le forme che, non avendo ancora esaurito la propria evoluzione, hanno la possibilità di riattivarsi. Gli elementi definiti 'non attivi' indicano invece i processi attuali che hanno completato la loro evoluzione dinamica.

3.3.1. Forme, processi e depositi dovuti alle acque superficiali

In conseguenza dell'evoluzione morfologica recente, i pochi corsi d'acqua presenti nel territorio comunale, in particolar modo il torrente della Valle dell'Inferno, che va poi a confluire nel torrente Lanico, nel Comune di Malegno, sono caratterizzati da una dinamicità evolutiva, ancora condizionata dal riequilibrio con la situazione creatasi in seguito al ritiro dei ghiacci, quando tutti i torrenti presenti sono rimasti sospesi rispetto ai fondovalle dei corsi d'acqua in cui confluiscono. Questa dinamicità si traduce soprattutto nella tendenza all'erosione di fondo che si manifesta lungo tutto il profilo della curva di fondo. All'erosione di fondo si accompagna spesso anche l'erosione laterale, soprattutto con scalzamento al piede delle sponde, e scarpate di erosione attive sono presenti localmente lungo le sponde di diversi corsi d'acqua.

La situazione di dinamicità del torrente con erosione di fondo e laterale lungo buona parte del rispettivo corso, si traduce in fenomeni di piena caratterizzati da un medio trasporto solido con conseguenti fenomeni di sovralluvionamento oppure di esondazione.

Fenomeni attivi di ruscellamento concentrato o diffuso, dovuto allo scorrimento lungo i versanti delle acque non incanalate, interessano i depositi superficiali soprattutto nel settore centro-settentrionale del territorio, in località Corno della Luna ed ancora nella Valle dell'Inferno. Queste forme possono talvolta evolvere, in occasione di eventi meteorologici di particolare intensità, verso manifestazioni erosive di maggiore intensità dando luogo ad erosione areale o accelerata con conseguente esportazione della coltre di depositi superficiali ed incremento del trasporto solido dei corsi d'acqua. Questi fenomeni si manifestano con intensità differente in relazione all'inclinazione dei versanti e dalla presenza o meno della copertura vegetale. Localmente i fenomeni sono stati innescati dall'attività antropica in relazione al taglio dei boschi ed al trasporto del legname (località Feit, lungo la strada per Doane).

Sul territorio comunale si sono osservati dei fenomeni di dilavamento dei depositi superficiali; il dilavamento è determinato dall'acqua meteorica, ed è quindi un fenomeno discontinuo nel tempo, dipendente dall'intensità dell'azione di pioggia. Si ha quindi un processo di asportazione e trasporto di particelle solide, che dopo un percorso relativamente breve può essere ridepositato, formando i depositi colluviali. Gli effetti meccanici dello scorrimento sub-superficiale dell'acqua nel terreno provoca, da scaturigini di breve durata, creazioni di piccoli canali, di larghezza pari a 20-40 cm, fenomeno denominato di "erosione sottocutanea" o suffosione ('*piping*' in terminologia inglese). Tali fenomeni si sono riscontrati nella località Dignelone-Carane e nei pressi del Cimitero di Ossimo Inf. re; in quest'ultimo caso

il dilavamento è dovuto alla raccolta delle acque meteoriche dalla sede stradale, per il quale sarebbe opportuno costituire una apposita canalizzazione raccogliendo il tutto in un pozzetto drenante con un sistema di sub-irrigazione. Tali fenomeni, tuttavia, non hanno intensità tale da creare situazioni di dissesto essendo molto limitati e quindi non rappresentati in carta; vengono comunque segnalati all'Amministrazione affinché provveda ad incanalare le acque ed allontanarle dai siti interessati.

Nell'ambito del territorio del Comune di Ossimo è stata rilevata la presenza di alcune sorgenti che presentano però portate da media a ridotta. Sono impostate principalmente in rocce contraddistinte da una permeabilità per fratturazione di grado medio-basso e da depositi superficiali tra i quali prevalgono i sedimenti glaciali ed eluvio-colluviali a permeabilità medio-bassa, rispetto ai detriti a permeabilità alta o medio-alta. Nel complesso si riscontrano delle condizioni favorevoli all'infiltrazione nel sottosuolo delle acque meteoriche che tendono pertanto a scorrere in profondità alimentando un sistema idrogeologico di tipo carsico, soprattutto nella zona dei Dossi del Cerreto.

3.3.2 Forme, processi e depositi dovuti alla gravità

Per effetto della gravità i frammenti rocciosi prodotti dalla disgregazione di una parete, si staccano e cadono liberamente, accumulandosi al piede di questa. I singoli frammenti possono rotolare oppure scivolare, disponendosi solitamente secondo un angolo di inclinazione a riposo pari a 30-35°. L'analisi dettagliata delle forme deposizionali legate alla gravità, ha permesso di appurare che la maggior parte delle falde di detrito poste alla base delle pareti rocciose del Monte Susino e delle pareti rocciose sul fondovalle della piana del fiume Oglio, sono ancora soggette a distacco di blocchi di varie dimensioni che vanno ad alimentare le stesse falde, pur presentando un certo grado di colonizzazione da parte di vegetali. Quindi a differenza di alcune falde di detrito nel settore settentrionale, le quali non presentano alcun grado di colonizzazione, le restanti vengono considerate quiescenti.

Dall'analisi di rilievi geomeccanici speditivi (vedasi paragrafo successivo) effettuati sulle pareti rocciose interessanti il territorio comunale nel settore meridionale, si sono potute determinare le condizioni favorevoli al distacco di elementi rocciosi. Infatti, in base all'assetto spaziale delle famiglie di discontinuità presenti, legato alla situazione morfo-litologica delle pareti rocciose, appartenenti inferiormente al Calccare di Esino e superiormente alla Formazione di Breno, Membro dell'Annunciata, si sono potute definire le condizioni geometriche favorevoli al verificarsi dei fenomeni di distacco di volumi rocciosi. Le pareti rocciose potenzialmente più pericolose per gli insediamenti abitativi, dal punto di vista del distacco di volumi rocciosi, sono

infatti quelle che danno direttamente sul fondovalle, alla base del versante destro della Val Camonica, sugli abitati di Borgo Olcese e Cagno, per le quali, a livello dei rispettivi studi geologici a supporto dei P.R.G. comunali, sono state già predisposte le relative opere di sistemazione.

Altri processi gravitativi interessano localmente le coperture eluviali e colluviali nella zona, in aree ove si hanno le maggiori pendenze, sono rappresentate da fenomeni di 'soil creep' che per la loro lentezza sono considerato come movimenti "striscianti" (da cui il termine 'reptazione' che è un sinonimo dell'inglese 'creep'). Il 'soil creep' si può definire come il risultato complessivo di tutto un insieme di movimenti parziali, dovuti a cause diverse, degli elementi che costituiscono il mantello detritico. Il moto di discesa è più sensibile in superficie che in profondità, ed è reso evidente, ad esempio, dalla forma incurvata alla base dei fusti degli alberi e da fenomeni superficiali dovuti a piccoli smottamenti del terreno. Si tratta generalmente di forme poco diffuse ed accentuate, legate ai movimenti delle particelle del terreno sotto l'azione della forza di gravità; l'entità del movimento è di pochi centimetri l'anno, ed il gradiente della velocità diminuisce all'aumentare della profondità. Le cause possono essere varie; si possono citare i piccoli movimenti della circolazione dell'acqua nel terreno, all'imbibizione ed al disseccamento, le dilatazioni e le contrazioni termiche e quelle dovute la gelo e al disgelo. Importanza notevole possono avere gli animali che possono scavare gallerie nel terreno e soprattutto le piante. Infatti una delle cause principali di movimenti vistosi di terreno si hanno quando si ha l'abbattimento e lo sradicamento di alberi a causa per es. del vento, i quali smuovono la parte superficiale del terreno. Le piante comunque sono importanti per due motivi distinti per quanto riguarda la stabilità del terreno; infatti la loro copertura assicura una buona protezione dalla pioggia del terreno sottostante, e con le loro radici riescono a tenere imbrigliato il terreno, arrestando in modo quasi completo il 'creep'.

Riguardo alle opere di difesa presenti sul territorio comunale, si possono riconoscere una serie di gabbionate metalliche tra le località Molinà e Doane, e dei muri di contenimento, talora a secco, a sostenere il terreno a monte della strada, il quale presenta, in linea generale, un movimento di 'creep' superficiale determinato dall'acclività del versante. È stata comunque riscontrata l'inadeguatezza di alcune di tali opere di difesa, soprattutto lungo la strada sterrata che porta in località Doane (N: 5091241 – E: 1596306 / Lat. N 45°58'02" – Long. W 02°12'34"), nella quale le gabbionate eseguite a sostegno della parte di sottoscarpa della strada sono 'scivolate' sui depositi superficiali a causa delle intense precipitazioni, di carattere eccezionale, di circa due anni fa.

Lungo la strada che porta all'abitato di Villa, nel Comune di Lozio, si può osservare, lungo vari tratti di questa, un generale abbassamento della sede stradale del tratto a valle, tratto impostato molto probabilmente su materiale non costipato adeguatamente, che ha subito tale tipo di collasso al passaggio dei vari autoveicoli transitanti.

3.3.3 Analisi geomeccanico-strutturale

Sulla base di analisi geomeccaniche già effettuate nell'area esaminata, integrate da altre eseguite nei pressi dell'abitato di Ossimo Inf. re, si sono considerate quattro stazioni nelle quali si sono effettuati i rilievi strutturali necessari. Due di queste sono poste nei pressi dell'abitato di Ossimo Inf. re, le restanti due al confine con il Comune di Civate Camuno, nelle vicinanze della 'Cava Veraldi'. In generale, l'assetto strutturale mette in evidenza la presenza di almeno tre famiglie di discontinuità, oltre alle superfici di stratificazione; queste ultime sono disposte prevalentemente a reggipoggio, leggermente inclinate. La caratterizzazione geomeccanica è stata finalizzata in particolare alla valutazione del grado di fratturazione delle rocce affioranti.

Dall'analisi dei 'reticoli di Schmidt' elaborati, si possono riconoscere i seguenti presupposti al verificarsi di fenomeni di distacco di volumi rocciosi dalle pareti rocciose: in relazione alle condizioni morfologiche presenti, si possono avere scorrimenti planari, secondo i set k_2 e k_3 ; si possono avere scorrimenti a cuneo secondo k_1-k_1 , k_1-k_3 e k_3-k_4 ; si possono verificare fenomeni di crolli da pareti aggettanti, definite dai piani di stratificazione; si osservano inoltre possibilità di ribaltamento secondo k_4 e le superfici di stratificazione. L'analisi geomeccanica effettuata, con la misura della spaziatura dei vari set di discontinuità, oltre alla visione diretta dei blocchi detritici al piede del pendio, ha permesso inoltre la stima dei volumi modalali interessati da eventuali fenomeni di distacco.

In generale l'assetto litologico-strutturale delle pareti rocciose esaminate, appartenenti nella parte inferiore al Calcere di Esino, con calcari organizzati in bancate ed in grossi strati, e superiormente alla Formazione di Breno (Lingua del Campolungo), anch'essa con stratificazione a bancate, si può considerare pressoché omogeneo. Gli ammassi rocciosi si presentano poco fratturati con spaziatura media delle discontinuità dell'ordine di 3-4 metri; la spaziatura della stratificazione scende a valori dell'ordine del metro per la Formazione di Breno, e localmente anche a valori inferiori in aree interessate da una maggiore fratturazione della roccia.

Le classi di fratturazione, con il conseguente volume modale, sono definite, dalla D.G.R. n° 7/6645, secondo il seguente schema:

- roccia molto fratturata volume modale blocchi $< 10^{-3} \text{ m}^3$
- roccia fratturata volume modale blocchi tra 10^{-3} m^3 e $0,5 \text{ m}^3$
- roccia massiccia volume modale blocchi $> 0,5 \text{ m}^3$

I volumi modalii medi assumono valori compresi tra $3 \cdot 10^{-2}$ e $5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$; i volumi modalii inferiori sono dell'ordine di $1-5 \text{ dm}^3$; i volumi modalii maggiori dell'ordine di $1-3 \text{ m}^3$. Tali valori sono stati confermati dalle osservazioni sulle falde di detrito alla base delle pareti.

Per avere il distacco si devono distinguere due fattori: i fattori predisponenti (interni) i quali dipendono dai parametri geomeccanici delle discontinuità; i fattori scatenanti (esterni). L'assetto strutturale (fattori predisponenti) è sì una condizione principale al distacco di volumi rocciosi, ma non sufficiente perché ciò avvenga; infatti la pressione dell'acqua nelle discontinuità, le azioni ripetute di gelo e disgelo, le vibrazioni da terremoti e/o esplosioni, la pressione esercitata nelle discontinuità dalle radici e le trasformazioni chimiche legate alla presenza di vegetazione (fattori scatenanti), possono degradare progressivamente l'ammasso roccioso e provocare il distacco. In linea generale la massima frequenza dei distacchi si ha in concomitanza di intense precipitazioni e quando la temperatura è prossima a 0° C , per cui si innescano i cicli di gelo e disgelo.

Dall'analisi dei dati elaborati e dall'osservazione diretta delle pareti rocciose si può affermare che: i crolli dalle pareti aggettanti si verificano soprattutto per la Formazione di Breno, con volumi modalii significativi; nelle incisioni presenti nelle pareti, ad evidente controllo strutturale, si hanno prevalentemente scorrimenti planari e ribaltamenti degli elementi rocciosi. Le modalità di caduta dei blocchi variano in relazione della morfologia delle pareti, e della morfologia della falda di detrito al piede delle stesse. Per quanto riguarda il movimento degli elementi rocciosi lungo un pendio, questo viene distinto in: caduta libera, impatto (con dissipazione in parte o totalmente dell'energia cinetica), proiezione, rimbalzo, rotolamento e scivolamento (raro e limitato alla prima parte del percorso dell'elemento roccioso), spesso interagenti in rapida sequenza; durante la discesa vi è una o più perdita di contatto con il terreno, per la quale subentra un'ulteriore accelerazione dell'elemento, raggiungendo significative energie cinetiche. Solitamente, sulla base di studi sui cinematismi di caduta di elementi da pareti rocciose, per elementi che cadono sia con successivi impatti, nei quali l'energia cinetica viene assorbita, sia in caduta libera, si ha l'arresto nella falda detritica.

Da qui emerge il problema della vulnerabilità delle aree al piede delle pareti rocciose, potenzialmente interessate dai fenomeni di caduta di elementi rocciosi. Esistono vari metodi di calcolo. Nei metodi più usati il calcolo delle traiettorie viene effettuato introducendo

coefficienti di restituzione, definiti come rapporto tra le velocità dopo e prima dell'impatto e dipendenti dalla natura del suolo sul quale avviene l'impatto. Un metodo più semplice di calcolo consiste nel considerare la perdita di energia in maniera direttamente proporzionale alla lunghezza del percorso. Il metodo di assorbimento di energia proporzionale al percorso fornisce valori più cautelativi (lunghezza del percorso maggiore) ed è meno sensibile ad errori piano-altimetrici lungo il profilo lungo il quale avviene il movimento del masso. Esso si presta quindi meglio nella valutazione del rischio per percorsi lunghi per i quali non si dispongono di esatti rilievi topografici.

