COMUNE DI CLUSONE
Provincia di Bergamo

AGGIORNAMENTO DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
AI SENSI DELLA D.G.R. XI/6314/2022 E DELLA D.G.R. XI/6702/2022

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
con integrazioni di cui al parere di Regione Lombardia
(Prot. Z1.2025.0035542 del 20/11/2025)



DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almè (BG), dicembre 2025

CORRADO REGUZZI GEOLOGO **STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA** VIA VENTOLOSA 2 24018 VILLA D'ALMÈ (BG)
T 0 3 5 6 3 8 2 2 2 C 3 3 5 2 9 0 8 7 1 reguzzi@reguzzi.it reguzzi@pec.it www.reguzzi.it

INDICE Pag.

1 PREMESSA 1

FASE DI INQUADRAMENTO

2 CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI 3
2.1 Clima 3
2.2 Precipitazioni 3
2.3 Precipitazioni brevi e di forte intensità 5
2.4 Temperatura 8
2.5 Radiazione solare 10
2.6 Manto nevoso 11
2.7 Anemometria 11

FASE DI ANALISI

3 ASSETTO STRUTTURALE 13
3.1 Assetto strutturale provinciale 13
3.2 Indizi di tettonica recente 21

4 GEOLOGIA 23
4.1 Criteri di indagine 23
4.2 Depositi superficiali 23
4.2.1 Unità non distinte in base al bacino di appartenenza 23
4.2.2 Bacino del Fiume Serio 27
4.2.3 Anfiteatro Serio 29
4.2.4 Anfiteatro Oglio-Borlezza 38
4.3 Substrato roccioso 42
4.3.1 Formazione di Gorno (GOR) 42
4.3.2 Formazione di Castro Sebino (CSO) 43
4.3.3 Dolomia Principale (DPR) 45
4.3.4 Gruppo dell'Aralalta 47

5 ELEMENTI DI PEDOLOGIA 50

6 CARATTERI GEOMORFOLOGICI 52
6.1 Criteri di indagine 52
6.2 Ambiti geomorfologici 53
6.2.1 Piana di Clusone 53
6.2.2 Zona di raccordo piana-versanti 55
6.3 Forme, processi e depositi 57
6.3.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità 57
6.3.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali 60
6.3.3 Forme, processi e depositi legati al carsismo 63
6.3.4 Forme e processi legati all'attività glaciale 63
6.3.5 Forme, processi e depositi di origine poligenica 64
6.3.6 Forme, processi e depositi antropici 64

6.4 Acclività dei versanti 66
6.5 Valanghe 67

7 IDROGRAFIA 68
7.1 Criteri di indagine 68
7.2 Caratteri idrografici 69
7.2.1 Reticolo idrico principale: fiume Serio 70
7.3 Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale 74
7.3.1 Valle Inferno 74
7.3.2 Val Flesch 75
7.3.3 Val Gavazzo 77
7.4 Reticolo idrico minore 79
7.4.1 Val Serraia 79
7.4.2 Torrente Nember 81
7.4.3 Valle Musgat 82
7.4.4 Valle di Via Rizzoli 83
7.4.5 Valle di Via Somvico 83
7.4.6 Valle Barbino 84
7.4.7 Valle a monte di Via Milano 86
7.4.8 Valle a monte del polo scolastico 87
7.4.9 Valle Cadregone 88
7.4.10 Val Monte Beur 88
7.4.11 Valletta del “Cuc” 91
7.4.12 Valle Lirù 91
7.4.13 Valletta del Prato del Sole 92
7.4.14 Valle della Bosgarina 92
7.4.15 Valle di Cima Tagliate 93

8 IDROGEOLOGIA 94
8.1 Criteri di indagine 94
8.2 Permeabilità 95
8.3 Vulnerabilità 95
8.4 Settore montano compreso tra San Lucio e la Val Flesch 96
8.4.1 Permeabilità 97
8.4.2 Vulnerabilità 97
8.5 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque profonde 98

9 SINKHOLE E CAVITA’ SOTTERRANEE 99
9.1 Fase di analisi 99
9.2 Fasi di sintesi/valutazione e proposta 101

10 ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI CARTA PAI PGRA E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO 102
10.1 Frane attive 102
10.2 Elementi puntuali 103
10.3 Conoidi 103
10.4 Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio 104

10.5 Valanghe 104
10.6 Sintesi carta del dissesto con legenda uniformata PAI 104
10.7 Fasce fluviali 105
10.8 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) 105

11 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE 109
11.1 Criteri di indagine 109
11.2 Indagini geognostiche pregresse 110
11.3 Indagini geognostiche di nuova acquisizione 110
11.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH 110
11.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) 111
11.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) 117

