



# Comune di Zone

## Provincia di Brescia

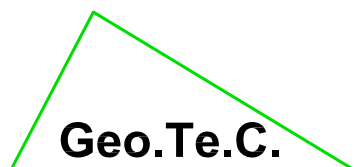
### **Componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio**

*(ai sensi della d.g.r. 28 maggio 2008 - n. 8/7374)*

**Relazione illustrativa**

Settembre 2011

Elaborato B



Geologia Tecnica Camuna

Studio Associato - tel/fax 0364/533637

Via Albera 3 - Barfo Boario Terme (BS)

e-mail: info@geotec-studio.it

Dr. geol. Fabio Alberti

Collaboratore : Dr. geol. Francesco Bosio

1. PREMESSA .....	4
2. STUDI ESISTENTI.....	5
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	6
4. ASPETTI METEO-CLIMATICI .....	6
5. ASPETTI IDROGRAFICI.....	7
6. ASPETTI GEOLOGICI .....	10
6.1 - Inquadramento geologico d'insieme .....	10
6.2 - Substrato roccioso.....	10
6.3 - Depositi superficiali .....	13
7. ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	18
7.1. Quadro geomorfologico generale .....	18
7.1.a. Settore del fondovalle nell'area di Zone. ....	18
7.1.b. Settore delle valli laterali a monte dell'area di Zone .....	19
8. ASPETTI IDROGEOLOGICI - CARTA IDROGEOLOGICA.....	22
8.1. Permeabilità del substrato roccioso e dei depositi superficiali .....	22
8.2. Assetto idrogeologico generale .....	23
8.3. Sorgenti e pozzi.....	26
8.4. Opere di sistemazione e di difesa idraulica .....	27
9. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA DEI CONODI ALLUVIONALI.....	30
9.1. - Conoide alluvionale della Val Vandul.....	31
9.2. - Conoide alluvionale della Valle Ombrino .....	34
9.3. - Conoide alluvionale della Valle di Gasso .....	36
10. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....	39
10.1 - Normativa di riferimento .....	39
10.2 - Risposta sismica locale .....	39

10.3 Analisi sismica di primo livello: carta della pericolosità sismica locale (PSL) .....	41
10.4 Analisi di secondo livello - valutazione del fattore di amplificazione .....	43
10.5 Sovrapposizione sulle carte di fattibilità dei risultati dell'analisi sismica di secondo livello .....	50
11. CARTA DEI VINCOLI.....	51
11.a. - Vincoli derivanti dalla "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI: delimitazione delle aree in dissesto" .....	51
11.b. - Aree di salvaguardia delle captazioni d'acqua pubbliche ad uso potabile.....	51
11.c. - Geositi.....	51
11.d. - Vincoli di polizia idraulica .....	51
12. CARTA DI SINTESI .....	52
12.1. - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti. ....	52
12.1.a - Aree interessate da fenomeni franosi attivi - Aree interessate da fenomeni franosi quiescenti.....	52
12.1.b - Aree acclivi interessate da diffusi ed intensi fenomeni di degradazione o di erosione o da franosità superficiale diffusa ed aree che possono risentire dell'influenza di tali fenomeni.....	53
12.1.c - Aree del settore di fondovalle poste immediatamente a monte delle principali scarpate di erosione torrentizia che possono risentire direttamente dell'influenza dei fenomeni presenti lungo le scarpate stesse.	53
12.1.d - Aree del settore di fondovalle situate in posizione relativamente distante da scarpate di erosione torrentizia, ma potenzialmente influenzabili dalla loro evoluzione ed aree di scarpate non direttamente interessate da fenomeni di erosione o di degradazione.....	54
12.1.e - Aree interessate dalla presenza di frane per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV). .....	54
12.1.f - Aree a pericolosità potenziale per fenomeni di caduta di blocchi rocciosi. Zone sorgente - zone di transito ed accumulo a pericolosità da media ad elevata, a pericolosità bassa ed a pericolosità molto bassa. ....	55
12.1.g - Aree con pendenza da media ad elevata, frequentemente con presenza di fenomeni di reptazione, soliflusso o degradazione e talora potenzialmente interessabili da fenomeni di degradazione o frana situati a monte od a valle.....	56
12.1.h - Aree con pendenza da media a bassa, talora interessate da fenomeni di degradazione, reptazione o soliflusso.....	56
12.1.i - Aree interessate da fenomeni di valanga con pericolosità elevata - con pericolosità media. ....	57
12.1.l - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di valanga con pericolosità bassa. ....	57
12.1.m - Aree estrattive attive .....	57
12.2. - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico .....	57
12.2.a - Alveo di piena e sponde dei corsi d'acqua e degli impluvi minori.....	57

12.2.b - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di erosione fluviale con pericolosità da media ad elevata.....	57
12.3. - Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico .....	58
12.3.a - Limiti delle zone di rispetto delle captazioni d'acqua ad uso potabile.....	58
12.3.b - Aree di emergenza e deflusso di acque scaturite da sorgenti temporanee ad elevata portata note con il nome di surdole.....	58
12.3.c - Aree con evidenti fenomeni carsici di superficie.....	59
12.3.d - Aree con probabile presenza di fenomeni carsici profondi.....	59
12.3.e - Aree con terreni aventi mediocri o scadenti caratteristiche geotecniche.....	59
12.3.f - Aree con riporti di materiale, aree colmate. ....	59
12.4. - Aree potenzialmente pericolose per fenomeni di esondazione e trasporto in massa su conoide .....	60
13. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI .....	61
14. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO.	63
15. BIBLIOGRAFIA.....	64

## 1. PREMESSA

La presente relazione illustrativa riguarda lo studio relativo alla componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio del comune di Zone, redatto in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 - 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 -.

Prima della redazione del presente studio il comune di Zone non disponeva di uno studio geologico completo, ma solo di studi parziali relativi alla fattibilità geologica di alcune varianti al P.R.G..

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, secondo l'OPCM n. 3274 del 20/3/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" (G.U. n° 105 del 8/05/2003, suppl. ord. n. 72) il territorio del comune di Zone ricade in zona sismica 3.

In accordo con le normative di riferimento nell'ambito dello studio sono state redatte le seguenti tavole cartografiche.

- *Tavola 1* *Carta di geologica* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 2* *Carta geomorfologica* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 3* *Carta idrogeologica* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 4* *Carta della dinamica morfologica con elementi litologici ed idrogeologici* (aree urbanizzate e loro intorno) - scala 1:2.000
- *Tavola 5* *Carta di sintesi* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 6* *Carta di sintesi* (aree urbanizzate e loro intorno) - scala 1:2.000
- *Tavola 7* *Carta di fattibilità delle azioni di piano* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 8* *Carta di fattibilità delle azioni di piano* (aree urbanizzate e loro intorno) - scala 1:2.000
- *Tavola 9* *Carta di fattibilità delle azioni di piano su base CTR* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 10* *Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 11* *Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici: delimitazione delle aree in dissesto su base CTR* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 12* *Carta dei vincoli* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000
- *Tavola 13* *Carta della pericolosità sismica locale* (intero territorio comunale) - scala 1:10.000

La descrizione degli aspetti geologici generali e di dettaglio ed i relativi allegati sono contenuti nella presente Relazione Illustrativa mentre la normativa conseguente è contenuta nelle Norme Geologiche di Piano.

Tutti gli elaborati cartografici sono stati redatti sulle basi vettoriali del comune di Zone alla scala 1:2.000 ed alla scala 1:10.000, in modo da avere una diretta sovrapposizione con la cartografia urbanistica. Alcuni elaborati alla scala 1:10.000 - Tavole 9 e 11 -, per essere inseriti direttamente nel sistema cartografico regionale, sono stati realizzati anche sulla base raster della CTR alla scala 1:10.000. Poichè la carta vettoriale alla scala 1:10.000 non è completamente sovrapponibile alla base raster della CTR alla scala 1:10.000, in quanto alcuni elementi mostrano forma o disposizione diverse anche solo in parte, per evitare errori di interpretazione, soprattutto in riferimento alla cartografia urbanistica, si raccomanda di fare riferimento alle carte redatte sulla base vettoriale comunale.

## 2. STUDI ESISTENTI

Nella redazione del presente studio si è tenuto conto dei dati, studi e indagini esistenti sulle aree in esame, sia quelli di carattere generale sia quelli di dettaglio.

Gli studi a carattere generale riguardano principalmente i fenomeni franosi presenti nel territorio comunale mentre gli studi di dettaglio sono relativi ad un censimento delle risorse idriche presenti nel territorio comunale, ad un indagine idrogeologica finalizzata all'individuazione delle zone di rispetto dei pozzi d'acqua potabile comunali, alla individuazione del reticolo idrografico minore e delle relative fasce di rispetto e alla valutazione della fattibilità geologica riguardante alcune aree di variante al PRG.

Per quanto riguarda gli studi di carattere generale è stato consultato il seguente studio.

- Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.

Per quanto riguarda gli studi di dettaglio sono stati consultati i seguenti studi.

- Consoli M., Geo.Te.C. - Individuazione del reticolo idrico minore e delle fasce di rispetto - Comune di Zone; dicembre 2004.
- Carraro M. - Censimento delle risorse idriche - Cogeme S.p.A., Comune di Zone
- Geo.Te.C. - Comune di Zone - Variante al PRG - Programma Integrato d'Intervento Torcol-Vadur - Comparto C. - Indagine geologico-tecnica. - Comune di Zone; gennaio 2005.
- Geo.Te.C. - Comune di Zone - Variante al PRG - Programma Integrato d'Intervento Torcol-Vadur - integrazione ai sensi della dgr 8/1566/05 allo studio di valutazione della fattibilità geologica per le azioni di piano del dicembre 2005. - Comune di Zone; settembre 2007.
- Carraro M. - Domanda di concessione all'utilizzo di acque sotterranee e perimetrazione zona di rispetto. Pozzo Valurbes e pozzo Rinat. Studio idrogeologico, idrochimico e ambientale. - Comune di Zone; ottobre 2010.

### ***FASE D'ANALISI (INQUADRAMENTO DEL TERRITORIO)***

---

#### **3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

Il comune di Zone si trova sul versante destro nel tratto superiore del lago d'Iseo e corrisponde geograficamente alla parte media e superiore del bacino del torrente Bagnadore.

A parte il settore di fondovalle, dove si trovano l'abitato di Zone e le due frazioni di Cusato e Cislano, il resto del territorio comunale è tutto montuoso, per una superficie complessiva di 19,59 km<sup>2</sup>, e confina ad est con i comuni di Tavernole sul Mella e Marcheno, a sud e ad ovest con il comune di Marone ed a nord con il comune di Pisogne. Il territorio è compreso nelle sezioni *D4a5*, *D4b5*, *D5a1* e *D5b1* della Cartografia Tecnica Regionale alla scala 1:10.000.

#### **4. ASPETTI METEO-CLIMATICI**

Nel territorio comunale di Zone, nei pressi dell'abitato, è stata attiva una stazione di rilevamento dei dati meteorologici nel periodo dal 1915 al 1959. Altre stazioni prossime al territorio comunale sono state attive a Pisogne, dal 1952 al 1965, ed a Fraine, dal 1923 al 1973.

La stazione meteorologica ancora attiva più vicina si trova a Breno, in Val Camonica, per la quale sono disponibili elaborazioni relative alle piogge intense.

Dalla Carta delle Precipitazioni Medie, Minime e Massime del Territorio Alpino Lombardo (Regione Lombardia, dicembre 1999) relativa al periodo 1891-1990 il territorio del comune di Zone si trova compreso tra le isoiete di 1300 e 1450 mm per le piogge medie, tra le isoiete di 600 e 900 mm per la media delle piogge minime e tra 2200 e 2500 mm per la media delle massime.

Nella seguente tabella sono riportati i valori relativi alle stazioni presenti nell'area.

<i>Stazione</i>	<i>quota (m)</i>	<i>periodo</i>	<i>Media (mm)</i>	<i>minima (mm)</i>	<i>massima (mm)</i>
Zone	690	1915-1959	1395,2	674,0	2500,0
Fraine	850	1923-1973	1369,6	639,0	2105,0
Pisogne	199	1952-1965	1261,8	872,8	1588,0
Breno	312	1907-1983	1012,1	449,0	2377,0

I dati pluviometrici delle stazioni di Zone, Fraine e Breno, relativi al periodo 1951-1959, riportati nella tabella seguente, mostrano un periodo di massimo tardo-primaverile ed estivo che può estendersi, con un massimo relativo, anche al periodo autunnale ed un periodo di minimo in inverno. Il massimo mensile si registra di norma in maggio.

stazione	quota m slm	periodo	precipitazioni in mm												
			Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Tot Anno
Zone	690	51-59	41	51	82	130	186	174	116	137	119	153	113	70	1372
Fraine	850	51-59	59	66	77	126	170	134	119	120	133	143	162	66	1375
Breno	312	51-59	47	43	62	81	115	127	101	107	92	102	84	58	1019

Per quanto riguarda la valutazione delle piogge di forte intensità si può fare riferimento ai dati elaborati dalla provincia di Brescia per la stazione di Breno.

Per quanto riguarda le precipitazioni nevose e la persistenza del manto nevoso esiste invece una stazione legata agli impianti sciistici di Montecampione, posta un poco più a nord ed attiva solo nel periodo invernale.

Non si dispone di dati diretti relativi alle temperature. A titolo indicativo nella tabella successiva sono riportati i dati relativi alla stazione di Breno per il periodo 1961-1990, posta più a nord e ad una distanza maggiore dal lago, ma ad una quota inferiore rispetto al territorio di Zone.

Temperatura media	Mese												Stagione				Anno
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Inv	Pri	Est	Aut	
Massima	3,8	7,1	10,4	14,8	19,1	23,0	26,4	25,3	21,9	15,8	10,3	5,6	5,5	14,8	24,9	16	15,3
Minima	-5,8	-3,4	0,0	3,9	8,1	12,1	14,5	14,1	10,6	5,7	0,9	-3,5	-4,2	4	13,6	5,7	4,8

I dati relativi alle elaborazioni contenute nel PTCP della provincia di Bergamo, riguardanti il periodo 1955-1984, danno le aree poste all'altezza del territorio di Zone sulla sponda occidentale del lago d'Iseo come comprese tra le isoterme medie di 11 e 12 °C. Per quanto riguarda le isochimene e le isotere (rispettivamente medie del mese di gennaio e del mese di luglio) le aree sono invece comprese tra i valori di 21 e 22 °C per le isotere ed i valori di 2 e 3 °C per le isochimene.

## 5. ASPETTI IDROGRAFICI

Il territorio comunale di Zone corrisponde al tratto superiore del bacino idrografico del torrente Bagnadore che prende origine dal versante meridionale del Monte Aquina e confluisce nel lago d'Iseo in corrispondenza dell'abitato di Marone. Nella sua parte superiore il ramo principale del torrente assume diversi nomi e viene indicato come Val Marse nel tratto posto subito a monte dell'area delle piramidi di erosione di Cislano e fino alla confluenza della Val Vandul, mentre è indicato come Val Orbes a monte di questa confluenza.

Gli affluenti principali del Bagnadore, da valle verso monte, sono la Valle di Tuf con la sua confluyente Val Busen, la Val Loden e la Val Rinat con la confluyente Val Mai in sponda destra mentre in sponda sinistra gli affluenti principali sono la Val di Gasso, con la sua confluyente Val Ombrino, e la Val Vandul.

La disposizione del reticolo idrografico risente direttamente dell'assetto strutturale dell'area e le linee di impluvio sono disposte secondo le principali direzioni strutturali: in particolare secondo le direzioni nord ovest - sud est (Val Vandul e Val di Gasso), nord nord ovest - sud sud est (Val Orbes, Valle di Tuf) e nord est - sud ovest (Bagnadore).



Il torrente Bagnadore ha un regime perenne per tutto il proprio corso, salvo il tratto superiore della Val Orbes a monte delle sorgenti del Disgiolo, sia pure con portate piuttosto variabili nell'arco dell'anno.

In ragione delle condizioni litologiche hanno un regime perenne, sia pure con forti variazioni stagionali della portata i principali affluenti di destra, perché posti su rocce o terreni relativamente poco permeabili e comunque situati in un settore idrogeologico favorevole, con la presenza di sorgenti che garantiscono un deflusso minimo nei periodi di scarsa piovosità. Gli affluenti posti in sinistra si trovano invece su rocce e terreni piuttosto permeabili e sono quindi caratterizzati da un regime temporaneo con portate variabili e periodi più o meno lunghi privi di deflusso nonostante la presenza di alcune sorgenti significative.

Non si dispone di misure di portate eseguite direttamente lungo i corsi d'acqua. In questa sede è stata fatta una valutazione della portata di massima piena per il torrente Bagnadore e per i principali affluenti considerando diversi tempi di ritorno.

La stima delle portate è stata fatta sulla base di alcuni metodi proposti in letteratura, che permettono di determinare la portata di piena a partire dai dati morfometrici del bacino e dai dati idrologici relativi alle precipitazioni. In particolare sono stati utilizzati il metodo di Giandotti, il metodo di Giandotti perfezionato da Visentini e i metodi della portata indice e della formula razionale secondo i parametri proposti da Bacchi, Armanelli e Rossini;

La portata è stata calcolata in riferimento ad un tempo di ritorno di 50, 100 e 200 anni, utilizzando i dati pluviometrici disponibili per le stazioni più vicine all'area in esame. In particolare si è fatto riferimento alla stazione di Breno, per la quale è disponibile uno studio delle precipitazioni intense condotto dalla provincia di Brescia.

Nell'allegato 7 a fine testo sono riportati lo sviluppo dei calcoli e una breve descrizione dei metodi utilizzati. Nella tabella della pagina successiva sono invece riportati i valori di portata ottenuti con l'applicazione dei diversi metodi in riferimento alla stazione considerata. Quando disponibili, sono stati riportati per confronto anche i valori di portata determinati dal SIBCA ("sistema informativo bacini e corsi d'acqua" della Regione Lombardia) per i medesimi tempi di ritorno.

I valori di portata determinati con le diverse espressioni sono piuttosto dispersi e si consiglia di assumere come rappresentativi della sola portata liquida i valori ottenuti con il metodo della formula razionale. Il SIBCA fornisce valori un poco superiori, intermedi tra quelli ottenuti con la formula razionale e quelli ricavati dal metodo della portata indice. Le espressioni di Giandotti e di Giandotti-Visentini forniscono valori molto più elevati, perché determinate su bacini di grandi dimensioni, e per bacini di piccole dimensioni possono essere indicative delle portata complessiva, solida e liquida.

Sulla base dei valori stimati è stata fatta anche una valutazione della portata solida dei corsi d'acqua basata sulla capacità di trasporto teorica della portata liquida.

La dinamica morfologica dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame è condizionata da una decisa tendenza complessiva al riequilibrio delle curve di fondo rispetto alla variazione del livello di base locale dell'erosione legato al ritiro del ghiacciaio. Come conseguenza tutti i corsi d'acqua sono interessati da fenomeni di erosione più o meno intensi in funzione principalmente delle caratteristiche litologiche dei vari tratti e possono essere pertanto soggetti ad eventi di piena con trasporto solido significativo.

Tempo di ritorno	Corso d'acqua	Bagnadore		Val Nembre	Val Vandul	Val di Gasso		Valle Ombrino	Val Rinat	Val Mai	Val di Tuf	Val Busen	Val Cavallino
	Metodo di calcolo	conoide m <sup>3</sup> /s	q. 700 m m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	q. 565 m m <sup>3</sup> /s	q. 635 m m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
200 anni	Giandotti	133,6	59,0	64,9	45,2	57,7	45,7	20,7	6,6	2,6	14,9	8,0	19,7
	Giandotti - Visentini	99,3	43,9	48,3	33,6	42,9	34,0	15,4	4,9	1,9	11,1	6,0	14,6
	Portata Indice	84,5	35,7	42,9	26,4	37,0	29,1	13,0	5,0	2,0	10,7	5,2	13,9
	Formula Razionale	66,1	29,1	31,4	21,4	26,9	20,9	9,3	2,9	1,0	6,9	3,7	9,2
	SIBCA	73,8	-	36,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trasporto solido PI	104,8	44,3	53,1	32,7	45,9	36,1	16,1	6,3	2,5	13,3	6,4	17,3
	Trasporto solido FR	82,0	36,0	38,9	26,5	33,4	26,0	11,6	3,6	1,3	8,5	4,6	11,4
100 anni	Giandotti	109,4	48,2	53,1	36,9	47,2	37,4	16,9	5,4	2,1	12,2	6,5	16,1
	Giandotti - Visentini	91,0	40,1	44,2	30,7	39,3	31,1	14,1	4,5	1,7	10,1	5,4	13,4
	Portata Indice	75,1	31,7	38,1	23,4	32,9	25,9	11,5	4,5	1,8	9,5	4,6	12,4
	Formula Razionale	58,9	25,9	27,9	19,0	24,0	18,7	8,3	2,6	0,9	6,1	3,3	8,2
	SIBCA	67,6	-	33,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trasporto solido PI	93,1	39,3	47,2	29,1	40,8	32,1	14,3	5,6	2,2	11,8	5,7	15,4
	Trasporto solido FR	73,1	32,1	34,7	23,6	29,8	23,1	10,3	3,2	1,1	7,6	4,1	10,2
50 anni	Giandotti	87,5	38,5	42,4	29,5	37,7	29,8	13,5	4,3	1,7	9,7	5,2	12,8
	Giandotti - Visentini	82,6	36,4	40,1	27,8	35,6	28,2	12,7	4,1	1,6	9,2	4,9	12,1
	Portata Indice	65,9	27,9	33,4	20,6	28,9	22,7	10,1	3,9	1,6	8,3	4,1	10,9
	Formula Razionale	52,1	22,9	24,7	16,9	21,3	16,5	7,4	2,3	0,8	5,4	2,9	7,3
	SIBCA	61,3	-	29,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trasporto solido PI	81,8	34,5	41,5	25,5	35,8	28,2	12,5	4,9	2,0	10,3	5,0	13,5
	Trasporto solido FR	64,7	28,4	30,7	20,9	26,4	20,5	9,1	2,9	1,0	6,7	3,6	9,0

## 6. ASPETTI GEOLOGICI

Gli aspetti più strettamente geologici, stratigrafici e litologici sono stati rappresentati nella Carta Geologica, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale e nella Carta litologica con elementi morfologici ed idrogeologici redatta alla scala 1:2.000 per le aree urbanizzate ed il loro intorno.

Nelle due tavole sono rappresentate le litologie lapidee che costituiscono il substrato roccioso, affioranti e subaffioranti, e la coltre dei depositi superficiali. Le litologie del substrato roccioso sono state distinte adottando le unità formazionali individuate nella carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG - Foglio Iseo), mentre per quanto riguarda i depositi superficiali sono stati rappresentati solo i lembi caratterizzati da estensione e potenza significativi alla scala della carta, distinguendoli tra loro in ragione delle genesi e dell'età.

### 6.1 - Inquadramento geologico d'insieme

Il territorio del comune di Zone si trova sul fianco meridionale della struttura tettonica nota come anticlinale camuna, una piega disposta con piano assiale verticale orientato all'incirca est-ovest, al nucleo della quale si trovano le rocce del basamento cristallino sudalpino. Le rocce del basamento affiorano subito a nord del territorio comunale di Zone, lungo l'incisione del torrente Trobiolo, mentre nel territorio di Zone affiorano le rocce della copertura sedimentaria sudalpina, di età triassica e di composizione principalmente carbonatica.

Le unità sono disposte con immersione rivolta in media verso ovest-sud-ovest e sono coinvolte in una serie di deformazioni connesse al fronte di sovrascorrimento, disposto con direzione nord-ovest/sud-est lungo l'asse della Valle di Gasso, che porta le unità del triassico medio a sovrapporsi sulle unità del triassico superiore.

### 6.2 - Substrato roccioso

Calcare di Angolo. La formazione del Calcare di Angolo è costituita nella parte inferiore da calcari di colore grigio scuro o neri, principalmente microcristallini, in strati medi od a stratificazione indistinta e in grossi banchi, localmente alternati a livelli a stratificazione sottile. Nella parte superiore è invece rappresentata da calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, a stratificazione sottile con sottili interstrati di argilliti nere, a volte con superfici di strato che presentano un aspetto molto ondulato. L'unità è stata attribuita all'Anisico inferiore-medio ed i sedimenti che la costituiscono rappresentano un ambiente di mare relativamente aperto, talora con condizioni di scarsa ossigenazione dei fondali. Affiora principalmente sul versante sud-ovest della linea compresa tra il M. Aguina e Punta Caravina, e sul versante sud-ovest del monte Guglielmo, con uno spessore di almeno 300 m. Nella zona del Monte Guglielmo la parte superiore della formazione si trova in eteropia con il Calcare di Camorelli. Nel complesso è caratterizzata da una permeabilità media per la presenza di fenomeni di dissoluzione carsica.

Calcare di Camorelli. Nell'area in esame la formazione del Calcare di Camorelli è rappresentata dal membro del Calcare di Monte Guglielmo ed è costituita da calcari e calcari dolomitici di colore grigio chiaro a stratificazione massiccia o in strati da medi a spessi. I calcari sono in genere organogeni e con alghe e rappresentano una

piattaforma carbonatica costituita in prevalenza da banchi algali. L'unità è stata attribuita all'Anisico medio-superiore ed è eteropica con la parte superiore del Calcare di Angolo. Lo spessore è dell'ordine di 300 m e in ragione dalla presenza di fenomeni di dissoluzione carsica presenta una permeabilità di alta.