In questa sede viene utilizzato il metodo proposto da Focardi (1982), nel quale, nota la differenza di quota tra il punto di distacco e di arrivo H , e la lunghezza del percorso L , il coefficiente di assorbimento di energia medio viene calcolato mediante back analysis come rapporto:

$$K_a = \frac{H}{L}$$

Questo approccio consente un'analisi del fenomeno, calcolando, per ogni punto del profilo, l'energia cinetica come differenza tra l'energia potenziale e l'energia dispersa fino al punto di arresto. In pratica il blocco aumenta o diminuisce la sua energia cinetica se il coefficiente K_a è minore o maggiore del seno dell'angolo del pendio; nel caso di morfologia complessa con cambiamenti di pendenza si hanno ovviamente oscillazioni nella stessa energia. Il valore di K_a è ricavato sperimentalmente dall'analisi di vari profili reali, ottenendo valori compresi tra 0,43 e 0,59, con valore medio 0,52. la classe maggiormente rappresentata è relativa all'intervallo 0,52-0,56. Sulla base del rapporto H/L , applicato a sezioni rappresentative dei vari tratti di parete, sono state individuate due fasce di massima espansione:

1) la prima fascia, coincidente con l'estensione della falda di detrito posta alla base della parete rocciosa, rappresenta l'area di potenziale espansione dei blocchi in caduta dalla sommità dei tratti subverticali posti nella parte inferiore della parete; in questa fascia la probabilità di essere raggiunta da blocchi è elevata.

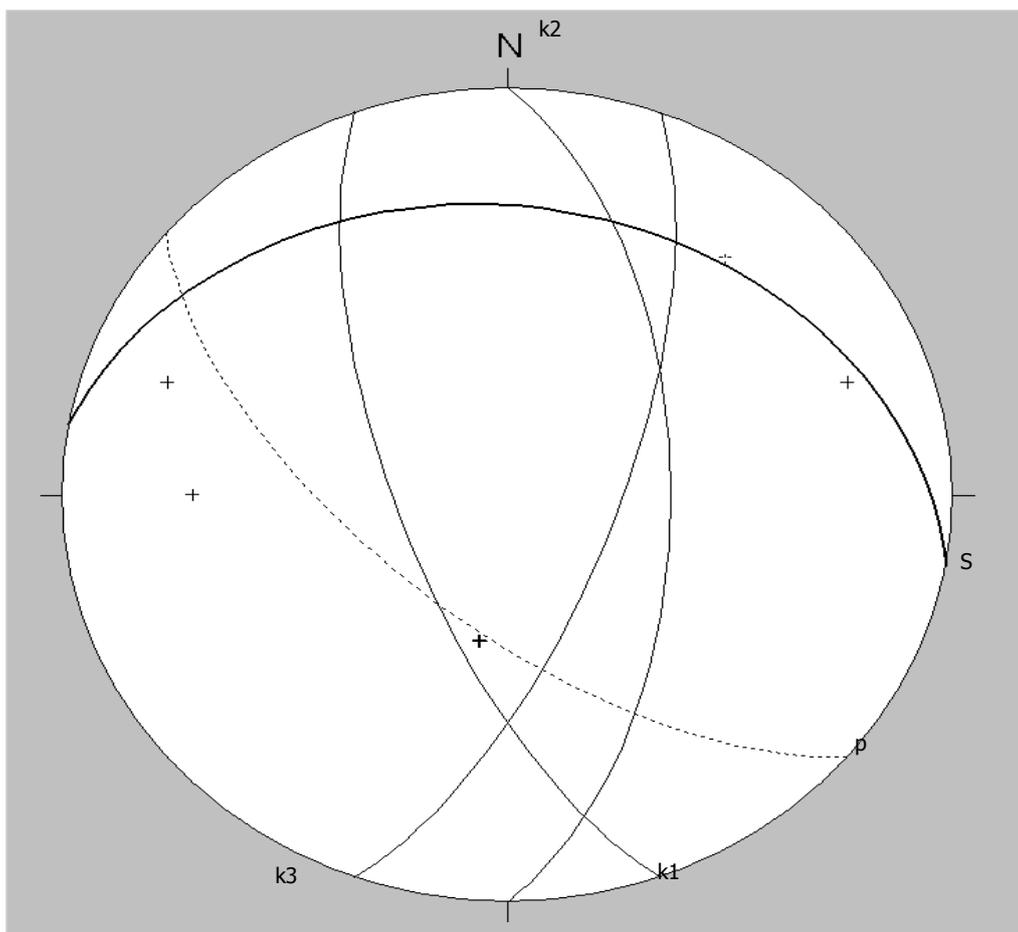
2) la seconda fascia, coincidente con un'area di circa 20 m esternamente alla prima, rappresenta la zona di potenziale espansione dei blocchi in caduta dai tratti superiori della parete, e quindi rappresentativa di fenomeni meno frequenti, con volumetrie solitamente elevate.

Successivamente altri autori hanno proposto metodi (Barla-Barbero [1999]), per i quali si sono ottenuti risultati abbastanza diversi da quelli ottenuti da Focardi. Questo sta a significare che lo studio di caduta dei blocchi dipende da moltissime variabili, quali la litologia, la copertura (natura e spessore del suolo), la presenza di vegetazione (tipologia e densità) ed anche dalla massa e forma del masso. Non è questa comunque la sede per studi approfonditi sulle traiettorie dei blocchi, poiché necessiterebbero di studi puntuali della parete interessata, che comunque saranno da effettuare nel caso di trasformazioni del suolo in tali aree.

Analisi geomeccanica: stereodiagramma su emisfero inferiore del reticolo di Schimidt

Stazione: n° 1
Località: a S del Cimitero di Ossimo Inf. re
Orientazione parete: 220/65
Unità: Formazione di Breno

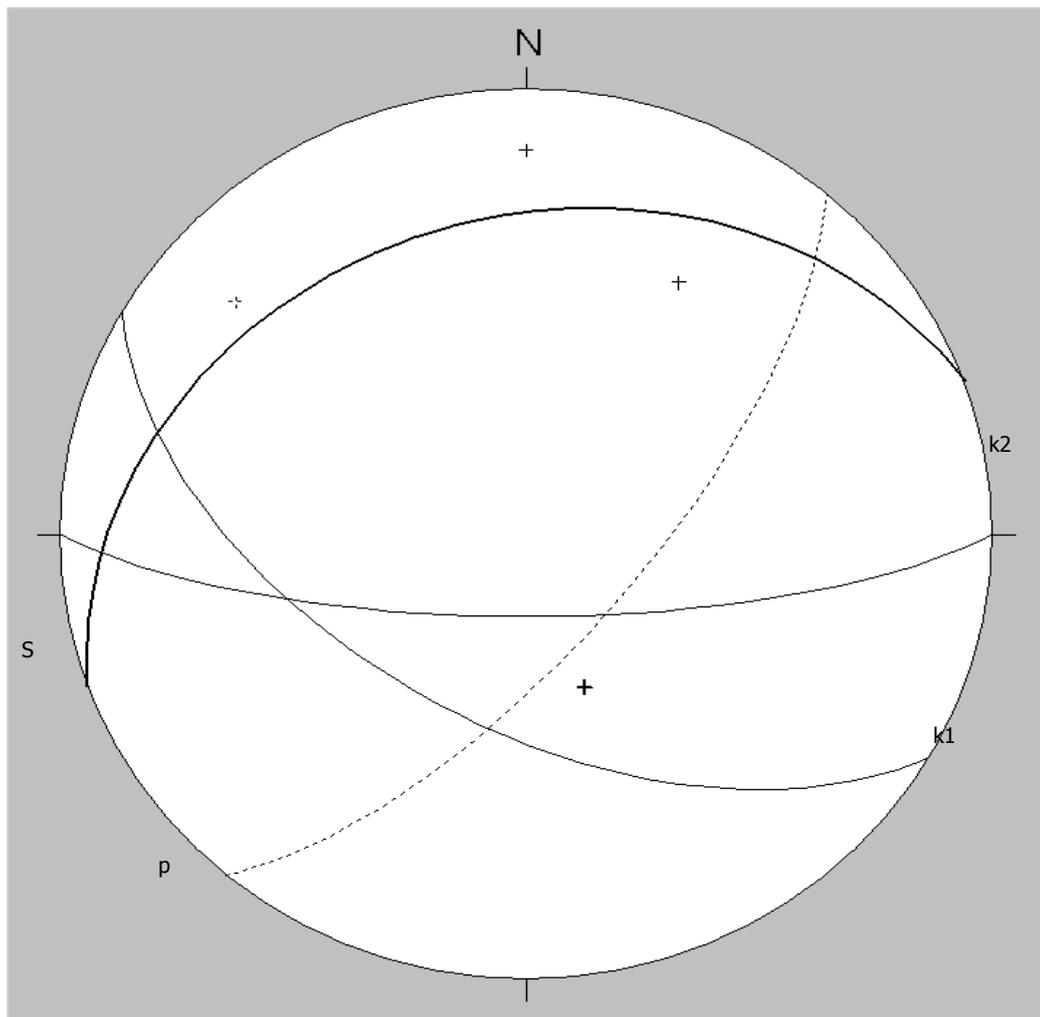
Set	Giacitura	Persistenza	Andamento
S	10/30	alta	planare
k1	250/70	media	planare
k2	90/60	bassa	planare
k3	110/70	bassa	planare



Scorrimento a cuneo: k1-k3; k1-k2 Ribaltamento S

Stazione: n° 2
Località: a S della Chiesa di Ossimo Inf. re
Orientazione parete: 130/70
Unità: Formazione di Breno

<i>Set</i>	<i>Giacitura</i>	<i>Persistenza</i>	<i>Andamento</i>
S	340/30	alta	planare
k1	210/55	media	planare
k2	180/75	bassa	planare

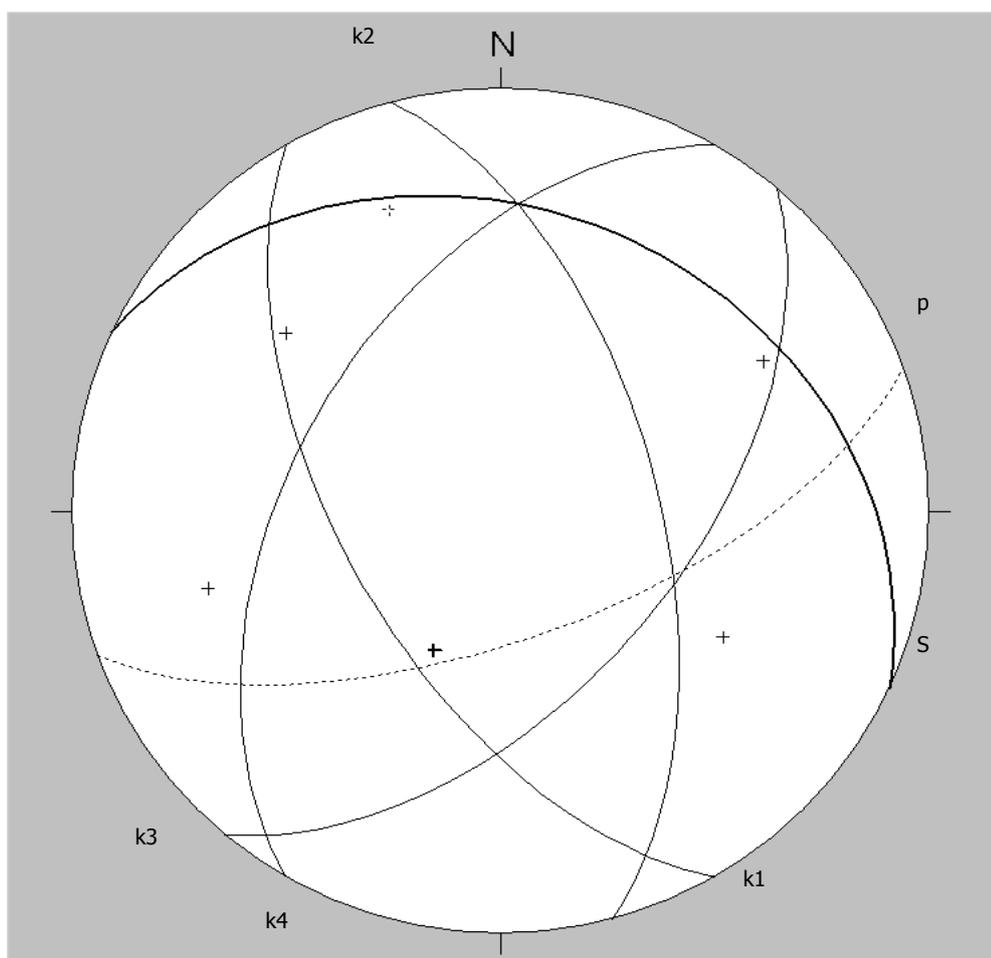


Scorrimento planare k2

Ribaltamento S

Stazione: n° 3
Località: nei pressi dell'ex Piola
Orientazione parete: 150/65
Unità: Calcare di Esino

<i>Set</i>	<i>Giacitura</i>	<i>Persistenza</i>	<i>Andamento</i>
S	25/30	alta	planare
k1	240/60	media	planare
k2	75/60	media	planare
k3	130/55	alta	planare
k4	300/50	media	planare