12 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO 119
12.1 Generalità 119
12.2 Stratigrafie di dettaglio 119
12.3 Parametri geotecnici di massima attribuiti ai depositi superficiali 121

13 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA 123
13.1 Zona sismica di appartenenza 123
13.2 Sismicità storica 123
13.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale 127
13.3.1 Metodologia di lavoro 130
13.4 Analisi sismica di 1° livello 130
13.4.1 Carta della pericolosità sismica locale (PSL) 131
13.5 Analisi sismica di 2° livello 133
13.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3 134
13.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4 140
13.6 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s 155
13.7 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s 157

FASE DI SINTESI/VALUTAZIONI

14 VINCOLI ESISTENTI 159
14.1 Quadro del dissesto 159
14.2 Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali 159
14.3 Vincoli di polizia idraulica: Fasce di rispetto Reticolo idrico Principale e Fasce di rispetto Reticolo idrico Minore 159
14.4 Aree di salvaguardia delle captazioni delle acque destinate al consumo umano – aree di tutela assoluta e di rispetto 163
14.4.1 Acque asservite alla rete acquedottistica 164
14.4.2 Acque minerali naturali 164
14.5 Vincoli derivanti dal PTR 166

15 CARTA DI SINTESI 166
15.1 Criteri 166

15.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V" 167
15.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G" 169
15.4 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I" 170

FASE DI PROPOSTA

16 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI E PGRA 172

17 PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLE AREE PAI-PGRA 174

18 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO 174
18.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità 175

19 NORME GEOLOGICHE DI PIANO 177
19.1 Indirizzi generali 177
19.2 Classi di Fattibilità geologica 177
19.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla: "V") 177
19.2.2 Aree con scadenti caratteristiche geotecniche (sigla: "G") 184
19.2.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I") 187
19.2.4 Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni 198
19.3 Prescrizioni sismiche 198
19.3.1 Indirizzi generali 198
19.3.2 Prescrizioni relative agli ambiti di amplificazione sismica locale 199

20 ALLEGATI 201

21 ELABORATI CARTOGRAFICI 201

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce l'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio comunale di Clusone (BG), redatto ai sensi della d.g.r. 6134/2022 "Modifiche ai criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della legge 11 marzo 2005, n. 12 approvati con d.g.r. 2616/2011 e integrati con le successive d.g.r. 6738/2017" e delle successive d.g.r. 6702/2022 e d.g.r. 7564/2022.

Lo studio geologico redatto dallo scrivente e parte integrante del P.G.T. comunale vigente, è stato approvato ai sensi dell'art. 13 della L.R. 12/2005 in data 8 giugno 2011 con delibera del Consiglio comunale n. 34 ed è entrato in vigore il 18 gennaio 2012 in seguito alla pubblicazione dell'avviso sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia n. 3.

In data 30.05.2012 con delibera del Consiglio comunale n. 22 è stato approvato il Regolamento edilizio ai sensi dell'ex art. 28 della L.R. 12/2005, coerente ai contenuti del PGT vigente.

L'aggiornamento dello studio geologico ha seguito lo schema metodologico individuato dalla d.g.r. VIII/2616 del 2011, suddividendo le attività in quattro fasi:

- inquadramento con revisione della cartografia di base;
- analisi di dettaglio dei fattori di rischio presenti sul territorio comunale;
- sintesi e valutazione degli elementi tecnici ritenuti vincolanti per l'uso e la trasformazione d'uso del territorio e finale;
- proposta di zonizzazione del territorio in quattro classi di fattibilità geologica per le azioni di piano, accompagnata da specifiche norme geologiche di piano.

In particolare nella fase di analisi è stato aggiornato lo studio della pericolosità sismica in relazione alla nuova classificazione attribuita al territorio comunale (d.g.r. 11.07.2014 n. X/2129), rispetto a quella considerata nello studio geologico precedente (zona sismica 4); coerentemente a quanto previsto dalla d.g.r.

2616/2011, è stata effettuata la revisione della carta di pericolosità sismica locale ed è stato predisposto l'approfondimento sismico di II livello di cui all'Allegato 5 della suddetta delibera di giunta regionale.

Sono state recepite le aree allagabili del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con stesura della carta PAI-PGRA come previsto dalla d.g.r. 6738/2017 ed aggiornata la carta dei vincoli di carattere geologico, idraulico e idrogeologico (quadro del dissesto PAI-PGRA, polizia idraulica e aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili).

La relazione è stata aggiornata recependo le indicazioni del parere preventivo espresso da Regione Lombardia (Prot. Z1.2025.0035542 del 20/11/2025) sulla documentazione trasmessa in data 01/08/2025 prot. n. 13920 (Atti Regionali Prot. Z1.2025.0025036 del 01/08/2025) e successivamente integrati come richiesto nella nota regionale del 05/08/2025 (Atti Regionali Prot. Z1.2025.0025280 del 05/08/2025).