Calcare di Prezzo. Il Calcare di Prezzo è rappresentato da un'alternanza di strati di calcari e calcari marnosi neri, di spessore medio, e di livelli di pari spessore di marne e argilliti nere, sottilmente laminate. Questi litotipi sono in genere ricchi di fossili, rappresentati soprattutto da cefalopodi e lamellibranchi. L'unità rappresenta condizioni di sedimentazione di mare aperto, talora con fondali anossici ed è stata riferita all'Anisico superiore. La formazione affiora nella parte medio inferiore del versante della linea Monte Aquina - Monte Guglielmo con uno spessore non superiore a 50 m e si riduce notevolmente a sud del Monte Agolo. La permeabilità è nel complesso da scarsa a molto scarsa.

Calcare di Buchenstein. La formazione è costituita da calcari e calcari debolmente marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati di spessore medio separati da sottili intercalazioni di marne argillose nere. All'interno degli strati calcarei compaiono dei noduli o, meno frequentemente, delle sottili liste di selce scura; a volte i noduli sono silicizzati solamente al bordo. Spesso la presenza dei noduli conferisce alle superfici di stratificazione un caratteristico aspetto bernoccolato. Lo spessore è dell'ordine di 20-60 m e si riduce notevolmente sul versante sud del Monte Agolo. L'unità è stata riferita al Ladinico inferiore e rappresenta un ambiente di mare aperto con fondali relativamente profondi. La permeabilità è da scarsa a media .

Vulcaniti della Val Ombrino. Lave andesitiche brecciate e brecce vulcaniche grossolane fino a tufi, prive di stratificazione, di colore da rosso a grigio. Queste rocce si trovano comprese tra la Formazione di Wengen ed il Calcare di Esino e localmente si trovano a contatto con il Calcare di Prezzo. Le rocce hanno tessitura porfirica in genere ben evidente con fenocristalli prevalenti di plagioclasio con pirosseno e biotite. L'unità affiora sul versante meridionale del Monte Guglielmo e nella parte inferiore dei versanti della Valle Ombrino con spessori che variano da poche decine di metri ad almeno 300 m. Le rocce sono del Ladinico inferiore e medio e sono legate ad un evento vulcanico in più fasi con messa in posto di corpi sub-vulcanici e formazione di depositi di brecce vulcaniche. Nel complesso le rocce presentano una permeabilità scarsa.

Formazione di Wengen. La formazione è costituita prevalentemente da marne, marne arenacee e calcari marnosi neri, stratificati in banchi con laminazioni interne. Alle marne si intercalano argilliti marnose nerastre o arenarie grigio-verdi, talora tufacee, a grana media e in strati da sottili a medi. Lo spessore dell'unità arriva a poco più di 50 m ed affiora nella parte inferiore del versante meridionale della linea di cresta Monte Aquina-Monte Guglielmo. La formazione è del Ladinico superiore e rappresenta un ambiente di mare relativamente aperto con apporti terrigeni significativi e si trova in eteropia con la zona di scogliera rappresentata dal Calcare di Esino. La permeabilità è nel complesso scarsa.

Calcare di Esino. La formazione è costituita da calcari, calcari dolomitici e dolomie massicci di colore grigio da chiaro a scuro, talora rosato, a stratificazione generalmente indistinta o localmente in grossi banchi. Questi litotipi risultano abbondantemente fossiliferi con coralli, lamellibranchi e gasteropodi, ed al loro interno compaiono spesso pisoliti vadose, cavità riempite da cemento calcitico ed oncoliti. Ha uno spessore piuttosto variabile da

poche decine di metri nel tratto del versante sud del Monte Agolo fino a più di 300 m nella zona del Monte Guglielmo. La formazione è del Ladinico superiore e rappresenta un ambiente di piattaforma carbonatica. E' caratterizzata da una permeabilità alta per carsismo.

Arenarie di Val Sabbia. La formazione delle Arenarie di Val Sabbia è costituita da arenarie e siltiti, a clasti vulcanici, di colore rosso o verde in strati da sottili a medi, spesso rinsaldati in banchi, e localmente da calcareniti di colore grigio-verde e calcari di colore grigio in strati medio-sottili. Affiora alla base del versante sinistro della Val Orbes e della Val di Nembre ed alla base del versante meridionale del Monte Guglielmo, dal versante destro della Val Gasso fino alla Forcella di Gasso e oltre, fino alla Croce di Marone. Rappresenta un sistema deltizio in progradazione entro una laguna nella quale si è sedimentata la Formazione di Gorno con la quale si trova in eteropia. Su una superficie di strato sono state ritrovate recentemente le impronte lasciate dal passaggio di dinosauri durante la fase di sedimentazione dell'unità, quando la superficie di strato corrispondeva ad una fascia costiera in zona interdittale o peridittale; le orme sono state oggetto di uno studio coordinato dal Museo di Storia Naturale di Milano. Lo spessore dell'unità varia da 150 a 250 m. La formazione è del Carnico inferiore-medio. Queste rocce sono da considerare nel complesso impermeabili.

Formazione di Gorno. L'unità è costituita da calcari fini e calcareniti di colore grigio scuro o grigio-verde in strati da sottili a medi e da calcari marnosi di colore grigio scuro o nero, in strati medi o sottili, intercalati ad orizzonti, di analogo spessore, di marne nere sottilmente laminate o compatte, spesso fossilifere. La formazione è stata attribuita al Carnico inferiore-medio e rappresenta un ambiente di laguna a sedimentazione carbonatica e terrigena con facies di piana tidale. Si trova in eteropia con le Arenarie di Val Sabbia che costituiscono un sistema deltizio progradante nella laguna. Affiora lungo la base del versante destro della Val Orbes e al fondo della Val Rinat, con uno spessore che varia da 50-70 m fino ad almeno 200 m. Presenta nel complesso una permeabilità scarsa, localmente media dove prevalgono i calcari.

Formazione di San Giovanni Bianco. Questa formazione è costituita da arenarie in strati sottili e siltiti ed argilliti sottilmente laminate di colore verde, verde-azzurro o rosso, da marne e dolomie marnose di colore grigio e grigio-giallastre in strati di spessore medio o sottile. Sono presenti anche lenti di gessi che non affiorano direttamente nell'area in esame, ma la cui presenza è testimoniata da evidenti fenomeni carsici nella zona compresa tra i Corni Capreni e Pincugolo. Questi litotipi risultano spesso tettonizzati, fortemente fratturati o brecciati ed a volte trasformati in carniole e brecce tettoniche giallastre in cui si notano cristalli di calcite e dolomite di neoformazione. La formazione è del Carnico medio e superiore e rappresenta un ambiente di piana costiera o laguna con apporti terrigeni e condizioni aride che hanno portato al formarsi di evaporiti. Affiora lungo tutto il versante est dei Corni Capreni e mostra uno spessore variabile da 100 a 200 m. La permeabilità è molto bassa per i livelli fini terrigeni mentre può essere alta per le lenti di gesso.

Formazione di Castro Sebino. L'unità è rappresentata da brecce a clasti di colore da grigio a grigio-marrone organizzate in grosse bancate; la matrice è scarsa e di composizione sia calcarea sia argillosa. L'unità rappresenta un ambiente di bacini e lagune effimere a ridosso di una piattaforma carbonatica ed è stata attribuita al Carnico superiore. Affiora in corrispondenza dei Corni Capreni ed al fondo e nella parte inferiore del fianco

destro della Valle di Tuf e presenta uno spessore dell'ordine di 200-250 m. Questa unità è spesso interessata da fenomeni carsici e presenta una permeabilità nel complesso alta.

Dolomia Principale. Nell'area in esame la formazione della Dolomia Principale è rappresentata dalla sua facies tipica, costituita da dolomie e dolomie calcaree grigie e nocciola con tessitura microcristallina o saccaroide disposte in banchi potenti. L'ambiente di sedimentazione corrisponde ad una piattaforma carbonatica e l'unità è stata attribuita al Carnico superiore e Norico. Affiora nella parte superiore della linea di cresta Corna Trentapassi-Punta Cunicolo e in tutto il versante sinistro della valle del Bagnadore-Valle di Gasso, con uno spessore dell'ordine di almeno 500 m. L'unità è spesso interessata da fenomeni carsici e presenta una permeabilità nel complesso alta.

### **6.3 - Depositi superficiali**

Nell'area di Zone il fondovalle del torrente Bagnadore è stato colmato da una potente coltre di depositi di origine glaciale e fluvioglaciale, localmente messa direttamente in luce dall'erosione, ai quali si raccordano i depositi detritici dei versanti ed i depositi di conoide alluvionale dei principali corsi d'acqua laterali. Per il resto del territorio si hanno accumuli significativi di depositi alluvionali solo al fondo delle valli principali e falde di depositi detritici alla base dei versanti. Sui versanti si hanno locali lembi di depositi glaciali mentre prevalgono i depositi detritici ed eluviali.

Depositi glaciali. I depositi di origine glaciale sono rappresentati principalmente dai sedimenti presenti al fondo della valle del torrente Bagnadore, in corrispondenza della zona di confluenza tra i suoi rami principali, Val di Gasso, Val Nembre e Valle di Tuf, dove è evidente la cresta di un cordone morenico nei pressi di Cislano, mentre per il resto si hanno dei lembi alle Forcelle di Coloreto ed al passo Croce di Zone e dei cordoni morenici sul versante sud del Monte Guglielmo.

Il cordone morenico presente a Cislano si raccorda con il cordone morenico presente in prossimità del Passo Croce di Zone, e quindi i depositi del Passo Croce di Zone, delle Forcelle di Coloreto e di Cislano sono correlabili tra loro e con i cordoni morenici presenti a monte di Sale Marasino e Sulzano. e sono legati al ghiacciaio della Val Camonica. Nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio Breno, questi depositi erano stati indicati come morene debolmente inalterate raccordabili alla cerchie maggiori, di età würmiana o rissiana a seconda degli autori, mentre nella recente Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, Foglio Iseo, sono stati assegnati al Supersistema della Colma del Piano.

Nella zona di Cislano sono presenti principalmente depositi glaciali di alloggiamento (lodgement till, o glaciale di fondo), in genere ben consolidati, depositi al di sotto della lingua glaciale e rappresentati da diamicton, ovvero da sedimenti formati da blocchi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia, limo e argilla, a supporto clastico o di matrice e caratterizzati da una certa eterogeneità litologica. I depositi di alloggiamento ben consolidati presenti nella parte di territorio compresa nella carta alla scala 1:2.000 sono stati rappresentati separatamente come depositi glaciali di fondo. Ai depositi di alloggiamento sono associati localmente depositi di contatto glaciale, ovvero i sedimenti formati in posizione esterna al ghiacciaio, con apporti dal ghiacciaio e apporti dai versanti, nei quali, oltre a livelli tipicamente glaciali compaiono anche livelli di tipo alluvionale o lacustre. Alle Forcelle di Coloreto ed al Passo

Croce di Zone sono presenti depositi di alloggiamento o depositi di ablazione, materiali depositi sopra o lateralmente al ghiacciaio per scioglimento del ghiaccio, non consolidati e rappresentati anch'essi da diamicton.

I depositi glaciali presenti sotto la cima del Monte Guglielmo sono legati ad una piccola lingua glaciale locale e sono organizzati principalmente in una serie di cordoni morenici costituiti soprattutto da sedimenti di ablazione non consolidati e rappresentati da diamicton relativamente poveri di matrice.

In riferimento alla classificazione ASTM i depositi propriamente glaciali possono essere classificati principalmente come GM, ovvero ghiaie prevalenti con sabbia e matrice limosa apprezzabile. Il comportamento geotecnico e la permeabilità di questi materiali variano fortemente in funzione della granulometria, della tessitura e dello stato di addensamento. Da un punto di vista generale, i depositi glaciali sono caratterizzati da permeabilità scarsa e discrete caratteristiche geotecniche.

Depositi fluvioglaciali e depositi fluvioglaciali cementati. I depositi fluvioglaciali rappresentano i sedimenti connessi al rimaneggiamento dei materiali di origine glaciale causato dall'azione di erosione, trasporto e deposizione operata dalle acque di fusione dei ghiacci, probabilmente in posizione laterale al ghiacciaio. In questa sede sono stati considerati come fluvioglaciali i depositi alluvionali e di conoide alluvionale relativamente antichi, perché attualmente incisi, posti al raccordo tra il fondovalle di Cislano e le incisioni laterali, Val Nembre, Val Rinat, Valle di Tuf e Val Busen. Questi depositi erano stati considerati come depositi lacustri limosi, sabbiosi e ghiaiosi nella carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 mentre sono stati assegnati al Supersintema della Colma del Piano come sedimenti a composizione ghiaiosa principalmente nella Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000.

I caratteri granulometrici e tessiturali dei depositi fluvioglaciali presenti nell'area sono del tutto simili a quelli dei sedimenti alluvionali e sono rappresentati in genere da orizzonti di ghiaia, ghiaia e sabbia o sabbia (GW, GP, GM, SW, SP) intercalati ai quali si osservano localmente anche dei livelli fini, con sabbia e sabbia limosa, e locali livelli di limi sabbiosi e limi debolmente argillosi (SM, ML). Questi depositi sono in genere leggermente da leggermente a bene addensati e localmente, in Val Nembre e nella Valle di Tuf, sono presenti dei livelli cementati, che nella parte di territorio coperta dalla carta alla scala 1:2.000 sono stati rappresentati separatamente. I depositi fluvioglaciali presenti nell'area in esame sono contraddistinti da una permeabilità alta e da parametri geotecnici da buoni a discreti.

Depositi detritici di versante e depositi detritici di versante cementati. I depositi detritici di versante sono legati principalmente all'azione della gravità e si originano dall'accumulo, alla base delle pareti rocciose, dei materiali che si distaccano in seguito ai processi di alterazione e disgregazione degli ammassi. Questi accumuli sono rappresentati da sedimenti sciolti, costituiti da clasti a spigoli vivi con una percentuale variabile di matrice. Le dimensioni dei clasti sono molto variabili, dai blocchi alla ghiaia, in relazione alle caratteristiche litologiche e strutturali degli ammassi di partenza, e nell'ambito di uno stesso accumulo, in riferimento all'area di alimentazione, aumentano dalla zona prossimale alla zona distale.

Falde di detrito relativamente estese sono presenti alla base delle pareti costituite da rocce relativamente resistenti e massicce, in particolare delle pareti costituite dalle formazioni del Calcere di Esino, della Dolomia Principale e della Formazione di Castro Sebino, dove si riscontrano in media le granulometrie complessivamente più grossolane. Falde relativamente ampie si trovano anche alla base delle pareti rocciose del Calcere di Angolo.

In genere i depositi detritici presenti nell'area sono da ben colonizzati a parzialmente colonizzati dalla vegetazione anche se nella maggior parte dei casi sono ancora soggetti episodicamente ad alimentazione da parte di fenomeni di distacco dalle pareti rocciose.

Localmente sono presenti depositi detritici di versante cementati che sono stati rappresentati in carta separatamente. Questi depositi si trovano soprattutto sui fianchi della Valle di Tuf e della Val Busen e nella parte medio-inferiore della Val Vandul e si tratta di sedimenti relativamente antichi, ora in corso di erosione.

I depositi detritici sono costituiti da blocchi e frammenti più minuti, dai ciottoli alla ghiaia, spesso con una frazione fine, sabbiosa e limosa apprezzabile e possono essere classificati principalmente come GM secondo la classificazione ASTM.

Falde di detrito non colonizzate dalla vegetazione sono presenti localmente solo nelle zone poste alla quote più elevate mentre per la maggior parte del territorio le falde di detrito sono da ben colonizzate a parzialmente colonizzate dalla vegetazione anche se nella maggior parte dei casi sono ancora soggette episodicamente ad alimentazione da parte di fenomeni di distacco dalle pareti rocciose.

Nel complesso questi depositi hanno una permeabilità alta o al limite media e presentano caratteristiche geotecniche discrete.

Depositi di frana. I fenomeni franosi presenti nel territorio in esame sono rappresentati principalmente da grosse forme da deformazione gravitativa profonda, che non sono state considerate direttamente nella carta litologica, ma che sono state individuate nella carta morfologica, e da una serie di fenomeni superficiali di dimensioni piuttosto piccole quindi non rappresentabili alla scala della carta, oltre alle frane di crollo o comunque legate alla caduta di blocchi rocciosi più o meno grandi, gli accumuli delle quali sono stati compresi nei depositi detritici di versante. Con questa voce è stato rappresentato quindi solo l'accumulo relativo ad un fenomeno franoso di scorrimento planare in roccia situato subito a monte di Malga Guglielmo di sotto, costituito da blocchi rocciosi della formazione del Calcarea di Esino accatastati tra loro, delle dimensioni variabili da pochi a qualche centinaio di metri cubi, che nel complesso hanno un assetto analogo a quello di un ammasso roccioso molto fratturato.

Depositi eluviali e depositi colluviali. I depositi eluviali sono costituiti dai materiali derivanti dall'alterazione in posto del substrato roccioso operata dall'attività dei vari agenti esogeni. La granulometria di questi sedimenti è strettamente legata alla composizione ed alle caratteristiche strutturali dei litotipi di partenza. Si tratta in genere di sedimenti fini a prevalente supporto di matrice e di aspetto massivo, costituiti principalmente da pochi frammenti, ghiaia e ciottoli, immersi in un'abbondante matrice sabbiosa, limosa e argillosa. In particolare la frazione argillosa è più abbondante nei depositi eluviali derivanti dalla degradazione di unità terrigene, come la formazione delle Arenarie di Val Sabbia. Una frazione argillosa prevalente, dovuta alla decarbonatazione, si trova anche nei depositi eluviali derivanti dall'alterazione delle rocce del Calcarea di Esino e della Dolomia Principale.

I depositi colluviali derivano invece dal trasporto e dall'accumulo lungo i versanti ad opera della gravità, per reptazione lenta e solifluzione o per il dilavamento delle acque meteoriche, dei materiali di origine eluviale. Nell'area in esame questi sedimenti hanno un aspetto molto simile a quello dei materiali di origine eluviale in quanto derivano principalmente dalla loro mobilitazione a partire dai settori più acclivi del versante; si



differenziano, oltre che per la posizione morfologica, anche per la presenza di una frazione fine nel complesso più abbondante e per una minima organizzazione in livelli a composizione granulometrica differente.

Nel territorio in esame i depositi eluviali sono presenti in modo relativamente diffuso soprattutto nelle parti superiori dei versanti, in particolare nella fascia superiore della linea di cresta Monte Aguina-Monte Guglielmo, e costituiscono delle coltre in genere poco potenti e spesso discontinue. I depositi colluviali costituiscono in genere dei lembi di estensione più limitata che, alla scala della carta, non è stato possibile rappresentare separatamente. Le caratteristiche granulometriche e tessiturali di tutti questi depositi sono strettamente legate alla composizione dei litotipi originari. Si tratta in genere di sedimenti fini, a prevalente supporto di matrice, rappresentati da ghiaia e ciottoli immersi in abbondante matrice di sabbia, limo e argilla (GM, SM, ML). I clasti sono in genere a spigoli vivi. In ragione delle caratteristiche granulometriche, sono caratterizzati da una permeabilità scarsa e da parametri geotecnici da mediocri a scadenti.

*Depositi di conoide alluvionale.* I conoidi alluvionali sono depositi dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano una sensibile diminuzione del gradiente topografico e quindi subiscono una diminuzione della velocità e della capacità di trasporto della corrente, come si verifica in genere quando i corsi d'acqua laterali si raccordano al fondovalle. Si tratta di depositi sciolti, con clasti generalmente arrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale in relazione alla progressiva diminuzione della velocità della corrente. Le dimensioni medie dei clasti dipendono dalle caratteristiche idrauliche dei corsi d'acqua stessi. Nel territorio in esame i conoidi alluvionali sono poco e in genere poco sviluppati perchè i corsi d'acqua presenti sono caratterizzati da una forte tendenza all'erosione per la maggior parte della loro lunghezza, anche in corrispondenza del fondovalle principale nella zona di Cislano. I maggiori conoidi si trovano alla confluenza della Valle Vandul nella Val Nembre e alla confluenza della Val di Gasso e della Val Ombrino sul fondovalle di Cislano; per il resto si hanno solo piccole forme incassate al fondo delle scarpate di erosione.

I depositi che costituiscono i conoidi alluvionali sono legati sia ad episodi di trasporto in massa, sotto forma di colate, sia ad un'azione trattiva della corrente. Gli orizzonti legati ai fenomeni di trasporto in massa sono generalmente costituiti da massi, ciottoli e ghiaia in matrice di sabbia e limo (GM); la percentuale di matrice è variabile e, soprattutto nelle zone distali, può diventare prevalente rispetto ai clasti (GM, SM). Gli orizzonti dovuti ad un'azione trattiva della corrente sono invece a supporto clastico, costituiti in genere da massi, ciottoli e ghiaia (GP, SP). In particolare i due conoidi di maggiori dimensioni, Valle di Gasso e Val Vandul, sono caratterizzati principalmente da sedimenti da trasporto in massa costituiti prevalentemente da ciottoli e ghiaia con matrice apprezzabile a granulometria sabbiosa e limosa.

Nel complesso i depositi di conoide alluvionale presenti nel territorio in esame sono caratterizzati da una permeabilità media. Il comportamento geotecnico è in media discreto.

*Depositi alluvionali recenti ed attuali.* Le alluvioni attuali e recenti corrispondono rispettivamente ai depositi che formano l'alveo e la piana alluvionale dei corsi d'acqua. Si tratta pertanto di sedimenti clastici, depositi lungo l'alveo al calare delle piene o all'esterno di esso durante le esondazioni. I clasti sono in genere ben arrotondati e la loro dimensione media dipende dalla velocità della corrente che li ha depositi.

Data la forte pendenza media dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame e la conseguente prevalenza netta dei fenomeni erosivi rispetto ai fenomeni deposizionali, i depositi alluvionali sono complessivamente poco estesi e rappresentati principalmente da sedimenti attuali posti lungo gli alvei. Solo lungo i corsi d'acqua maggiori sono presenti localmente lembi di depositi recenti. Data la limitata estensione complessiva in rapporto alla scala delle carte utilizzate, le alluvioni recenti sono state rappresentate solo nella carta alla scala 1:2.000 e nella carta alla scala 1:10.000 non è stato possibile rappresentare le alluvioni attuali presenti lungo i corsi d'acqua minori.

In ragione della pendenza media relativamente elevata i depositi alluvionali attuali sono rappresentati principalmente da sedimenti di canale con massi, ciottoli e ghiaia (GP secondo la classificazione ASTM) e solo localmente si ritrovano delle sabbie; anche le alluvioni recenti hanno una composizione piuttosto grossolana, con ghiaia e ciottoli prevalenti e solo in modo nettamente subordinato da sabbia o sabbia limosa (SP e SM).

Nel complesso, vista la granulometria prevalentemente grossolana, i depositi alluvionali sono contraddistinti da una permeabilità alta e da buone caratteristiche geotecniche.

Depositi torboso-lacustri. Depositi a granulometria molto fine, principalmente limo con argilla e sabbia, dovuti in buona parte a sedimentazione per decantazione in acque ferme e con un contenuto relativamente alto in sostanza organica sono presenti in corrispondenza dell'area del Pozzo dell'Angelo, nei pressi di Malga Guglielmo di sotto. Si tratta di sedimenti caratterizzati da una permeabilità molto bassa e da caratteristiche geotecniche scadenti che nella classificazione rientrano nelle categorie ML o OM in funzione del contenuto in sostanza organica. Depositi analoghi sono localmente presenti in lembi di spessore minimo e di limitata estensione areale, che pertanto non sono stati rappresentati in carta, in corrispondenza di alcune zone caratterizzate da affioramento o ristagno di acqua in superficie o in corrispondenza di piccole pozze di abbeveraggio.

Depositi di riporto antropico. Accumuli relativamente consistenti di materiale di riporto sono presenti localmente nell'area della conca di Zone dove sono legati soprattutto a vecchie discariche di inerti e sono rappresentati principalmente da materiale derivanti da scavi in terreni naturali a granulometria varia. In riferimento alle caratteristiche granulometriche medie osservate in corrispondenza delle scarpate degli accumuli questi depositi possono essere classificati nel complesso come GW o GM, a seconda della percentuale della frazione fine, mentre nel dettaglio, in ragione delle modalità di messa in posto, possono presentare una forte disomogeneità di composizione. Sono caratterizzati quindi da una permeabilità indicativamente di grado medio e da parametri geotecnici da mediocri a scadenti in ragione della disomogeneità.

## **7. ASPETTI GEOMORFOLOGICI**

Nella Carta Geomorfológica, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, e nella Carta della dinamica morfologica con elementi litologici ed idrogeologici, redatta alla scala 1:2.000 solo per le aree urbanizzate ed un loro intorno, sono state rappresentate le forme fisiche del paesaggio intese come diretta manifestazione dei vari processi che coinvolgono la superficie terrestre. Le forme della superficie terrestre sono spesso dovute a processi legati al concorso ed alla sovrapposizione di diversi agenti morfologici la cui attività è determinata sia da fattori geologici, relativi alle condizioni litologiche e strutturali dei materiali coinvolti, sia da fattori climatici che possono accentuare di volta in volta l'importanza relativa di ciascun agente.

Le carte morfologiche sono state redatte principalmente sulla base di rilievi di campagna e sono stati consultati tutti gli altri studi di carattere geologico disponibili.