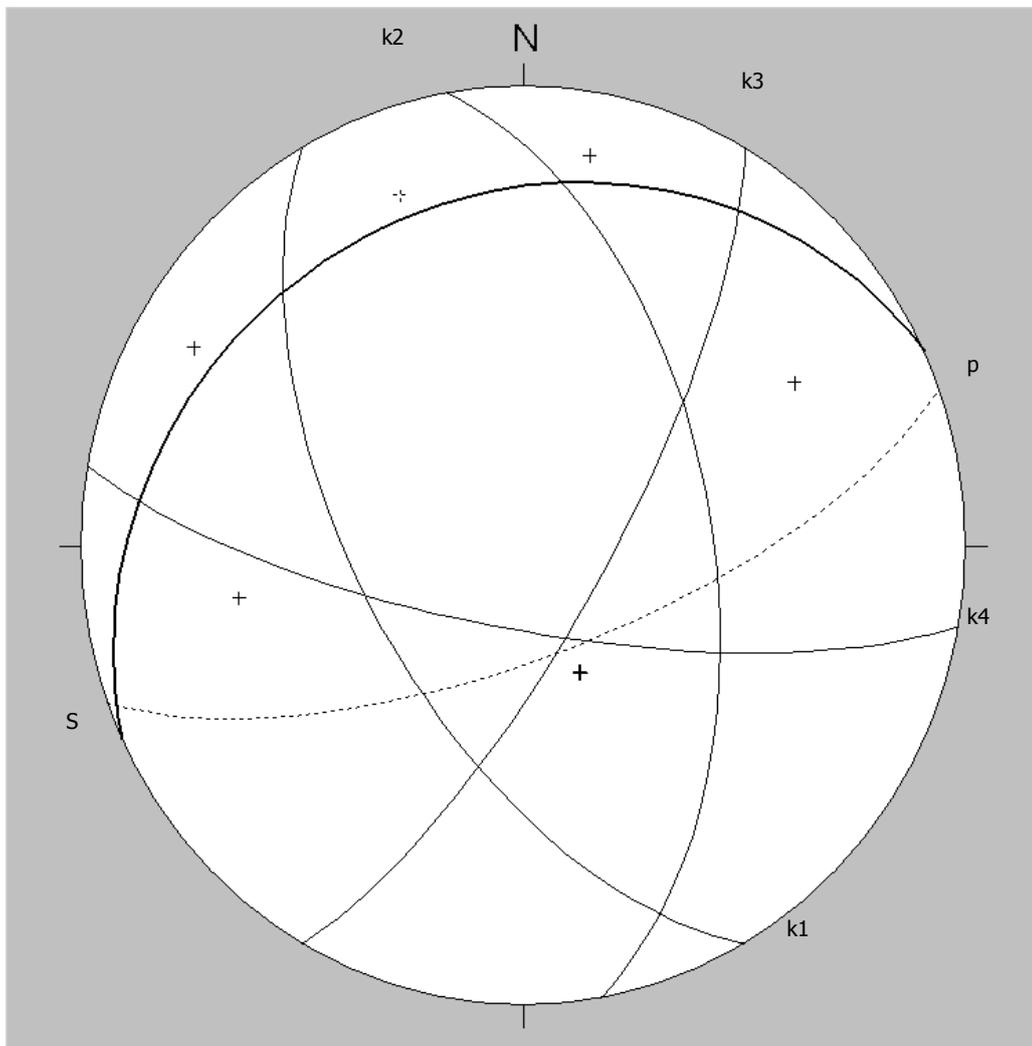
Scorrimento a cuneo k1 -k2; k3-k4

Scorrimento planare k3

Ribaltamento k4 - S

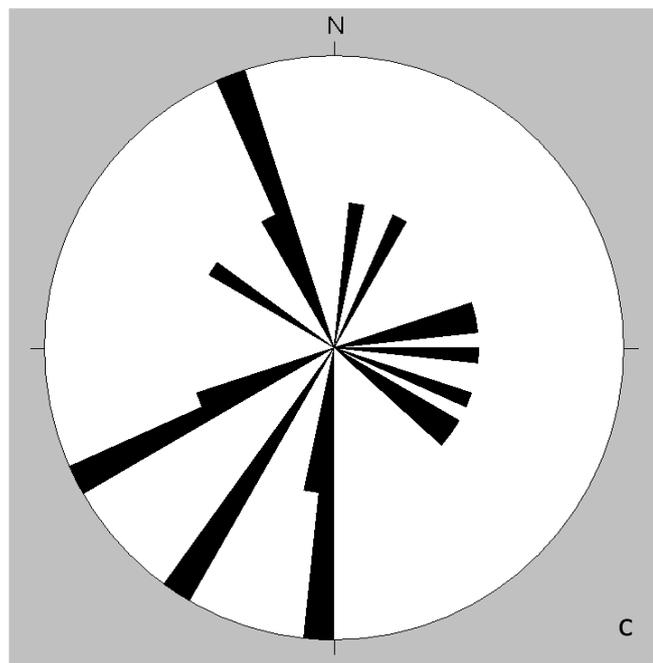
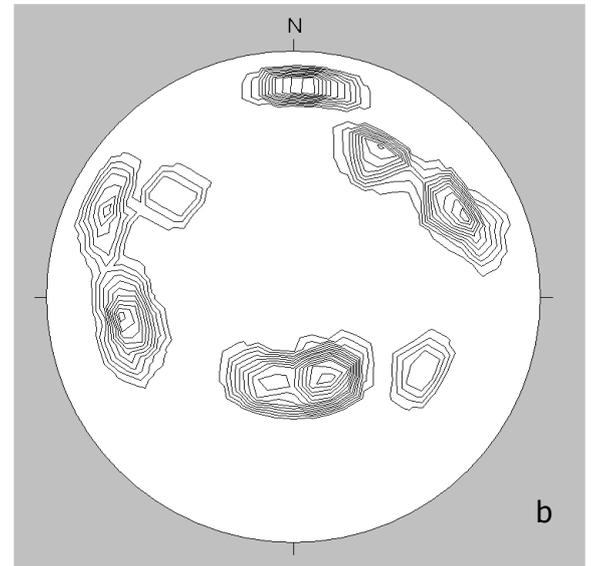
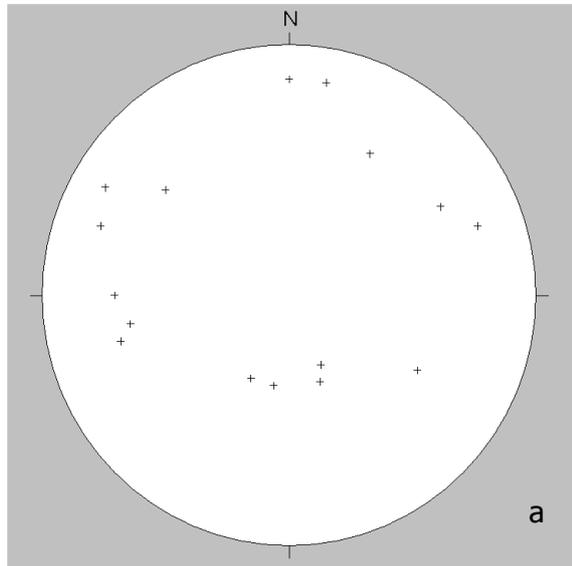
Stazione: n° 4
Località: nei pressi del passaggio a livello – zona artigianale Civate
Camuno
Orientazione parete: 160/70
Unità: Calcare di Esino

<i>Set</i>	<i>Giacitura</i>	<i>Persistenza</i>	<i>Andamento</i>
S	335/25	alta	planare
k1	240/60	media	planare
k2	80/55	alta	planare
k3	120/75	bassa	planare
k4	190/75	bassa	planare



Scorrimento a cuneo k1-k2; k1-k3 Ribaltamento S

Reticoli di Schmidt – rappresentazione dei poli (a); diagramma delle aree ad uguale concentrazione di poli (b); diagramma delle giaciture preferenziali (c)



Si nota un andamento preferenziale delle giaciture con valori di 200° - 250° .

3.3.4 Forme e processi di origine carsica

Il carsismo è definito come l'insieme dei processi di corrosione chimica provocata dalle acque meteoriche su rocce solubili, quali calcari, dolomie (in misura minore), gessi, depositi evaporitici in genere, che assumono forme di erosione caratteristiche. Il processo, massimamente attivo nei calcari, è spiegato con il fatto che l'acqua contenente biossido di carbonio trasforma il carbonato di calcio insolubile, in bicarbonato che passa in soluzione e viene asportato dalle acque. Le acque meteoriche esercitano sulle terre emerse azioni chimiche (azioni solventi sui cloruri di sodio e potassio, sui solfati di magnesio e calcio e sui carbonati di calcio) e meccaniche.

In località Dossi del Cerreto si è osservata la presenza di un paesaggio che si discosta abbastanza nettamente dal resto del territorio, vuoi per la presenza di vegetazione, la quale si può rinvenire unicamente a quote più elevate e mancante nelle immediate vicinanze, vuoi per la conformazione morfologica, che si distoglie dall'altopiano circostante. In particolare, sono stati osservati gli elementi morfologici caratteristici dell'evoluzione carsica del sito, testimoniata in particolar modo dalla presenza di una depressione a morfologia ellissoidale, a quota 595,9 m s.l.m., con asse disposto EW; le dimensioni di questa dolina sono di circa 70 metri per l'asse maggiore e di 25 metri per l'asse minore. Il fenomeno è da collegarsi alla presenza, nel substrato roccioso al di sotto della copertura superficiale, di rocce dotate di un certo grado di solubilità che hanno determinato la sua formazione. Infatti le rocce con caratteristiche calcaree sono più solubili delle rocce dolomitiche, nel senso che la roccia viene disciolta più facilmente e velocemente rispetto alle seconde. In mancanza di sondaggi approfonditi, si possono ipotizzare due diverse origini della depressione; la prima è che si è avuta una percolazione di acqua dalle dolomie sovrastanti (Lingua del Campolungo) a causa dalle fratture presenti, con il successivo scioglimento dei calcari sottostanti (Membro dell'Annunciata) ed il conseguente crollo della volta dolomitica, la quale è venuta a trovare meno le sue fondamenta; quindi la dolina ha avuto una origine inizialmente per scioglimento e successivamente per crollo. La seconda ipotesi è che essendo presente un'unica dolina, ciò è dovuto al fatto che le dolomie sono meno carsogene dei calcari, e quindi questo è l'indice della mancanza di altre depressioni nell'area.

La principale caratteristica del paesaggio carsico è quella di non avere una rete idrografica superficiale sviluppata, come nel caso dell'area in esame, in cui vi è la totale assenza di qualsiasi emergenza idrica, fatta eccezione per il riempimento lacustre della dolina.

Dall'analisi della dolina presente nell'area, è molto interessante notare, oltre alla presenza al suo interno di un condotto circolare del diametro di circa 2 m isolato dal resto e perennemente riempito d'acqua (probabilmente per l'emergenza di un sistema idrico sotterraneo), l'esistenza di una "zona umida" che, in base alla Deliberazione della Giunta Regionale del 25/07/1997, n° 6/30194 "Deleghe della Regione agli Enti locali per la tutela del paesaggio. Criteri per l'esercizio delle funzioni amministrative ai sensi della Legge Regionale 09 Giugno 1997, n° 18", presente sul BURL 3° supplemento straordinario al n° 42, sez. II, "Criteri per la valutazione paesistica dei progetti - tabelle e schede", tale zona umida, meglio definibile come torbiera, rientra nell'ambito di quelle aree ad altissimo interesse naturalistico per la conservazione dei relativi ecosistemi. Tale torbiera è una formazione sedimentaria biogenica attuale, di tipo superficiale, costituita in assoluta prevalenza da resti vegetali (per la maggior parte erbacei) più o meno decomposti. Condizione favorevole all'accumulo di torba è la presenza di una zona paludosa, caratterizzata da un'abbondante crescita annua di vegetazione e da un processo di decomposizione relativamente lento dei vegetali morti, dovuto alle temperature medie annuali piuttosto basse. Tali depositi si presentano molto compressibili e poco consistenti; la loro presenza è inoltre favorita dalla esistenza, a limitata profondità dal piano campagna, di orizzonti limoso-argillosi, i quali generano un accumulo di acqua necessario ad innescare anche i processi di decomposizione.

3.3.5 Forme e depositi glaciali

Tali fenomeni sono localizzati nella zona del Passo di Varicla, costituita litologicamente dalla formazione del Calcere di Esino; questi fenomeni, ormai inattivi, possono essere distinti in: creste rocciose, circhi glaciali, cordoni morenici.

a) *creste rocciose*: siamo in presenza, soprattutto sul versante del Comune di Borno, di elementi molto frastagliati, con una serie di pinnacoli e guglie;

b) *circhi glaciali*: il Passo di Varicla delinea un circo glaciale immediatamente a S, nel quale si riconosce anche una conca di escavazione occupata da due laghetti nei pressi del Rifugio Laeng, sempre nel Comune di Borno;

c) *cordoni morenici*: sono presenti una serie di cordoni morenici, ben visibili, in località Doane e ad E del Passo di Ezendola.

3.3.6 Forme, processi e depositi crionivali

I canali di valanga ed i fenomeni valanghivi sono stati riscontrati in località Passo di Ezendola e Malga di Valburnega, oltre che nelle incisioni torrentizie al confine con il Comune di Lozio, nell'estrema propaggine a NE. In linea generale si può affermare che tali fenomeni non interferiscono con zone abitate permanentemente; questo discorso non vale con il limitrofo Comune di Lozio, per il quale detti canali costituiscono un'elevata pericolosità sia per le abitazioni che per le strade.

3.3.7 Forme, processi e depositi di origine antropica

Il territorio di Ossimo presenta, in linea generale, vaste aree con una buona stabilità naturale; sono quindi limitate le zone nelle quali l'intervento antropico ha modificato la morfologia naturale; si ritrovano dei terrazzamenti agricoli nei dintorni dei due centri abitati maggiori.

Si è poi cartografato, come detto precedentemente, un limitato deposito di materiale di riporto in località Madonna della Croce, costituito da terreni sabbioso-ghiaiosi in abbondante matrice sabbioso-limoso.

Il territorio comunale presenta inoltre nell'estrema area a SE, al confine con il Comune di Malegno, una porzione della cava denominata di Veraldi, nella quale vengono estratte rocce calcaree, con vari utilizzi.

3.4 Carta Idrogeologica

La Carta Idrogeologica contiene informazioni sul sistema idrografico superficiale e profondo, oltre ad una suddivisione del territorio in base alle caratteristiche di permeabilità dei terreni e delle rocce presenti. Si sono inoltre cartografate tutte le sorgenti captate e non, presenti nel territorio, oltre alle sorgenti presenti nell'immediato intorno, in relazione ad eventuali interferenze con le aree di salvaguardia, così come definite dal D. Lgs. 18/08/2000 n° 258 "Disposizioni correttive e integrative del decreto legislativo 11/05/1999, n° 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24/04/1998, n° 128 - pubblicato sul Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n° 218 del 18/09/2000" e s.m.i..

Il territorio comunale, come affermato in precedenza, non presenta un sistema idrografico molto sviluppato, ma comunque caratterizzato dalla presenza di alvei in rapida

evoluzione morfologica con un tipico regime torrentizio (T. della Valle dell'Inferno e di Doane), in virtù della presenza del salto morfologico verso la Valle del T. Lanico.

Il fabbisogno idrico del Comune di Ossimo viene assicurato dalle seguenti sorgenti (vedasi Carta Idrogeologica allegata):

1 – *Sorgente di Onder*: è sita in sinistra idrografica del T. Galbaredo, ad una quota di 1.410, m s.l.m.; l'emergenza è impostata su depositi morenici sovrastanti l'Argillite di Lozio la quale funge da livello semi-permeabile (*emergenza per limite di permeabilità*). La portata media è calcolata in circa 10 l/s. La captazione consiste in un tubo di captazione interrato che immette l'acqua in una vasca di decantazione collegata ad altre due prima del tubo di adduzione.

2 – *Sorgente del Tufo*: si tratta di una serie di sorgenti aventi la loro scaturigine dalla Formazione di Prezzo (quota 985 m s.l.m.) e dal Calcare di Wengen (quota 1.100 m s.l.m.), i quali assumono il ruolo di acquiferi rocciosi in virtù della loro fatturazione e per la presenza di livelli marnoso-argillosi; tali livelli inoltre garantiscono una mediocre protezione della falda. In virtù di tale situazione si può ipotizzare che l'emergenza idrica è dovuta all'intersezione della quota piezometrica libera della falda con la superficie topografica. La portata stimata è calcolata in circa 1,4 l/s. L'opera di presa è costituita da una serie di tubi di captazione interrati nei punti sorgivi, i quali portano nella vasca di decantazione posta sul margine della strada Ossimo-Lozio. Nell'area sono state individuate una serie di sorgenti captate a scopo privato, alcune delle quali presentano un sistema inadeguato sia di protezione che di scarico: infatti sarebbe opportuno convogliare le acque di fuoriuscita in appositi elementi di sub-drenaggio, al fine di evitare ruscellamenti concentrati che possano innescare fenomeni superficiali di movimento del terreno, come per la sorgente posta circa 15 m a monte della strada intersecante la Valle di Doane.

3 – *Sorgente di Averta*: in questo caso l'unità contenente l'acquifero è costituita dal Calcare di Angolo; le opere di captazione conducono poi l'acqua verso la vasca di decantazione in località Predenar.

4 – *Sorgente della Valle del Panzine*: tale sorgente, costruita nella seconda metà dell'800, ubicata sul territorio comunale di Borno, garantisce il fabbisogno idrico, per la sua collocazione altimetrica, a parte del centro abitato di Ossimo Inf. re. Ha la sua scaturigine naturale ad una quota di circa 855 m s.l.m. poco più a N del ponte del Panzine, sempre nel Comune di Borno, al contatto fra depositi morenici e depositi fluvioglaciali (*fonte sorgentizio per limite di permeabilità*). Dall'analisi dello studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Borno, si è notata l'assenza di identificazione di tale sorgente per la quale mancano di

conseguenza le aree di protezione assoluta e di rispetto; è molto importante quindi innanzitutto provvedere all'individuazione della sorgente e alla sua protezione in base alle normative attualmente vigenti in materia di captazione di acque destinate a scopi idropotabili.