FASE DI INQUADRAMENTO

2 CARATTERI METEO-CLIMATICI E NIVOLOGICI

2.1 Clima

Il territorio di Clusone è situato nella sottoregione alpina, che va dai 700÷800 ai 1400÷1500 m s.l.m. ed è caratterizzato da un clima temperato-fresco, con regime pluviometrico sublitoraneo di tipo sub-equinoziale primaverile (con massimi e minimi non equivalenti), che registra la presenza di un massimo più elevato in primavera, un massimo secondario in autunno ed un minimo invernale, con una discreta distribuzione di giornate piovose nel periodo vegetativo.

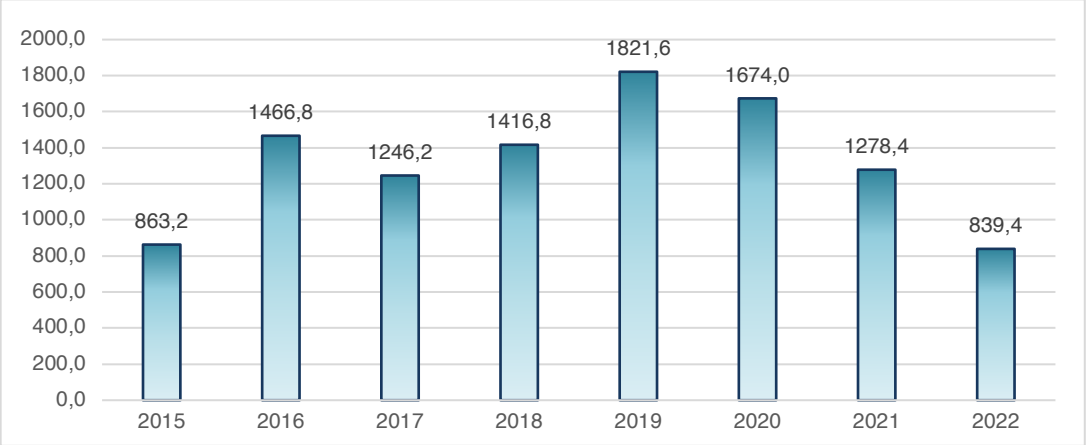
Dal punto di vista fitoclimatico, il territorio in oggetto ricade nella zona fitoclimatica che va dal Castanetum sottozona fredda (delle aree di fondovalle e basso versante) fino all'Alpinetum (delle aree più elevate di alta quota, oltre il limite della vegetazione forestale).

2.2 Precipitazioni

I dati di precipitazione sono stati estrapolati dall'archivio dei dati meteorologici di ARPA Lombardia.

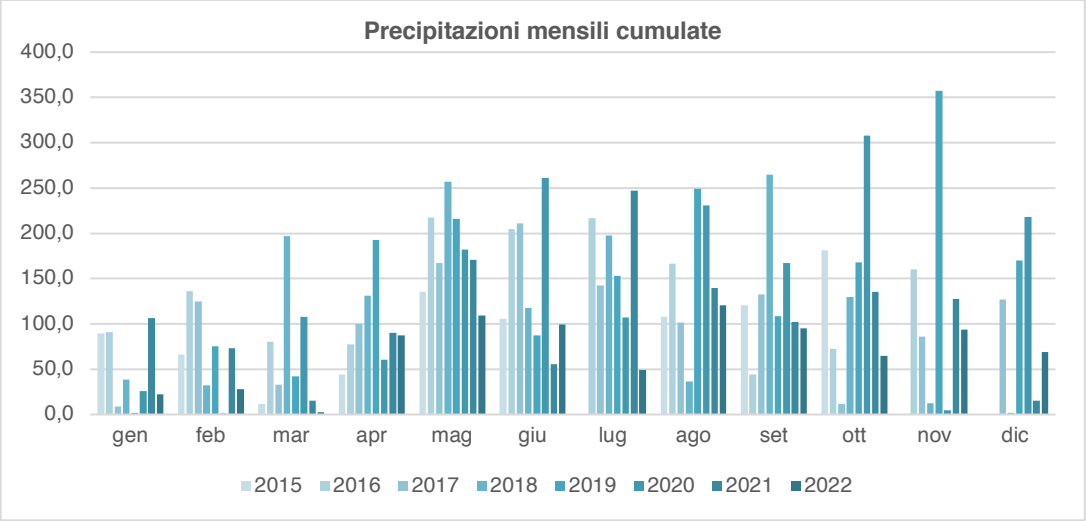
Per l'area di interesse sono disponibili serie sito-specifiche per la presenza di una di rilevamento meteorologico ubicata sul territorio comunale di Clusone – SP 671 che dispone di misurazioni recenti, rappresentative delle condizioni climatiche attuali. La serie analizzata si estende per il periodo 2015-2022.