In riferimento alla dinamicità che caratterizza il modellamento della superficie terrestre i vari elementi morfologici relativi a ciascuna classe sono stati distinti tra loro anche in funzione dello stato di attività dei vari processi responsabili. Le forme individuate nel corso del rilievo di campagna sono state quindi distinte in tre categorie:

- a) inattive: forme e depositi legati a condizioni morfodinamiche e climatiche differenti da quelle attuali e quelli legati a processi che hanno portato a termine la loro evoluzione o che non possono più continuare ad evolversi;
- b) quiescenti: forme e depositi che, non avendo esaurito la propria evoluzione, possono riattivarsi, per i quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze di attività nell'attuale sistema morfoclimatico;
- c) attive: le forme ed i depositi legati a processi in atto o ricorrenti in tempi brevi.

### **7.1. Quadro geomorfologico generale**

Il territorio del comune di Zone si sviluppa in corrispondenza del tratto medio e superiore della valle del torrente Bagnadore.

Morfologicamente il territorio comunale risulta piuttosto articolato, costituito da settori che si differenziano principalmente in ragione delle caratteristiche litologiche e dell'assetto delle unità presenti.

Nella parte di territorio posta alle quote inferiori, principalmente in corrispondenza del fondovalle nell'area di Zone, l'assetto morfologico attuale è il risultato della passata attività glaciale e della rielaborazione delle forme glaciali in corso dal ritiro dei ghiacciai. Nella parte del territorio posta alle quote più elevate la morfologia è invece legata all'azione della gravità e delle acque incanalate strettamente condizionata dall'assetto strutturale e litologico.

#### ***7.1.a. Settore del fondovalle nell'area di Zone.***

L'abitato di Zone e le relative frazioni si trovano in corrispondenza del fondovalle del torrente Bagnadore, nell'area di confluenza delle diramazioni principali, dove il fondovalle risulta relativamente ampio e pianeggiante grazie all'attività deposizionale delle lingue glaciali che sono penetrate in passato nel bacino del torrente Bagnadore sia risalendo l'impluvio principale sia penetrando lateralmente dalle selle del Passo Croce di Zone e delle Forcelle di Coloreto.

La quota massima raggiunta dal ghiacciaio camuno-sebino nel corso dell'ultima glaciazione diminuisce da circa 1050 m in corrispondenza del Passo Croce di Zone fino a circa 700-600 m nell'area di Zone, dove la cresta

di un cordone morenico posto trasversalmente alla valle nella zona di Cislano e legato alla penetrazione diretta del ghiacciaio lungo la valle del Bagnadore, si attesta alla quota di circa 620 m. La presenza del ghiacciaio lungo la valle del Bagnadore fino all'area di Zone, oltre a colmarne direttamente il fondo con i propri depositi, ne ha provocato lo sbarramento arrestando in posizione esterna il corso di monte del Bagnadore e degli affluenti che confluiscono nell'area di Zone. A monte dello sbarramento il fondovalle è stato colmato dal materiale trasportato dai corsi d'acqua fino a formare una serie di conoidi alluvionali coalescenti che raccordano il fondo degli impluvi alla quota dei depositi glaciali di Cislano.

Il successivo ritiro del ghiacciaio, poiché la valle del Bagnadore era rimasta sospesa rispetto fondo della conca del lago d'Iseo, ha determinato una forte tendenza all'erosione da parte dei corsi d'acqua, inizialmente lungo il tratto inferiore del Bagnadore, fino all'altezza di Cislano, dove l'erosione entro i depositi glaciali ha dato luogo a forme pseudocalanchive ed alle tipiche piramidi di erosione, e successivamente a monte, dove l'erosione lineare ha approfondito notevolmente gli alvei dei corsi d'acqua, con un dislivello di circa 110 m tra la soglia rocciosa di Cislano e la quota del fondovalle antico, all'interno dei depositi glaciali, di conoide ed alluvionali, creando le incisioni entro quali scorrono i tratti inferiori e medi dei corsi d'acqua principali. La Valle di Gasso ha risentito meno dell'erosione lineare e presenta un'incisione poco pronunciata a causa del forte trasporto di materiale che la caratterizza e che ha contribuito a conservare in parte la vecchia morfologia del conoide. La tendenza all'erosione lungo gli alvei dei corsi d'acqua a partire dalla soglia di rocciosa di Cislano è tuttora attiva e opera con maggiore efficacia ed evidenza dove gli alvei sono ancora impostati entro i depositi superficiali, in particolare in corrispondenza della conca di Zone, mentre è meno evidente dove il fondo ha già raggiunto il substrato roccioso. In ragione del procedere dell'erosione al fondo le scarpate delle incisioni sono da considerare quiescenti, localmente interessate in modo diretto dall'erosione al piede e per il resto interessate spesso da fenomeni di degradazione, erosione o instabilità dovuti al riequilibrio rispetto alle condizioni litologiche ed idrogeologiche locali.

Le piramidi di erosione presenti nella zona di Cislano sono un caratteristico risultato dell'erosione entro i depositi glaciali, ed in particolare entro depositi di fondo o till di alloggiamento, caratterizzati da un comportamento pseudocoerente dovuto alla coesione relativa alla frazione fine ed al consolidamento subito sotto il peso del ghiaccio, che porta a sviluppare forme erosive di tipo pseudocalanchivo, con solchi profondi e creste aguzze relativamente resistenti alla degradazione. Le scarpate di degradazione dell'area delle piramidi sono tuttora in evoluzione e soggette a fenomeni di erosione da ruscellamento concentrato o diffuso ed a piccoli fenomeni franosi per scivolamento o colata. Nel 1722 è segnalata una frana che travolse alcune case a Cislano, nella zona delle piramidi. Recentemente è stato eseguito un intervento di sistemazione, con drenaggi e opere di consolidamento, di un tratto di ciglio della scarpata in prossimità di un'abitazione.

#### ***7.1.b. Settore delle valli laterali a monte dell'area di Zone***

La presenza di lembi di depositi glaciali sui versanti delle valli principali nel settore occidentale del territorio comunale, Valle di Tuf, Val Orbes e Val Vandul, a quote superiori rispetto a quella del fondovalle di Zone-Cislano conferma la trasfluenza del ghiacciaio dalle selle delle Forcelle di Coloreto e dal Passo Croce di Zone nel corso dell'ultima fase glaciale ed è probabile che nelle fasi precedenti la penetrazione del ghiacciaio entro il bacino del

torrente Bagnadore sia stata più spinta e che siano state più ampie le zone interessate in modo diretto dell'erosione glaciale. Questa attività erosiva esercitata in passato dal ghiacciaio potrebbe essere in parte responsabile, oltre alle situazioni litologiche e strutturali ed all'erosione da parte dei corsi d'acqua, delle deformazioni gravitative che interessano localmente i versanti delle valli laterali.

Altre forme glaciali nel territorio sono presenti solo sul Monte Guglielmo dove è si trova un piccolo circolo glaciale nella conca posta ad ovest della cima. In particolare si ritiene che i cordoni morenici o nivomorenici posti subito alla valle della cima possano essere stati attivi anche successivamente alla glaciazione würmiana e in questa sede, a differenza della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, è stata rilevata la presenza di cordoni morenici più ampi, ma meno evidenti, che si estendono anche a valle di Malga Guglielmo di sopra e fino alla quota di circa 1600 m del Pià de Naedole; si ritiene inoltre, dalla morfologia dei cordoni, che anche la conca posta a nord-ovest dell'area del rifugio Almici sia stata sede di un piccolo circo glaciale.

L'assetto morfologico di tutto il settore di territorio posto a monte della conca di Zone ha risentito in modo diretto della variazione del livello locale di base dell'erosione provocata dal ritiro dei ghiacciai che ha innescato una forte tendenza all'erosione di fondo ancora attiva lungo tutti i corsi d'acqua. L'approfondimento della curva di fondo conseguente all'erosione è ben evidente nelle scarpate incise entro gli stessi depositi alluvionali e di conoide alluvionale dei corsi d'acqua ed entro i depositi detritici di versante, in particolare nei depositi detritici cementati presenti lungo le maggiori valli laterali, soprattutto lungo la Val Vandul, che rappresentano le falde detritiche di raccordo tra i versanti e le antiche quote di fondovalle durante e precedentemente all'ultima glaciazione. La tendenza all'erosione di fondo è tuttora ben attiva lungo tutti i corsi d'acqua sia pure con intensità variabile in funzione delle condizioni topografiche e litologiche locali. L'erosione di fondo si accompagna spesso ad erosione laterale alla quale sono spesso legati in modo diretto alcuni fenomeni di instabilità lungo le sponde ed alla base dei versanti.

L'approfondimento progressivo dei fondovalle ha comportato anche l'instabilità di interi settori di versante, dove le condizioni litologiche e strutturali dei versanti erano favorevoli. Deformazioni gravitative profonde di versante, ovvero fenomeni franosi che interessano buona parte dei versanti, sono presenti lungo la Val di Gasso, nel tratto superiore del versante sinistro, dove il fenomeno è favorito dalla zona di contatto tra la Dolomia Principale e la sottostante formazione di San Giovanni Bianco, su entrambi i versanti della Val Ombrino, dove il fenomeno interessa principalmente le rocce della formazione delle Vulcaniti della Valle Ombrino e la loro zona di contatto con le unità triassiche - Calcare di Prezzo, Calcare di Buchenstein. Altri fenomeni franosi relativamente profondi si trovano sul versante destro della media Valle di Tuf, dove è interessata la sola formazione della Dolomia Principale, e sul versante sinistro della media Val Vandul, dove sono interessati il Calcare di Esino e le Vulcaniti.

I fenomeni franosi maggiori sono però localizzati in corrispondenza del rilievo dei Corni Capreni ed interessano tutti i versanti del rilievo: quello est che costituisce il versante destro della Val Orbes, quello ovest che costituisce il fianco sinistro della Valle di Tuf, quello sud che si affaccia sulla conca di Zone e si trova a monte degli abitati di Zone e di Cusato e quello rivolto a nord, che costituisce il tratto superiore della sponda sinistra del lago d'Iseo, a monte dell'area di Toline. I fenomeni interessano la Formazione di Castro Sebino, costituita da rocce massicce a comportamento rigido, e la sottostante formazione di San Giovanni Bianco costituita da rocce come argilliti e gessi caratterizzate da un comportamento visco-plastico, e marginalmente la formazione di Gorno sul versante

est del rilievo. La sovrapposizione delle unità ha dato luogo ad un fenomeno di espansione laterale dove la Formazione di Castro si è fratturata e scomposta in blocchi rigidi che si espandono verso l'esterno del rilievo muovendosi sulle deformazioni di tipo plastico della sottostante formazione di San Giovanni Bianco. In posizione esterna al rilievo, dove manca il contenimento laterale e le deformazioni sono maggiori, l'espansione laterale si evolve in forme di colata lenta e di scorrimento traslazionale. Le modalità di deformazione sono inoltre complicate dalla diversa plasticità delle due litologie principali del San Giovanni Bianco: i gessi, dove si assommano anche fenomeni di dissoluzione, hanno infatti una plasticità maggiore rispetto alle argilliti ed alle marne.

Fenomeni relativamente profondi di colata lenta in roccia interessano localmente anche le siltiti, le argilliti e le marne della formazione delle Arenarie di Val Sabbia. Altri fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante di entità relativamente consistente, messi in evidenza soprattutto dalle fratture di trazione o dalle trincee sommitali, sono presenti anche lungo la cresta Monte Aguina-Monte Guglielmo-Corna Tiragna, dove interessano però in modo marginale il territorio comunale in quanto si sviluppano sul versante nord-est, rivolto verso la valle del torrente Trobiolo. In questo caso i fenomeni coinvolgono principalmente l'unità del Calcere di Angolo e la sottostante formazione della Carniola di Bovegno.

Mancano testimonianze dirette sul grado di attività dei fenomeni gravitativi profondi presenti nel territorio in esame. In ragione della situazione morfologica osservata sono state considerate come inattive le forme per le quali si ha solo una certa rilevanza morfologica complessiva che potrebbe essere associata alla presenza di deformazioni gravitative profonde, ma per le quali mancano evidenze particolarmente nette e non si hanno segni di attività recente. Tutti gli altri fenomeni, per i quali l'assetto morfologico complessivo è bene evidente e che presentano inoltre elementi morfologici di aspetto relativamente fresco, quali trincee, fratture di trazione, disconnessione di ammassi rocciosi da rilascio tensionale, sono state invece considerate come quiescenti.

Al di là dei fenomeni legati a deformazione gravitativa profonda i fenomeni di instabilità presenti nel territorio comunale sono rappresentati principalmente da forme relativamente piccole e poco profonde per scorrimento traslazionale impostate nella maggior parte nelle scarpate di erosione dei corsi d'acqua ed in misura minore in forme superficiali di scorrimento traslazionale che interessano soprattutto i depositi eluvio-colluviali su pendii ripidi.

Relativamente diffusi sono invece i fenomeni di caduta di blocchi da pareti rocciose per meccanismi di crollo, ribaltamento o scorrimento soprattutto dalle pareti costituite dalle formazioni carbonatiche a stratificazione in banchi o massicce. Una forma di dubbia interpretazione è rappresentata dall'accumulo di blocchi rocciosi presenti a monte di Malga Guglielmo di sotto che è probabilmente legato ad un fenomeno di scorrimento planare del substrato roccioso al quale si è sovrapposta la presenza di un nevaio.

Per il resto molto diffuse sono le forme di reptazione che interessano le coperture superficiali in corrispondenza dei pendii più acclivi.

Nel settore di territorio posto alle quote più elevate, in corrispondenza degli affioramenti delle unità carbonatiche, la morfologia presenta una chiara impronta di tipo carsico dovuta alla presenza diffusa di depressioni legate a doline e inghiottitoi. Nelle stesse aree sono presenti anche grotte di origine carsica. Depressioni da dissoluzione carsica interessano anche le rocce gessose della formazione di San Giovanni Bianco sul versante settentrionale dei Corni Capreni, dove si trovano in sovrapposizione alle deformazioni gravitative di versante.

Meno evidenti, quantomeno stagionalmente, da un punto di vista morfologico, ma importanti per quanto riguarda la pericolosità morfologica, sono i fenomeni di valanga che in condizioni di innevamento favorevoli prendono origine lungo buona parte dei pendii più acclivi posti alle quote più elevate del territorio e che sono in grado di espandersi fino a quote inferiori percorrendo le incisioni che solcano il versante.

## **8. ASPETTI IDROGEOLOGICI - CARTA IDROGEOLOGICA**

Gli elementi di carattere idrogeologico ed idrografico sono stati rappresentati sulla Carta idrogeologica (Tavola 3) redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale.

Nell'ambito di questa carta le unità del substrato roccioso e le unità dei depositi superficiali sono state classificate in base alla permeabilità adottando la classificazione proposta da Civita (Civita, 2005).

### **8.1. Permeabilità del substrato roccioso e dei depositi superficiali**

#### Permeabilità del substrato roccioso

Nella valutazione della permeabilità degli ammassi rocciosi si è tenuto conto sia delle caratteristiche litologiche sia del relativo grado di fratturazione, almeno per quanto risulta dalle condizioni riscontrate in superficie.

Rocce con permeabilità alta. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità maggiore di  $10^{-2}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi appartenenti alle formazioni del Calcarea di Camorelli, del Calcarea di Esino, della Formazione di Castro Sebino e della Dolomia Principale e, non presenti direttamente in affioramento, le evaporiti della formazione di S. Giovanni Bianco. L'alta permeabilità di queste rocce è legata alla loro solubilità che ha favorito l'impostarsi di fenomeni di dissoluzione carsica. Queste rocce rappresentano delle zone di relativa infiltrazione preferenziale per le acque superficiali e costituiscono acquiferi carsici, sostenuti da sottostanti litologie meno permeabili.

Rocce con permeabilità media. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-5}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi del Calcarea di Angolo ai quali, la presenza di fenomeni di dissoluzione carsica, consente di rivestire un ruolo acquifero significativo.

Rocce con permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi appartenenti alle unità del Calcarea di Prezzo, del Calcarea di Buchenstein, delle Vulcaniti della Val Ombrino, della formazione di Wengen e della Formazione di Gorno. Queste unità sono costituite da litologie che presentano una permeabilità di relativamente diversa e possono assumere un ruolo di acquifero o di acquitardo in relazione alla permeabilità delle rocce adiacenti.

Rocce praticamente impermeabili. Alla classe delle rocce impermeabili, indicativamente con un coefficiente di permeabilità minore di  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati gli ammassi rocciosi costituiti dalla formazione delle Arenarie

di Val Sabbia e le litologie argillitiche e marnose della Formazione di S. Giovanni Bianco che costituiscono la base degli acquiferi presenti in corrispondenza dei versanti.

#### Permeabilità dei depositi superficiali

Nella valutazione della permeabilità dei depositi superficiali si è tenuto conto di un valore medio relativo al complesso dei sedimenti che costituiscono le singole unità.

Depositi ad alta permeabilità. Con questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità superiore a  $10^{-2}$  m/s, sono state assegnati i depositi fluvio-glaciali, anche cementati, in media costituiti da livelli a granulometria grossolana anche se localmente compaiono livelli fini, i depositi dei conoidi alluvionali, i depositi detritici di versante ed i depositi alluvionali sia attuali sia recenti.

Depositi a permeabilità media. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-2}$  e  $10^{-5}$  m/s, sono stati assegnati i depositi glaciali presenti sul versante ovest del Monte Guglielmo, legati ad una piccolo circo locale, che sono caratterizzati da una granulometria relativamente grossolana e privi di una matrice fine abbondante.

Depositi a permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati i depositi di origine eluviale e colluviale ed i depositi glaciali legati al ghiacciaio camuno-sebino che, al di là di variazioni granulometrie significative, sono caratterizzati nel complesso da una matrice fine relativamente abbondante.

Depositi a permeabilità scarsa. A questa classe di permeabilità, indicativamente con un valore del coefficiente di permeabilità inferiore a  $10^{-9}$  m/s, sono stati assegnati i depositi torbosi e lacustri presenti localmente.

## **8.2. Assetto idrogeologico generale**

Le considerazioni espresse in questo paragrafo sono basate esclusivamente su osservazioni e dati di carattere strettamente litologico e strutturale in quanto non sono disponibili in modo sufficiente dei dati idrogeologici diretti, intesi come portate e caratteristiche chimico-fisiche delle acque.

La situazione idrogeologica del settore orientale del territorio è condizionata dall'assetto strutturale delle unità che sono disposte con immersione rivolta verso sud-ovest con una forte inclinazione media, secondo la medesima direzione del fronte di sovrascorrimento che porta le unità del triassico medio a sovrapporsi sulle unità del triassico superiore e che decorre all'incirca in direzione nord ovest-sud-est, più o meno parallelamente alla linea di cresta Monte Aquina-Monte Guglielmo ed alla direzione della valli principali, Val Orbes, Val Vandul e Val di Gasso. Le acque che si infiltrano a partire nella zona della cresta Monte Aquina-Monte Guglielmo e sul suo versante sud-occidentale scorrono entro le fratture carsificate degli ammassi rocciosi con direzione sud-ovest sostenute dalle superfici di stratificazione. In ragione della permeabilità delle unità si possono distinguere due acquiferi carsici. Il primo acquifero è localizzato entro le rocce del Calcere di Angolo, con zona di infiltrazione posta in corrispondenza della sommità del versante, ma con scorrimento profondo, probabilmente connesso anche alla sottostante formazione della Carniola di Bovegno e con recapito in zone esterne al territorio comunale, sui fianchi della valle del torrente Trobiolo o, secondo il verso della struttura, in corrispondenza della sponda del Lago tra Govine e Toline. Il secondo acquifero è invece localizzato principalmente nelle rocce carsificate del



Calcarea di Esino ed è sostenuto alla base dall'insieme, per quanto assottigliato e discontinuo, delle unità della Formazione di Wengen e del Calcarea di Prezzo. È probabile che questo acquifero sia troncato alla base dal fronte di sovrascorrimento e messo a contatto con le rocce relativamente impermeabili della Formazione delle Arenarie di Val Sabbia che lo chiudono verso sud-est definendo in questo modo un limite di permeabilità sovrimposto lateralmente al quale sono legate per trabocco le sorgenti presenti al fondo della Val Orbes nella zona della chiesa del Disgiolo, captate dall'acquedotto di Zone, le sorgenti temporanee chiamate localmente surdole, poste alla base del versante ovest del Monte Bluzena, poco a valle del contatto tra Esino e Arenarie di Val Sabbia, e che esercita probabilmente una certa influenza anche sull'acquifero di fondovalle al quale sono legate in parte le sorgenti poste alla base del versante destro della Val di Gasso in località Spiazzo di sotto, anch'esse captate dall'acquedotto di Zone.

Con il termine surdole sono indicate localmente delle sorgenti carsiche temporanee caratterizzate da una portata relativamente elevata che si manifesta solo in occasione di periodi di forte alimentazione dell'acquifero carsico. La riattivazione delle sorgenti si verifica in seguito a periodi di precipitazioni piuttosto intense, con tempi di ritorno dell'ordine di qualche anno, ed avviene in modo relativamente improvviso, con la comparsa di una portata subito elevata, probabilmente legata alla presenza di sifoni nel reticolo carsico. Queste caratteristiche particolari delle surdole, piccole sorgenti poste in corrispondenza delle Arenarie di Val Sabbia, attive solo in occasione di periodi di piogge relativamente consistenti, con attività improvvisa e portate relativamente sostenute che si esauriscono in tempi brevi, conferma la natura carsica dell'acquifero alla quale sono legate e la loro natura di sorgenti da trabocco rispetto ad una chiusura per limite di permeabilità sovrimposto.

Al medesimo acquifero, ed in posizione idrogeologica più a monte delle surdole, sono legate anche le sorgenti presenti lungo il fondo nel tratto intermedio della Valle Ombrino: in questa posizione la situazione dell'acquifero è più articolata perché tra il Calcarea di Esino e le unità del Wengen e del Prezzo si insinuano le Vulcaniti della Valle Ombrino che probabilmente svolgono sia il ruolo di acquifero sia il ruolo di acquitardo in ragione del grado di fratturazione.

Il settore sud-orientale del territorio comunale, corrispondente alla zona della cima del Monte Guglielmo e della testata della valle di Inzino, rappresenta una zona di forte infiltrazione con numerose depressioni di carsiche legate a doline e inghiottitoi. In quest'area la struttura idrogeologica è legata alla formazione del Calcarea di Esino che costituisce un acquifero carsico sostenuto alla base dalle formazioni meno permeabili sottostanti, rappresentate principalmente dalle rocce delle Vulcaniti della Valle di Ombrino. La struttura è caratterizzata dalla presenza di un leggero accenno di sinclinale per cui le acque di infiltrazione tendono a scorrere in profondità sia probabilmente lungo l'asse della faglia nord ovest-sud est che decorre dal tratto superiore della Val Vandul al Giogo della Palla ed attraverso le conche del Pià di Naedole e di Malga Guglielmo di sotto, sia secondo l'asse della sinclinale in direzione ovest verso l'asse della Valle di Gasso, dove potrebbero contribuire, almeno in parte alla falda delle sorgenti presenti alla base del versante in località Spiazzo di Sotto.

Il settore del versante sinistro della Valle di Gasso è costituito dall'unità della Dolomia Principale, facilmente carsificabile e disposta con un'immersione delle bancate che dovrebbe favorire un percorso rivolto verso sud e sud-est delle acque sotterranee, verso l'esterno del territorio comunale; il settore superiore e roccioso del

versante è tuttavia piuttosto acclive per cui buona parte delle acque tende a scorrere in superficie piuttosto che infiltrarsi nelle fratture della roccia, fino ad arrivare ad infiltrarsi nella falda di detrito posta alla base del versante. Nel tratto intermedio del versante sinistro della Valle di Gasso sono presenti anche dei fenomeni di deformazione gravitativa relativamente profondi e le acque che si infiltrano in questo settore costituiscono probabilmente un acquifero sostenuto alla base dalla roccia non coinvolta nei fenomeni o comunque meno fratturata ed a questo acquifero fanno capo, almeno in parte, le sorgenti poste alla base del versante in località Spiazzo di Sotto.

Nell'area del rilievo dei Corni Capreni sono presenti alcune sorgenti legate ad infiltrazione nell'unità della Formazione di Castro, carsificata, ma soprattutto interessata dalle fratture e dalle trincee legate alle deformazioni gravitative di versante ed all'espandimento laterale rispetto alle sottostanti litologie del S. Giovanni Bianco. La disposizione strutturale delle unità porterebbe le acque di infiltrazione a scorrere in profondità con direzione all'incirca nord-ovest, penetrando anche entro le rocce evaporitiche del San Giovanni Bianco, probabilmente gessi come quelli che affiorano sul versante del lago a Sedergnò, fino a contribuire ad alimentare delle sorgenti poste esternamente al territorio di Zone. A causa della presenza di direzioni preferenziali di scorrimento legate alle fratture connesse alle deformazioni gravitative profonde, parte delle acque di infiltrazione del settore dei Corni Capreni viene però a giorno lungo il fianco orientale e meridionale del rilievo, in corrispondenza del limite con le facies argillitiche e marnose del S. Giovanni Bianco che interrompono lo scorrimento in direzione prevalentemente verticale delle acque: alcune di queste sorgenti, poste a monte dell'abitato di Zone, sono captate dall'acquedotto comunale.