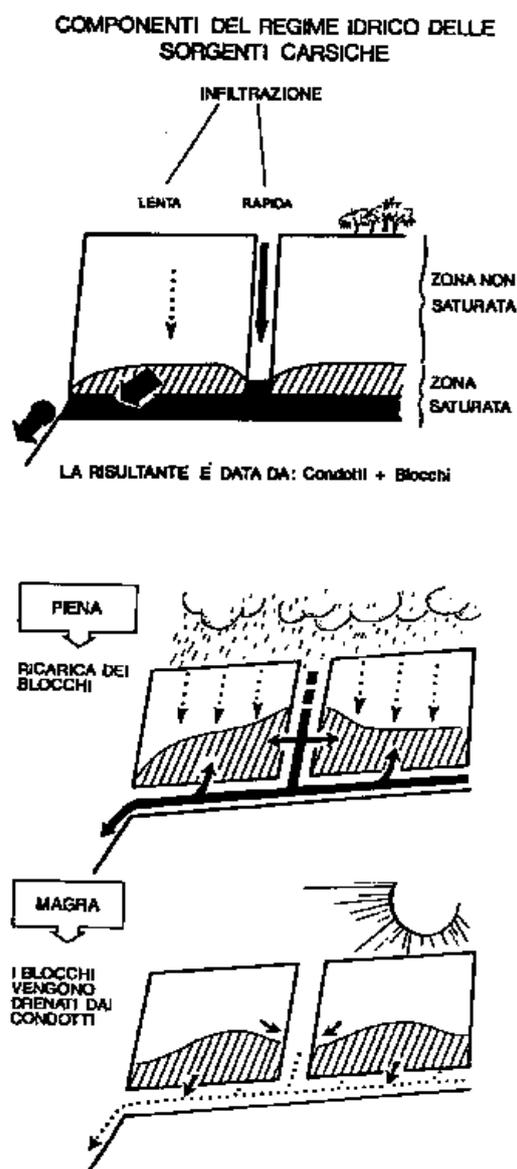
Nella Carta Idrogeologica sono state riportate inoltre le opere di difesa e le opere antropiche di regimazione dei corsi d'acqua (briglie).

La vulnerabilità degli acquiferi dall'inquinamento non è stata riportata sulla Carta Idrogeologica poiché in linea generale le condizioni litologico-giacaturali degli ammassi rocciosi, e tessiture-granulometriche dei depositi superficiali, garantiscono una discreta protezione degli acquiferi sottostanti. Fa comunque eccezione la Sorgente di Onder, per la quale è necessario un intervento di protezione adeguato in virtù dell'elevata permeabilità dei depositi glaciali da cui ha origine. Un discorso a parte va effettuato per la località Dossi del Cerreto, la quale, come affermato precedentemente, mostra caratteristiche prettamente carsiche, evidenziate dalla dolina presente.

La rapidità del trasferimento delle acque sotterranee che caratterizza le aree carsiche porta diverse conseguenze, essenzialmente legate all'assenza o alla riduzione dell'effetto di autodepurazione delle acque meteoriche che avviene durante l'infiltrazione e il transito attraverso la zona non satura degli acquiferi. Quando esistono punti di infiltrazione concentrata delle acque sotterranee (inghiottitoi), può verificarsi che, in concomitanza con l'evento piovoso, vengano convogliate nel sistema carsico in tempi molto rapidi le sostanze eventualmente presenti sulla superficie. Queste possono comprendere prodotti per l'agricoltura, deiezioni legate alla pastorizia o addirittura (come avviene spesso) animali morti. Tali sostanze possono arrivare in tempi molto rapidi alle sorgenti (ore o pochi giorni), ed essere restituite con concentrazioni tali da costituire un rischio per la salute degli eventuali utilizzatori della risorsa idrica. Se l'infiltrazione è diffusa, in assenza quindi di inghiottitoi, doline o altri punti ad infiltrazione preferenziale, la vulnerabilità della falda è inferiore, poiché gli apporti non sono concentrati ed il tempo necessario all'infiltrazione efficace per raggiungere la falda potrebbe essere relativamente lungo (dell'ordine dei diversi giorni o qualche settimana; Preziosi et alii, 1995). In questo caso potrebbe essere non del tutto trascurabile l'effetto di autodepurazione, legato ai processi chimici, fisici e biologici che avvengono innanzitutto nel suolo e quindi nell'acquifero non saturo. A questo proposito è bene sottolineare come gli acquiferi carsici possano essere modellizzati come sistemi di drenaggio a doppia porosità (figura 3.5): i condotti carsici e la rete di fratture (Schoeller, 1967; Kiraly, 1975; Mangin, 1975; Atkinson, 1977). Le modalità, le velocità di scorrimento e la capacità d'immagazzinamento dei due insiemi di vuoti, sono estremamente differenti, tant'è che i modelli

matematici che tentano di descrivere con delle relazioni il flusso dell'acqua in questi acquiferi devono prendere in considerazione un sistema a doppio circuito, con differenti equazioni per i due reticoli e scambi reciproci in funzione dei potenziali idraulici dei due sistemi (Kiraly, 1984; Sauter, 1993; Teutsch, 1993, Garfias et alii, 1998). Questo approccio, che certamente descrive il fenomeno in modo più preciso rispetto a quello della "porosità singola", richiede una conoscenza della geometria del sistema molto dettagliata ed impone la calibrazione di molti più parametri di quanto richiesto dai modelli di simulazione che rappresentano l'acquifero carbonatico con approcci convenzionali.

Figura 3.5 - Schematizzazione del modello a doppia porosità: la porosità totale del massiccio è data essenzialmente dai condotti carsici e dalle discontinuità (fratturazione e giunti di strato), più o meno spaziate dei blocchi. La rete di condotti costituisce un circuito a deflusso rapido, che convoglia velocemente le acque di infiltrazione dalla superficie fino alle sorgenti; i blocchi sono caratterizzati da una diffusività inferiore. In fase di piena, i carichi idraulici sono più alti nei condotti, che possono pertanto cedere acqua ai blocchi; viceversa, in fase di magra il flusso di base dei condotti è alimentato dalla graduale cessione dell'acqua immagazzinata dai blocchi (da Forti, in stampa).



Laddove il flusso nella falda in rete è dominante rispetto a quello nei condotti carsici, testimoniato dal regime regolare della portata delle emergenze, e se si opera ad una scala regionale, l'acquifero può essere ricondotto ad un modello di tipo "darciniano" e il flusso modellizzato con i metodi utilizzati per gli acquiferi a porosità intergranulare (Cullen e Lafleur, 1984; Pulido-Bosch e Padilla, 1988; Preziosi, 1997). Dal punto di vista della disponibilità della risorsa, è possibile assimilare il flusso in rete al flusso di base di un corso d'acqua, ed il flusso nei condotti al ruscellamento delle acque superficiali. La prima è la parte della portata complessiva che sostiene il flusso nei periodi di magra, mentre la seconda si sviluppa solo in concomitanza dei periodi piovosi. È evidente che, ai fini dell'approvvigionamento idrico, è il flusso di base che interessa, poiché l'altra componente ha dei tempi di residenza nell'acquifero troppo brevi per essere utilizzato. È quindi importante poter valutare quale parte della portata erogata dalle sorgenti carsiche sia da attribuire all'una o all'altra componente (figura 3.6).

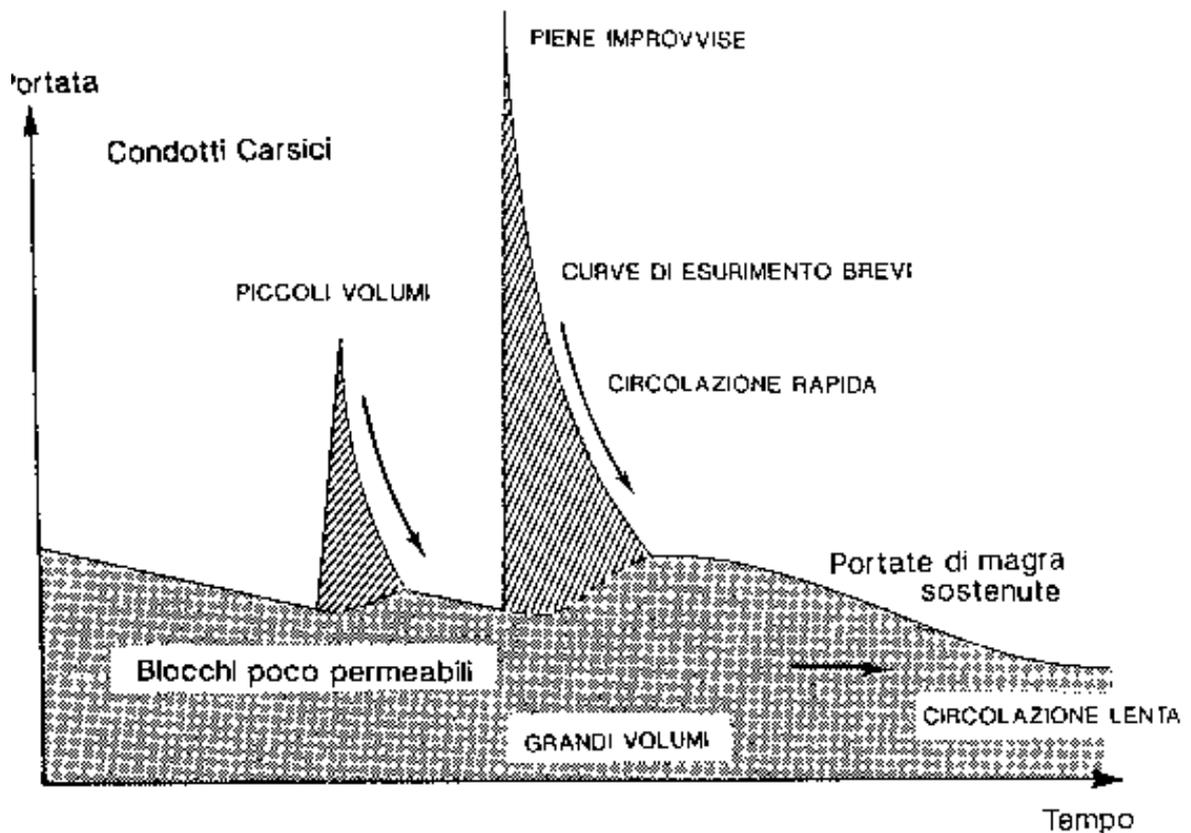


Figura 3.6 - Idrogramma teorico di una sorgente carsica, caratterizzata da un flusso di base cospicuo che "sostiene" i picchi di piena. Il deflusso rapido nella rete dei condotti produce i picchi di piena, mentre il flusso di base è alimentato dalle acque immagazzinate prevalentemente nei blocchi (da Forti, in stampa).

3.5 Carta della Dinamica Geomorfológica con elementi litologici e geotecnici

Questa carta si basa sulla Carta Geomorfológica, già descritta precedentemente, e sono riportate le forme ed i processi attivi o quiescenti di maggior rilievo per la caratterizzazione della zona, ad un maggior dettaglio. Si sono riportati inoltre i caratteri geomeccanici relativamente agli elementi litologici, descrivendo lo stato di alterazione ed i rapporti geometrici tra le unità cartografate. Anche per i depositi quaternari si è operata una descrizione delle principali caratteristiche geotecniche degli stessi. Nella tabella che segue sono stati descritti e sintetizzati i principali depositi quaternari del territorio; sono stati indicati nella prima colonna le unità geolitologiche individuate nel presente lavoro, nella seconda colonna le caratteristiche litologiche e geotecniche dei principali terreni.

<i>Riporti</i>	Terreni di riporto recenti, talora utilizzati a colmamento di depressioni artificiali e/o naturali. Caratteristiche tecniche mediamente scadenti.
<i>Alluvioni recenti</i>	Depositi alluvionali di riempimento delle incisioni dei corsi d'acqua, sono costituiti da terreni prevalentemente a supporto clastico con scarsa matrice limoso-argillosa. Scarsamente compressibili ed a caratteristiche tecniche mediamente discrete, localmente peggiorate dalla presenza della falda subaffiorante. Nella piana alluvionale del fiume Oglio le caratteristiche geotecniche aumentano sensibilmente.
<i>Depositi fluvio-glaciali</i>	Depositi costituiti da livelli di sabbie medie e fini, sabbie limose e sabbie con ghiaia fine. In relazione alla percentuale di materiale fine, le caratteristiche sono da considerarsi mediamente buone (classe GM secondo A.S.T.M.).
<i>Depositi morenici</i>	Depositi costituiti da sedimenti sciolti, eterometrici, massivi, in matrice sabbioso-limosa, con rari trovanti. Le caratteristiche geotecniche si possono assumere buone (classe GW secondo A.S.T.M.).

Come visto, la successione di terreni presenti nel territorio comunale mostra una variabilità litologica abbastanza ampia, passando da depositi abbastanza compatti a depositi sciolti granulari. Questa variabilità litologica si ripercuote direttamente sulle loro caratteristiche geotecniche, ovvero sul loro comportamento se sottoposti a sollecitazioni, per esempio nel caso di una fondazione o di uno scavo. Come si può facilmente intendere, non è possibile per un'area come quella del Comune di Ossimo, definire e fornire per i differenti terreni un solo

parametro rappresentativo di una determinata caratteristica fisico-meccanica. Pertanto, sulla base della ricerca bibliografica condotta nell'ambito dello studio, si è tentato di fornire, per i terreni o gruppi di terreni individuati in cartografia, una serie di parametri in grado di rappresentarli al meglio. A titolo indicativo si riportano, quindi, i valori medi generali per i singoli terreni.

	<i>Peso di volume</i> γ [kN/m ³]	<i>Angolo di attrito</i> (φ') [°]	<i>Coesione</i> (c') [kPa]	<i>Definizioni</i>
<i>Terreni di riporto</i>	15,0-17,0	22°-28°	0,0-1,0	Terreni di varia natura con caratteristiche tecniche eterogenee genere scadenti o pessime, molto compressibili per la parte rilevante di materiale fine.
<i>Alluvioni</i>	18,0-20,0	27°-32°	0,0	Si considerano solamente i depositi della piana alluvionale del fiume Oglio; si tratta di terreni con ciottoli, ghiaia e sabbia grossa con scarsa matrice fine sabbioso-limosa a caratteristiche fisico-meccaniche mediamente buone.
<i>Depositi fluvio-glaciali</i>	17,0-21,0	28°-33°	0,0	Terreni costituiti da livelli di sabbie medie e fini, sabbie limose e sabbie con ghiaia fine, con elementi massivi, a caratteristiche geotecniche da discrete a buone, in relazione alla presenza o meno di livelli di materiali compressibili.
<i>Depositi morenici</i>	18,0-22,0	30°-35°	0,0	Depositi costituiti da sedimenti sciolti, eterometrici, massivi, a supporto clastico o a supporto di matrice, a caratteristiche geotecniche buone.

Naturalmente queste indicazioni devono intendersi come di larga massima e non puntuali, in quanto l'estrema variabilità litologica, giaciturale, morfologica ed idrogeologica dei terreni, obbliga, in occasione della realizzazione di opere, ad uno studio di dettaglio per una valutazione migliore o, meglio, per una definizione accurata di tali parametri.

Si passa ora alla descrizione degli ammassi rocciosi presenti nel territorio comunale, soprattutto riguardo al loro comportamento geomeccanico. Per ammasso roccioso si intende il corpo fisico costituito dall'insieme del materiale roccia e dalle discontinuità. Con il primo termine si intende l'elemento integro costituito da particelle discrete, granuli o cristalli, legati fra loro da forze coesive a carattere permanente e privo di discontinuità. Con quest'ultimo termine si indica una qualsiasi superficie di debolezza strutturale dovuta sia a stratificazione, fratturazione, scistosità o laminazione. Il comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso dipende quindi dalle caratteristiche del materiale roccia e dalle caratteristiche delle discontinuità considerate nel loro insieme.