I valori massimi di precipitazione cumulata annuale sono stati registrati nel 2019, mentre i minimi sono quelli riferiti al 2022; il valore di precipitazione annuo registrato nel 2015 è alterato dall'assenza di registrazioni per circa una mensilità, tra giugno e luglio.

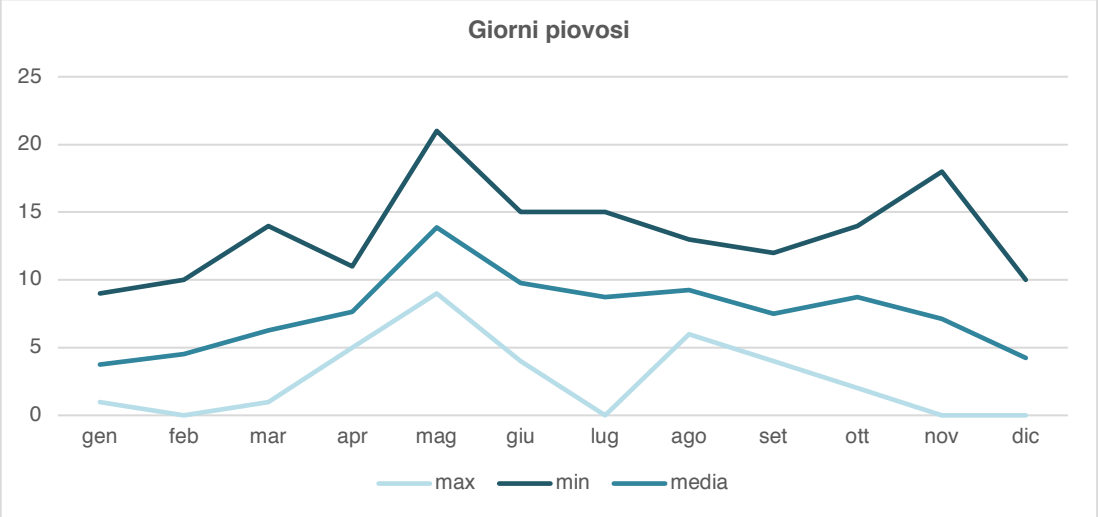


Stazione di Clusone S.P. 671 - Precipitazioni cumulate annuali (in mm).

Il calcolo del numero medio mensile dei giorni piovosi per il periodo 2015-2022, indica la presenza di un picco primaverile a maggio; maggio è anche il mese in cui si sono registrate precipitazioni abbondanti in tutti gli anni di osservazione. Piogge meno abbondanti si registrano nei mesi invernali.



Stazione di Clusone S.P. 671 - Precipitazioni cumulate mensili (in mm).



Stazione di Clusone S.P. 671 - Giorni piovosi (n).

In sintesi, dall'osservazione dei dati e dei grafici di cui sopra, è possibile sintetizzare quanto segue:

- le precipitazioni presentano un valore medio annuo di 1325 mm con un range compreso fra 1.821 mm (anno 2019) e 839 mm (anno 2022);
- la media annua dei giorni piovosi (giorno nel quale la precipitazione assume un valore uguale o superiore ad 1 mm) è di 91 per la stazione di riferimento.

2.3 Precipitazioni brevi e di forte intensità

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, ovvero la determinazione del rapporto che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

L'altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) ed in assenza di perdite.

Per la caratterizzazione degli eventi di breve durata e di forte intensità nell'area comunale, si sono utilizzati i parametri a ed n pubblicati dal Sistema

informativo idrologico (SIDRO) di Arpa Lombardia e da questa determinati interpolando i parametri a ed n ricavati dai dati storici delle altezze di pioggia massima (1-24 ore).

La relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni h in mm alla durata d in ore ed al tempo di ritorno T in anni (linea segnalatrice di possibilità pluviometrica - LSPP), è data dalla seguente espressione:

$h_T = a_1 \cdot w_T \cdot d^n$

dove i parametri a ed n, funzione di T, sono stimati sulla base delle serie storiche di dati disponibili. Attraverso il valore w_T sono implementati i valori dei parametri e dei quantili della distribuzione GEV (α, k ed ε), che permettono la determinazione dell'altezza di pioggia per i vari tempi di ritorno. Nello specifico, il parametro a1 è il coefficiente di scala della linea segnalatrice, pari al valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento; α è un parametro di scala; k un parametro di forma e ε è un parametro di posizione.