A questa stessa struttura sono legate anche le sorgenti, anch'esse captate dall'acquedotto di Zone, poste alla base del versante sinistro nel tratto intermedio della Valle di Tuf, proprio in corrispondenza del fianco di una delle maggiori deformazioni gravitative di versante che in questa posizione condizionano ancora più strettamente l'infiltrazione delle acque.

Le sorgenti presenti nel medesimo tratto della Valle di Tuf, ma alla base del versante destro, sono invece legate ad acque sotterranee che si infiltrano direttamente su questo versante, anch'esso interessato da deformazioni gravitative che coinvolgono la Dolomia Principale, entro la copertura detritica e gli ammassi rocciosi fratturati e in frana.

Anche i depositi superficiali che colmano il fondovalle degli impluvi principali, in particolare nella conca di Zone e lungo la Valle di Gasso, costituiscono degli acquiferi e sono sede di falde idriche sostenute dal substrato roccioso o da variazioni di permeabilità entro gli stessi depositi.

Per quanto riguarda l'area di Zone, in particolare la fascia di raccordo della Val Nembre con il glaciale di Cislano, i depositi principalmente di conoide alluvionale sono sede di una falda a pelo libero sostenuta alla base dal substrato roccioso. Questa falda riceve alimentazione dall'infiltrazione dalla superficie entro i depositi di conoide, soprattutto degli apporti di superficie dai versanti, e dall'infiltrazione dall'alveo dei corsi d'acqua presenti. A questa falda è legata la sorgente posta alla base del fianco sinistro dell'incisione del torrente Nembre di fronte al cimitero di Zone. In questa stessa area, a monte dell'abitato di Zone ed in prossimità del cimitero si trovano anche due pozzi comunali che hanno però i filtri posizionati all'interno del substrato roccioso e sfruttano quindi una falda più

profonda legata alle acque che passano nelle fratture della roccia dalla falda superficiale o da infiltrazione diretta in zone poste più a monte.

I depositi di conoide alluvionale e fluvioglaciali delle valli che confluiscono da monte nella conca di fondovalle di Cislano, si trovano in contatto laterale con i depositi glaciali che occupano la parte inferiore della conca e data la differenza di permeabilità media l'acquifero tende, se non proprio a chiudersi, a mantenere una certa continuità verso valle lungo i livelli glaciali a granulometria più grossolana, suddividendosi probabilmente in corpi lenticolari e diminuendo di molto la trasmissività complessiva. Le acque della falda vengono inoltre ad affiorare diffusamente lungo le scarpate che i corsi d'acqua hanno inciso entro i depositi del fondovalle, principalmente proprio in corrispondenza del contatto tra i depositi di conoide alluvionale o fluvioglaciale ed i sottostanti depositi glaciali.

Per quanto riguarda il tratto inferiore della Valle di Gasso i sedimenti alluvionali e di conoide alluvionale che occupano il fondovalle potrebbero costituire anch'essi un acquifero sostenuto alla base dal substrato roccioso ed essere sede di una falda idrica alimentata dall'infiltrazione diretta dalla superficie e da apporti sotterranei dagli acquiferi dei versanti, soprattutto dal versante destro dove si trova il sistema legato al Calcere di Esino. Il substrato roccioso presente al fondo dell'incisione valliva è però rappresentato dalla Dolomia Principale che è caratterizzata da una permeabilità relativamente alta e che costituisce con molta probabilità un acquifero carsico, avente una direzione di deflusso sotterranea rivolta verso sud-ovest secondo l'immersione delle unità. Le acque superficiali e sotterranee che arrivano entro i depositi del fondovalle potrebbero quindi passare nell'acquifero carsico e defluire in sotterraneo all'esterno del territorio comunale, senza dar luogo ad una falda significativa in corrispondenza del fondovalle.

### **8.3. Sorgenti e pozzi**

I fabbisogni idrici del comune di Zone sono garantiti principalmente da sorgenti e si utilizzano anche due pozzi situati poco a monte dell'abitato. I dati disponibili per le sorgenti sono piuttosto scarni, soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche fisico-chimiche e le stesse portate, e non è quindi possibile esprimere delle valutazioni di carattere idrogeologico se non molto superficiali.

Le informazioni riguardanti le sorgenti e le singole opere di presa sono contenute nelle schede relative riportate nelle schede a fine testo.

L'acquedotto utilizza alcuni gruppi di sorgenti più alcune sorgenti relativamente isolate.

Il gruppo delle sorgenti del Disgiolo, ubicato in Valurbes, comprende due sottogruppi: il primo è costituito da 6 opere di presa situate nella parte medio-superiore della valle, nei pressi della chiesa del Disgiolo, posizionate in corrispondenza del fondovalle e con scaturigini provenienti direttamente dal substrato roccioso fratturato; il secondo è costituito da 3 opere di presa situate nella parte inferiore del versante sinistro, nei pressi della località Bì, in una zona dove il substrato roccioso è coperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali.

La sorgente Nembre è posta alla base del versante sinistro della Val Nembre, in corrispondenza del settore distale del conoide alluvionale della Val Vandul ed è legata alla falda contenuta nei depositi di conoide che affiora alla base della scarpata di erosione incisa dal torrente nel conoide.

Il gruppo delle sorgenti dei Corni Stretti si trova nel tratto intermedio della Valle Ombrino ed è rappresentato da 4 opere di presa situate in corrispondenza dei depositi detritici posti nel fondovalle.

Il gruppo delle sorgenti S. Antonio è costituito da 8 opere di presa situate sul fondovalle nel tratto intermedio della Valle di Tuf, 4 alla base del versante destro e 4 alla base del versante sinistro, in corrispondenza di depositi detritici di versante.

Il gruppo delle sorgenti di Zoppolino è costituito da due opere di presa situate sul versante poco a monte dell'abitato di Zone, dove il substrato roccioso è coperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali.

Il gruppo delle sorgenti Acquafredda si trova nel tratto intermedio della Valle di Gasso, alla base del versante sinistro, ed è costituito da due opere di presa vicine ed una situata un poco più a valle, tutte in corrispondenza di depositi detritici di versante, ma nel caso delle prime due, relativamente vicine ad affioramenti rocciosi che costituiscono la base dell'acquifero.

Per il pozzo comunale denominato Valurbes, di realizzazione recente (ottobre 2001), è disponibile la stratigrafia. Il pozzo ha una profondità di 70 m costituiti per i primi 12 m da depositi di conoide alluvionale e per il resto da marne, siltiti ed arenarie che possono essere attribuite alla Formazione di Gorno. Il pozzo è stato isolato rispetto ai depositi superficiali e sono presenti due tratti filtranti tra 20 e 24 m e tra 50 e 65 m. Il livello statico in occasione della prova di pozzo, eseguita nel 2001, era di 23,2 m e la portata critica determinata è pari a 1,78-2 l/s con il livello dinamico a 60 m. Il pozzo sfrutta un acquifero fratturato contenuto nella formazione di Gorno, probabilmente localizzato nella parte superficiale dell'ammasso, con direzioni preferenziali di deflusso secondo la direzione della stratificazione, favorita in questo anche dalla variabilità litologica, e che riceve alimentazione per infiltrazione dalla superficie nelle zone poste più a monte. Alla medesima situazione idrogeologica è legato anche il pozzo Rinat, posto un poco più a valle a ridosso dell'abitato Zone, in prossimità del fianco sinistro della valle Rinat.

In mancanza di studi idrogeologici specifici le zone di rispetto delle sorgenti sono state definite secondo il criterio geometrico mentre le zone di rispetto dei pozzi comunale sono state definite secondo il criterio temporale con uno studio idrogeologico (Carraro M., 2010) fatto eseguire dalla società AOB2 che gestisce l'acquedotto comunale.

#### **8.4. Opere di sistemazione e di difesa idraulica**

In alcuni tratti dei corsi d'acqua presenti nel territorio comunale sono state realizzate delle opere di sistemazione e di difesa idraulica principalmente per contrastare la tendenza all'erosione e proteggere delle opere di attraversamento o difendere tratti di sponda in erosione prossimi a fabbricati o ad infrastrutture.

Lungo il corso principale del torrente Bagnadore le opere sono concentrate nel tratto medio-superiore posto all'altezza dell'abitato di Zone, ovvero lungo il tratto che prende il nome di Val Nembre, e nel tratto superiore fino un po' più a monte della chiesa del Disgiolo, nel tratto che prende il nome di Val Orbes. Per il resto è presente una briglia in calcestruzzo armato realizzata recentemente poco a monte del confine con il comune di Marone, in buone condizioni. Lungo il tratto della Val Nembre, all'altezza di Zone, le opere sono concentrate in corrispondenza dell'attraversamento della SP32 di quota 645 m circa, un poco a valle e un poco a monte di esso, dove il fondo del torrente è impostato in depositi glaciali e fluvioglaciali, e sono rappresentate da briglie in

calcestruzzo armato in via di scalzamento; a monte dell'attraversamento le briglie consolidano un tratto di scogliera in massi e calcestruzzo, anch'essa in via di scalzamento, che protegge la base della scarpata di erosione presente in sponda destra. Si tratta di opere relativamente recenti che essendo in via di scalzamento non sono sufficienti a contenere l'erosione al fondo e necessitano di un intervento di manutenzione e di integrazione con altre opere.

Più a monte ci sono delle briglie che consolidano il fondo del torrente ed i fianchi nel tratto a valle dell'attraversamento della strada per la Val Vandul, dove il fondo è principalmente impostato in depositi fluvioglaciali. Le briglie sono state realizzate principalmente in pietra e calcestruzzo, in parte in calcestruzzo armato: alcune erano probabilmente in via di scalzamento e sono state oggetto di un intervento di manutenzione recente e si trovano ora in buone condizioni; sono in via di scalzamento quelle poste subito a valle dell'attraversamento così come il tratto di selciato di fondo posto in corrispondenza del ponte ed il muro di sponda in sinistra a valle di esso.

A monte della confluenza della Val Vandul, lungo la Val Orbes, sono presenti alcune briglie in pietra e calcestruzzo probabilmente realizzate per la maggior parte dopo l'evento alluvionali del 1953 ed integrate recentemente soprattutto nel tratto a monte della chiesa del Disgiolo. Nella metà della Val Orbes il fondo è in parte in roccia e in parte in depositi e le briglie sono state realizzate per fissare localmente il fondo e consolidare la base delle scarpate di erosione: nella maggior parte dei casi le briglie necessitano di manutenzione perchè il calcestruzzo è in via di erosione e in alcuni casi la fondazione è scalzata. Nella metà superiore della Val Orbes il fondo del torrente è prevalentemente in roccia, e le briglie, poco alte, quasi delle soglie, sono state realizzate principalmente per proteggere dall'erosione laterale la strada che percorre il fondovalle. Buona parte di queste opere, anche quelle realizzate recentemente, sono in via di scalzamento.

Lungo la Val Vandul sono presenti delle opere realizzate principalmente dopo l'evento del 1953 per contenere l'erosione al fondo e consolidare le scarpate dei fianchi, rappresentate da briglie in pietra e calcestruzzo. Le opere sono distribuite in diversi tratti del corso d'acqua a partire dai settori apicali del conoide e nella maggior parte dei casi si trovano in discrete condizioni di manutenzione. Le briglie poste nella parte intermedia del conoide, oggetto recentemente di un intervento di manutenzione, sono state realizzate per contenere il trasporto e limitare danni al tratto di strada che decorre a ridosso dell'alveo ed in coincidenza di esso nel tratto distale del conoide. Recentemente sono state realizzate delle briglie, delle soglie e un tratto di muro di sponda, tutti in calcestruzzo armato, nella parte medio-superiore della valle per contenere i fenomeni erosivi lungo un tratto di strada che decorre in prossimità della sponda.

Lungo la Val Rinat, in corrispondenza dell'abitato di Zone sono presenti dei tratti di alveo con fondo e sponde rivestite in pietra e calcestruzzo e dei piccoli tratti di muri e scogliere di sponda associati anche a piccole briglie, opere realizzate principalmente per evitare localmente la possibilità di erosione alla base dei muri di sponda che sostengono tratti di strada o pertinenze di fabbricati e per favorire il deflusso delle acque in caso di piena, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti stradali che hanno in molti casi sezioni relativamente insufficienti, in particolare nel caso di piene con trasporto solido.

Nella Valle Ombrino, per contrastare la tendenza all'erosione al fondo ed alla base dei versanti, dopo l'evento alluvionale del 1953, sono state realizzate delle briglie nel tratto apicale del conoide e nel tratto inferiore e medio del torrente. Le briglie, che hanno contribuito a consolidare localmente il fondo del torrente sono state costruite in pietra e calcestruzzo e sono tutte in discrete condizioni di manutenzione.

Nella Valle di Gasso sono state realizzate opere di sistemazione nel tratto intermedio del bacino, nella parte intermedia del conoide alluvionale, subito a monte della confluenza della Valle Ombrino, e nella sua parte distale, poco a monte della confluenza nella Val Nembre. Le opere presenti nei primi due tratti sono realizzate principalmente dopo l'evento alluvionale del 1953 mentre nel terzo tratto sono realizzazione più recente.

Nel tratto intermedio le briglie sono state realizzate in pietra e calcestruzzo per proteggere dall'erosione di fondo alcuni attraversamenti stradali e si trovano in discrete condizioni di manutenzione.

Nel tratto di alveo a partire dalla confluenza della valle Ombrino verso monte, corrispondente al tratto intermedio del conoide alluvionale, era stata realizzata inizialmente, dopo il 1953, una serie di briglie in pietra e calcestruzzo per l'erosione al fondo e consolidare le scarpate delle sponde; la serie termina alla quota di 715 m circa, dove l'erosione al fondo non ha ancora intaccato i depositi relativi all'evento del 1953, con una briglia realizzata per contenere il trasporto solido da monte. Molte delle opere erano in via di scalzamento alla base a causa della forte tendenza all'erosione di fondo del torrente, favorita in questo anche dalla relativa altezza delle briglie e dal conseguente salto verso valle. In tempi relativamente recenti le opere presenti sono state integrate trasformando la briglia di monte in una briglia selettiva a finestra centrale, consolidando il piede della briglia posta subito a valle e realizzando tra questa e l'attraversamento di quota 675 m una serie di 4 soglie a raso in calcestruzzo armato seguita a valle da un'altra briglia selettiva a finestra e queste opere si trovano in buone condizioni di manutenzione. Ancora più recentemente sono state realizzate altre tre briglie in calcestruzzo armato con un tratto selciato di fondo a valle: queste opere sono relativamente alte e il tratto di selciato di due di esse è già in via di scalzamento, soprattutto quello della briglia posta subito a valle della confluenza della Valle Ombrino, per cui sarebbe necessario realizzare altre opere per evitare ulteriori danni. Premesso che non si ritiene negativa la tendenza all'erosione di fondo in questo tratto perchè permetterebbe di avere un alveo un poco più inciso e quindi di disporre di una sezione di deflusso maggiore in caso di piena, proprio in un tratto dove sono possibili ancora fenomeni di esondazione significativi favoriti in alcuni casi anche dalla riduzione di sezione provocata da briglie troppo alte rispetto alla quota del fondo, si consiglia di procedere ad integrare le opere esistenti con altre soglie a raso che fissino la quota del fondo senza ridurre la sezione dell'alveo, ed eventualmente anche ad abbassare l'altezza delle briglie esistenti.

Nella parte distale del conoide, subito a valle dell'attraversamento della SP32, per il tratto adiacente ad un insediamento industriale relativamente recente, sono state realizzate alcune soglie di fondo in calcestruzzo armato associate a scogliere in grossi massi a protezione delle sponde: queste opere sono in buone condizioni di manutenzione, tuttavia a valle del tratto sistemato si trova un salto di fondo, dovuto alla forte erosione a valle, favorita anche dalla presenza di affioramenti d'acqua nei depositi glaciali che costituiscono i fianchi dell'incisione e dalla presenza di uno scarico che concentra localmente le acque piovane, ed il procedere in senso regressivo dei fenomeni erosivi potrebbe danneggiare via via le opere presenti.

Lungo la Valle di Tuf sono presenti alcune briglie nel tratto intermedio, subito a monte ed all'altezza dell'abitato di Cusato più una briglia nel tratto medio-superiore. Le opere poste più a monte sono le prime ad essere state realizzate e sono rappresentate da briglie in pietra e malta realizzate per consolidare il fondo in corrispondenza di tre attraversamenti, a quota 704 m, 710 m e 760 m circa, e per proteggere dall'erosione i tratti di strada che decorrono lungo le sponde a monte dei primi due attraversamenti; queste opere si trovano in un discreto stato di manutenzione tranne le due poste più a valle che sono in via di scalzamento e mostrano un principio di dilavamento del calcestruzzo. Le tre opere poste a valle, all'altezza dell'abitato, sono state più recenti, in calcestruzzo armato, e sono state realizzate per contenere l'erosione e lungo il fondo e proteggere le scarpate di erosione che costituiscono i fianchi dell'incisione in un tratto dove fondo e sponde sono entrambi impostati in depositi fluvio-glaciali e di conoide alluvionale. Queste briglie sono relativamente e, dato la mancanza negli ultimi anni di eventi di piena con trasporto solido significativo, sono ancora relativamente vuote; la briglia posta più a valle risente maggiormente della tendenza all'erosione del torrente e il tratto di selciato di fondo posto a valle di essa è già in via di scalzamento.

## **9. VALUTAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' MORFOLOGICA DEI CONODI ALLUVIONALI**

A causa della dinamica morfologica prevalentemente erosiva dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame, anche in corrispondenza delle zone di fondovalle, le forme di deposito come i conoidi alluvionali, presenti in genere proprio in corrispondenza delle variazioni di pendenza che si riscontrano allo sbocco sul fondovalle principale delle linee di impluvio laterali, sono in genere poco sviluppate. Solo le linee di impluvio provenienti dal fianco sinistro della valle del Bagnadore, ovvero la Val Vandul, la Val Gasso e la sua confluyente Valle Ombrino, hanno sviluppato dei conoidi di dimensioni significative grazie ad un'attività erosiva spiccata nei tratti superiori dei rispettivi bacini ed al conseguente trasporto di materiale verso il fondovalle, piuttosto forte ed in grado di contrastare temporaneamente la tendenza complessiva all'erosione.

Gli altri corsi d'acqua presentano forme di deposito minori, piccoli conoidi a volte solo accennati e comunque localizzati al fondo delle incisioni entro le quali scorrono gli alvei nell'area di fondovalle tra Zone e Cislano, che pertanto non sono state considerate nella valutazione della pericolosità.

La pericolosità relativa ai conoidi alluvionali è stata verificata in questa sede sulla base di una ricostruzione della situazione morfologica complessiva e dello stato delle opere esistenti.

In allegato a fine testo sono riportate le valutazioni delle portate (allegato 7 a,b,c) e delle Magnitudo (allegato 7d) stimate per i corsi d'acqua relativi ai conoidi alluvionali considerati, ovvero Val Vandul, Val Gasso e Val Ombrino, ed il confronto tra i parametri stimati in questa sede e i dati relativi al SIBCA. La Magnitudo è stata stimata con diverse espressioni e come valore rappresentativo si è assunto in genere la media dei valori relativi ai metodi che danno in genere valori intermedi, scartando gli estremi, comprendendo i metodi basati anche su una valutazione

dell'assetto geologico del bacino idrografico e facendo un confronto, quando possibile, con la volumetria di eventi avvenuti in passato o con la disponibilità di materiale facilmente mobilizzabile presente nei rispettivi bacini.

In ragione della situazione morfologica e degli scenari valutati per i diversi settori dei conoidi alluvionali è stato assegnato un grado di pericolosità in riferimento alle definizioni contenute nell'Allegato 2 alla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 secondo il seguente schema, nel quale è riportata anche la corrispondenza con le voci relative alle aree in dissesto idrogeologico del PAI e la corrispondenza con le classi di fattibilità geologica.

<i>Classe e grado di pericolosità</i>		<i>Definizione</i>	<i>PAI</i>	<i>Fattibilità geologica</i>
H5	Pericolosità molto alta	<i>Comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.</i>	Ca	4
H4	Pericolosità alta	<i>Area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti</i>	Ca	4
H3	Pericolosità media	<i>Area interessata in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche. Area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione). In particolare in esse si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso ghiaioso</i>	Cn	3
H2	Pericolosità bassa	<i>Area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.</i>	Cn	3, 2
H1	Pericolosità molto bassa	<i>Area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto</i>	Cn	2

Le norme relative alle varie aree sono riportate nelle Norme Geologiche di Piano.

### **9.1. - Conoide alluvionale della Val Vandul**

Caratteristiche idrografiche. La Val Vandul è il principale affluente di sinistra della Val Nembre, nella quale confluisce poco a monte dell'abitato di Zone. La rete idrografica sottesa è strettamente legata all'assetto strutturale dell'area, con il corso principale lineare ed allineato in direzione nord ovest-sud est, secondo un piano di faglia e la direzione stessa della stratificazione, che determina anche una netta dissimmetria della valle, con fianco ripido e sostanzialmente privo di corsi d'acqua laterali in sinistra e fianco destro ampio e solcato da linee di impluvio piuttosto ripide e rettilinee disposte quasi normalmente al corso principale, secondo la stessa direzione che assume il corso principale nel suo tratto inferiore, in corrispondenza del conoide.

Caratteristiche geologiche del bacino idrografico. Nell'area del bacino in esame il substrato roccioso è rappresentato da unità sedimentarie triassiche disposte con inclinazione media ed immergenti verso sud-ovest: sul fianco destro, molto ampio, si trovano il Calcarea di Camorelli ed il Calcarea di Angolo, al fondo si trovano il Calcarea di Prezzo, il Calcarea di Buchenstein e la Formazione di Wengen, tutti in forma condensata e localmente assenti per faglia, mentre sul fianco sinistro, breve e ripido, si trovano il Calcarea di Esino e le Arenarie di Val Sabbia.



I depositi superficiali sono rappresentati principalmente da coltri eluvio-colluviali discontinue e poco potenti, presenti nella parte media e superiore del versante destro, e da depositi detritici di versante, sia sciolti, di età attuale e recente, sia ben cementati e di età antica, posti alla base di entrambi i versanti, principalmente alla base del versante destro dove assumono un carattere di cono detritico/alluvionali alla confluenza delle linee di impluvio laterali. Lungo l'alveo principale e localmente lungo le maggiori linee di impluvio laterali sono presenti dei depositi alluvionali che derivano principalmente dal rimaneggiamento del materiale detritico proveniente dai versanti e del materiale trasportato da valanghe.

Assetto geomorfologico del bacino idrografico. Il settore medio e superiore del versante destro del bacino idrografico è caratterizzato dalla presenza di fenomeni di reptazione diffusa e di degradazione locale, piccole forme di erosione da ruscellamento e fenomeni di scorrimento poco profondi in corrispondenza della coltre eluvio-colluviale e dalla presenza locale di pareti rocciose soggette a fenomeni crollo. Il materiale detritico prodotto da queste forme di degradazione si accumula localmente al fondo delle linee di impluvio e può essere mobilizzato sia dall'acqua sia dalle valanghe che interessano stagionalmente la maggior parte degli impluvi. Il versante sinistro, meno ampio, è interessato dalla presenza di fenomeni di caduta di blocchi dalle pareti rocciose poste alla sommità e da fenomeni franosi per colata probabilmente quiescenti, piuttosto ampi e profondi, che interessano principalmente i depositi detritici di versante, ma potrebbero comprendere anche il regolite. Nella parte media ed inferiore del bacino idrografico, compreso lo stesso conoide alluvionale, si risente direttamente della tendenza all'erosione complessiva della valle del Bagnadore e quindi sul lungo periodo prevalgono i fenomeni erosivi accompagnati localmente da episodi deposizionali. I fenomeni di erosione hanno portato il corso d'acqua principale ad incidere l'alveo entro i propri depositi alluvionali, nei depositi detritici e detritico-alluvionali provenienti dai versanti e nei suoi depositi di conoide alluvionale: le scarpate di erosione sono alte fino a 10-12 m e sono piuttosto blande e quiescenti sul conoide, ripide, quiescenti o attive, nei tratti a monte, dove sono in buona parte impostate entro depositi cementati e quindi relativamente resistenti. Anche il tratto inferiore delle maggiori linee di impluvio laterali è inciso nei propri depositi di conoide detritico-alluvionale, intaccando al fondo i livelli cementati di età antica. Deposizione di materiale al calare delle piene si verifica nei settori apicali dei conoide detritico-alluvionali degli impluvi laterali e nel tratto dell'alveo principale compreso all'incirca tra le quote di 950 e 1000 m circa. Dopo l'evento alluvionale del 1953 sono state realizzate delle briglie per contenere la tendenza all'erosione lungo l'alveo principale e queste opere sono nel complesso in buone condizioni.

Il torrente della Val Vandul ha un regime del tutto temporaneo, con presenza di acqua solo in occasione dei periodi maggiormente piovosi ed al momento dello scioglimento della neve, perché l'acqua tende facilmente ad infiltrarsi entro i depositi alluvionali e detritici presenti per buona parte del suo corso.

In base al quadro geologico e geomorfologico descritto il torrente della Val Vandul può essere interessato da eventi di piena con elevato trasporto solido fino a fenomeni di trasporto in massa o formazione di colate detritiche. Il tratto medio-superiore delle valli laterali e del corso principale sono stagionalmente soggetti a fenomeni di valanga. Nel passato le masse nevose erano in grado di raggiungere la zona dell'apice del conoide e nel 1889-1890 hanno raggiunto il fondo della Val Nembre.