In generale le unità litologiche affioranti nel territorio comunale presentano un grado di fratturazione da medio ad elevato, per la presenza di elementi tettonici (faglie, sovrascorrimenti), e si possono suddividere nei seguenti gruppi:

a) *litotipi marnosi e calcareo-marnosi molto fratturati*: in tale gruppo si possono includere gli affioramenti dell'Argillite di Lozio e della Formazione di San Giovanni Bianco, aventi un comportamento geomeccanico posto a metà strada fra quello dei terreni e delle rocce. Tale comportamento è determinato dalle abbondanti frazioni terrigene e marnose presenti, che in taluni casi possono causare la caduta degli elementi rocciosi più competenti appartenenti alla stessa unità;

b) *litotipi calcarei a stratificazione media-sottile*: gli ammassi rocciosi appartenenti alle formazioni del Calcari di Angolo e del Calcare di Prezzo presentano caratteristiche fisiche e geomeccaniche simili, essendo costituiti da alternanze di livelli calcarei e livelli marnosi. Tuttavia, principalmente per il membro superiore del Calcare di Angolo, in virtù di un intenso piegamento e dei livelli centimetrici degli strati, si possono assumere caratteristiche geomeccaniche generalmente più scadenti del Calcare di Prezzo; infatti si osserva, soprattutto lungo la strada che porta in località Creelone, una generale microfratturazione degli straterelli, con conseguente caduta di elementi litoidi di limitate dimensioni verso la sede stradale. In tal senso si è proceduto recentemente alla formazione di un muretto in c.a. dell'altezza di 50-60 cm a protezione della stessa sede stradale; tale opera, personalmente, sembra inadeguata allo scopo, in quanto in occasione di ripetuti cicli di gelo-disgelo, la quantità di materiale che si andrebbe ad ammassare, trasborderebbe dal muretto, rendendo necessario anche un intervento di pulizia ulteriore.

c) *litotipi calcarei poco fratturati*: a questa categoria appartengono le unità della Formazione di Breno, del Calcare di Esino ed il membro inferiore del Calcare di Angolo. In linea generale, queste formazioni sono costituite da strati con spessore superiore ai 50-100 cm o

in grossi banchi a stratificazione per lo più indistinta. L'intercetta delle discontinuità è solitamente abbastanza elevata; comunque la presenza di set di discontinuità può determinare la caduta di elementi rocciosi dalle pareti più ripide (come visto nell'analisi geomeccanica nel paragrafo 3.3.3).

3.6 Carta dei Vincoli

La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico comunale. Tale carta riporta le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

a) **Vincolo Idrogeologico R.D. 30/12/1923 n° 3267** (*Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani*): tale legge detta le norme ed i limiti per la garanzia della stabilità dei versanti montani. Sono sottoposti a tale vincolo i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di diverse forme di utilizzazione, quali il taglio dei boschi, il pascolo, la lavorazione, potrebbero portare da situazioni di terreno stabile e sicuro a situazioni pericolose per l'interesse pubblico, o portare al turbamento del regime delle acque. Lo svincolo viene rilasciato in sub-delega dal Sindaco del Comune. Le aree interessate da tale vincolo riguardano gran parte del territorio comunale (circa l'88%), esclusa la porzione di territorio ove si ritrovano i due centri abitati e la zona Carnino-Le Fornaci nel settore orientale.

c) **Vincolo L. 523/04** (*Testo Unico sulle opere idrauliche*): nell'art. 96 di tale Legge (con puntualizzazione dal parere del 01/06/88 n° 55 del Consiglio di Stato) si prevede un'area di rispetto fluviale di 10 metri calcolata dalla zona di massima esondazione dei fiumi e torrenti, precisando che la differenza tra i due elementi non è contemplata. Le deroghe alle distanze ed alla non fattibilità delle opere descritte negli artt. 96 e 97 devono essere richieste al Prefetto ed al Genio Civile di competenza. Inoltre su tutte le acque pubbliche, così come definite dalla L. 05/01/1994 n° 36 e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al R.D. 25/07/1904 n° 523, ed in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore ai 10 metri, fino all'assunzione del provvedimento di cui ai punti 3 e 5.1 della D.G.R. 25/01/2002 n° 7/7868.

d) **Vincolo D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e successiva D.G.R. 22-12-2011 n° 9/2762** (*Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato nell'art. 3 comma 1/4 della L.R. 01/2000*). Determinazioni dei canoni regionali di polizia idraulica, pubblicata sul 2° supplemento straordinario al BURL n° 7 del 15/02/02 ed errata corrige n° 9/01 – SE.O.

2002 pubblicata sul BURL – Serie Ordinaria n° 9 del 25/02/02. Tali provvedimenti individuano i Torrenti Trobiolo (BS004) e il Torrente della Valle dell'Inferno (BS007) come afferenti al reticolo idrico principale.

e) **Vincolo D.L.vo 03-04-2006 n° 152** (art. 94 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano) – Norme in materia Ambientale. Il decreto disciplina l'individuazione e la definizione di Aree di Salvaguardia delle risorse idriche, delegando le Regioni alla definizione delle direttive e delle linee guida per la perimetrazione delle stesse. Le "Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 comma 6 del D.Lgs. 152/99" dell'Accordo Stato-Regioni-Province autonome del 12/12/2002 ribadiscono e sanciscono il concetto che "la delimitazione delle aree di salvaguardia rappresenta una delle misure che consente la tutela dei corpi idrici" attraverso la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento ed il perseguimento degli usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, prima di tutto di quelle destinate al consumo umano, erogate mediante acquedotto di pubblico interesse.

Lo stesso Accordo fornisce quindi criteri e modalità di riferimento a supporto dell'attività necessaria alla delimitazione delle aree di salvaguardia. Il D. Lgs. 152/06 ed il precedente Accordo del 12 dicembre 2002 distinguono le Aree di salvaguardia in zone di tutela assoluta, zone di rispetto (ristrette e/o allargate) e zone di protezione.

In tale vincolo sono state inserite tutte le sorgenti captate a scopo idropotabile anche se posizionate esternamente al territorio comunale (vedasi Sorgente della Valle del Panzine sita nel Comune di Borno); la normativa prevede:

- **zona di tutela assoluta:** è l'area di salvaguardia adibita esclusivamente alle opere di captazione ed alle infrastrutture di servizio; deve avere una estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione. Per quanto possibile, quest'area deve essere recintata, protetta da eventuali esondazioni di corpi idrici limitrofi e provvista di impermeabilizzazioni e canalizzazioni per il deflusso delle acque meteoriche. Tale area è stata inserita in classe 4 nella Carta di Fattibilità per le Azioni di Piano.

- **zona di rispetto:** è costituita dall'area di salvaguardia immediatamente a ridosso della zona di tutela assoluta o ad essa collegata da percorsi preferenziali utilizzati da acque a deflusso veloce, pur essendo poste a distanza dalle opere di captazione o di derivazione, area a cui vengono imposti vincoli molto restrittivi e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata. La zona di rispetto può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata "in relazione alla tipologia

dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa". In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento di centri di pericolo e lo svolgimento di attività così come definito dal comma 4 art. 94 del D.Lgs. 152/06 l'estensione delle due zone, ristretta e allargata, come già previsto nell'Accordo 12 dicembre 2002 (Allegato 3 Titolo I, punto B comma 5) può anche coincidere nel caso di acquifero protetto, del quale deve essere garantito il grado di protezione vietando le attività che possano comprometterlo. Tale area è stata inserita in classe 3b nella Carta di Fattibilità.

Criteri di delimitazione delle aree di salvaguardia

Così come previsto dall'Accordo del 12 dicembre 2002, le aree di salvaguardia sono individuate secondo i seguenti criteri generali:

1) Le aree di salvaguardia di sorgenti, pozzi e punti di presa delle acque superficiali sono suddivise in zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione.

2) I criteri per la delimitazione delle aree di salvaguardia e l'estensione delle diverse zone sono stabiliti in funzione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, idrologiche e idrochimiche delle sorgenti, dei pozzi e dei punti di presa da acque superficiali.

Le singole zone sono delimitate secondo i seguenti criteri:

a) **criterio geometrico**: consiste nel prefissare le dimensioni delle aree di salvaguardia, a prescindere da eventuali considerazioni di carattere tecnico.

Di norma è adottato per la delimitazione della zona di tutela assoluta ("almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione", comma 3 art. 94 D. Lgs. 152/06) e della zona di rispetto per le derivazioni da corpi idrici superficiali ("200 metri di raggio, rispetto al punto di captazione o di derivazione", comma 6 art. 94 D. Lgs. 152/06), e, in via provvisoria, in attesa che la Regione la delimiti o con il criterio temporale o con quello idrogeologico, per la delimitazione delle zone di rispetto dei pozzi e delle sorgenti;

b) **criterio temporale**: consiste nel definire le dimensioni delle aree di salvaguardia in funzione del tempo di sicurezza, inteso come un intervallo temporale prefissato che consente di eliminare o mitigare gli effetti di un eventuale inquinante idrotrasportato nell'acquifero saturo (in condizioni di deflusso, sia naturali sia indotti da pompaggio) intervenendo a distanza di sicurezza dal punto di captazione, mediante l'attivazione di sistemi di disinquinamento delle acque sotterranee, ovvero mediante misure di approvvigionamento idrico alternativo. Si applica, in prevalenza, per la delimitazione definitiva della zona di rispetto di pozzi ed eventualmente di sorgenti, laddove applicabile, quindi in scenari idrogeologici generalmente poco complessi, ben conosciuti e ben documentati.

La metodologia riportata nell' "Accordo 12 dicembre 2002" per l'applicazione del criterio temporale è la seguente :

- ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo;
- ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni statiche;
- ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni dinamiche (quindi, simulando il pozzo in emungimento con la portata concessa);
- ricostruzione delle principali direttrici di flusso idrico sotterraneo;
- ricostruzione delle linee isocrone, tenendo conto di un inquinante idrotrasportato, con tempo di ritardo pari ad 1 ;
- scelta delle aree delimitate dalle linee isocrone corrispondenti ai tempi di sicurezza predefiniti, rispettivamente, per la Zona di Rispetto Ristretta e per quella Allargata.

c) **criterio idrogeologico**: consiste nel definire i limiti delle aree di salvaguardia mediante considerazioni tecnico-scientifiche basate su tutte le conoscenze esistenti sull'idrodinamica sotterranea e sulle caratteristiche stratigrafico-strutturali dell'acquifero.

Esso è di norma adottato:

- per la delimitazione della Zona di Tutela Assoluta, quando viene ritenuto insufficiente il diametro minimo di 10 metri previsto al comma 3 dell'art. 94 del Decreto Legislativo n. 152/06;
- per il posizionamento della recinzione all'interno della Zona di Tutela Assoluta, quando non è possibile recingere l'intera area di diametro pari a 10 metri;
- per la delimitazione delle Zone di Rispetto, in presenza di scenari idrogeologici complessi;
- per la delimitazione della Zona di Protezione (Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, 2003);
- per la delimitazione delle Zone di Riserva.
- per la delimitazione della Zona di Sicurezza.

Per l'applicazione di tale criterio, bisogna basarsi su studi geologici, idrogeologici, idrologici, idrochimici e microbiologici ed è necessario acquisire dati storici delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa interessata, allo scopo di identificare e definire i limiti delle aree interessate dalla captazione.

E' evidente che, essendo necessario affidarsi a ragionamenti logici basati su tutti i dati idrogeologici disponibili, non è da escludere che si possa sconfinare in un criterio misto basato, cioè, sull'applicazione e del criterio temporale e di quello idrogeologico.

Il criterio misto consiste, quindi, nell'applicazione parziale ma simultanea di almeno due degli altri criteri.

f) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 (cfr. Parte 2 – raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) ed in particolare:

1) Vincolo D.P.C.M. 24/05/2001 “Approvazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), pubblicato sulla G.U. n° 183 del 08/08/2001”. Atti del Comitato Istituzionale, Deliberazione n° 18/2001 Seduta del 26/04/2001 (Adozione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico per il bacino idrografico del Fiume Po). Elaborato n° 8 – Tavole di delimitazione delle fasce fluviali;

2) Vincolo D.P.C.M. 24-07-1998 (Piano Stralcio delle Fasce Fluviali), in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del Fiume Po;

3) Quadro del dissesto PAI.

3.7 Carta di Sintesi

La Carta di Sintesi è stata redatta per tutto il territorio comunale in scala 1:10.000. Dal rilievo geomorfologico e geolitologico effettuato e dall’analisi dei dati sin qui acquisiti, si può quindi evidenziare l’esistenza di alcuni fenomeni, sia in atto che quiescenti, che rappresentano una forma di limitazione all’uso del territorio, e che in alcuni casi possono costituire un pericolo diretto per danni a persone o a manufatti in genere.

a) pericolosità connessa all’azione della gravità: i più diffusi fenomeni di dissesto che coinvolgono il territorio sono rappresentati da forme di crollo, ribaltamento o scivolamento di blocchi dalle pareti rocciose, che comunque non interessano in alcun modo i centri abitati né le aree di futura espansione urbanistica. La presenza di tali fenomeni attivi è stata rilevata nelle porzioni settentrionali del territorio e nelle pareti rocciose più meridionali che danno direttamente sul fondovalle dell’Oglio. Questi fenomeni mobilitano generalmente volumi limitati di materiale, alimentando le falde di detrito poste ai piedi delle pareti e dando luogo, talora, a colate di detrito, soprattutto nel settore settentrionale, ai piedi dei canali. Le pareti rocciose attivamente interessate da fenomeni di distacco di blocchi sono sempre lontane da insediamenti o da manufatti e non costituiscono pertanto un pericolo diretto. Questo discorso comunque non vale per la piana alluvionale dell’Oglio, ai piedi delle piattaforme carbonatiche sovrastanti la stessa, in virtù delle quali si devono effettuare rilievi geomeccanici approfonditi al fine di valutare precisamente le dinamiche evolutive interessanti l’ammasso roccioso. Le aree dove gli ammassi rocciosi presentano caratteristiche geometriche e strutturali sfavorevoli, soprattutto dove appaiono intensamente fratturati, rappresentano delle zone potenzialmente

soggette al verificarsi di frane per crollo, ribaltamento o scivolamento di blocchi. Sono state inoltre inserite in tale classe di pericolosità quelle aree del territorio comunale ove si manifestano periodiche cadute di detrito derivanti dalla copertura eluviale, come per quasi tutta l'area lungo la strada Ossimo-Lozio, per la quale sarebbe necessario uno studio particolareggiato necessario per il dimensionamento di eventuali opere di difesa sia attive che passive, studio che comunque esula dal presente lavoro.

b) pericolosità connessa all'azione delle acque superficiali: fenomeni di ruscellamento diffuso o concentrato sono localmente presenti nell'ambito del territorio comunale. Molte di queste situazioni si sono evolute a partire da precedenti forme legate all'azione della gravità, come soliflusso o piccole frane superficiali. In alcuni casi i fenomeni sono stati innescati dall'attività dell'uomo in seguito ad eccessivi tagli della vegetazione ed in corrispondenza di scarpate di scavo lasciate prive di protezione, oppure, in maniera più limitata, nelle zone soggette al pascolo del bestiame. Tutte queste forme possono contribuire, oltre che alla degradazione dei siti direttamente interessati, ad accrescere il trasporto solido e la capacità erosiva dei corsi d'acqua presenti.

I corsi d'acqua che si sviluppano entro il territorio comunale mostrano un regime a carattere torrentizio stagionale con portate fortemente variabili, il cui massimo si verifica in primavera in coincidenza del disgelo e delle precipitazioni più intense. Questi corsi d'acqua presentano una curva di fondo piuttosto ripida, soprattutto nel tratto inferiore, e sono contraddistinti da una dinamica evolutiva fortemente attiva con prevalenti fenomeni di erosione e trasporto, con subordinati episodi di deposito. I fenomeni erosivi, sia erosione di fondo che laterale, assumono localmente particolare intensità interessando vari tipi di depositi superficiali, e pertanto i corsi d'acqua sono caratterizzati da un elevato trasporto solido e sono talora soggetti ad episodi di trasporto in massa. Tuttavia i centri abitati ed edificati sono localizzati in posizione distale da questi torrenti, non risentendo quindi delle condizioni di pericolosità connesse alla dinamica dei corsi d'acqua.