Il quantile regolarizzato w_T è funzione dei parametri statistici sopra indicati α, ε, k della distribuzione GEV (Generalized Extreme Values) e si calcola seconda la seguente formula

$w_T = \varepsilon+(\alpha/k)[1-(\ln(T/(T-1)))^k]$

Si riportano di seguito i parametri a1, n, α, k ed ε per eventi della durata superiore a 1 ora, calcolati in corrispondenza della stazione pluviometrica di Clusone:

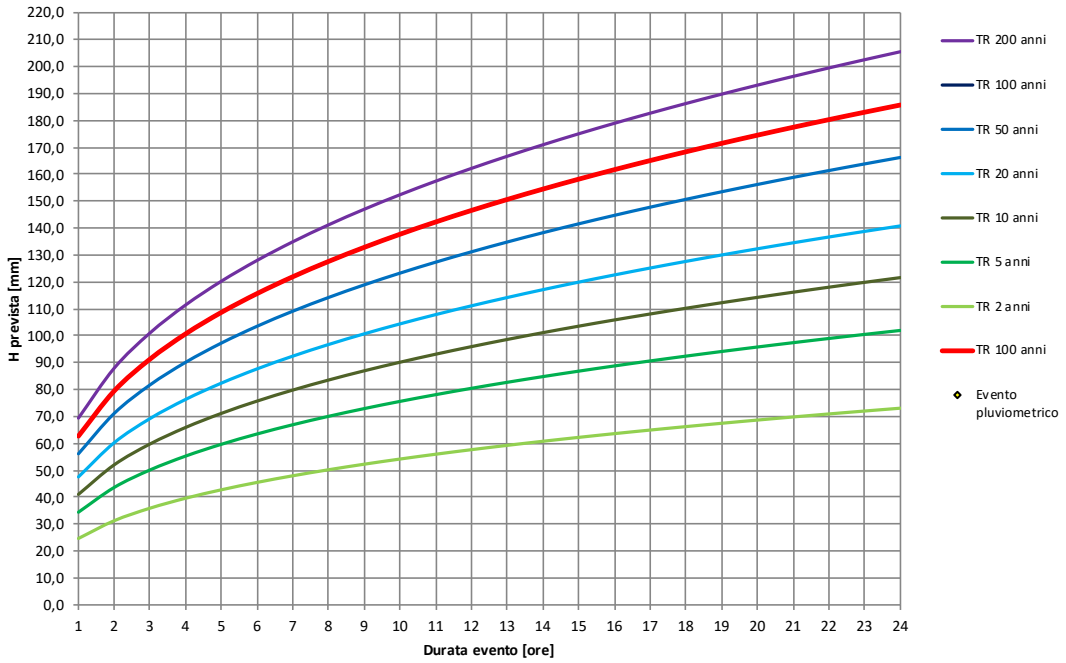
	stazione pluviometrica
a1	26,71
n	0,3416
α	0,3141
k	-0,0274
ε	0,8083

Applicando la metodologia precedentemente esposta si calcolano i coefficienti w_T al variare del tempo di ritorno, considerando i parametri medi a1, n, α, k ed ε.

Tr	2	5	10	20	50	100	200
w_T	0,92400	1,28925	1,53739	1,78025	2,10181	2,34822	2,59846

Da cui risultano le seguenti altezze di pioggia oraria h (mm):

Durata (ore)	Tr2 anni	Tr5 anni	Tr10 anni	Tr20 anni	Tr50 anni	Tr100 anni	Tr200 anni
1	24,7	34,4	41,1	47,6	56,1	62,7	69,4
2	31,3	43,6	52,0	60,3	71,1	79,5	87,9
3	35,9	50,1	59,8	69,2	81,7	91,3	101,0
4	39,6	55,3	65,9	76,4	90,1	100,7	111,4
5	42,8	59,7	71,2	82,4	97,3	108,7	120,3
6	45,5	63,5	75,7	87,7	103,5	115,7	128,0
7	48,0	66,9	79,8	92,4	109,1	121,9	134,9
8	50,2	70,1	83,6	96,8	114,2	127,6	141,2
9	52,3	72,9	87,0	100,7	118,9	132,9	147,0
10	54,2	75,6	90,2	104,4	123,3	137,7	152,4
11	56,0	78,1	93,2	107,9	127,4	142,3	157,4
12	57,7	80,5	96,0	111,1	131,2	146,6	162,2
13	59,3	82,7	98,6	114,2	134,8	150,6	166,7
14	60,8	84,8	101,2	117,1	138,3	154,5	171,0
15	62,2	86,8	103,6	119,9	141,6	158,2	175,0
16	63,6	88,8	105,9	122,6	144,7	161,7	178,9
17	65,0	90,6	108,1	125,2	147,8	165,1	182,7
18	66,2	92,4	110,2	127,6	150,7	168,4	186,3
19	67,5	94,2	112,3	130,0	153,5	171,5	189,8
20	68,7	95,8	114,3	132,3	156,2	174,5	193,1
21	69,8	97,4	116,2	134,5	158,8	177,5	196,4
22	70,9	99,0	118,0	136,7	161,4	180,3	199,5
23	72,0	100,5	119,8	138,8	163,8	183,1	202,6
24	73,1	102,0	121,6	140,8	166,2	185,7	205,5



Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per il territorio di Clusone

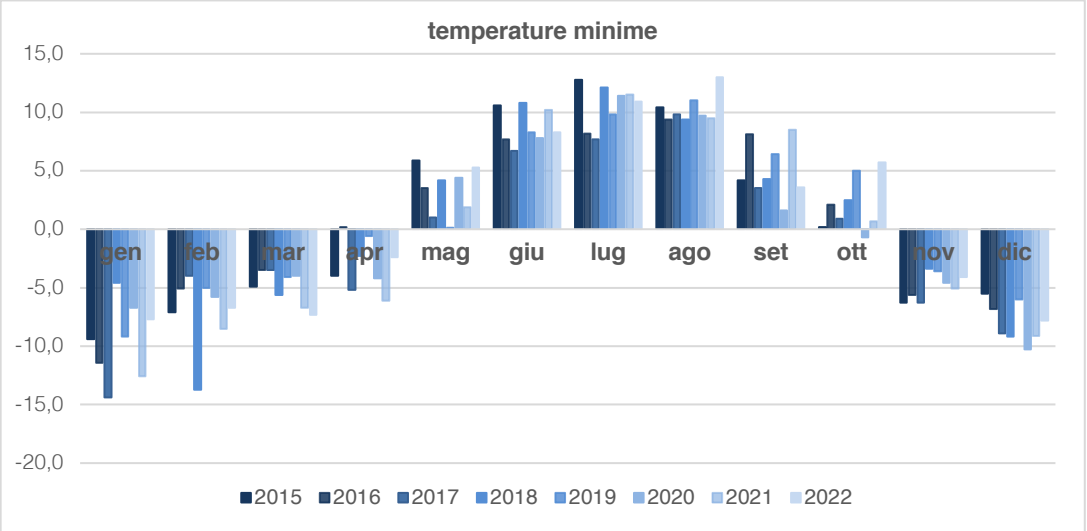
La caratterizzazione degli eventi meteorici brevi ed intensi appare molto importante considerando le caratteristiche dei corsi d'acqua caratterizzati da aste fluviali di ridotte dimensioni e bacini di alimentazione arealmente poco estesi, che sono quelli che maggiormente risentono di precipitazioni brevi ed intense: i bacini montani di piccole dimensioni hanno infatti caratteristiche tali da comportare una risposta pressoché immediata all'impulso di pioggia; ciò si traduce in un trasferimento in alveo di quasi tutte le piogge che cascano sui bacini con tempi molto brevi.

2.4 Temperatura

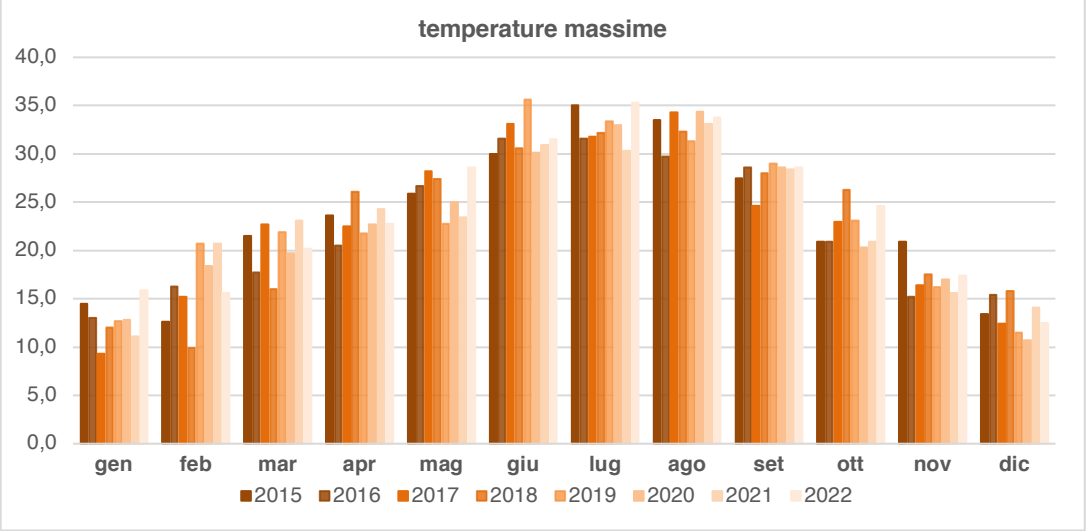
La stazione da cui sono stati mutuati ed elaborati i dati termometrici è sita in comune di Clusone, lungo la SP 671. I dati sono rappresentativi delle temperature dell'area di interesse; le osservazioni riguardano il periodo compreso tra il 2015 ed il 2022, rappresentativo delle condizioni climatiche attuali.