Eventi storici relativi al conoide alluvionale. Un evento di piena significativo in tempi recenti si è verificato il 9 luglio 1953, con fenomeni di erosione lungo l'alveo principale e le linee laterali e con deposizione di materiale lungo il conoide.

Assetto morfologico del conoide alluvionale. Il conoide alluvionale è una forma relativamente ampia che in passato era in continuità morfologica con il conoide della Val Nembre e che è stato successivamente inciso nella parte distale dall'approfondimento dei solchi torrentizi causato dal ritiro del ghiacciaio. Attualmente la scarpata morfologica che separa la superficie del conoide dal fondo della Val Nembre ha un'altezza che varia da 6 a 30 m circa da monte verso valle. L'erosione ha intaccato regressivamente anche lo stesso conoide e l'alveo attuale, che decorre lungo il margine destro del conoide, si trova ad una quota inferiore da 4 a 12 m rispetto ai settori adiacenti. Le scarpate che delimitano l'incisione dell'alveo sono in buona parte inattive perché il torrente ha un regime temporaneo e le portate ordinarie sono piuttosto ridotte; nel tratto distale del conoide l'alveo coincide con la sede di una strada perché le acque tendono in buona parte ad infiltrarsi nel tratto intermedio. Nella parte apicale sono presenti alcune briglie, realizzate per contenere l'erosione di fondo in corrispondenza degli attraversamenti, mentre nel tratto intermedio sono presenti due briglie realizzate per contenere il trasporto solido in modo che durante le piene il materiale non raggiunga la strada che decorre in corrispondenza dell'alveo. Queste opere si trovano in buone condizioni di manutenzione. In occasione delle piene il materiale in carico alla corrente viene deposto principalmente nel tratto intermedio, a monte e subito a valle delle briglie.

La sezione disponibile al deflusso, definita dalle scarpate dell'incisione entro la quale decorre l'alveo in corrispondenza del conoide, è in genere molto ampia e sufficiente a contenere gli eventi di piena o di colata del torrente: solo nel tratto apicale, dove localmente si riducono la profondità e la larghezza, si potrebbe verificare la fuoriuscita delle frazioni fluide con la ripresa di una zona di canale situata nel settore di sinistra del conoide.

Valutazione della portata critica e della Magnitudo del torrente. La valutazione della portata di massima piena per vari tempi di ritorno relativa al torrente della Val Vandul in corrispondenza del proprio conoide, stimata alla sezione di confluenza nella Val Nembre è riportata negli allegati 7 a,b,c a fine testo mentre nell'allegato 7d sono riportati i valori della magnitudo ovvero del volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno del bacino idrografico per l'alimentazione del trasporto solido. Il valore assunto come rappresentativo della magnitudo, dell'ordine di 45.000 m<sup>3</sup>, risulta in linea con le osservazioni sui depositi presenti nel settore intermedio del conoide, ipotizzando che siano stati deposti da un unico episodio, e con le notizie relative all'evento del 1953 che parlano di uno spessore di materiale deposto di 3 m : si ottengono infatti per il tratto medio-inferiore del conoide valori compresi tra 24.000 e 50.000 m<sup>3</sup> circa.

Pericolosità morfologica. In riferimento alle valutazioni espresse nei paragrafi precedenti sono state individuate le seguenti aree di pericolosità.

Classe H5. Alla classe di pericolosità molto alta, comprendente in genere l'alveo dei corsi d'acqua, sono state assegnate le aree corrispondenti all'alveo del torrente inteso principalmente come la fascia compresa tra le scarpate che delimitano l'incisione entro la quale si trova l'alveo.

Classe H4. Alla classe di pericolosità alta, che comprende in genere le zone più facilmente raggiungibili in caso di esondazione o fuoriuscita di colate, sono state assegnate le aree poste immediatamente all'esterno delle scarpate che delimitano l'incisione dell'alveo, comprendendo una fascia relativamente ampia in sponda sinistra, relativa ad

un tratto di fondo posto ad una quota superiore all'attuale e delimitato da una scarpata più esterna, ed una fascia posta in sponda destra, comprendente la zona, leggermente rilevata rispetto all'alveo, nella quale decorre la strada che collega Zone con il versante destro della Val Vandul.

Classe H2. Nella classe di pericolosità bassa è stata inserita una fascia posta lungo il margine sinistro del conoide, corrispondente ad un canale abbandonato che potrebbe essere ripreso da eventuali frazioni fluide nel caso di eventi in grado di impegnare tutta la sezione disponibile entro le scarpate che delimitano l'incisione dell'alveo.

Classe H1. Alla classe di pericolosità molto bassa sono state assegnate le aree poste nella fascia centrale del conoide, compresa tra l'incisione dell'alveo attuale, a destra, ed un canale abbandonato posto lungo il margine sinistro.

## **9.2. - Conoide alluvionale della Valle Ombrino**

Caratteristiche idrografiche. La Valle Ombrino è il principale affluente della Val Gasso, nella quale confluisce in destra idrografica in corrispondenza del tratto superiore del conoide. La rete idrografica è costituita da un solco principale ripido e rettilineo con pochi rami laterali brevi e ripidi, molti dei quali appena accennati a causa dell'alta permeabilità dei terreni e dell'assetto morfologico dei versanti.

Caratteristiche geologiche del bacino idrografico. Nell'area del bacino in esame il substrato roccioso è rappresentato da unità sedimentarie triassiche disposte con inclinazione media ed immergenti verso ovest-sud-ovest, secondo la stessa direzione di deflusso dell'asse di drenaggio principale. Le unità sono rappresentate dal Calcarea di Angolo, che affiora nella parte superiore del bacino, da Calcarea di Prezzo, Calcarea di Buchenstein e Formazione di Wengen nel tratto intermedio e tutti in forma condensata e dal Calcarea di Esino nella parte inferiore del bacino ed alla sommità dei versanti; tra la Formazione di Wengen ed il Calcarea di Esino, nella parte intermedia dei versanti, si inseriscono le rocce delle Vulcaniti della Valle Ombrino. Le rocce affiorano principalmente alla sommità dei versanti e localmente, soprattutto lungo le incisioni, nella parte intermedia.

I depositi superficiali sono rappresentati principalmente da depositi detritici di versante che costituiscono una coltre piuttosto potente alla base delle pareti rocciose poste alla sommità di entrambi i versanti e, soprattutto, alla base sia dei versanti. Nella parte superiore del bacino e localmente sui versanti sono presenti anche coltri, discontinue e poco potenti, di depositi eluvio-colluviali. Depositi alluvionali attuali sono presenti soprattutto al fondo dell'asta principale.

Assetto geomorfologico del bacino idrografico. Entrambi i versanti sono interessati dalla presenza di fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda, più ampi sul versante sinistro, legati al forte approfondimento del solco vallivo per erosione lineare regressiva. Per questi fenomeni, soprattutto sul versante destro, si ha solo una morfologia complessiva compatibile con la presenza di deformazioni gravitative, ma non si hanno evidenze di attività recente ed i fenomeni sono stati considerati come inattivi, al limite quiescenti, ma con evoluzione molto lenta. Nel complesso il bacino idrografico è interessato in modo relativamente diffuso da fenomeni di degradazione rappresentati sia da fenomeni di caduta di blocchi dalle pareti rocciose, soprattutto quelle poste alla sommità dei versanti, sia da fenomeni di reptazione che coinvolgono i depositi detritici di versante ed i depositi eluvio-colluviali. Tutte le linee di impluvio presentano una forte tendenza all'erosione di fondo che si accompagna a tratti ad erosione laterale e sono presenti localmente delle frane per erosione al piede. Per contrastare la

tendenza all'erosione lungo l'asta principale, dopo un evento alluvionale nel 1953, sono state realizzate delle briglie: nel tratto apicale del conoide, nel tratto inferiore del bacino e nella parte intermedia. Le briglie esistenti si trovano in discrete condizioni di manutenzione. Nella parte inferiore del bacino sono presenti numerose sorgenti, le maggiori delle quali sono utilizzate dall'acquedotto del comune di Zone, tuttavia il torrente della Valle Ombrino ha un regime del tutto temporaneo, con lunghi periodi privi di deflusso e presenza di acqua solo nei periodi maggiormente piovosi ed al momento dello scioglimento della neve, perché l'acqua tende facilmente ad infiltrarsi entro i depositi alluvionali e detritici presenti per buona parte del suo corso.

In base al quadro geologico e geomorfologico descritto il torrente della Valle Ombrino può essere interessato da eventi di piena con elevato trasporto solido fino a fenomeni di trasporto in massa o formazione di colate detritiche in grado di raggiungere la zona del conoide.

Eventi storici relativi al conoide alluvionale. Un evento di piena significativo in tempi recenti si è verificato il 9 luglio 1953, con fenomeni di erosione lungo l'alveo principale e le linee laterali ed esondazione e deposizione del materiale in carico a partire dal tratto medio-inferiore del conoide, dove è stata interessata direttamente la frazione di Rucca.

Assetto morfologico del conoide alluvionale. Il conoide alluvionale è una forma relativamente stretta e allungata che si sovrappone al conoide alluvionale della Valle di Gasso. A causa della tendenza generale all'erosione anche il torrente della Valle Ombrino ha inciso il proprio conoide lungo tutto il suo sviluppo: l'incisione non è però particolarmente profonda, probabilmente per il forte trasporto solido che caratterizza sia la Valle Ombrino sia la Valle di Gasso. Nel settore intermedio del conoide la fascia incisa ha un fondo relativamente ampio, a causa della tendenza alla deposizione del materiale in carico, e in questa fascia, dove si trova la frazione di Rucca, si possono espandere facilmente in caso di piena le acque di esondazione ed eventuali fenomeni di trasporto in massa o di colata, anche perché in questo tratto l'alveo vero e proprio è poco marcato a causa del regime temporaneo e della scarsa portata media. Le scarpate di erosione che delimitano la fascia incisa sono relativamente distanti dall'alveo e sono state pertanto considerate come inattive, l'erosione di fondo e laterale nel tratto intermedio del conoide interessano di fatto solo l'alveo e sono comunque relativamente blande. Nel tratto inferiore del conoide l'alveo diventa via via più inciso per effetto l'erosione di fondo non più contrastata dalla deposizione di materiale.

Valutazione della portata critica e della Magnitudo del torrente. La valutazione della portata di massima piena per vari tempi di ritorno relativa al torrente della Valle Ombrino in corrispondenza del proprio conoide, stimata alla sezione di confluenza nella Val di Gasso è riportata nell'allegato 7 a,b,c a fine testo mentre nell'allegato 7d sono riportati i valori della magnitudo, ovvero del volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno del bacino idrografico per l'alimentazione del trasporto solido. Il valore assunto come rappresentativo della magnitudo, dell'ordine di 27.000 m<sup>3</sup>, risulta in linea con le stime, dell'ordine di 22.000-25.000 m<sup>3</sup>, che si ottengono considerando in prima approssimazione i lobi presenti nel settore intermedio del conoide come risultato dell'evento del 1953 ed assumendo uno spessore medio dell'ordine di 2,5 m per il deposito.

Pericolosità morfologica. In riferimento alle valutazioni espresse nei paragrafi precedenti sono state individuate le seguenti aree di pericolosità.

Classe H5. Alla classe di pericolosità molto alta, comprendente in genere l'alveo dei corsi d'acqua, sono state assegnate le aree corrispondenti all'alveo attuale del torrente, dove avviene il deflusso delle piene ordinarie, che nel settore apicale corrisponde all'intera larghezza del conoide.

Classe H4. Alla classe di pericolosità di alta, che comprende in genere le zone più facilmente raggiungibili in caso di esondazione o fuoriuscita di colate, è stato assegnato tutto il settore centrale e relativamente inciso del conoide, a ridosso dell'alveo, comprendendo l'intera località di Ruca e una parte dell'area del campeggio posto a valle di essa, che potrebbero essere facilmente raggiunti nel caso di esondazione o di colate a partire dal tratto intermedio del conoide, dove l'alveo del torrente perde rilievo.

Classe H3. Alla classe di pericolosità media è stata assegnata una fascia posta lungo il margine destro nel settore intermedio del conoide, in posizione esterna e leggermente rilevata rispetto alla fascia centrale facilmente esondabile, che potrebbe essere percorsa dalle acque di esondazione o dalle frazioni fluide di colata, ma con altezze del tutto contenute. In questa fascia rientra buona parte dell'area del campeggio posto a valle di Ruca.

Classe H2. Alla classe di pericolosità bassa è stata assegnata la fascia posta lungo il margine destro nel tratto distale del conoide che nel caso di esondazione o colata potrebbe essere raggiunta al limite da eventuali frazioni fluide con altezze del tutto contenute.

### ***9.3 - Conoide alluvionale della Valle di Gasso***

Caratteristiche idrografiche. La Valle di Gasso è il ramo principale di sinistra nella parte superiore del bacino idrografico del torrente Bagnadore, nella quale confluisce subito a monte del cordone morenico di Cislano. La rete idrografica è costituita da un solco principale relativamente rettilineo nella parte inferiore e da pochi rami laterali che rispecchiano l'asimmetria complessiva del bacino: appena accennati, brevi e ripidi in sinistra e maggiormente sviluppati in destra, disposti in direzione parallela al tratto superiore del ramo principale.

Caratteristiche geologiche del bacino idrografico. Il tratto inferiore della Valle di Gasso è impostato in direzione nord ovest-sud est secondo un piano di faglia subverticale che decorre in asse alla valle e secondo un piano di sovrascorrimento che decorre alla base del versante destro; il tratto superiore della valle è invece disposto in direzione nord est-sud ovest, secondo l'immersione delle unità. Nella parte inferiore del bacino sul versante sinistro affiorano le dolomie in banchi della Dolomia Principale mentre sul versante destro affiorano principalmente i calcari ed i calcari dolomitici massicci o in banchi del Calcare di Esino e localmente le Vulcaniti della Valle Ombrino. Alla base di entrambi versanti affiorano localmente le arenarie e le siltiti della formazione delle Arenarie di Val Sabbia. Nella parte superiore del bacino affiorano principalmente i calcari in banchi del Calcare di Camorelli alla testata, con associati localmente il Calcare di Prezzo, il Calcare di Buchenstein, la Formazione di Wengen e le Vulcaniti della Valle Ombrino, ed il Calcare di Esino per il resto.

Nella parte inferiore del bacino i depositi superficiali sono rappresentati principalmente da depositi detritici di versante, anche cementati, che costituiscono una falda relativamente continua e potente alla base di entrambi i versanti, ed i depositi alluvionali posti in corrispondenza della fascia di fondovalle; localmente sono presenti anche coltri poco potenti di depositi eluvio-colluviali. Nella parte superiore del bacino sono presenti depositi detritici di versante e depositi glaciali alla testata e depositi eluvio-colluviali nelle altre zone.

Aspetto geomorfologico del bacino idrografico. Il settore superiore della Valle di Gasso corrisponde ad un piccolo circo glaciale, sospeso rispetto al resto della valle, ora inattivo ed interessato da fenomeni di caduta di blocchi dalle pareti rocciose della testata e dalla presenza diffusa di fenomeni di degradazione, reptazione, soliflusso, piccole frane superficiali per scorrimento, erosione da ruscellamento diffuso e incanalato e localmente fenomeni carsici con doline e inghiottitoi. Nella parte medio-superiore del bacino si hanno rocce carsificate alla sommità dei versanti e solchi vallivi, principale e secondari, ripidi e con pareti rocciose interessate da fenomeni di caduta di blocchi. La parte inferiore è caratterizzata da un fondo relativamente ampio e da versanti con alte pareti rocciose diffusamente soggette a fenomeni di caduta di blocchi che alimentano le falda poste alla loro base; il versante sinistro è interessato anche dalla presenza di fenomeni franosi per deformazione gravitativa profonda quiescenti e localmente da fenomeni di reptazione.

Le linee di impluvio, quelle secondarie e quella principale nel tratto medio e superiore, sono caratterizzate da una forte tendenza all'erosione di fondo; il tratto inferiore del corso principale costituisce invece un lungo conoide alluvionale che in passato corrispondeva ad una piana di fondovalle posta in continuità con il settore sostenuto dal cordone morenico di Cislano. L'erosione lineare sviluppatasi regressivamente a partire dalla soglia di Cislano in seguito al ritiro del ghiacciaio ha portato ad un approfondimento dell'alveo del torrente nel tratto posto in prossimità della confluenza nella Val Nembre, corrispondente al settore distale del conoide, mentre il tratto intermedio del conoide è interessato da fenomeni di deposizione di materiale al calare delle piene e da erosione nelle fasi successive. Per contenere i fenomeni erosivi e limitare il trasporto solido verso valle sono state realizzate, a partire dal 1953, alcune briglie poste soprattutto nel tratto distale e medio del conoide. Alcune briglie sono presenti anche lungo il tratto intermedio del bacino, realizzate soprattutto per contenere i fenomeni erosivi in corrispondenza di alcuni attraversamenti. La presenza delle briglie nel tratto intermedio del conoide limita il procedere regressivo dell'erosione di fondo e la possibilità che ne siano intaccati i depositi della zona apicale, ma allo stesso tempo mantiene un alveo poco profondo e può favorire i fenomeni di deposizione e di esondazione verso i tratti medio e distale del conoide.

Il torrente della Valle di Gasso è caratterizzato da un regime temporaneo lungo tutto il proprio corso, favorito dall'esistenza di diffusi fenomeni carsici nella parte superiore del bacino e dalla presenza di una potente coltre di depositi detritici e alluvionali ad alta permeabilità nel tratto inferiore, dove probabilmente maschera altri elementi carsici sepolti.

In base al quadro geologico e geomorfologico descritto il torrente della Valle Gasso può essere interessato da eventi di piena con elevato trasporto solido fino dar luogo a fenomeni di trasporto in massa o alla formazione di colate detritiche che le opere presenti, compresa la grossa briglia posta alla sommità del tratto intermedio, non sarebbero in grado di contenere.

Eventi storici relativi al conoide alluvionale. Un evento di piena significativo in tempi recenti si è verificato il 9 luglio 1953, con fenomeni di erosione lungo l'alveo principale e le linee laterali ed esondazione e deposizione di materiale esternamente all'alveo a partire dal tratto intermedio del conoide.

Aspetto morfologico del conoide alluvionale. Il conoide alluvionale della Valle di Gasso è una forma molto allungata soggetta sia ad una forte tendenza all'erosione di fondo, che ne intacca in modo regressivo il tratto distale, a partire dalla confluenza nella Val Nembre, dove l'alveo attuale è ora bene inciso, sia alla tendenza alla

deposizione del materiale eroso nella parte media e superiore del bacino, che nel settore apicale ed intermedio contrasta la tendenza all'erosione. Per effetto della deposizione il tratto apicale del conoide non è inciso, mentre il tratto intermedio è poco inciso e può essere interessato da fenomeni di esondazione. Le briglie realizzate lungo il conoide hanno consentito di stabilizzare il fondo, soprattutto in funzione della stabilità delle opere di attraversamento, ma nel tratto intermedio del conoide, contribuendo a mantenere poco profonda l'incisione dell'alveo, favoriscono i fenomeni di esondazione.

Valutazione della portata critica e della Magnitudo del torrente. La valutazione della portata di massima piena per vari tempi di ritorno relativa al torrente della Valle di Gasso in corrispondenza del proprio conoide, stimata alla sezione di confluenza nella Val Nembre è riportata nell'allegato 7 a,b,c a fine testo mentre nell'allegato 7d sono riportati i valori della magnitudo ovvero del volume massimo di materiale mobilizzabile all'interno del bacino idrografico per l'alimentazione del trasporto solido. Prudenzialmente si è ritenuto di assumere come rappresentativo della magnitudo un valore relativamente alto, dell'ordine di 78.000 m<sup>3</sup>, in ragione della forte possibilità di trasporto solido che risulta dall'esame della situazione morfologica del bacino idrografico e della difficoltà nello stimare una volumetria relativa agli ultimi eventi alluvionali sulla base delle evidenze morfologiche del conoide.

Pericolosità morfologica. In riferimento alle valutazioni espresse nei paragrafi precedenti sono state individuate le seguenti aree di pericolosità.

Classe H5. Alla classe di pericolosità molto alta, comprendente in genere l'alveo dei corsi d'acqua, sono state assegnate le aree corrispondenti all'alveo attuale del torrente, dove avviene il deflusso delle piene ordinarie, che nel settore apicale corrisponde all'intera larghezza del conoide.

Classe H4. Alla classe di pericolosità alta, che comprende in genere le zone più facilmente raggiungibili in caso di esondazione o fuoriuscita di colate, sono state assegnate le fasce poste esternamente all'alveo nel tratto intermedio del conoide ed un canale abbandonato posto in sponda sinistra nel medesimo tratto.

Classe H3. Alla classe di pericolosità media sono state assegnate le aree più esterne al canale nel settore di sinistra del tratto intermedio e, sempre nel tratto intermedio, la zona di intercanale compresa tra l'alveo attuale ed il canale abbandonato presente in sponda sinistra. Le aree a pericolosità media sono state inoltre suddivise in due sottoclassi distinguendo quelle poste più a monte (H3\*), più facilmente esondabili, da quelle poste a valle (H3), dove sono minori la probabilità di essere alluvionate e l'eventuale intensità dei fenomeni intesa come altezza del tirante idrico e relativa energia.

Classe H2. Alla classe di pericolosità bassa è stato assegnato il tratto distale del conoide posto in sponda sinistra, peraltro in buona parte protetto da un capannone industriale, che potrebbe essere raggiunto dalle acque di esondazione o da frazioni fluide uscite più a monte.

Classe H1. Alla classe di pericolosità molto bassa è stato assegnato il tratto distale del conoide posto in sponda destra, che risulta al limite raggiungibile solo da frazioni fluide uscite dall'alveo molto più a monte, con altezze ed energia minime.

## 10. ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### 10.1 - Normativa di riferimento

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003 sono state individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. La Regione Lombardia, con la d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003, ha preso atto della classificazione contenuta nell'Ordinanza 3274/03.

Secondo tale classificazione il territorio del comune di Zone ricade in zona sismica 3.

Il DM 14/01/2008 "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni", entrato in vigore il 5 marzo 2008 ha assunto, come riferimento per la nuova definizione della sismicità del territorio nazionale, la mappa dei valori di  $a_g$  calcolati su una griglia con passo di  $0,02^\circ$ , contenuta nell'allegato 1b all'Ordinanza PCM n° 3519 del 28 aprile 2006 e che sostituisce la precedente suddivisione in 4 zone a differente sismicità, rimasta come riferimento dal punto di vista amministrativo.

Secondo la nuova classificazione i parametri sismici di una data area vanno definiti in base alle coordinate, interpolando i dati contenuti nelle tabelle dell'allegato B al DM 14/01/2008.

La Regione Lombardia si è adeguata al DM 14/01/2008 e alla nuova classificazione sismica con la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008 secondo la quale è stato redatto il presente studio.

### 10.2 - Risposta sismica locale

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi che vanno a sovrapporsi a quelli del sisma; tali effetti devono essere considerati nella valutazione generale della pericolosità sismica di una data area e costituiscono l'oggetto della "componente sismica" del Piano di Governo del Territorio secondo la d.g.r. n. 8/7374 del 28/05/2008.

Gli effetti, in funzione delle caratteristiche del terreno presente, vengono distinti in due gruppi: gli effetti di sito, o di amplificazione sismica locale, e gli effetti di instabilità.

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche e sono rappresentati dall'insieme delle modifiche che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire presso la superficie topografica o durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock. Tali effetti si distinguono a loro volta in due sottogruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito.

- Gli effetti di amplificazione topografica, relativi a condizioni morfologiche più o meno articolate, che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche presso la cresta dei rilievi ed i ripiani sovrastanti le scarpate, con conseguente amplificazione delle onde a causa di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto.
- Gli effetti di amplificazione litologica, che si verificano quando sono presenti profili stratigrafici con determinate proprietà meccaniche sovrastanti il bedrock e che portano all'esaltazione locale delle azioni sismiche causate



da fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreni ed i fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni caratterizzati da un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, che può rivelarsi incompatibile con la stabilità delle strutture presenti. I principali effetti di instabilità sono i seguenti.

- Fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali, colamenti, ecc.), per i quali il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento a causa dell'accelerazione esercitata o a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.
- Movimenti relativi verticali e orizzontali tra diversi settori areali posti in corrispondenza di faglie sismogenetiche, che portano a scorrimenti e cedimenti differenziali (tali fenomeni sono possibili solo per terremoti di magnitudo molto elevata e in presenza di particolari strutture geologiche affioranti o sepolte).
- Fenomeni di rottura connessi a deformazione permanente del suolo nel caso di terreni caratterizzati da proprietà fisico-meccaniche particolarmente scadenti; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi sono possibili fluimenti e colamenti a causa di 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, legati al crollo parziale o totale delle cavità sotterranee.

#### **10.2.a. Metodologia per l'analisi della risposta sismica**

Nel presente paragrafo è riassunta la metodologia definita dalla dgr 28/05/2008 n° 8/7374 per l'analisi della risposta sismica in un dato territorio comunale, in adempimento a quanto previsto dal DM 14/01/2008, dalla dgr n° 14964 del 7/11/2003 e dal dduo n° 19904 del 21/11/2003.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento in funzione della zona sismica di appartenenza, degli scenari di pericolosità sismica locale, dell'importanza degli edifici interessati e della fase di lavoro (pianificatoria o progettuale).