Il principale elemento idrologico del Comune di Ossimo è il torrente che scorre nella Valle dell'Inferno; questa valle è una tipica valle fluviale asimmetrica per ragioni, principalmente, di differente litologia delle rocce di substrato; infatti il versante a S presenta un andamento regolare, essendo impostato interamente sulla formazione del Calcare di Angolo, la quale presenta una notevole omogeneità litologica; il versante a N risente invece, oltre che dell'alternanza di diverse litologie, anche della diversa esposizione. Infatti vi è una dissimmetria nei processi di degradazione dei versanti in relazione alla differenza di esposizione che rende difformi le condizioni morfodinamiche sui due versanti. L'esposizione a N o, rispettivamente, a

S, influisce infatti sulla frequenza e l'intensità dei fenomeni di gelo, di disgelo, di disseccamento, sulla vita vegetale, etc., dipendenti quindi dal regime di insolazione. Anche l'esposizione ai venti dominanti deve essere presa in considerazione: il vento può determinare un accumulo di neve preferenzialmente sui versanti sottovento, oppure può orientare l'incidenza della pioggia.

3.8 Carta di Fattibilità Geologica e delle Azioni di Piano

La Carta di Fattibilità Geologica relativa alle Azioni di Piano si riferisce a tutto il territorio comunale (con analisi in scala 1:5.000) ed ai due centri abitati, con le zone ad essi circostanti in scala 1:2.000. È stata desunta dalla Carta di Sintesi, attribuendo ai vari poligoni individuati aventi omogenee condizioni morfodinamiche, dei valori numerici in relazione alla maggiore o minore pericolosità degli elementi litologici e geomorfologici. La Carta di Fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

Di seguito si riportano le normative geologiche di piano, le quali vengono assunte a tutti gli effetti, quale parte integrante dello Strumento Urbanistico vigente approvato dal Comune di Ossimo. Si riporta per ogni classe rappresentata sulla Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano, la sua definizione, così come risulta dal testo della D.G.R. n° 7/6645 del 29/10/2001.

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi effettuati non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione degli interventi, purché questi vengano realizzati nel rispetto delle normative esistenti (NTC 2008). Sarà comunque necessario realizzare indagini geologiche geotecniche sito specifiche rapportate all'importanza del progetto. Nel territorio comunale non sono state riscontrate aree ascrivibili a tale classe.

Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nella quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, connesse a possibili eterogeneità litostratigrafiche locali. La classe comprende aree a modesta acclività, fino a 20°, con discrete

caratteristiche geologico-tecniche dei terreni e del substrato roccioso. Possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto, come piccole frane superficiali di scarso rilievo. Tali fenomenologie di dissesto sono comunque ben individuabili e circoscrivibili, caratterizzate da limitati volumi.

A titolo di esempio, ed in termini non esaustivi, si ricordano che sono annoverate in questa classe le aree che presentano:

- problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto fondazionale
- problematiche legate al drenaggio insufficiente che possono essere superate con apposite canalizzazioni
- problematiche legate alle opere su pendio naturalmente stabile, ma le cui modifiche per la realizzazione dell'intervento edificatorio necessitano di modeste opere di scavo, riporto e sostegno.

Nelle aree ascritte in *Classe 2* sono compatibili tutti gli interventi di trasformazione urbanistica. Per contro si rende necessario un approfondimento di indagine di carattere geologico-tecnico, sviluppato secondo le direttive del D.M. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, in tutte le zone omogenee definite dal D.M. 02/04/1968 n° 1444 mirato all'individuazione, progettazione e realizzazione degli interventi intesi ad annullare le situazioni di moderata pericolosità geomorfologica. Tale indagine dovrà comprendere un rilievo geologico-geomorfologico dell'intorno significativo, rappresentato in scala adeguata, ed una relazione in cui si definiscono le caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti e sub-affioranti e la loro tendenza evolutiva dal punto di vista geomeccanico.

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

La classe comprende zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato, a seconda dei casi, alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, ad esempio mediante campagne geognostiche, prove in sito e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, etc...). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento. In carta potranno essere evidenziate le tipologie dei fenomeni

che concorrono all'inserimento delle aree nella specifica classe, individuando eventualmente delle sottoclassi (3a, 3b). Questa classe comprende le aree acclivi, mediamente al di sopra di 20°, potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico, a causa della composizione granulometrica della copertura eluviale, costituita in prevalenza da una abbondante aliquota sabbioso-limosa, e da quelle aree con terreni a scendenti caratteristiche geotecniche.

In carta sono state evidenziate le tipologie dei fenomeni che hanno concorso all'inserimento delle aree nella *Classe 3*, individuando le seguenti sottoclassi:

- *Sottoclasse 3a*: aree legate ad attività gravitativa di versante;
- *Sottoclasse 3b*: aree legate ai vincoli del D. Lgs. 258/00.

Sottoclasse 3a: porzioni di territorio, edificate e non, nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio, legate ad attività gravitativa di versante, sono tali da imporre in ogni caso supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno

Le aree ascritte a questa classe raggruppano le zone caratterizzate da una pendenza media in terreni superiore a 20° e quindi soggette a fenomeni di soliflusso e reptazione superficiale. Vista la potenziale pericolosità si ritiene che gli interventi di riassetto e difesa del patrimonio esistente non possano essere risolti attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici realizzabili a livello di progetto esecutivo nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno circostante, ma devono essere affrontati mediante interventi di riassetto più generali. Sia per le opere di difesa esistenti che per quelli di futura realizzazione, è necessario che le decisioni dell'Ufficio Tecnico Comunale e dell'Amministrazione siano supportate da documentazione tecnica specifica che definisca la valenza tecnico-urbanistica di dette opere ed il programma di manutenzione ordinaria e straordinaria che risulterà necessario al loro mantenimento. La concessione per l'attuazione delle previsioni urbanistiche in merito a nuove opere o nuove costruzioni, potrà essere accordata solo in seguito a presentazione di uno studio volto alla verifica della stabilità del versante nella zona interessata.

A tal fine dovrà essere prodotta una relazione geologica che dovrà sviluppare i seguenti punti:

- a) inquadramento geologico e morfologico: geologia e geomorfologia dell'intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane avvenute;

- b) caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata degli ammassi rocciosi (analisi geomeccanica) e delle litofacies dei depositi superficiali, valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio, scelta delle classi di pendenza, situazione idrogeologica del versante con descrizione delle eventuali variazioni di permeabilità, descrizione dell'analisi speditiva di stabilità;
- c) determinazione della pericolosità: motivazioni della scelta del metodo d'analisi di stabilità e sua descrizione;
- d) discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione dovranno essere previsti, in linea di massima, i seguenti elaborati cartografici:

- carta di inquadramento geologico-geomorfologico, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10.000);
- carta dei dissesti con elementi morfologici, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le eventuali opere di difesa e di sistemazione (scala 1:1.000–1:5.000);
- carta litotecnica, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1:500–1:2.000);
- carta delle aree omogenee, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee (scala 1:500–1:2.000);
- carta della zonazione preliminare della pericolosità, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:500–1:2.000)

Potranno inoltre essere richieste carte della pericolosità finale, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2.000) ad intervento antropico effettuato.

Per l'edificato esistente, in assenza di specifici studi preliminari alla realizzazione delle opere per la minimizzazione del rischio (progettazione, realizzazione e collaudo) saranno consentite solo trasformazioni che non aumentino il volume edificato: questo va inteso in senso generale, in funzione del grado di pericolo, della possibilità di mitigazione del rischio ed in relazione al numero di abitanti già presenti nella zona.

Sottoclasse 3b: aree edificate e non, comprese all'interno delle zone di rispetto previste dal D. Lgs. 258/00

Entro le zone di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D. Lgs. 258/00. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del

citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione ai sensi dell'art. 5 comma 6 del D. Lgs. 258/00, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n° 6/15137 del 27/06/1996) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi.

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

La classe comprende quelle aree per le quali sono state individuate elevate condizioni di rischio, con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della L. 457/78. Si dovranno inoltre definire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità Comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte, corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe I). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione delle NTC 2008. Dovranno essere precisamente indicati i limiti esterni della porzione di territorio oggetto di classificazione di

fattibilità in modo da evitare errate valutazioni tra i poligoni non attribuiti (classe 1) e le aree non oggetto di attribuzione di fattibilità.

Relativamente alle possibilità d'uso del territorio all'interno delle fasce di rispetto e protezione delle captazioni ad uso idropotabile, pozzi e sorgenti ed alle classi di fattibilità da attribuire a questi ambiti, si precisa che alle zone di tutela assoluta, previste dal D. Lgs. 258/00 art. 5 comma 4, aventi un'estensione di almeno 10 metri di raggio, va attribuita la classe 4 di fattibilità geologica. Esse devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Le caratteristiche idrauliche del torrente della Valle dell'Inferno determinano una certa instabilità della posizione dell'alveo, soprattutto nel settore orientale, che si esplica, in concomitanza di eventi di piena caratterizzati da un elevato trasporto solido, in fenomeni di erosione delle sponde ai quali si somma la tendenza all'approfondimento dell'alveo. Le aree riferite a questa classe coincidono pertanto con l'alveo e le sponde di tale corso d'acqua. Il progetto delle opere di difesa ove non presenti, dovrà essere redatto in funzione delle condizioni morfologiche globali del corso d'acqua, estendendo le indagini all'intero bacino idrografico. Considerando i caratteri morfologici del tratto di torrente in esame, l'intervento di difesa dovrà assicurare una sezione d'alveo la più ampia possibile per evitare i fenomeni di esondazione. Dovrà quindi essere prevista la necessità di rimuovere periodicamente il materiale deposto in alveo per mantenere adeguata la sezione di deflusso. Particolare attenzione dovrà essere dedicata al dimensionamento delle opere di difesa spondale necessarie per contenere la tendenza all'erosione laterale; queste opere dovranno inoltre essere realizzate con fondazioni idonee a contrastare i fenomeni di scalzamento al piede conseguenti alla tendenza all'approfondimento dell'alveo.

3.8.1 Indicazioni in relazione alla Carta di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano

Dall'analisi delle classi di fattibilità effettuata nel precedente capitolo, si riportano di seguito le indicazioni relative agli studi di carattere geologico-ambientale, che devono essere allegati agli elaborati progettuali; infatti le indagini e le relazioni fanno parte integrante degli atti progettuali e come tali devono essere valutate contestualmente all'esame del progetto in sede di Commissione Edilizia. Quindi qualsiasi proposta che preveda una modifica e/o trasformazione del suolo per usi insediativi e/o produttivi, deve sottostare ai termini indicati nella Carta di Fattibilità allegata al presente studio.

Gli interventi da effettuare nelle aree del territorio comunale rientranti nelle classi di fattibilità 2, 3 e 4, dovranno quindi essere corredati da indagini approfondite, con grado di

approfondimento relazionato all'opera ed alla classe di appartenenza, e da una relazione geologico-tecnica, redatta da un Professionista abilitato, la quale metta in evidenza in modo preciso e puntuale le problematiche di carattere geologico ed idrogeologico, e le raccomandazioni da adottare in sede di esecuzione del progetto.

I progetti delle opere ricadenti in aree di *Classe 2* (fattibilità con modeste limitazioni) dovranno essere corredati da una relazione geologica la quale esamini le caratteristiche dei siti interessati e, come riportato sopra, riporti le soluzioni progettuali adatte in relazione alle problematiche riscontrate. Oltre a ciò si dovranno considerare le disposizioni delle NTC 2008.

I progetti edilizi nelle aree in *Classe 3* (fattibilità con consistenti limitazioni) dovranno essere corredati da una relazione geologico-tecnica e/o idrogeologica che illustri le metodologie necessarie per la messa in sicurezza dei siti interessati dall'opera, al fine del loro eventuale utilizzo.

Per le zone in *Classe 4* (fattibilità con gravi limitazioni), come affermato precedentemente, dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione; sono ammesse opere dirette verso la sistemazione idrogeologica ed al consolidamento dei siti, oltre che al recupero del patrimonio esistente.

In ogni modo i risultati delle indagini devono essere oggetto di apposite relazioni, parte integrante del progetto; queste devono comprendere ed illustrare tutti i dati obiettivi e sviluppare le elaborazioni ed i calcoli necessari al fine di giungere alle scelte progettuali ed alle verifiche prescritte nelle NTC 2008.

3.9 Carta del Quadro del Dissesto

La Carta del Quadro del Dissesto fa riferimento alle perimetrazioni riportate nel Foglio 78 Sez. I Breno, Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici, delimitazione delle aree in dissesto, integrata dalle nuove perimetrazioni in relazione ai principali dissesti verificati sul terreno.

A tal proposito si fa presente che l'area di frana non perimetrata individuata dall'Autorità di Bacino, nell'ambito del seguente sistema di coordinate Gauss-Boaga:

N: 5091553 - E: 1595311

posta a N della località "Cavredont", non è stata inserita, poiché consistente in un limitato deposito detritico.

In generale dall'esame della Carta del Quadro del Dissesto si può notare come i principali dissesti attivi e/o quiescenti siano localizzati nel settore settentrionale del territorio

comunale, in aree decisamente lontane dai centri abitati e da quelli di futura espansione urbanistica. Stesso discorso viene fatto per le aree interessate da valanghe.

Unica eccezione sono i due recenti dissesti del Novembre 2000 in località Magno (Ossimo Sup. re) e del Novembre 2002 nell'abitato di Ossimo Inf. re in Via S. Antonio; quest'ultimo, di consistenza maggiore, come stato precedentemente affermato, è stato causato dalle abbondanti precipitazioni che hanno determinato la mobilitazione della coltre superficiale dei depositi eluviali, favorita dalla presenza del substrato roccioso a limitata profondità, il quale ha creato una superficie di scivolamento preferenziale. Entrambi i dissesti sono stati classificati in carta quali fenomeni non attivi poiché hanno subito opere di sistemazione di ingegneria naturalistica, mediante la formazione di viminate e/o palificate doppie, associate a sistemi di drenaggio.

4 Analisi della Sismicità del territorio

4.1 Premessa

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159, individuando 4 zone sismiche il cui livello di pericolosità decresce progressivamente a partire dalla classe I.

A far tempo da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03.

In base a tale classificazione il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

I valori convenzionali di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna zona sismica, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il Comune di Ossimo risulta attribuito alla Zona 4 e pertanto il valore di a_g assegnato è pari a 0.05 g .

La nuova metodologia per l'analisi sismica del territorio rappresenta la principale novità introdotta dai nuovi criteri approvati con la D.G.R. 22-12-2008 n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374. Questa innovazione tiene conto anche del D.M. 14/09/2005 "Norme tecniche sulle costruzioni" che richiede, per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche locali mediante studi di risposta sismica locale (microzonazione).

La D.G.R. 1566/05 dedica un intero allegato, il numero 5, alle procedure per l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vista la grande rilevanza assunta dalla materia nella normativa. In particolare tale metodologia si basa su 3 livelli di approfondimento successivi:

1° livello: prevede l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) e la predisposizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale.

2° livello: prevede la caratterizzazione semi-quantitativa del Fattore di amplificazione (Fa) nelle aree PSL individuate con il 1° livello e confronto con i valori di riferimento.

3° livello: prevede la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite rispetto al 2° livello.

Quindi la normativa, ed in particolare i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" definiscono che, per i comuni appartenenti alla zona sismica 4:

- è obbligatorio il 1° livello in fase pianificatoria;
- è obbligatorio il 2° livello, sempre in fase pianificatoria, nelle zone classificate nella carta di pericolosità sismica locale (PSL) come Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03);
- è necessario effettuare un'analisi di 3° livello, solo in fase progettuale, nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale e nelle zone di PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici.