La temperatura media annua risulta di 11,6°C con un’escursione termica media mensile di 22,8°C, con valori massimi che superano i 25°C nei mesi primaverili di marzo ed aprile.

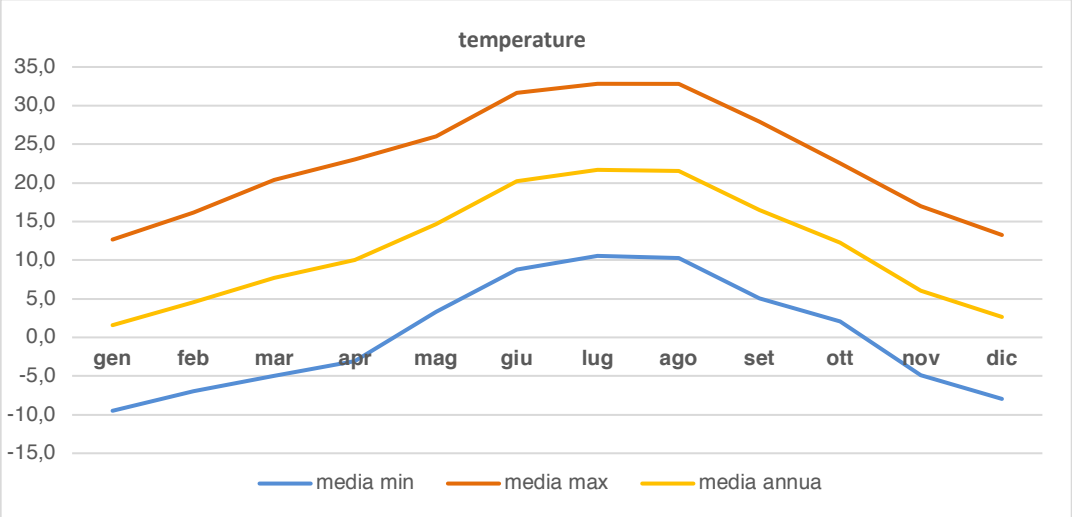
I valori medi delle minime si attestano su una temperatura di 0,2°C ed i medi massimi sui 23,0°C.



Stazione di Clusone S.P. 671 - temperature minime mensili (serie 2015-2022)



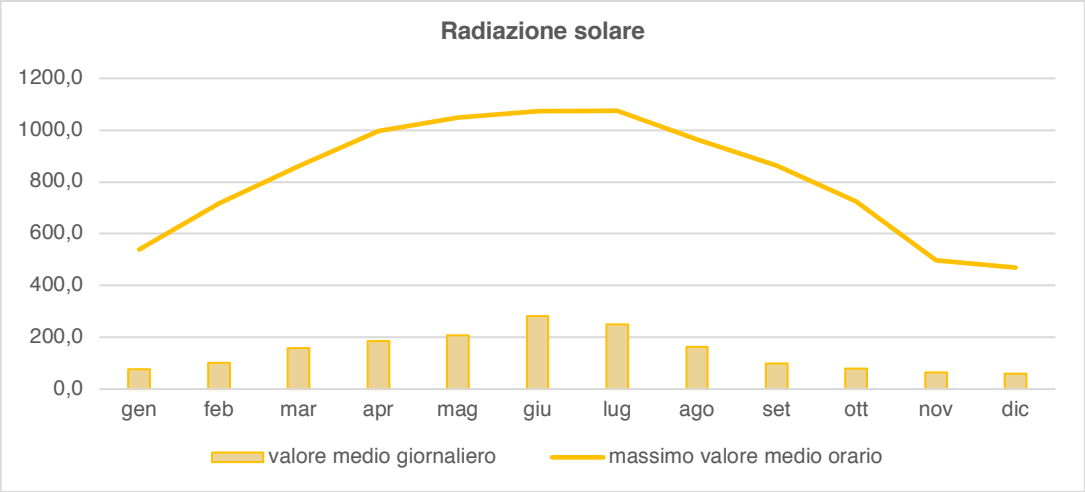
Stazione di Clusone S.P. 671 - temperature massime mensili (serie 2015-2022)



Stazione di Clusone S.P. 671 – confronto temperature medie, medie massime e medie minime (serie 2015-2022)

2.5 Radiazione solare

La stazione meteoclimatica di Clusone – S.P. 671, è dotata di un sensore di misurazione dell'insolazione globale (piranometro); le rilevazione della radiazione solare elaborate per la serie annuali 2015-2022, mostrano valori medi e massimi mensili maggiori nei mesi di giugno e luglio (radiazione solare media giugno di 281,3 W/m2 e luglio pari a 249,1 W/m2) ed i minimi nel periodo invernale di dicembre (radiazione solare media a dicembre pari a 59,9 W/m2), conformemente all'andamento dell'illuminazione solare.