Analisi di primo livello. E' un approccio di tipo qualitativo che consiste nel riconoscimento delle situazioni passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità sulla base di dati esistenti quali cartografie di inquadramento, osservazioni geologico-geomorfologiche, topografiche e morfometriche del territorio. Tale livello, obbligatorio per tutti i comuni, prevede la redazione della "Carta della pericolosità sismica locale" (PSL) su tutto il territorio comunale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale e lineare delle diverse situazioni tipo definite nella legenda contenuta nell'allegato 5 alla dgr n° 8/7374, in grado di determinare gli effetti sismici locali e denominate "scenari di pericolosità sismica locale" (zone PSL da Z1 a Z5).

Analisi di secondo livello. E' un approccio di tipo semi-quantitativo che si applica nelle sole aree passibili di amplificazione perimetrate nella carta della pericolosità sismica locale (zone PSL Z3 e Z4); permette di determinare un valore numerico, chiamato fattore di amplificazione sismica locale - Fa - che fornisce una stima

dell'effettiva risposta sismica nelle situazioni individuate con il primo livello. Per applicare tale procedura (per i dettagli sulla quale si rimanda all'allegato 5 alla dgr n° 8/7374) sono necessari, relativamente alle situazioni individuate, dati più approfonditi di tipo morfometrico, litologico-stratigrafico e geofisico, questi ultimi in particolare relativi alla velocità di propagazione nel terreno delle onde sismiche di taglio.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 2 e 3, l'analisi di secondo livello è obbligatoria nelle zone interferenti con l'urbanizzato e nelle aree di espansione urbanistica; nei comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle situazioni in cui si prevede la realizzazione o l'ampliamento di costruzioni strategiche e rilevanti (elenco tipologico di cui al dduo n° 19904/03). Il valore di  $F_a$  relativo agli effetti litologici determinato con l'applicazione del secondo livello deve essere confrontato con "valori soglia" definiti dalla Regione Lombardia in riferimento al DM 14/01/08 per ogni comune, al fine di determinare se la normativa nazionale risulti sufficiente a tenere in considerazione anche gli effetti di amplificazione sismica locale ( $F_a < \text{soglia}$ ), o insufficiente ( $F_a > \text{soglia}$ ). Il valore di  $F_a$  relativo agli effetti morfologici deve essere invece confrontato con il coefficiente di amplificazione topografica ( $St$ ) definito dal DM 14/01/2008.

Analisi di terzo livello. E' un approccio di tipo quantitativo e consiste nella determinazione degli effetti di amplificazione con indagini e analisi ancor più approfondite, per la descrizione delle quali si rimanda all'allegato 5 alla dgr n° 8/7374. Le analisi di terzo livello si applicano in fase progettuale nelle aree passibili di effetti di instabilità individuate con il primo livello (zone PSL Z1 e Z2) e nelle aree analizzate con il secondo livello per le quali si è ottenuto un valore di  $F_a$  superiore alla soglia; in quest'ultimo caso, in fase progettuale, in alternativa all'applicazione del terzo livello, per gli effetti litologici è possibile utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore secondo il seguente schema:

- anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C. Nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- anziché lo spettro della categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E.

Nell'ambito delle casistiche precedentemente descritte, l'analisi di terzo livello è prevista per tutte le tipologie di edifici nelle zone sismiche 2 e 3 e solo per gli edifici strategici e rilevanti (di cui al dduo n. 19904/03) nei comuni ricadenti in zona sismica 4.

### **10.3 ANALISI SISMICA DI PRIMO LIVELLO: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (PSL)**

L'analisi sismica di primo livello per tutto il territorio comunale è richiesta per tutti i comuni indipendentemente dalla zona sismica. Conformemente a quanto richiesto dalla normativa, sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica o di effetti di instabilità con la redazione della Carta di pericolosità sismica locale (PSL) alla scala 1:10.000 (Tavola 13), realizzata in base a sopralluoghi e rilevamenti di terreno, all'analisi dei dati topografici disponibili e alla cartografia di inquadramento e di sintesi del presente studio.

Per la carta PSL è stata utilizzata la legenda definita nell'allegato 5 alla dgr n° 8/7374, riportata nella tabella della pagina seguente.

SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	<i>Instabilità (attivazione-riattivazione accelerazione movimenti)</i>
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	<i>Instabilità (cedimenti-liquefazioni)</i>
Z3a	Zona di ciglio di scarpate con altezza maggiore di 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	<i>Amplificazioni topografiche</i>
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntita-arrotondata	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	<i>Amplificazioni litologiche</i>
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zona 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	<i>Instabilità (comportamenti differenziali)</i>

Gli elementi relativi alle categorie Z1 sono stati perimetrati in riferimento a quanto definito nella cartografia di sintesi realizzata nel presente studio. Negli scenari Z1a e Z1b sono state inserite le zone caratterizzate da movimenti franosi rispettivamente attivi e quiescenti. Lo scenario Z1c è stato suddiviso in tre categorie comprendenti le aree che possono essere interpretate come "franose o esposte a rischio frana": nello scenario Z1c' sono state inserite le aree interessabili da fenomeni di crollo di blocchi rocciosi (pareti rocciose soggette a distacco di blocchi, aree di transito e di accumulo), nello scenario Z1c" le aree interessate da deformazioni gravitative profonde di versante quiescenti o probabilmente quiescenti (per le quali non è noto con certezza il grado di attività), mentre nello scenario Z1c"' sono state inserite le aree con potenziale presenza di fenomeni carsici profondi.

Nell'ambito del territorio comunale di Zone non sono presenti settori significativi riferibili allo scenario Z2.

Per quanto riguarda lo scenario Z3a sono state indicate le linee corrispondenti al ciglio di scarpate aventi altezza superiore a 10 m (cigli di pareti rocciose, orlo di forra, margine di terrazzo morfologico, orlo di scarpata di erosione torrentizia) ricavate dall'analisi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 e della carta comunale alla scala 1:2.000 e 1:10.000.

Per quanto riguarda lo scenario Z3b sono state indicate le linee di cresta significative individuate in base al rilevamento di terreno ed all'analisi della Carta Tecnica Regionale e dell'aerofotogrammetrico comunale.

Nello scenario Z4 sono state inserite le aree caratterizzate dalla presenza di depositi superficiali con spessore indicativamente superiore a 3 m, ovvero lo spessore massimo di copertura superficiale che una formazione a

comportamento rigido - categoria di sottosuolo di fondazione di tipo A, con amplificazione litologica assente - può presentare secondo il dm 14/01/2008). Tali aree sono state perimetrate in riferimento alla carta geologica alla scala 1:10.000 realizzata nell'ambito del presente studio, escludendo, sulla base del rilevamento di terreno effettuato, i settori con spessore di deposito inferiore a 3 m. Nella categoria Z4a sono stati inseriti i depositi alluvionali recenti e attuali e i depositi fluvioglaciali, mentre nella categoria Z4b i depositi di conoide alluvionale e i depositi detritici di versante. Nella categoria Z4c sono stati inseriti i depositi di origine glaciale mentre nella categoria Z4d le aree con depositi eluvio-colluviali, che raggiungono i 3m di spessore solo lungo la fascia posta alla base del versante sud dei Corni Capreni ed in corrispondenza dell'avvallamento situato presso Malga Aguina. Per quanto riguarda lo scenario Z5, sono stati indicati come "linee di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse", tutti i limiti esterni delle zone Z4 a contatto con substrato roccioso affiorante, subaffiorante o con depositi superficiali aventi spessore indicativamente inferiore a 3 m.

Si sottolinea che la carta PSL realizzata in questa sede ha valore di inquadramento ed è da considerarsi come riferimento e punto di partenza per l'applicazione di successivi livelli di approfondimento.

#### **10.4 ANALISI DI SECONDO LIVELLO - VALUTAZIONE DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

Il territorio del Comune di Zone ricade in zona sismica 3 ed è quindi necessaria l'applicazione dell'analisi di secondo livello nelle zone passibili di amplificazione (scenari Z3 e Z4) perimetrate nella carta della pericolosità sismica locale ed interferenti con le zone urbanizzate e di espansione urbanistica.

L'area di applicazione dell'analisi di secondo livello è evidenziata nelle carte di fattibilità alla scala 1:2.000 (tavola 8) e 1:10.000 (tavole 7-e 9) e corrisponde al settore urbanizzato e di futura espansione presente lungo la conca di fondovalle, comprendente le località Zone, Campo Rotondo, Cusato, Cereto, Trisago, Rucca, Englar, Cislano. Non è stato considerato nell'analisi il settore superiore dell'abitato di Cusato, costituito da fabbricati sparsi (località Dazze, Zoppolo, Vizzigo) e non sono state considerate le aree delle varie cascine e malghe isolate, distribuite in buona parte del settore non urbanizzato del territorio comunale.

##### ***10.4.a. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici***

L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti litologici proposta dalla normativa richiede la conoscenza di alcuni dati di tipo litologico-stratigrafico e geofisico sui siti da investigare; fra questi, i principali sono costituiti dalla litologia prevalente nel sito e dal profilo di velocità delle onde sismiche di taglio (Vs) fino al raggiungimento di valori pari o superiori ad 800 m/s, valore che identifica il substrato sismico, o almeno nei primi trenta metri di profondità.

Nell'area di applicazione dell'analisi sismica di secondo livello sono stati individuati degli ambiti geologico-geomorfologici omogenei, che si ritiene siano caratterizzati da parametri litologico-stratigrafici e geofisici relativamente costanti, all'interno dei quali sono stati individuati uno o più siti rappresentativi per i quali, dopo la determinazione dei parametri geologici e geofisici necessari, è stata effettuata l'analisi.

I dati geofisici sono stati ottenuti da una campagna di indagini, costituita da 6 stendimenti secondo la tecnica ReMi (Refraction Microtremor) e da uno stendimento secondo la tecnica MASW; sono stati inoltre utilizzati i dati di indagini sismiche precedenti, due delle quali eseguite dallo Studio Geo.Te.C. per conto dell'Amministrazione Comunale (Remi 9 "via Castello" e Remi 10 "Cereto") ed una relativa ad un intervento di privati (Remi 7 "Val Rinat"). Per la caratterizzazione stratigrafica e litologica dei siti sono stati utilizzati i dati disponibili per le aree in esame, ricavati da indagini svolte in passato nell'ambito del territorio comunale (stratigrafia del pozzo comunale Valurbes, diagrammi di prove penetrometriche, stendimenti di sismica a rifrazione, scavi d'ispezione e sbancamento); ci si è inoltre basati sulla conoscenza geologico-geomorfologica del territorio in esame, derivante anche dal rilievo di dettaglio eseguito per la redazione del presente studio, nell'ambito del quale sono stati analizzati anche numerosi spaccati naturali che hanno permesso di osservare i terreni presenti nel sottosuolo. Nella tabella seguente sono elencati gli ambiti omogenei considerati, le indagini geofisiche eseguite ed i dati raccolti per i diversi siti rappresentativi nei quali è stata condotta l'analisi di secondo livello.

AMBITO	SITO RAPPRESENTATIVO	INDAGINE SISMICA	DATI LITOLOGICO-STRATIGRAFICI
Depositi glaciali nel settore inferiore della conca di fondovalle	Località Cislano	<i>remi 3 "Cislano"</i>	quadro geologico-geomorfologico; spaccati naturali area Piramidi di Zone
Depositi fluvioglaciali nel settore intermedio e superiore della conca di fondovalle	Settore superiore	<i>remi 7 "Valle Rinat"</i>	quadro geologico-geomorfologico; scavi d'ispezione, spaccati naturali scarpate Val Rinat
		<i>remi 1 "Cimitero"</i>	quadro geologico-geomorfologico; stratigrafia pozzo Valurbes, scavi d'ispezione, prove penetrometriche
		<i>remi 5 "Cusato"</i>	quadro geologico-geomorfologico; spaccati naturali scarpate Val di Tuf
	Settore intermedio	<i>Masw 8 "Municipio"</i>	quadro geologico-geomorfologico; spaccati naturali scarpate Bagnadore
		<i>remi 9 "via Castello"</i>	quadro geologico-geomorfologico; prove penetrometriche, indagine sismica a rifrazione
		<i>remi 6 "Campo Rotondo"</i>	quadro geologico-geomorfologico; spaccati naturali scarpate Bagnadore
Fascia alla base del versante ovest del Monte Bluzena	Località Cereto	<i>remi 10 "Cereto"</i>	quadro geologico-geomorfologico; prove penetrometriche, indagine sismica a rifrazione
Fascia alla base del versante sud dei Corni Capreni	Via Panoramica	<i>remi 4 "via Panoramica"</i>	quadro geologico-geomorfologico; scavi di sbancamento a valle
Conoide alluvionale della Val Gasso	SP 32 in destra idrografica torrente Val Gasso	<i>remi 2 "Val Gasso"</i>	quadro geologico-geomorfologico; spaccati naturali scarpate Val Gasso

L'ubicazione degli stendimenti relativi alle indagini ReMi e Masw, del pozzo comunale, delle prove penetrometriche, delle indagini di sismica a rifrazione e degli scavi di ispezione e di sbancamento è riportata nella carta della dinamica morfologica alla scala 1:2.000 (Tav. 4); la stratigrafia del pozzo comunale Valurbes è riportata nell'allegato 3, i diagrammi delle prove penetrometriche nell'allegato 4, i risultati delle indagini sismiche a rifrazione nell'allegato 5 e le stratigrafie degli scavi di ispezione/sbancamento nell'allegato 6.

Le indagini ReMi e Masw, i dati relativi e l'applicazione della procedura di secondo livello per la determinazione del valore di Fa sono descritti nei paragrafi seguenti.

Indagini ReMi per la determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (Vs). La tecnica "ReMi" (Refraction Microtremor) consente di ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio (Vs) nel sottosuolo, acquisendo i dati con la stessa strumentazione della sismica a rifrazione tradizionale, ma utilizzando come fonte di energizzazione il "rumore" sismico ambientale presente naturalmente e/o prodotto da fonti antropiche. Le basi teoriche sulle quali si basa il metodo sono le stesse dell'analisi spettrale delle onde di superficie (SASW) e della multi-analisi delle onde di superficie (MASW).

Per l'acquisizione dei dati sul terreno è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo multicanale (24 canali) "PASI";
- 24 geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4,5 Hz;
- 2 cavi sismici per il collegamento dei geofoni, con spaziatura massima pari a 5 metri.

L'analisi e l'interpretazione ReMi dei dati acquisiti sono eseguite utilizzando un software appropriato e consistono in primo luogo nella trasformazione dei dati in una rappresentazione grafica del rapporto tra la frequenza dell'energia spettrale delle onde e la loro velocità, o lentezza, sul quale viene selezionata una curva di dispersione consistente nel limite inferiore della velocità dell'energia spettrale in rapporto al trend della frequenza (allegato 1). Successivamente viene modellata una curva di dispersione con strati multipli e velocità delle onde S tali da combaciare il più possibile con la curva di dispersione risultante dai dati acquisiti (allegato 1) ottenendo così l'andamento delle Vs con la profondità che, nel caso delle indagini svolte, è relativo al centro dello stendimento. Nel caso in esame i ReMi sono stati effettuati con interdistanza tra i geofoni pari a 5 m e lunghezza totale degli stendimenti di 115 m, con profondità di investigazione pari a 30 m.

I profili di velocità ottenuti, sia in forma numerica sia in forma di grafico, sono riportati nell'allegato 2 a fine testo.

Indagini MASW per la determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (Vs). La tecnica "MASW" (Multistation Analysis of Surface Waves) consente di ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio (Vs) nel sottosuolo, acquisendo i dati con la stessa strumentazione della sismica a rifrazione tradizionale ed energizzando il terreno con una sorgente sismica impulsiva.

Per l'acquisizione dei dati sul terreno è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo multicanale (48 canali) "OYO Mc Seis";
- 24 geofoni verticali con frequenza di risonanza di 4,5 Hz;
- 2 cavi sismici per il collegamento dei geofoni, con spaziatura massima pari a 5 metri.
- sorgente sismica impulsiva costituita da mazza di 8 kg.

L'elaborazione dei dati di campagna è simile a quella descritta per le indagini ReMi; si ricava infatti uno spettro di frequenza delle onde superficiali dal quale si estrae una curva di dispersione, invertendo la quale si ottiene il profilo di velocità delle onde S, anche in questo caso relativo al centro dello stendimento.

Nel caso in esame il Masw è stato effettuato con interdistanza tra i geofoni pari a 2 m e lunghezza totale dello stendimento di 46 m (più gli offset esterni dei punti di energizzazione pari a 2 e 4 m su entrambi gli estremi) con profondità di investigazione dell'ordine di 25 m.

Il profilo di velocità ottenuto, sia in forma numerica sia in forma di grafico, è riportato nell'allegato 2 a fine testo.

Calcolo delle "Vs30" e determinazione della categoria di suolo di fondazione secondo il DM 14/01/2008. Sulla base dei dati sismici ottenuti è stato possibile determinare il parametro Vs30 così come definito dal D.M. 14/01/2008:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

Dove :

hi = spessore in metri dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

Vi = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $g < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo;

N = numero strati nell'ambito dei primi 30 metri di sottosuolo.

Dallo sviluppo del calcolo sono stati ottenuti i valori che hanno permesso di individuare, per ogni sito preso in considerazione, le categorie di suolo di fondazione riportate nella tabella del paragrafo successivo.

Valutazione del fattore di amplificazione sismica locale (Fa). Il fattore di amplificazione sismica locale Fa è stato determinato in ognuno dei 10 siti rappresentativi presi in considerazione, applicando la metodologia proposta nell'allegato 5 alla dgr n° 8/7374 che permette di valutare se l'applicazione della normativa sismica introdotta dal DM 14/01/2008 sia da considerare sufficiente o meno a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica legati all'effettiva situazione del sito.

Per questo scopo il valore di Fa deve essere confrontato con i valori soglia definiti dalla Regione Lombardia per ogni singolo Comune, differenziati in funzione della categoria di suolo di fondazione e del periodo proprio dei fabbricati suddiviso in due intervalli:

- da 0,1 a 0,5 secondi, rappresentativo di fabbricati bassi, regolari e piuttosto rigidi, aventi altezza indicativamente inferiore a 5 piani;
- da 0,5 a 1,5 s rappresentativo di strutture più alte e flessibili.

Per il Comune di Zone i valori delle soglie sono riportati nella seguente tabella.

categoria di suolo di fondazione	Periodo 0,1 -0,5 s	periodo 0,5 -1,5 s
Suolo B	1,4	1,7
Suolo C	1,9	2,4
Suolo D	2,2	4,2
Suolo E	2,0	3,1

I passaggi di applicazione del metodo per la determinazione di Fa sono esposti nel seguito.

- Il primo passo consiste nella scelta della scheda di valutazione in base alla litologia prevalente che caratterizza il sito, con successivo confronto fra l'andamento delle Vs con la profondità previsto nella scheda e l'andamento reale riscontrato nell'indagine; la verifica deve essere fatta partendo dalla scheda di tipo 1 e, nel caso in cui questa non fosse verificata per valori di Vs inferiori ai 600 m/s, si deve passare all'utilizzo della scheda di tipo 2. In presenza di una litologia non contemplata nelle schede di valutazione esistenti, nel caso di alternanze litologiche e nel caso in cui in cui esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricada nel campo di validità della scheda, può essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quello riscontrato nell'indagine.

In accordo con tali indicazioni, nell'ambito dei siti esaminati in questa sede la scelta della scheda di valutazione è stata fatta in via preliminare in riferimento ai dati litologico-stratigrafici esistenti, con successiva verifica basata sul confronto fra il profilo di velocità delle onde S ricavato con le indagini geofisiche e i profili delle Vs delle schede disponibili. Tale confronto è schematizzato nei grafici dell'allegato 2, dal quale si evince quali schede sono compatibili con le diverse situazioni esaminate; le schede scelte per i diversi siti sono indicate nella tabella a fine paragrafo. In alcuni casi, non disponendo di dati litologici sufficientemente dettagliati, l'analisi è stata svolta in riferimento a più schede, tutte compatibili dal punto di vista sismico, considerando poi, a favore della sicurezza, il valore di Fa maggiore fra quelli ottenuti. In altri casi la scheda più idonea dal punto di vista litologico presentava leggere discordanze dal punto di vista sismico; è stata quindi svolta l'analisi anche in riferimento ad una scheda meno indicata litologicamente, ma completamente compatibile sismicamente, considerando poi il valore di Fa maggiore fra quelli ottenuti.

- Il secondo passo dell'applicazione della metodologia consiste nell'individuazione dello spessore e della velocità Vs dello strato superficiale, in base ai quali si sceglie all'interno della scheda di valutazione la curva di correlazione T-Fa più appropriata fra le tre disponibili. Nei casi in esame lo spessore e la velocità del primo strato sono stati desunti dai profili di velocità delle onde S ricavati con le indagini geofisiche. In presenza di uno strato superficiale con spessore inferiore ai 4 m, come indicato dalla normativa, si è assunto un primo strato con spessore pari alla somma del superficiale più il sottostante, caratterizzato da una velocità pari alla media pesata tra quella dei due strati. Le curve scelte sono indicate nella tabella a fine paragrafo. Questo discorso vale solo per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s in quanto per il periodo superiore la curva di correlazione T-Fa è unica.

- Il passo successivo consiste nella determinazione di T, che rappresenta il periodo proprio del sito espresso in secondi; in base alle indicazioni della normativa, il calcolo deve essere svolto considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore delle velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s utilizzando la seguente relazione:

$$T (s) = \frac{4 \times \sum_{i=1,N} h_i}{(\sum_{i=1,N} h_i \times V_{s_i}) / \sum_{i=1,N} h_i}$$

Dove :

hi=spessore (m) dello strato i-esimo; Vsi=velocità (m/s) delle onde di taglio dello strato i-esimo; N=numero degli strati.

Nei siti esaminati in cui la profondità del bedrock sismico (Vs=800 m/s) non è stata raggiunta direttamente dall'indagine, in accordo con le indicazioni contenute nell'allegato 5, tale dato è stato ricavato ipotizzando un opportuno gradiente di Vs con la profondità sulla base dei dati dell'indagine, fino al raggiungimento del valore di



800 m/s. Le profondità del bedrock sismico e i valori di T per i siti considerati sono riportati nella tabella a fine paragrafo.

- L'ultimo passo permette di determinare il valore di Fa lungo le curve di correlazione T-Fa in base al valore di T, sia per il periodo compreso fra 0,1 e 0,5 s sia per il periodo compreso fra 0,5 e 1,5 s. In base alle indicazioni della Normativa il valore di Fa deve essere arrotondato alla prima cifra decimale e inoltre, nel confronto con il corrispondente valore di soglia, viene tollerata una variabilità di +0,1. I risultati ottenuti sono indicati nella tabella seguente.

sito e indagine	categoria sottosuolo	Scheda di valutazione	curva correlazione T-Fa	profondità bedrock sismico(m)	T (s)	Fa 0,1-0,5s	Fa 0,5-1,5s	risultato	
								0,1-0,5s	0,5-1,5s
1 Cimitero	B	Ghiaiosa	3	21,7	0,166	1,3	1,1	< soglia	< soglia
2 Val Gasso	B	Sabbiosa	3	42,0	0,284	1,4	1,3	= soglia	< soglia
		Ghiaiosa	3			1,4	1,1		
3 Cislano	B	Ghiaiosa	3	30,5	0,180	1,3	1,1	< = soglia	< soglia
		Sabbiosa	3			1,4	1,2		
4 via Panoramica	E	Ghiaiosa	3	11,7	0,110	1,2	1,0	< soglia	< soglia
		Lim-sabb 1	3			1,2	1,0		
		Lim-arg 1	3			1,2	1,0		
		Sabbiosa	2			1,3	1,1		
5 Cusato	B	Ghiaiosa	3	25,4	0,169	1,3	1,1	< = soglia	< soglia
		Sabbiosa	3			1,4	1,2		
6 Campo Rotondo	B	Ghiaiosa	3	40,5	0,256	1,4	1,1	= soglia	< soglia
		Sabbiosa	3			1,4	1,3		
7 Val Rinat	B	Ghiaiosa	3	15,0	0,095	1,2	1,0	< soglia	< soglia
8 Municipio	B	Ghiaiosa	3	17,1	0,137	1,2	1,0	< soglia	< soglia
9 via Castello	B	Ghiaiosa	3	19,9	0,122	1,2	1,0	< soglia	< soglia
10 Cereto	E	Ghiaiosa	3	12,8	0,126	1,2	1,0	< soglia	< soglia
		Sabbiosa	2			1,4	1,1		
		Lim-sabb 1	3			1,3	1,0		
		Lim-arg 1	3			1,3	1,0		

Per i siti 1, 7, 8 e 9, tutti con categoria di sottosuolo B, la scheda ghiaiosa è ben rappresentativa dal punto di vista litologico e compatibile sismicamente; i valori di Fa risultano inferiori alle corrispondenti soglie per entrambi i periodi di riferimento.

Per i siti 2, 3, 5 e 6, tutti con categoria di sottosuolo B, la scheda più rappresentativa litologicamente è la ghiaiosa, che presenta però discrepanze più o meno marcate, ma comunque limitate, dal punto di vista sismico; questi siti sono stati quindi analizzati anche con scheda sabbiosa, meno adatta, ma comunque accettabile dal punto di vista litologico e completamente compatibile sismicamente; i valori di Fa ottenuti risultano inferiori o al limite uguali alle corrispondenti soglie per il periodo più basso, sempre inferiori alle soglie per il periodo più alto.