In particolare nei territori comunali classificati come Zona sismica 4 (cioè quelli che presentano il minor grado di rischio sismico e che precedentemente alla Ordinanza 3274/03 erano ritenuti non sismici), ai quali appartiene il Comune di Ossimo, la normativa regionale prevede l'applicazione dei 3 livelli di approfondimento secondo lo schema della tabella seguente:

	livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale proposto dalla Regione - nelle zone PSL Z1, Z2, e Z5 per edifici strategici e rilevanti

Tabella 4.1 – livelli di approfondimento e fasi di applicazione. Da criteri attuativi L.R. 12/05 per il Governo del Territorio, B.U.R.L. n° 13 Ed. Speciale del 28-03-2006.

4.2 Risposta Sismica Locale - generalità

In occasione di eventi sismici, le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono quindi due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (*bedrock*), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il *bedrock*, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (*bedrock*) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi sostituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

- effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito:

- nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

- nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

- nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni

permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluitamenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

- nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vucolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

4.3 Analisi sismica del territorio comunale

La metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale è riportata nell'allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.”, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni”, dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003.

Tale metodologia prevede tre livelli successivi di approfondimento da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza.

Nel caso di Zona sismica 4, cui è attribuito il territorio comunale di Ossimo, viene previsto come obbligatorio il 1° livello della procedura il quale prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale e la redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), mentre il 2° livello deve essere applicato in alcune delle aree di pericolosità sismica locale individuate dal 1° livello, ma solo nel caso in cui le previsioni urbanistiche contemplino in tali aree la realizzazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03).

Poiché nell'ambito delle pianificazioni urbanistiche del P.G.T. del comune di Ossimo non sono previste costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), ci si è quindi limitati ad applicare il 1° livello della procedura.

Il **1° livello** è di carattere qualitativo e permette di individuare delle zone dove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica possono essere facilmente prevedibili. In base ai dati esistenti e ai rilievi eseguiti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento, si realizza la Carta della pericolosità sismica locale, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene

riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali così come sintetizzato dalla tabella di seguito riportata.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	<i>Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)</i>	<i>Cedimenti</i>
Z2b	<i>Zone con depositi granulari fini saturi</i>	<i>Liquefazioni</i>
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 4.2 – scenari di pericolosità sismica locale

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area (quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Nell'ambito del territorio comunale di Ossimo le informazioni stratigrafiche sono desumibili direttamente ed indirettamente dai dati relativi ad indagini geognostiche (in particolare prove penetrometriche) eseguite preliminarmente alla realizzazione di nuove urbanizzazioni. La quantità dei dati disponibili consente di poter disporre di un modello geologico piuttosto dettagliato.

Lo studio effettuato è dunque consistito nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, carta idrogeologica) e nella redazione di un'apposita cartografia rappresentata dalla Carta della pericolosità sismica locale (a scala 1:10.000), derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo.

Un secondo passaggio di analisi è la tabella 4.3 dove viene identificata la classe di pericolosità sismica da attribuire a seconda dello scenario di pericolosità sismica locale, e il livello di approfondimento da raggiungere per quando riguarda gli studi della componente sismica territoriale.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Classe di PERICOLOSITA'
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H>10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2 – livello di approfondimento 3°

Tabella 4.3 – Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale. Da “Criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio, B.U.R.L. n. 13 Edizione Speciale del 28/03/2006

Nell'ambito del territorio comunale sono stati individuati effetti di sito o di amplificazione sismica locale riconducibili a tre gruppi distinti:

Effetti di instabilità

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana (Z1c). Tali zone corrispondono rispettivamente a:

- aree con substrato roccioso affiorante soggette a precedente attività estrattiva in cui sono presenti fronti rocciosi residui subverticali
- tratti di versante particolarmente acclivi incisi dai corsi d'acqua superficiali nei depositi di copertura.

In entrambi i casi si tratta di versanti in condizioni di equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) in corrispondenza dei quali si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Effetti di amplificazione topografica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di ciglio con $H > 10$ m (Z3a).

Lo scenario di zona di ciglio (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10° .

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

- scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

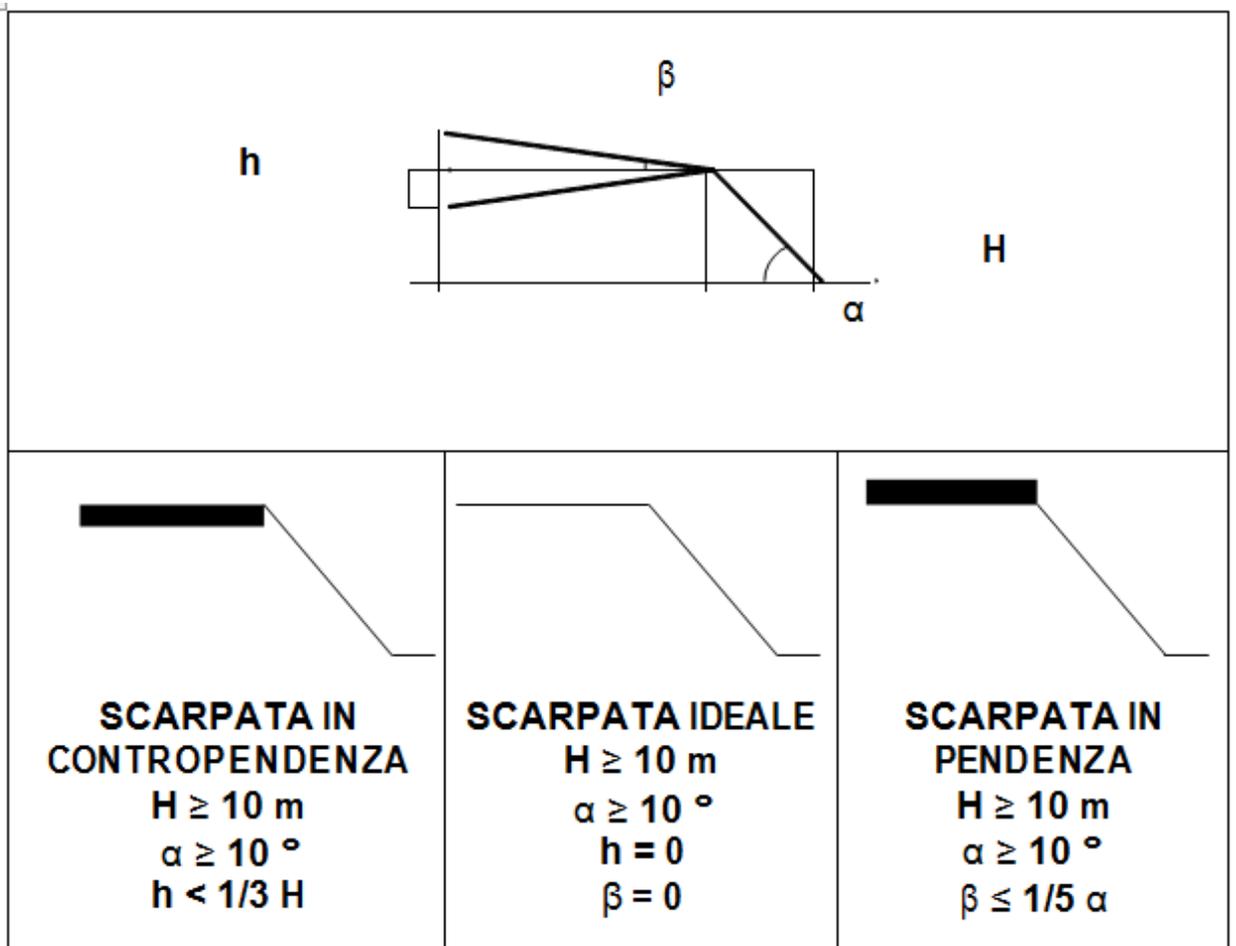
Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15-20 m;

- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5 \alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);

- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3 H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

Di seguito si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata:



Nell'ambito del territorio comunale sono individuabili cigli di scarpata prevalentemente del tipo "scarpata in pendenza" a delimitare l'orlo d'erosione dei terrazzi morenici, da parte delle acque dei corsi torrentizi e/o parzialmente di origine antropica.

Effetti di amplificazione litologica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, compresi le coltri loessiche (Z4c), e zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviale (Z4d).

E' stato attribuito allo scenario PSL Z4c tutto l'areale di affioramento dei depositi glaciali e fluvioglaciali wurmiani (depositi eterometrici ghiaioso-sabbiosi-argillosi con presenza di trovanti rocciosi) dove questi presentano uno spessore minimo presunto di alcuni metri. Si rinvencono principalmente nel settore a Nord dell'abitato di Ossimo Sup.re., caratterizzato da aree pianeggianti e/o da versanti a ridotta acclività. Non sono stati ricompresi quei settori dove lo spessore di tali depositi superficiali è presumibilmente molto ridotto, ovvero i tratti di versante a maggior acclività.

Nella carta della pericolosità sismica locale (PSL) sono rappresentate con:

- elementi lineari gli scenari Z3; in particolare per lo scenario Z3a si è evidenziato il ciglio della scarpata e per lo scenario Z3b le linee di cresta;
- elementi areali gli scenari Z1 e Z4.

Per gli scenari PSL individuati deriva un'assegnazione diretta alla classe di pericolosità sismica H2 per la quale, nel caso in futuro su tali aree venga prevista l'edificazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), in fase progettuale è necessario procedere al 2° livello di approfondimento ed eventualmente al 3° livello di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica locale (Tav. 5) rappresenta quindi il riferimento per l'eventuale applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

Analisi di Secondo Livello

La normativa regionale prevede, per i territori classificati in zona sismica 4 come per il Comune di Ossimo, che il secondo livello si applichi a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). Tale approfondimento, inoltre, è obbligatorio esclusivamente nel caso in cui sia

prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti ai sensi del D.D.U.O. n. 19904/03, mentre è facoltà delle Amministrazioni comunali estendere tale livello di approfondimento anche al caso di altre categorie di edifici. In particolare questa valutazione discrezionale riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza. Il secondo livello è di carattere semi-quantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), valore che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici bassi, regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili (secondo intervallo).

La normativa fornisce alcune schede interpretative per gli effetti morfologici e per gli effetti litologici; in entrambi i casi occorre valutare in sito la velocità delle onde s (V_s), attraverso prove dirette o indirette. Il fattore di amplificazione Fa ottenuto deve essere confrontato con un parametro di analogo significato (valore soglia) calcolato per ciascun comune, per varie categorie di terreno di fondazione e per i due intervalli di periodo, considerando una variabilità di $\pm 0,1$ che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare quindi due situazioni. La prima nel caso in cui Fa sia inferiore o uguale al valore soglia corrispondente. In questo caso la normativa regionale è considerata sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica o geometrica del sito; si applica pertanto lo spettro previsto dalla normativa e l'area rientra in classe di pericolosità H1.

La seconda nel caso in cui Fa sia superiore al valore soglia corrispondente. In quest'altro caso la normativa regionale è considerata insufficiente. Sono quindi necessarie analisi più approfondite, che dovranno essere eseguite in fase di progettazione edilizia. Queste aree andranno quindi sottoposte agli approfondimenti di 3° livello e rientrano in classe di pericolosità H2.

Analisi di Terzo Livello

Il 3° livello si applica, a differenza dei precedenti, direttamente in fase progettuale, ed è finalizzato ad ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità sismica.

Per i territori ricadenti in zona sismica 4 l'analisi di 3° livello si applica, nelle aree caratterizzate da instabilità (Z1b e Z1c), da cedimenti o liquefazioni (Z2) e da comportamenti differenziali (Z5); nel caso di amplificazioni topografiche, litologiche e geometriche (Z3 e Z4), l'analisi di 3° livello viene sviluppata solo se il Fattore di amplificazione F_a risulta superiore al valore soglia calcolato. Per le zone 4 gli approfondimenti di 3° livello si applicano solo nel caso di edifici e opere strategiche o rilevanti, sociali essenziali, e di progetti che prevedono affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

Il 3° livello prevede un'analisi dettagliata quantitativa della situazione in loco e la costruzione di modelli secondo i criteri contenuti nell'Allegato 5 alla DGR 8/1566, al fine di ottimizzare, in fase di progettazione, l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Nel paragrafo relativo alle norme sismiche di attuazione sono specificate le prescrizioni aggiuntive da richiedere per valutare gli effetti dell'azione sismica sulle nuove costruzioni al fine di ottemperare alla normativa sismica nazionale vigente.

4.4 Norme Tecniche

A conclusione delle analisi svolte sul territorio di Ossimo vengono di seguito riassunte le norme sismiche di attuazione per gli interventi urbanistici, che dovranno essere recepite nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Governo del Territorio e che potranno essere considerate dall'Amministrazione Comunale come linee guida per gli adempimenti necessari alla progettazione antisismica.

4.5 Norme sismiche di attuazione

Nel presente paragrafo sono specificate le prescrizioni aggiuntive da richiedere per valutare gli effetti dell'azione sismica sulle nuove costruzioni al fine di ottemperare alla normativa sismica nazionale vigente.

Applicando la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.”) sul territorio comunale sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica locale applicando il 1° livello della procedura, poiché nell'ambito delle pianificazioni urbanistiche del P.G.T. non sono previste costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03).

Sono stati individuati effetti di sito o di amplificazione sismica locale riconducibili a tre gruppi distinti:

Effetti di instabilità

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana (Z1c).

Effetti di amplificazione topografica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di ciglio con $H > 10$ m (Z3a).

Effetti di amplificazione litologica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di fondovalle con presenza di zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, compresi le coltri loessiche (Z4c) e di zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviale (Z4d).

PRESCRIZIONI E APPROFONDIMENTI DI INDAGINE

Il territorio comunale di Ossimo ricade in Zona Sismica 4, quindi risulta obbligatoria una progettazione antisismica solo per gli edifici e le opere strategiche e rilevanti, riportati nell'elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03 (riportato a fine paragrafo).

EDIFICI GENERICI

Per ogni nuovo edificio, ad esclusione degli edifici strategici e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), la normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti

di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi va applicato lo spettro previsto dalla normativa, previa definizione della categorie di suolo su cui sorge l'opera edilizia in progetto.

Le categorie di suolo sono quelle previste nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, in cui sono indicate cinque classi di terreni (A, B, C, D, E), identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m, e definite da parametri indicati nell'EC8, e precisamente: velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

Le caratteristiche salienti delle cinque classi sono:

A — Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B — Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

C — Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).

D — Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s ($NSPT < 15$, $C_u < 70$ kPa).

E — Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido, con VS30 > 800 m/s.

EDIFICI STRATEGICI E RILEVANTI

Per gli scenari PSL individuati sul territorio comunale, ne deriva un'assegnazione diretta alla classe di pericolosità sismica H2 per la quale, nel caso che in futuro su tali aree venga prevista l'edificazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), è previsto che in fase progettuale si proceda al 2° livello di approfondimento ed eventualmente al 3° livello di approfondimento (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.").

- il 2° livello permetterà la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;

- il 3° livello permetterà la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata.

Pertanto, in fase di progettazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, nelle aree di PLS individuate sul territorio comunale di Ossimo e perimetrare nella Carta di pericolosità sismica locale, si dovrà procedere alla caratterizzazione preliminare semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, approfondimento del 2° livello, fornendo la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Il valore ottenuto andrà confrontato con i valori di soglia del Fattore di amplificazione (Fa) attribuiti dalla normativa al comune di Ossimo. Questi sono distinti a seconda delle categorie di suolo previste nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e a seconda di due differenti intervalli di periodo, tra 0.1-0.5 s e tra 0.5-1.5 s, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. L'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (indicativamente edifici sino a 5 piani), mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili (indicativamente edifici compresi tra 5 e 15 piani).

VALORI DI SOGLIA DEL TERRITORIO COMUNALE PER I DIFFERENTI TIPI DI SUOLO					
PERIODO DI OSCILLAZIONE	CLASSE SISMICA	SUOLO TIPO B	SUOLO TIPO C	SUOLO TIPO D	SUOLO TIPO E
0,1 - 0,5 sec	4	1,4	1,8	2,2	1,9
0,5 - 1,5 sec		1,7	2,4	4,1	3,0

Dal confronto tra il valore del Fattore di amplificazione (Fa) ottenuto dall'analisi di 2° livello ed il valore di soglia previsto dalla normativa si possono verificare due possibilità:

1) nel caso il valore di Fa calcolato risultasse inferiore o uguale al valore di soglia di riferimento del comune la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i

possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.