Ai siti 4 e 10 è stata assegnata la categoria di sottosuolo E in quanto presentano terreni assimilabili al sottosuolo del tipo C, per uno spessore inferiore ai 20 m, posti sul substrato sismico di riferimento. Per questi siti non sono disponibili dati litologico-stratigrafici sufficientemente dettagliati e quindi l'analisi è stata svolta in riferimento alle quattro schede-base (ghiaiosa, sabbiosa, limoso-sabbiosa1 e limoso-argillosa1), tutte compatibili dal punto di vista sismico, ottenendo valori di Fa sempre inferiori alle rispettive soglie di riferimento.

Per tutti i siti analizzati e per entrambi i periodi di riferimento, sono stati ottenuti valori di Fa non superiori alle rispettive soglie comunali; per tutte le tipologie edilizie la normativa sismica nazionale risulta quindi sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause litologiche dei siti. In fase progettuale è quindi corretto applicare lo spettro della categoria di suolo E per i siti 4 e 10 ed il loro intorno individuato nelle carte di fattibilità, e lo spettro della categoria di suolo B per i rimanenti siti ed il loro intorno.

#### **10.4.b. Valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici**

L'analisi di secondo livello per la valutazione dell'amplificazione sismica per effetti morfologici consiste nella determinazione di fattori di amplificazione (Fa) sulla base delle caratteristiche morfometriche degli elementi che originano tale effetto di sito e si applica solo per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s; per costruzioni aventi periodo proprio compreso fra 0,5 e 1,5s (strutture flessibili e sviluppo prevalentemente verticale, indicativamente comprese tra 5 e 15 piani), non è infatti disponibile la procedura di secondo livello ed è quindi necessario che in fase progettuale si passi direttamente all'analisi di terzo livello.

I valori di Fa determinati devono essere confrontati con il corrispondente valore del coefficiente di amplificazione topografica (St) definito dal DM 14/01/2008 relativamente ad alcune categorie topografiche, come esposto nella tabella seguente:

caratteristiche topografiche	ubicazione intervento	categoria topografica	St
Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore o uguale a 15°	-	T1	1,0
Pendii con inclinazione media maggiore di 15°	in corrispondenza della sommità del pendio	T2	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media compresa fra 15° e 30°	in corrispondenza della cresta del rilievo	T3	1,2
Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media maggiore di 30°	in corrispondenza della cresta del rilievo	T4	1,4

Nel caso in esame sono stati analizzati tutti gli elementi passibili di amplificazione morfologica interferenti con le aree urbanizzate e di espansione urbanistica individuati con il primo livello di approfondimento e rappresentati nella carta della pericolosità sismica locale (zone Z3 - creste e scarpate); diversamente da quanto indicato nella normativa, operando a favore della sicurezza sono state analizzate anche le scarpate e le creste impostate in depositi superficiali, cioè in materiali aventi  $V_s < 800$  m/s.

I dati morfometrici delle creste e delle scarpate sono stati ricavati dalla Carta Tecnica Comunale alla scala 1:2.000 e 1:10.000 e dalla Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 realizzando un numero molto elevato di profili topografici. Per quanto riguarda lo scenario di scarpata (Z3a), il valore di Fa massimo ottenuto nelle varie

situazioni analizzate è risultato pari ad 1,3 ed è stato riscontrato in un solo caso; per quanto riguarda lo scenario di cresta (Z3b) il valore di Fa massimo ottenuto è pari ad 1,2. I valori di Fa ottenuti sono stati confrontati con il coefficiente di amplificazione topografica (St) facendo riferimento alla categoria T2 per le scarpate e, vista la morfologia di quelle presenti nell'ambito dell'area in esame, alla categoria T3 per le creste.

Relativamente alle creste, i valori massimi di Fa ottenuti non superano i valori di St della corrispondente categoria topografica; questo vale anche per le scarpate in quanto anche per l'amplificazione morfologica i valori di Fa devono essere confrontati con le soglie considerando una tolleranza di +0,1. Nell'ambito dell'area analizzata, la normativa sismica nazionale è quindi sufficiente a tenere in considerazione gli specifici effetti di amplificazione sismica per cause morfologiche e si applica pertanto il relativo spettro.

#### **10.5. SOVRAPPOSIZIONE SULLE CARTE DI FATTIBILITA' DEI RISULTATI DELL'ANALISI SISMICA DI SECONDO LIVELLO**

Sulle carte di fattibilità (Tavola 7 alla scala 1:10.000 - Tavola 8 alla scala 1:2.000) sono stati sovrapposti i risultati dell'analisi sismica di secondo livello ed il limite dell'area di applicazione, corrispondente al settore urbanizzato del territorio comunale ed ad un suo intorno; le aree caratterizzate da amplificazione sismica per effetti morfologici non sono state riportate sulle carte di fattibilità in quanto il valore di Fa non supera la corrispondente soglia. Volendo individuare tali aree, e più in generale le aree passibili di amplificazione sismica anche all'esterno dell'area di applicazione dell'analisi di secondo livello, si deve fare riferimento alla carta di PSL alla scala 1:10.000 (Tavola 13).

Relativamente all'amplificazione litologica, i 10 siti di indagine sono stati raggruppati in base ai risultati dell'analisi di secondo livello, esportando lateralmente, rispetto ai punti di indagine, i risultati ottenuti entro ambiti omogenei dal punto di vista geologico-geomorfologico e litologico-stratigrafico, ottenendo aree omogenee dal punto di vista della pericolosità sismica per effetti litologici, che sono state differenziate nelle seguenti categorie a seconda della problematica riscontrata.

- Aree in categoria di sottosuolo E con valori di Fa inferiori alle soglie della categoria E per entrambi i periodi di riferimento: settore alla base del versante sud dei Corni Capreni (sito di indagine 4) comprendente la parte superiore dell'abitato di Cusato e la zona ad est dell'impluvio Val Mai-Valle Moie e settore alla base del versante ovest del Monte Bluzena (sito 10) presso la parte nord della località Cereto.
- Aree in categoria di sottosuolo B con Fa inferiori alle soglie della categoria B per entrambi i periodi di riferimento: buona parte della restante parte dell'area interessata dall'analisi sismica di secondo livello, comprendente l'abitato principale di Zone e le aree circostanti (siti di indagine 1, 6, 7, 8, 9), la parte inferiore dell'abitato di Cusato (sito 5) e la zona di Englar-Rucca-S.Casciano (sito 2) e la zona di Cislano (sito 3).
- Per maggiore chiarezza e completezza, sulle carte di fattibilità geologica sono state riportate anche le aree in categoria di suolo A, senza amplificazione litologica, presenti nell'ambito del settore sottoposto ad analisi sismica di secondo livello: settori limitati presso Via Castello e presso l'incrocio fra via Grotele e via Panoramica, settore sud della località Cereto.

Le Norme di Piano riguardanti la componente sismica, sia relativamente agli effetti litologici, sia relativamente agli effetti morfologici, sono esposte nell'elaborato "Norme Geologiche di Piano".

## ***FASE DI VALUTAZIONE (SINTESI DEGLI ELEMENTI)***

---

### **11. CARTA DEI VINCOLI**

Nella Carta dei Vincoli, tavola 12, redatta alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale, sono state rappresentate le principali limitazioni all'uso del territorio legate a motivazioni di carattere idraulico ed idrogeologico.

#### ***11.a. - Vincoli derivanti dalla "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI: delimitazione delle aree in dissesto".***

Si tratta delle aree individuate in questa sede in riferimento alle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 in aggiornamento al quadro del dissesto relativo agli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI. Per la descrizione delle aree e della relativa normativa di riferimento si rimanda rispettivamente al capitolo relativo (capitolo 13) ed alle Norme Geologiche di Piano.

#### ***11.b. - Aree di salvaguardia delle captazioni d'acqua pubbliche ad uso potabile***

Aree di salvaguardia delle risorse idriche (d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 e disposizioni regionali in materia: d.g.r. 27 giugno 1996 n. 6/15137 e d.g.r. 10 aprile 2003 n. 7/12693). Nel territorio comunale di Zone si trovano alcune sorgenti captate per uso potabile dall'acquedotto comunale oltre a due pozzi situati in prossimità dell'abitato di Zone. Sulla carta, in relazione alla scala, sono state rappresentate solamente le Zone di Rispetto, tralasciando le Zone di Tutela Assoluta definite da un'area circolare avente raggio minimo di 10 m. Le Zone di Rispetto di tutte le sorgenti sono state individuate secondo il criterio geometrico e definite pertanto da un segmento di cerchio avente centro sull'opera di captazione, raggio di 200 m e limitato a valle dall'isoipsa della quota dell'opera mentre le Zone di Rispetto dei pozzi sono state definite secondo un criterio temporale in uno studio condotto dalla società che gestisce l'acquedotto comunale (Carraro, 2010).

#### ***11.c. - Geositi.***

I geositi sono definiti come beni di carattere geologico o morfologico intesi come elementi di pregio scientifico ed ambientale del patrimonio paesaggistico e come tali da conservare e valorizzare. Nel territorio del comune di Zone si trova un geosito censito nell'elenco dell'Allegato 14 alla d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 rappresentato dal sito di valore geomorfologico di livello regionale delle piramidi di erosione di Zone, situate in corrispondenza delle scarpate di erosione impostate nei depositi glaciali in prossimità dell'abitato di Cislano.

In questa sede si segnala, anche se non ancora inserito nell'elenco, l'esistenza di un altro elemento geologico da tutelare per il notevole interesse paleontologico, costituito dalle orme fossili di dinosauri presenti su una superficie di strato delle Arenarie di Val Sabbia in prossimità della chiesa del Disgiolo in Val Orbes, scoperte di recente e studiate da un gruppo coordinato dal Museo di Storia Naturale di Milano.

#### ***11.d. - Vincoli di polizia idraulica.***

Per quanto riguarda i vincoli di polizia idraulica riguardanti i corsi d'acqua presenti nell'ambito del territorio comunale si è fatto riferimento allo studio relativo alla "Individuazione reticolo idrico minore del territorio comunale

di Zone" fatto redigere dal comune in riferimento alle d.g.r. 25/01/2002 n. 7/7868 e 01/08/2003 n. 7/13950 (Consoli, Geo.Te.C., 2004) e aggiornato nel settembre 2011 (Geo.Te.C.), principalmente in adeguamento alla nuova cartografia vettoriale disponibile per il territorio comunale. Nella carta dei Vincoli sono state rappresentate le fasce di rispetto relative ai corsi d'acqua facenti parte del reticolo idrografico principale e minore. Per i dettagli relativi alle fasce di rispetto ed alla normativa si rimanda allo studio relativo.

## **12. CARTA DI SINTESI**

Negli intenti della normativa di riferimento la Carta di Sintesi è un elaborato finalizzato a definire un quadro sintetico ed immediato dello stato geologico del territorio. Questa carta deriva dalla valutazione d'insieme degli elementi emersi nella fase d'indagine, rappresentati negli elaborati cartografici illustrati nei paragrafi precedenti, integrata con le informazioni relative ai principali indirizzi ed orientamenti di pianificazione a carattere geologico, morfologico ed idrogeologico.

La *Carta di sintesi* è stata redatta alla scala 1:2.000 (Tavola 6) per le zone urbanizzate ed un loro intorno ed alla scala 1:10.000 (Tavola 5), sulla base vettoriale comunale, per il resto del territorio. Questo elaborato rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità mediante una serie di poligoni che delimitano porzioni di territorio caratterizzate da problematiche geologiche limitative alla fattibilità geologica per le azioni di piano. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità legata a più fattori limitanti.

In relazione alle caratteristiche geologiche locali ed alle indicazioni della normativa di riferimento, per l'area in esame sono state individuate le seguenti categorie di pericolosità e vulnerabilità idrogeologica, che costituiscono la legenda della carta di sintesi.

### **12.1. - Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti.**

#### *12.1.a - Aree interessate da fenomeni franosi attivi - Aree interessate da fenomeni franosi quiescenti.*

Aree interessate dalla presenza di fenomeni franosi, in genere forme di scivolamento o colata in depositi superficiali, meno frequentemente nel substrato roccioso, attive nel corso dell'ultimo ciclo stagionale o che possono riattivarsi principalmente in seguito a periodi di piogge prolungate. Fenomeni franosi sono presenti soprattutto in corrispondenza delle scarpate di erosione che i corsi d'acqua hanno inciso entro i depositi glaciali, fluvioglaciali e di conoide alluvionale presenti nel fondovalle nell'area di Zone, Cislano e Cusato. Questi fenomeni sono legati soprattutto al riequilibrio delle scarpate create dall'erosione dei corsi d'acqua rispetto alle condizioni litologiche ed idrogeologiche locali. All'erosione al piede da parte del corso d'acqua sono legate anche le frane per colata presenti sul fianco sinistro del Val Nembre di fronte all'abitato di Zone, che sono impostate direttamente nel substrato roccioso, costituito da arenarie e siltiti della formazione delle Arenarie di Val Sabbia.

Interessano in buona parte il substrato roccioso anche le forme franose presenti nel tratto superiore della Val Mai, a monte dell'abitato di Zone, e si tratta principalmente di fenomeni di scorrimento o colata impostati lungo il fianco di una deformazione gravitativa di versante e legati a forme di erosione incanalata ed alla presenza di affioramenti

di acque sotterranee che determinano una situazione idrogeologica delicata per quanto riguarda le condizioni di stabilità dei siti.

*12.1.b - Aree acclivi interessate da diffusi ed intensi fenomeni di degradazione o di erosione o da franosità superficiale diffusa ed aree che possono risentire dell'influenza di tali fenomeni.*

Aree poste su pendii ad acclività piuttosto elevata principalmente con presenza di una coltre di depositi superficiali generalmente di origine detritica di versante od eluvio/colluviale, a volte glaciale, spesso con una frazione fine apprezzabile, oppure con presenza di affioramenti rocciosi, localmente di piccole pareti, spesso costituiti da ammassi rocciosi da mediamente a molto fratturati. Data la forte acclività media e le caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti di rocce o terreni queste aree sono diffusamente interessate da fenomeni di degradazione attivi o quiescenti quali forme di reptazione o soliflusso intenso, fenomeni di erosione da ruscellamento diffuso o incanalato, fenomeni franosi superficiali per scivolamento o colata oppure fenomeni di crollo, ribaltamento o scorrimento in corrispondenza degli affioramenti rocciosi. Si tratta in genere di fenomeni di piccola entità, ma relativamente intensi e che potrebbero evolvere in forme di maggiore consistenza. Sono comprese anche le aree adiacenti a quelle direttamente interessate, ma che possono risentire in modo indiretto dell'evoluzione di questi fenomeni ed essere coinvolte dall'ampliamento in senso regressivo o laterale dei fenomeni oppure dalla loro espansione verso valle.

Queste aree comprendono anche le scarpate di erosione incise dai corsi d'acqua entro i depositi glaciali fluvioglaciali e di conoide presenti al fondo della conca di Zone che, dove non sono direttamente interessate dall'erosione al piede, sono comunque diffusamente soggette a forme di erosione legate alle acque di scorrimento superficiale diffuse o incanalate, a fenomeni di instabilità rappresentati principalmente da forme superficiali di scivolamento o colata, a forme di reptazione piuttosto intensa ed a fenomeni di degradazione dovuti alla mancanza di copertura vegetale. Rientra in queste aree la zona delle piramidi di erosione di Cislano, attivamente interessata da fenomeni di degradazione.

*12.1.c - Aree del settore di fondovalle poste immediatamente a monte delle principali scarpate di erosione torrentizia che possono risentire direttamente dell'influenza dei fenomeni presenti lungo le scarpate stesse.*

Le scarpate di erosione incise dai corsi d'acqua nei depositi glaciali, fluvioglaciali o di conoide alluvionali presenti nel fondovalle tra Zone e Cislano sono a tratti ancora direttamente interessate da erosione al piede oppure da fenomeni franosi o da fenomeni di erosione o degradazioni minori, forme di erosione da ruscellamento diffuso o concentrato, piccoli fenomeni di frana per scivolamento o colata, che nel complesso tendono a fare assumere alle scarpate una morfologia meno acclive ed in equilibrio con le condizioni litologiche ed idrogeologiche locali.

Le aree poste immediatamente a monte del ciglio attuale delle scarpate interessate da erosione o da fenomeni di degradazione hanno quindi una probabilità relativamente alta di essere coinvolte direttamente da questi fenomeni a causa della loro evoluzione morfologica che porta ad un arretramento progressivo del ciglio. L'individuazione e l'estensione di queste aree è stata fatta sulla base di una ricostruzione del quadro morfologico locale e di una valutazione prudenziale dei profili di stabilità delle scarpate in ragione delle condizioni litologiche ed idrogeologiche medie e delle situazioni reali.

*12.1.d - Aree del settore di fondovalle situate in posizione relativamente distante da scarpate di erosione torrentizia, ma potenzialmente influenzabili dalla loro evoluzione ed aree di scarpate non direttamente interessate da fenomeni di erosione o di degradazione.*

Queste aree corrispondono a due situazioni morfologiche diverse, ma che sono legate allo stesso motivo di fondo ed alla sua evoluzione. La prima situazione si riferisce ai tratti di scarpata di erosione torrentizia che per vari motivi non sono più direttamente interessati dall'erosione al piede da parte dei corsi d'acqua o dai fenomeni di degradazione secondari connessi all'erosione al piede, ma che, in ragione della loro acclività e delle situazioni litologiche ed idrogeologiche locali, sono soggette più facilmente di altre all'innescarsi di nuovi fenomeni di erosione e degradazione. La seconda situazione è relativa alle aree poste immediatamente a monte del ciglio attuale delle scarpate interessate dai fenomeni di degradazione potenzialmente interessabili dagli stessi fenomeni a causa dell'evoluzione morfologica che porta ad arretramento progressivo del ciglio.

*12.1.e - Aree interessate dalla presenza di frane per deformazione gravitativa profonda di versante (DGVP).*

Con questa voce sono stati indicati i corpi di frana riferiti a movimenti relativamente profondi ed estesi che coinvolgono uno spessore di materiale indicativamente superiore ad almeno una ventina di metri, in genere dell'ordine di 50-70 m, ma anche fino a 150-200 m. Principalmente si tratta di fenomeni di colata (o flusso o creep) o espansione laterale in roccia, e sono legati ad un comportamento degli ammassi rocciosi di tipo viscoso con deformazioni che determinano un movimento distribuito su più superfici di scorrimento in genere coincidenti con linee di debolezza come variazioni di composizione o fasce cataclamate o milonitizzate.

Data la relativa complessità le aree interessate da questi fenomeni sono state distinte in relazione allo stato di attività complessivo, alla loro collocazione morfologica ed alle condizioni di degradazione locale. Le aree individuate in questa sede comprendono non solo il corpo di frana e le scarpate, ma anche le fasce poste a ridosso dei fianchi e della sommità, che possono essere interessate da fenomeni di degradazione connessi alla riattivazione dei fenomeni profondi.

*Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGVP) quiescenti o probabilmente quiescenti.* In

questa categoria rientrano le aree interessate da fenomeni franosi profondi che, oltre ad una netta evidenza morfologica d'insieme, presentano forme relativamente fresche, quali trincee, fessure di trazione, rilassamento degli ammassi rocciosi, o che sono state interessate recentemente dalla comparsa o dalla riattivazione di fenomeni di degradazione minori, come frane di scivolamento o soprattutto caduta di blocchi rocciosi, e che sono pertanto da considerare come forme nel complesso quiescenti o probabilmente quiescenti. Queste aree sono presenti localmente in alcuni settori dei versanti della Valle di Gasso, della Valle di Tuf, della Val Vandul, sul versante nord della linea di cresta Monte Aguina - Monte Guglielmo e soprattutto sul rilievo dei Corni Capreni.

Queste aree possono risentire in modo diretto dell'evoluzione dei fenomeni franosi profondi ed essere quindi interessate dalle deformazioni connesse al loro movimento complessivo, alle deformazioni legate alla comparsa di nuove fessure di trazione e scarpate di frana intermedie ed all'innescarsi di fenomeni franosi o di degradazione locali, sia in roccia sia in terra, conseguenti al rilascio tensionale. La probabilità di risentire delle deformazioni e l'intensità delle deformazioni stesse sono maggiori per le zone che coincidono o sono adiacenti alle fratture di trazione ed alle scarpate principali e secondarie rispetto alle altre zone.

Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) senza evidenze di attività e probabilmente inattive. Aree di frana per deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) senza evidenze di attività e probabilmente inattive poste nelle vicinanze delle aree probabilmente quiescenti. Aree poste in corrispondenza di fenomeni di frana per deformazione gravitativa profonda di versante o per espandimento laterale per i quali si ha solo un'evidenza morfologica complessiva, a volte non particolarmente marcata, e non si hanno testimonianze dirette o indirette di deformazioni avvenute in tempi recenti e che pertanto potrebbero essere inattivi e stabilizzati. Queste aree possono essere soggette più facilmente di altre a fenomeni franosi minori, soprattutto fenomeni di caduta di blocchi rocciosi, od a fenomeni di degradazione, a causa delle situazioni morfologiche delicate e delle condizioni geotecniche scadenti conseguenti ai fenomeni di rilascio tensionale e di frana che hanno subito, od alle eventuali conseguenze di una riattivazione dei fenomeni profondi quiescenti che interessano aree vicine. Nell'ambito di queste aree sono state quindi distinte le aree poste in vicinanza ai settori di frana considerati come probabilmente quiescenti, per le quali è teoricamente maggiore la probabilità di innesco di fenomeni minori o di risentire di una riattivazione dei fenomeni quiescenti vicini, dalle aree più distanti dai settori quiescenti, per le quali le probabilità sono minori.

*12.1.f - Aree a pericolosità potenziale per fenomeni di caduta di blocchi rocciosi. Zone sorgente - zone di transito ed accumulo a pericolosità da media ad elevata, a pericolosità bassa ed a pericolosità molto bassa.*

In questa categoria sono state distinte diverse classi di sintesi corrispondenti ai differenti gradi di pericolosità definiti nelle indicazioni contenute nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374. L'individuazione delle aree a diversa pericolosità è stata ricavata da una valutazione condotta sulla base di un criterio morfologico.

Zone sorgente dei fenomeni di caduta di blocchi rocciosi. In questa voce rientrano le pareti rocciose soggette stagionalmente o potenzialmente interessate dal fenomeno distacco e caduta di blocchi in seguito alla degradazione degli ammassi rocciosi che le costituiscono. Sono diffuse soprattutto su entrambi i versanti della Val di Gasso e sul versante destro della Val Cavallino e della Valle di Tuf, dove interessano principalmente le unità a calcari e dolomie massicce o in grossi banchi e le rocce vulcaniche, e nei settori di territorio posti alle quote maggiori, dove gli ammassi rocciosi risentono con intensità più elevata dell'attività di degradazione favorita dalle condizioni climatiche. Rispetto alle classi di pericolosità relative alla metodologia di valutazione della pericolosità per fenomeni di crollo contenuta nella d.g.r. 28 maggio 2008 n. 8/7374 queste aree corrispondono principalmente alla classe H5 o al limite alla classe H4.

Zone di transito/accumulo a pericolosità da media ad elevata - a pericolosità bassa - a pericolosità molto bassa.

Aree caratterizzate da un grado di pericolosità diverso, da elevato a molto basso, in funzione della posizione relativa rispetto alla zona sorgente. La valutazione della pericolosità è stata fatta sulla base di un criterio morfologico che ha preso in considerazione le caratteristiche geometriche e strutturali e lo stato di attività delle zone di distacco e le condizioni di acclività, il grado di colonizzazione da parte della vegetazione e la presenza di accumuli recenti. Per la valutazione della zone di espansione dei blocchi in caduta si è fatto riferimento anche al metodo empirico proposto da Focardi (Focardi, 1982) in relazione al rapporto tra altezza della parete e massima distanza percorsa dai blocchi, considerando diversi valori del rapporto e confrontando i risultati delle valutazioni con le condizioni morfologiche dei siti.



Le aree a pericolosità da media ad elevata - corrispondenti alle classi di pericolosità H4 ed H3 - comprendono le zone poste subito a valle delle pareti rocciose, che hanno una maggiore probabilità di essere raggiunte dai blocchi in caduta, interessate direttamente dal primo impatto sia dai rimbalzi successivi, quando le energie sono maggiori. Nelle zone a maggiore attività queste aree si estendono spesso fino a comprendere l'intera lunghezza delle falde di detrito, ma in genere corrispondono ai settori medio-superiori delle falde.

Le aree a pericolosità bassa - corrispondenti alla classe di pericolosità H2 - rappresentano le zone di potenziale espansione dei blocchi in seguito a fenomeni di rotolamento dopo i rimbalzi conseguenti ai primi impatti, e sono quindi legate a episodi di distacco poco frequenti, anche se contraddistinti da volumetrie complessive relativamente superiori alla media, ma con energie via via più contenute.

Le aree a pericolosità molto bassa - corrispondenti alla classe di pericolosità H1 - comprendono i settori distali delle zone di accumulo dove la probabilità di essere raggiunte dai blocchi in caduta e le relative energie sono minime.

L'ampiezza massima di queste aree è risultata in genere coincidente con l'estensione delle falde di detrito poste alla base delle pareti anche se a volte la loro estensione risulta maggiore, proprio in ragione della bassa probabilità.

*12.1.g - Aree con pendenza da media ad elevata, frequentemente con presenza di fenomeni di reptazione, soliflusso o degradazione e talora potenzialmente interessabili da fenomeni di degradazione o frana situati a monte od a valle.*

Aree poste su pendii aventi inclinazione media superiore a circa 30° spesso caratterizzate dalla presenza di una coltre di depositi superficiali, principalmente di origine eluviale o colluviale, in genere con frazione fine apprezzabile e poco addensati, e subordinatamente con presenza di affioramenti rocciosi, localmente di piccole pareti. Queste aree sono potenzialmente soggette a fenomeni di degradazione superficiale e localmente sono già soggette a fenomeni di reptazione superficiale o forme da erosione da ruscellamento diffuso per quanto riguarda i depositi superficiali, od a fenomeni di degradazione, con possibilità di piccoli distacchi e caduta di blocchi, in corrispondenza degli affioramenti rocciosi. Rientrano in questa categoria anche le aree non direttamente interessate da fenomeni di degradazione, ma che potrebbero essere coinvolte dall'attività o dall'evoluzione di forme di degradazione o frane situate in aree vicine, sia poste a monte sia a valle. E' necessario che in queste aree si operi con particolare attenzione rispetto alle situazioni presenti o potenziali soprattutto nel caso di interventi che possono influenzare o essere influenzati dalle condizioni di stabilità locali dei siti.

*12.1.h - Aree con pendenza da media a bassa, talora interessate da fenomeni di degradazione, reptazione o soliflusso.*

Aree poste su pendii aventi inclinazione media dell'ordine di 10° - 30° e caratterizzate in genere dalla presenza di una coltre di depositi superficiali principalmente di origine eluvio/colluviale, a volte glaciale o detritica di versante, in genere con frazione fine apprezzabile e poco addensati. Queste aree sono a volte interessate localmente da fenomeni di degradazione, reptazione o soliflusso di scarsa intensità e sono comunque più facilmente soggette di altre a fenomeni di degradazione superficiale e richiedono pertanto una maggiore attenzione nel caso di interventi che possono influenzare le condizioni di stabilità locali dei siti.

*12.1.i - Aree interessate da fenomeni di valanga con pericolosità elevata - con pericolosità media.*

Queste aree comprendono i settori di versante che sono stagionalmente interessati da fenomeni di valanga. Le aree comprendono le zone di distacco delle masse nevose, le zone percorse dalle masse nevose in movimento e le zone di arresto. Le aree a pericolosità elevata corrispondono alle zone valanghive più acclivi dove sono maggiori la probabilità di accadimento dei fenomeni e la loro intensità, soprattutto in termini di energia. Le aree a pericolosità media corrispondono alle zone valanghive meno acclivi dove la probabilità di accadimento e l'entità dei fenomeni sono minori. L'entità dei fenomeni e conseguentemente l'estensione delle aree e la relativa pericolosità dipendono dalle condizioni meteo-climatiche annuali ed è stata fatta una perimetrazione relativamente ampia ed indicativa.

*12.1.l - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di valanga con pericolosità bassa.*

Queste aree comprendono i settori di versante potenzialmente interessati, in funzione delle condizioni meteo-climatiche annuali, da fenomeni di scivolamento di masse nevose. Le aree comprendono le zone di distacco della neve, le zone percorse dalle masse nevose in movimento e le zone di arresto, con una perimetrazione relativamente ampia ed indicativa dei fenomeni.

*12.1.m - Aree estrattive attive.*

Aree corrispondenti alla cava di dolomia attualmente in attività situata tra il Monte Pura e Punta Calaruso, all'estremità sud-ovest del territorio comunale. Le aree comprendono sia le zone direttamente interessate dall'attività estrattiva sia le zone di pertinenza dove si svolgono attività accessorie all'attività di coltivazione vera e propria. L'attività di coltivazione determina una continua evoluzione dell'assetto morfologico di queste aree, sia delle pareti rocciose direttamente interessate dalla coltivazione, sia delle zone di accumulo temporaneo del materiale cavato.

## **12.2. - Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

*12.2.a - Alveo di piena e sponde dei corsi d'acqua e degli impluvi minori.*

Aree corrispondenti alla sede dei corsi d'acqua superficiali, alveo e relative sponde, dove avviene il deflusso delle acque in condizioni ordinarie. In ragione delle caratteristiche morfologiche dei corsi d'acqua presenti nel territorio in esame queste aree sono in genere interessate da fenomeni di erosione di fondo accompagnati in molti casi da forme di erosione laterale, localmente dalla possibilità di esondazione in occasione delle piene maggiori e pertanto, soprattutto per gli impluvi minori, queste aree comprendono anche delle fasce più o meno estese, poste esternamente alle sponde, che possono essere interessate da fenomeni erosivi o di esondazione.

*12.2.b - Aree potenzialmente interessabili da fenomeni di erosione fluviale con pericolosità da media ad elevata.*

Aree corrispondenti a tratti di sponda impostati in depositi superficiali e potenzialmente soggetti a forme di erosione legate alla dinamica complessiva dei corsi d'acqua, sia per erosione laterale vera e propria, in corrispondenza delle anse più accentuate, sia come conseguenza della tendenza all'approfondimento della curva di fondo. Queste aree sono state evidenziate soprattutto per i corsi d'acqua principali in corrispondenza della zona di fondovalle, tra Zone e Cislano, dove l'attività erosiva è più evidente grazie alla prossimità della soglia di

riferimento per l'erosione locale ed allo spessore della coltre dei depositi superficiali. Per i corsi d'acqua minori, soprattutto nei tratti superiori dove le forme sono meno ampie, le aree soggette ad erosione sono state comprese direttamente nell'alveo.

*12.2.c - Aree potenzialmente esondabili con pericolosità da media ad elevata ed aree potenzialmente esondabili con pericolosità da bassa a media individuate su base morfologica.*

Data la forte tendenza all'erosione i corsi d'acqua presenti nel territorio in esame hanno in genere degli alvei relativamente incisi e le zone potenzialmente esondabili sono piuttosto limitate sia come numero sia come estensione complessiva. Le aree potenzialmente esondabili sono state valutate in base ad un criterio strettamente morfologico in relazione alle sezioni d'alveo disponibili ed alla situazione delle aree esterne. Le aree potenzialmente esondabili con pericolosità da media ad elevata corrispondono sostanzialmente a zone golenali poco rilevate, che rappresentano le fasce di deflusso delle piene ordinarie o delle piene maggiori e che potrebbero essere pertanto interessate da eventi caratterizzati da tiranti idrici alti e velocità elevate della corrente. Le aree potenzialmente esondabili a pericolosità da bassa a media sono in genere settori di piana adiacente all'alveo che potrebbero essere raggiunti dalle acque di esondazione in occasione di eventi a carattere eccezionale, principalmente con bassi tiranti idrici e velocità contenuta.

In alcuni casi, per entrambi le categorie, la possibilità di esondazione è legata alla presenza di evidenti riduzioni della sezione di deflusso causate da opere antropiche come ponti, tombotti o coperture dell'alveo.

### **12.3. - Aree vulnerabili dal punto di vista geotecnico ed idrogeologico**

*12.3.a - Limiti delle zone di rispetto delle captazioni d'acqua ad uso potabile.*

Aree soggette a particolari limitazioni d'uso del territorio perchè ubicate in settori a probabile connessione idrogeologica con corpi idrici sotterranei sfruttati a scopo potabile. In questa categoria rientrano le *Zone di Rispetto* delle opere di presa delle sorgenti e dei pozzi che servono l'acquedotto comunale. Le Zone di Rispetto delle sorgenti sono tutte individuate con il criterio geometrico e sono quindi definite da un arco di cerchio avente raggio di 200 m, centro sull'opera di presa e limitato a valle dall'isoipsa passante per l'opera stessa. Le Zone di Rispetto dei pozzi sono state definite sulla base del criterio temporale, in riferimento all'isocrona di 60 giorni, nell'ambito di uno studio idrogeologico (Carraro M., 2010) fatto eseguire dalla società AOB2 che gestisce l'acquedotto comunale.

*12.3.b - Aree di emergenza e deflusso di acque scaturite da sorgenti temporanee ad elevata portata note con il nome di surdule.*

Con il termine surdule sono indicate localmente delle sorgenti carsiche temporanee caratterizzate da una portata relativamente elevata che si manifesta solo in occasione di periodi di forte alimentazione dell'acquifero carsico al quale sono legate. La riattivazione delle sorgenti si verifica in seguito a periodi di precipitazioni piuttosto intense, con tempi di ritorno dell'ordine di qualche anno, ed avviene in modo relativamente improvviso, con la comparsa di una portata subito elevata, probabilmente legata alla presenza di sifoni nel reticolo carsico.

In corrispondenza delle scaturigini, generalmente impostate in roccia sub-affiorante o scarsa copertura superficiale, sono presenti delle nicchie, ora inattive, di frane relativamente superficiali che potrebbero essere

legate a fenomeni di scorrimento della copertura superficiale causata dalla saturazione dei terreni da parte delle acque delle sorgenti e che probabilmente hanno coinvolto anche la parte superficiale, fratturata ed alterata, del substrato roccioso. Non si esclude che i fenomeni franosi possano essere legati alla presenza di forme di rilascio tensionale in corrispondenza del piede di deformazioni gravitative che coinvolgono più in profondità il substrato roccioso. A valle di alcune scaturigini sono evidenti i solchi lungo i quali defluiscono le acque quando le sorgenti sono attive. Nel complesso le aree corrispondenti alle scaturigine, le aree adiacenti, fino a comprendere la zona delle vecchie nicchie di frana ed i solchi posti a valle, sono settori da mantenere liberi per il deflusso delle acque e da controllare per la possibilità di innesco di fenomeni di degradazione.

*12.3.c - Aree con evidenti fenomeni carsici di superficie.*

Queste aree corrispondono direttamente ad alcuni fenomeni carsici di superficie, inghiottitoi e doline, presenti principalmente lungo le fasce della linea di cresta Monte Aguina-Monte Agolo e Dosso Pedalta-Monte Guglielmo-Corna Tiragna e nella fascia sommitale tra Malga Guglielmo di sotto e La Testata, che sono sicuramente connesse alla presenza di fenomeni carsici profondi quali condotti e grotte. Le forme carsiche di superficie sono tuttora interessate da circolazione d'acqua e dal procedere dei fenomeni di dissoluzione e così di conseguenza anche le forme sepolte. Queste aree potrebbero quindi essere soggette ad un ampliamento delle forme esistenti eventualmente accompagnato da fenomeni di sprofondamento sia pure localizzati.

*12.3.d - Aree con probabile presenza di fenomeni carsici profondi.*

Queste aree corrispondono ad una zona caratterizzata da una leggera depressione molto probabilmente di origine carsica che potrebbe essere connessa alla presenza di forme carsiche sepolte, situata sul versante est del Monte Aguina, in prossimità di una zona caratterizzata da evidenti forme carsiche di superficie. La presenza di cavità sepolte, qualora fossero interessate attivamente da fenomeni di dissoluzione, potrebbe comportare il pericolo di sprofondamenti del terreno.

*12.3.e - Aree con terreni aventi mediocri o scadenti caratteristiche geotecniche.*

Aree caratterizzate dalla presenza di terreni a granulometria relativamente fine, limosa, limoso-sabbiosa o limoso-argillosa, non addensati e con comportamento geotecnico da mediocre a scadente, con una permeabilità da bassa a molto bassa, bassa resistenza al taglio e compressibilità alta. Queste aree sono state evidenziate principalmente nella zona di Malga Guglielmo di sotto, dove è presente una leggera depressione al fondo della quale si sono sedimentati, sia pure con spessori non elevati, depositi relativamente fini e ricchi di sostanza organica. Altri terreni con caratteristiche geotecniche da mediocri a scadenti sono presenti nelle scarpate di erosione incise dai corsi d'acqua nei depositi glaciali e di contatto glaciale che occupano il fondovalle dell'area di Zone e Cislano, rappresentati soprattutto da livelli di sedimenti glaciolacustri o glaciali con abbondante frazione argillosa piuttosto consolidati, ma resi scadenti dalla presenza di acqua che ne riduce la coesione. Poiché questi depositi affiorano in corrispondenza di scarpate piuttosto ripide non sono stati rappresentati direttamente in carta.

*12.3.f - Aree con riporti di materiale, aree colmate.*

Aree caratterizzate dalla presenza di materiale di riporto che può comportare l'insorgere di problematiche di carattere geotecnico relativamente alla natura del materiale stesso e ad eventuali disomogeneità di composizione

e di addensamento del deposito. Queste aree sono localizzate principalmente a Cislano, nei pressi della chiesa di S. Giorgio, in corrispondenza di una vecchia discarica di inerti.

#### **12.4. - Aree potenzialmente pericolose per fenomeni di esondazione e trasporto in massa su conoide**

In ragione della situazione morfologica generale dell'area, caratterizzata dalla netta prevalenza dei fenomeni erosivi, la maggior parte dei corsi d'acqua presenti manca di conoidi alluvionali ben sviluppati in corrispondenza delle zone di confluenza nei fondivalle o nelle zone contraddistinte da una brusca diminuzione di pendenza. Conoidi alluvionali significativi sono presenti solo alla confluenza nella Val Nembre della Val Vandul e della Val di Gasso ed alla confluenza nella Val di Gasso della Valle Ombrino e dell'impluvio di San Casciano. Per il resto sono presenti delle forme minime, tutte comprese al fondo delle scarpate di erosione. La pericolosità morfologica delle aree dei conoidi alluvionali presenti nel territorio comunale di Zone è legata alla possibilità che si verifichino fenomeni di esondazione o di deposizione di colate da parte dei torrenti. La perimetrazione della pericolosità è stata fatta in riferimento alle caratteristiche geomorfologiche dei conoidi e alle opere di regimazione presenti, individuando i percorsi preferenziali di deflusso delle acque di esondazione o delle colate ed è descritta nei paragrafi relativi.

Nella carta di sintesi sono state distinte le aree corrispondenti ai 5 gradi di pericolosità definiti secondo la classificazione individuata nelle procedure relative alla zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e da trasporto in massa lungo i conoidi alpini.

*12.4.a - Pericolosità molto alta (H5).* Comprende le aree corrispondenti all'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente aree corrispondenti a porzioni di conoide. Per i conoidi presenti nel territorio comunale corrispondono sostanzialmente all'alveo dei corsi d'acqua.

*11.4.b- Pericolosità alta (H4).* Comprende le aree con alta probabilità di essere interessate da fenomeni di erosione di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti. Corrisponde in genere al tratto superiore dei conoidi ed a fasce più o meno ampie poste a ridosso dell'alveo od a canali abbandonati nei tratti medio ed inferiore.

*12.4.c - Pericolosità media (H3 e H3\*).* Aree interessate in passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; aree con moderata probabilità di essere esposte a fenomeni alluvionali (esondazione) ed ad erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiale sabbioso-ghiaiosi.

Corrispondono a settori più o meno ampi del tratto intermedio ed a fasce situate a ridosso dell'alveo o in corrispondenza di canali abbandonati nel tratto distale. Sul conoide della Val di Gasso queste aree sono state suddivise in due sottoclassi in funzione della situazione morfologica locale che permette di distinguere dei settori, posti più a monte e all'interno di un vecchio canale abbandonato, indicati come H3\*, dove sono relativamente maggiori la probabilità di essere interessati dai fenomeni e la loro intensità.

*12.4.d - Pericolosità bassa (H2).* Aree mai interessate nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o aree protette da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessate da fenomeni di dissesto.

Queste aree corrispondono in genere ai settori distali od a fasce marginali dei conoidi.

*12.4.e - Pericolosità molto bassa (H1).* Aree che per le caratteristiche morfologiche hanno basse o nulle probabilità di essere interessate dai fenomeni di dissesto.

Queste aree comprendono in genere i tratti distali dei conoidi oppure zone di intercanale poste nel tratto intermedio e relativamente rilevate rispetto ai settori adiacenti.

### **13. CARTA DEI RISCHI IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI**

La Carta dei rischi idraulici e idrogeologici (Tavola 10) con legenda uniformata a quella della cartografia delle aree in dissesto del PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dell'Autorità di Bacino del fiume Po) rappresenta il quadro del dissesto risultante su tutto il territorio comunale in relazione alle categorie individuate dall'Autorità di Bacino ed è finalizzata all'aggiornamento del quadro del dissesto del PAI. La Carta dei rischi idraulici ed idrogeologici è estesa a tutto il territorio comunale ed è stata redatta alla scala 1:10.000 sia sulla base cartografica comunale (tavola 10), direttamente sovrapponibile alla cartografia urbanistica, sia sulla base della C.T.R. (tavola 11).

Poichè la carta vettoriale comunale non è completamente sovrapponibile alla base raster della CTR, in quanto alcuni elementi mostrano forma o disposizione diverse anche solo in parte, per evitare errori di interpretazione si raccomanda di fare riferimento alla carta redatta sulla base vettoriale comunale (Tavola 10).

La redazione è stata fatta in riferimento ai risultati complessivi dell'indagine geologica condotta in questa sede, che ha consentito di individuare le aree soggette ad instabilità dei versanti, ai fenomeni connessi all'attività dei corsi d'acqua ed ai fenomeni di valanga. Le categorie sono piuttosto generali e consentono una prima lettura semplificata, necessariamente non completa e poco dettagliata rispetto alla carta morfologica ed alla carta di sintesi, delle situazioni di pericolosità geomorfologica presenti nel territorio.

La tipologia dei fenomeni considerati e le categorie che costituiscono la legenda della carta sono le seguenti.

- Frane:
  - Fa, aree interessate da frane attive (pericolosità molto elevata);
  - Fq, aree interessate da frane quiescenti (pericolosità elevata);
  - Fs, aree interessate da frane stabilizzate (pericolosità media o moderata).
- Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:
  - Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata;
  - Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata;
  - Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata.
- Trasporto di massa sui conoidi:

- Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (pericolosità molto elevata);
- Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (pericolosità elevata);
- Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (pericolosità media o moderata).
- Valanghe:
  - Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata;
  - Vm, aree di pericolosità media o moderata.

Per le zone comprese entro le zone delimitate come aree in dissesto in riferimento alla legenda nell'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici del Piano Stralcio per Assetto Idrogeologico (PAI) valgono le relative disposizioni contenute nelle Norme di Attuazione del PAI per le quali si rimanda alle **Norme Geologiche di Piano**.

**FASE PROPOSITIVA**

**FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

---

**14. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO - NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

Le Norme Geologiche di Piano sono state definite in riferimento alla Carta della Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano che è stata redatta sulla base dell'esame degli aspetti geologici complessivi rappresentati nella cartografia, con particolare attenzione alla Carta di Sintesi ed alla Carta dei Vincoli (Tavola 12 e Tavole 5 e 6), ed è finalizzata a fornire indicazioni generali in merito alla destinazione d'uso delle aree, alle cautele da adottare per gli interventi, agli studi ed alle indagini da effettuare per gli eventuali approfondimenti, alle opere di riduzione del rischio ed alla necessità di controllo dei fenomeni presenti. La Carta della Fattibilità geologica è stata redatta alla scala 1:2.000 (Tavola 8) per il settore delle aree urbanizzate ed alla scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale, utilizzando sia la base vettoriale comunale (Tavola 7), alla quale si raccomanda di fare riferimento perché più aderente alla situazione reale dei luoghi, sia la base raster CTR (Tavola 9), che è stata derivata dalla carta precedente con una semplice sovrapposizione dei limiti.

Le definizioni di ciascuna classe di fattibilità, le indicazioni di carattere generale per lo svolgimento delle indagini necessarie alla valutazione della fattibilità dei singoli interventi e la descrizione dei fattori limitanti rispetto alla destinazione d'uso delle singole aree sono riportati nelle **Norme Geologiche di Piano**.

L'individuazione delle aree in dissesto fatta in questa sede non è definitiva, ma potrà essere modificata, con le modalità e procedure definite dalla Regione Lombardia, in seguito ad eventuali interventi di sistemazione o di difesa o al verificarsi di nuovi fenomeni di dissesto che comportino una variazione delle condizioni di pericolosità.

Dr. geol. Fabio Alberti

Ha collaborato:

dr. geol. Francesco Bosio.

Darfo Boario Terme, settembre 2011.



## 15. BIBLIOGRAFIA

- 1) ASTM - Classification of soils for engineering purposes - 1975.
- 2) Autorità di Bacino del fiume Po - Parma - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) -Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici, Norme di Attuazione - 2001
- 3) Bacchi, Armanelli, Rossini - Valutazione delle portate di piena della Provincia di Brescia. Università degli Studi di Brescia, 1999.
- 4) Bacchi, Mariani, Rossini, Armanelli, Ranzi - Analisi e sintesi delle piogge intense del territorio bresciano - Università degli Studi di Brescia 1999.
- 5) Berruti G. - Levandosi i fiumi sopra le rive. Per una mappa del rischio idrogeologico nel Bresciano - ed. Grafo, 1998.
- 6) Bosio F. - Nuova costruzione infrastrutture agricole in località Nombè nel comune di Zone (BS) - Relazione geologica - Agosto 2010.
- 7) Bosio F. - Progetto per la realizzazione di nuovo complesso residenziale denominato "la Corte di Loden" - Relazione geologica -, Dicembre 2005.
- 8) Carraro M. - Censimento delle risorse idriche - Cogeme S.p.A., Comune di Zone
- 9) Carraro M. - Domanda di concessione all'utilizzo di acque sotterranee e perimetrazione zona di rispetto. Pozzo Valurbes e pozzo Rinat. Studio idrogeologico, idrochimico e ambientale. - Comune di Zone; ottobre 2010.
- 10) Castiglioni G.B. - Geomorfologia.- ed. UTET, Torino 1979.
- 11) Ceriani M., Fossati D., Quattrini S. - Valutazioni della pericolosità idrogeologica sulle conoidi alpine: esempio della metodologia di Aulitzky applicata alla conoide del torrente Re di Gianico. XXVI Convegno di Idraulica e costruzioni idrauliche, Catania, 9-12 settembre 1998.
- 12) Ceriani M., Mazzoccola D., Agostoni S., Quattrini S., Sciesa E. - Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana nei " siti a rischio " in adempimento alla legge 267/98.
- 13) Civita M. - Idrogeologia applicata ed ambientale. - Casa editrice Ambrosiana, 2005.
- 14) Consoli M., Geo.Te.C. - Individuazione del reticolo idrico minore e delle fasce di rispetto - Comune di Zone; dicembre 2004.
- 15) D.lgs. 3 aprile 2006 n. 152 - G.U. n. 88 del 14/04/06, Suppl. Ord. n. 96.
- 16) D.M. 14 gennaio 2008 - Approvazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni.- Gazz. Uff., n. 29 del 04/02/2008.
- 17) Decreto del Capo del Dipartimento della protezione civile del 21 ottobre 2003 "Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003" - G.U. n. 252 del 29 ottobre 2003
- 18) Franzoni O. - "Per castigo di Dio". Note per una mappa delle calamità in Valle Camonica (secoli XIII-XIX) -

- 19) Geo.Te.C. - Comune di Zone - Variante al PRG - Programma Integrato d'Intervento Torcol-Vadur - Comparto C. - Indagine geologico-tecnica. - Comune di Zone; gennaio 2005.
- 20) Geo.Te.C. - Comune di Zone - Variante al PRG - Programma Integrato d'Intervento Torcol-Vadur - integrazione ai sensi della dgr 8/1566/05 allo studio di valutazione della fattibilità geologica per le azioni di piano del dicembre 2005. - Comune di Zone; settembre 2007.
- 21) Geo.Te.C. Studio Associato- Piano Cimiteriale - Indagine geologica, Comune di Zone, dicembre 2010.
- 22) ISPRA - Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 - Foglio 099 Iseo.
- 23) ISPRA - Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia - Foglio 099 Iseo.
- 24) Ordinanza PCM 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 - G.U. n. 105, 8 maggio 2003, Suppl. Ord. n. 72.
- 25) Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone - Gazz.Uff., anno 147, n. 108 del 11-05-2006
- 26) Provincia di Brescia - Studio delle precipitazioni intense in Provincia di Brescia e verifica funzionale della rete pluviometrica esistente - Brescia, 1985.
- 27) Regione Lombardia - D.g.r. 28 Maggio 2008 n. 8/7374 - Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la 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 - BURL - anno XXXVIII, n. 120, 12 giugno 2008, 2° Suppl. Straordinario al n°24.
- 28) Regione Lombardia - D.g.r. n 7/14964 del 7 Novembre 2003 - Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM n°3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"- Boll. Uff. della Reg. Lomb. - anno XXXIII, n. 275, 2003.
- 29) Regione Lombardia - Decreto dirigente dell'unità organizzativa n. 19904/03 21/11/2003 - Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n° 14964 del 7 Novembre 2003 - Boll. Uff. della Reg. Lomb. - serie ordinaria, n. 49 del 1/12/2003.
- 30) Regione Lombardia - L.r. 11 marzo 2005 n. 12 - Legge per il governo del territorio - BURL. - anno XXXV, n. 69, 16 marzo 2005, 1° Suppl. Ordinario.
- 31) Regione Lombardia - L.r. 14 luglio 2006 n. 12 - Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 "legge per il governo del territorio". - BURL 18 luglio 2006, n. 29, 1° suppl. ord.
- 32) Regione Lombardia, Direzione Generale Territorio ed Urbanistica, Struttura Rischi Idrogeologici - Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia - 2002.
- 33) Servizio Geologico d'Italia - Carta Geologica d'Italia. Scala 1:100.000. Foglio n. 34, Breno; Roma 1970.
- 34) Servizio Geologico d'Italia - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio n. 34, Breno. - Roma 1971.