2) nel caso il valore di F_a risultasse superiore a quello indicato dalla normativa, si dovrà procedere alle indagini previste dal 3° livello di approfondimento (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei P.G.T.”) o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa per la zona sismica superiore (nel caso di Ossimo la zona 3).

ELENCO TIPOLOGIE DEGLI EDIFICI E OPERE INFRASTRUTTURALI (D.D.U.O. n. 19904/03)

EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

EDIFICI

- a. Edifici destinati a sedi dell’Amministrazione Regionale (*)
- b. Edifici destinati a sedi dell’Amministrazione Provinciale (*)
- c. Edifici destinati a sedi di Amministrazioni Comunali (*)
- d. Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (*)
- e. Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- f. Centri funzionali di Protezione Civile
- g. Edifici ed opere individuate nei piani d’emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell’emergenza
- h. Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- i. Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (**)
- j. Centrali operative I I 8

2. EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso

EDIFICI

- a. Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
- b. Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere
- c. Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato I, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n.3685 del 21 ottobre 2003
- d. Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
- e. Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (***)
suscettibili di grande affollamento

(*) Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(**) Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

(***) Il centro commerciale viene definito (D.Lgs. n.114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

OPERE INFRASTRUTTURALI

- a. Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali
- b. Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)
- c. Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza

- d. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- e. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)
- f. Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali
- g. Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)
- h. Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi
- i. Opere di ritenuta di competenza regionale

5 Conclusioni

Gli studi condotti e sin qui illustrati forniscono informazioni ed elementi generali sull'assetto geomorfologico, idrogeologico, idraulico e sismico del territorio comunale, comunque completi per una analisi territoriale, in riferimento alle recenti normative in materia di pianificazione territoriale. Tuttavia, per molte aree, le caratteristiche del territorio impongono un impegno maggiore che va al di là delle disposizioni di legge, per permettere di affrontare in maniera efficace le problematiche locali. Difatti, sebbene mediamente le caratteristiche tecniche dei terreni presenti sul territorio comunale siano generalmente da discrete a buone, la presenza localmente di condizioni e situazioni sfavorevoli impongono l'esecuzione di studi di dettaglio. Le condizioni sfavorevoli riscontrabili sul terreno possono essere la presenza di cigli di scarpata e/o di versanti a scarsa stabilità potenziale per l'elevata acclività, presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, contatti stratigrafici tra terreni a litologia e caratteristiche differenti, presenza di accumuli di terreni di riporto, etc. Per qualsiasi area presa in considerazione, l'esame e l'incrocio delle tre carte, geologico-strutturale, idrogeologica e geomorfologica, associato a quella di sintesi e della pericolosità sismica locale, permette una sua valutazione preliminare per quanto attiene al rischio geologico ed idrogeologico, rischio che, logicamente, cresce nella misura in cui si sovrappongono nella stessa area più elementi di rischio/pericolosità e che, in funzione della sua importanza, richiede livelli di attenzione sempre crescenti. Il rilievo degli aspetti litologico-strutturali e morfologici del territorio del Comune di Ossimo ha consentito di riconoscere la presenza di alcune

situazioni contraddistinte da una particolare dinamicità evolutiva che costituiscono degli elementi di relativa pericolosità geomorfologica. Gli elementi principali sono rappresentati dall'insieme dei fenomeni connessi alla dinamica morfologica del corso del torrente della Valle dell'Inferno e dalle pareti rocciose nel settore meridionale del territorio. Per le caratteristiche morfologiche ed idrauliche d'insieme il corso del torrente della Valle dell'Inferno è contraddistinto da una certa instabilità della posizione dell'alveo che si accompagna all'approfondimento locale della propria curva di fondo. Questo comportamento del torrente si traduce in una continua tendenza all'erosione delle sponde che si esplica soprattutto in concomitanza di eventi di piena caratterizzati da un elevato trasporto solido. Gli altri fenomeni sono rappresentati sia da piccole frane che interessano i depositi superficiali ed il substrato, sia da limitate forme di erosione lineare od areale. La presenza di aree interessate da reptazione o soliflusso di zone soggette a forme di erosione areale e di versanti costituiti da depositi in condizioni prossime all'equilibrio limite, rappresenta un vincolo preciso per eventuali interventi sul territorio, siano la costruzione o la sistemazione di manufatti oppure il taglio della vegetazione. Si ribadisce nuovamente la necessità di uno studio geologico particolareggiato dell'area posta a monte ed a valle della strada comunale che da Ossimo porta all'abitato di Villa, nel Comune di Lozio, per la quale si è riscontrata una franosità diffusa della copertura eluvio-colluviale con conseguente caduta di blocchi, talora anche con diametri di circa 50 cm; tale studio, che esula dal presente lavoro, in quanto trattasi di aree ben definite e puntuali, per le quali necessiterebbero indagini approfondite di carattere geognostici, dovrà essere orientato verso una progettazione di opere di difesa attive e passive, atte a limitare od annullare il rischio. Lo stesso discorso va effettuato riguardo alla stabilità della strada, per la quale si osservano cedimenti diffusi della parte di sottoscarpa. Le modalità di intervento in queste aree devono essere attentamente valutate perché non contribuiscano ad accentuare i processi già in atto o perché non favoriscano l'innescarsi di nuovi processi che potrebbero compromettere la stabilità delle aree.

Hanno collaborato il:

Dott. Geol. Davide Lombardi

Dott. Ing. Luigi Franzoni

Dott. Geol.

Fausto Franzoni

Bibliografia

- ✓ - AA.VV. (1990): *Guide Geologiche Regionali, Alpi e Prealpi Lombarde*. Soc. Geol. It., Dip. Sc. Terra Univ. Milano, BE-MA editrice, Milano
- ✓ - Accordi B. (1950): *Appunti geologici sul versante sinistro della media Valle Camonica*. Rend. Acc. Naz. Lincei Serie VIII Vol. VIII fasc. III, 1950.
- ✓ - Amministrazione Provinciale di Brescia (Comitato d'intesa Brescia-Bergamo): *Piano generale di bonifica montana dell'Alto Bacino del Fiume Oglio (L. 991/52). RELAZIONE*.
- ✓ - Assereto R. Casati P. (1965): *Revisione della stratigrafia permo-triassica della Val Camonica Meridionale (Lombardia)* « Riv. Ital. Pal. Strat. », vol. 71, n° 4, pp. 999-1097, Milano
- ✓ - Barla G. - Barbero M. (1999): *Studi con modelli dei meccanismi evolutivi delle frane di crollo. Convegno su Previsione e prevenzione dei movimenti franosi rapidi*. GEAM, Trento, pp. 19-31.
- ✓ - Barton N. R., Lien R., Lunde J. (1974) : *Engineering classification of Rock Masses for the design of tunnel support*. Rock Mech., 6 (4), pagg. 183-236.
- ✓ - Bianchi A., Boni A., Callegari E., Casati P., Cassinis G., Comizzoli G., Dal Piaz GB., Desio A., Giuseppetti G., Martina E., Passeri L. D., Sassi F. P., Zanettin B., Zipoli G. (1971): *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Foglio 34 Breno*. Roma.
- ✓ - Bianchi, Boni, Callegari, Casati, Cassinis, Comizzoli, Dal Piaz, Desio, Giuseppetti, Martina, Passeri, Sassi, Zanettin, Zipoli (1971): *Note illustrative della Carta Geologica Italiana alla scala 1:100.000 Foglio 34 Breno*. Nuova Tecnica Grafica, Roma.
- ✓ - Bieniawsky Z. T. (1989): *Engineering rock mass classification*. Wiley & Sons, New York.
- ✓ - Boni A.: *Carta geologica delle Alpi bresciane a Sud dell'Adamello*. Atti dell'Istituto geologico dell'Università di Pavia – Vol. XXIII.
- ✓ - Boni A., Cassinis G.: *Carta geologica delle prealpi bresciane*.
- ✓ - Cacciamali G.B.: *Revisione della geologia Camuna*. Comm. At. di Brescia.
- ✓ - Cacciamali G.B.: *Schema tettonico-orogenico delle prealpi bresciane*. "Boll. R. Comit. Geol. It.
- ✓ - Camponeschi B. (1983): *Idrogeologia degli ammassi rocciosi. Metodologie di indagine*. Att. Conv. Int. Acqua e Territorio, A.N.G.I..
- ✓ - Cassinis G.: *Carta Geologica dei depositi continentali permiani a sud dell'Adamello*. Stampa 1988 Atti Ticinesi di Scienze della Terra – Vol. XXXI.

- ✓ - Cassinis G. Castellarin A.: *Le linee della Gallinera e delle Giudicarie Sud*. Atti ticinesi Sc. Terra, 31.
- ✓ - Castany G. (1982): *Principes et méthodes de l'hydrogéologie*. Dunod, Paris.
- ✓ - Celico P. (1988): *Prospezioni Idrogeologiche*. Vol. II, Liguori Editore.
- ✓ - Dati Pluviometrici Centrale ITALCEMENTI Dezzo di Scalve e Centrale ITALCEMENTI Mazzunno. www.scalve.it
- ✓ - De Sitter L. U., De Sitter Koomans C. M. (1949): *The geology of the Bergamasc Alps*. Leids. Geol. Med. , D. XIV B, Leiden.
- ✓ - De Sitter L. U. (1949): *La tectonique d'écoulement dans les Alpes Bergamasques*. Geol. En Mijnb., anno XII, n° 12, pp. 361-365, Leiden.
- ✓ - Deere D. U., Miller R. P. (1966): *Engineering classification and index properties for intact rock*. Tech Resp. N. ANFL-TR-65-116. Air Force weapons Laboratory – New Mexico.
- ✓ - Dorsman, L. (1941): *De geologie van het Val Dezzo en de Pizzo Camino, ten N.W. van het Val Camonica, en de ontwikkeling van de Valsecca in de Bergamasker Alpen*. Diss. Univ. Leiden. (2 parts). part 1: printed: 10 pp., part 2: typescript: 62 pp., 13 fig., 1 fold. pl. w. sections, 1 fold. & col. map. Orig. wrps., sm4to. fl. 25,00.
- ✓ - Focardi P. (1982): *Considerazioni cinematiche sul percorso di massi provenienti da frane di crollo*. Geologia Tecnica n° 4, pp. 13-23.
- ✓ - Focardi P., Iotti A. (2001): *Confronto di metodi di calcolo per la determinazione del percorso di blocchi a seguito di frane di crollo*. Geologia Tecnica & Ambiente n° 2/01. Trim. dell'Ordine dei Geologi.
- ✓ - Franzoni F. (1996): *Studio geomorfico-quantitativo e climatologico del bacino del Torrente Neva (affluente del Torrente Centa [SV]) e rilevamento geologico nell'area compresa tra Martinetto e Castelvechio di Rocca Barbena (Alberga [SV])*.
- ✓ - Hauer F. R. (von) (1855): *Allgemeiner Bericht über die geologische Arbeiten der Section IV der K. K. Geologischen Reichsanstalt*. Jahrb. K. K. Geol. Reichsanst., Bd. VI, pp. 741-749, Wien.
- ✓ - Hoek E., Bray J. W. (1981): *Rock slope engineering*. Chapman & Hall.
- ✓ - Lucchini F. S., AA.VV. (1996): *La Valcamonica, analisi territoriale da Pisogne a Ponte di Legno*. Politecnico di Milano D.I.S.E.T. Ingegneria Urbanistica
- ✓ - Nicotera P. (1973): *Metodologie di studio della circolazione idrica nelle rocce carbonatiche*. Atti II Conf. Int. Pianif. Acque, I.A.H. Palermo.

- ✓ - Porro C. (1903): *Alpi bergamasche. Carta Geologica rilevata dal 1895 al 1901, scala 1:100.000 e Note illustrative della Carta Geologica e delle Sezioni. Op. Di 30 pp., Tip. Degli Operai, Milano.*
- ✓ - Rossetti R. (1966): *Considerazioni sui rapporti tra le diverse facies ladiniche nella zona del Pizzo Camino e della Concarena. Att. Ist. Geol. Univ. Pavia vol. XVII.*
- ✓ - Rossetti R. (1966): *Rapporti strutturali tra il Pizzo Camino e la Concarena (Bresciane Nord-Occidentale). Att. Ist. Geol. Univ. Pavia vol. XVII.*
- ✓ - Servizio Geologico d'Italia (1970): *Foglio 34 Breno. Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.*
- ✓ - Servizio Territorio della Provincia di Bergamo, Dip. Di Scienza della Terra dell'Università degli Studi di Milano,
- ✓ - SMA s.r.l. (1999): *Indagine idrogeologica preliminare nel territorio comunale di Ossimo per ricerca d'acqua ad uso potabile.*
- ✓ - Swolfs H. C. A. (1938): *Versalg bij de geologische kaart van de Bergkam M. Secco, Pizzo Arera ed van het Stroomgebied van de Torrente Riso (Valle Seriana). Leid. Geol. Med. Dl. X, A, 1, pp. 111-145, 9 figg., 1 tav. Profili, 1 carta geo. Al 25.000, Leiden.*
- ✓ - Tanzini M. (2001): *Fenomeni franosi e opera di stabilizzazione. Collana di Geotecnica e Ingegneria Geotecnica. Dario Flaccovio Editore.*
- ✓ - Testa C. A. (2001): *Stabilità dei pendii. Dario Flaccovio Editore.*

Normativa di riferimento

L.R. 24/11/1997 n° 41	Prevenzione del rischio idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici e loro varianti
D.G.R. del 30/11/2001 n° 7/6645	Approvazione delle direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97
R.D. n° 368/1904	Servizio di Polizia Idraulica
R.D. n° 523/1904	Testo Unico delle leggi sulle opere idrauliche
D.M. 11/03/88	Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.
Circolare LL.PP. n° 30483/88	Istruzioni riguardanti il Decreto Ministeriale 11/03/1988
D. Lgs. n° 258/00	Disposizioni correttive e integrative del D. Lgs. n° 152/99, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'art. 1, comma 4, della L. n° 128/98
R.D. n° 3267/1923	Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani
L. n° 1497/1939	Protezione delle bellezze naturali
D. Lgs. n° 490/99	Testo Unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'art. 1 della L. 08/10/1997 n° 352
L. n° 183/89 (e successive modifiche)	Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo (per l'applicazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Po [PAI]) (attualmente per il Comune di Ossimo, lo studio è in istruttoria presso la Struttura Regionale)
L. 03/08/1998 n° 267	Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto Legge 11/06/1998 n° 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania

D.P.C.M. 24/05/01	Approvazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
D.G.R. 11/12/01 n° 07/7365	Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume PO (PAI) in campo urbanistico. Art. 17, comma 5, della Legge 18/05/89 n° 183
D.G.R. 25/01/02 n° 7/7868	Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato nell'art. 3 comma 114 della L.R. 01/2000 – Determinazione dei canoni regionali di polizia idraulica

Documentazione Fotografica (n° 7 pose)



Fig. 1 - Fenomeni di erosione superficiale, loc. Dignelone-Carane



Fig. 2 – Formazione di San Giovanni Bianco, Ossimo Inf. re



Fig. 3 – Scarpata carbonatica sul T. Trobiolo, Ossimo Inf. re



Fig. 4 - Fenomeni di ruscellamento superficiale concentrato, Ossimo Inf. Re



Fig. 5 – Formazione di Wengen: elementi plicativi, strada Ossimo-Lozio



Fig. 6 – Opere di ingegneria naturalistica, Valle dell'Inferno - località Feit



Fig. 7 – Briglie ed opere di difesa, località Corno della Luna