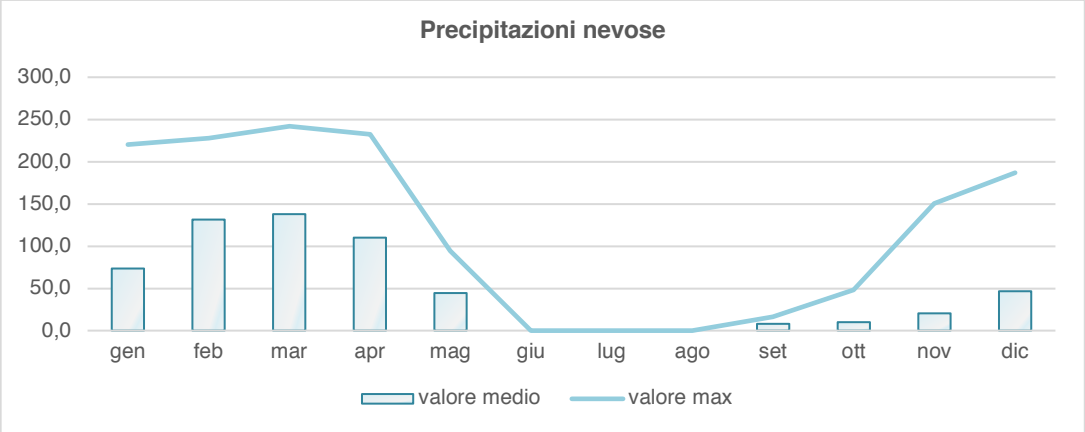
Radiazione globale. Stazione di Clusone S.P. 671 (2015-2022)

2.6 Manto nevoso

Per il Comune di Clusone non sono disponibili dati nivologici specifici per il territorio. I dati nivologici disponibili ed analizzati sono relativi alla stazione di rilevamento meteo-climatico di Vilminore di Scalve, Presolana: i valori utilizzati si riferiscono ad un periodo di osservazione di cinque anni.

L'analisi del fenomeno é puramente indicativa sia per la mancanza di dati sistematici in un numero sufficiente di località, sia per la variabilità del contenuto di acqua nella neve alle diverse quote e per le particolari condizioni morfologiche, altimetriche e climatologiche che caratterizzano il territorio di Clusone.

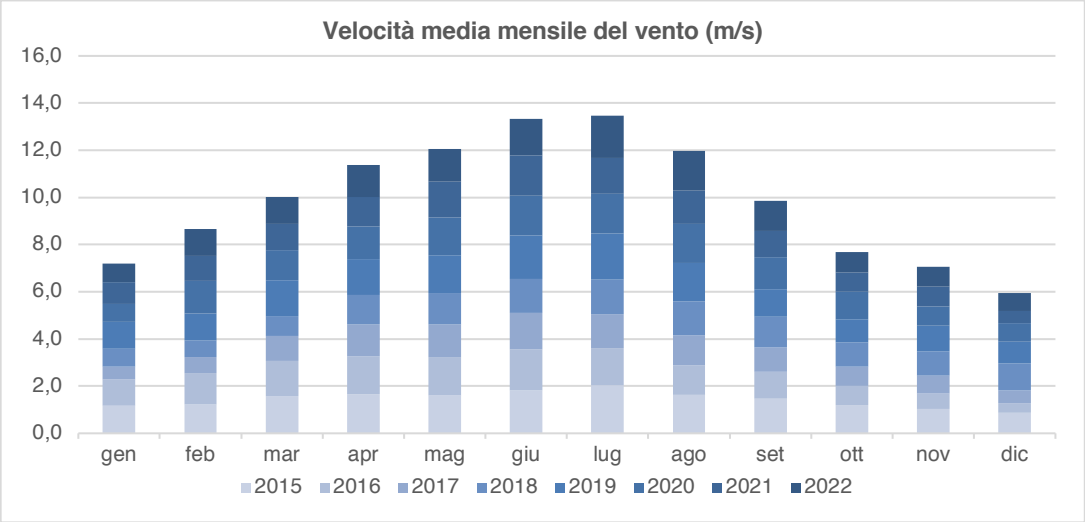
I valori considerati hanno comunque consentito di definire l'altezza media del manto nevoso al suolo: i maggiori apporti a carattere nevoso, in termini di altezza media della neve, si hanno nel bimestre febbraio-marzo. Precipitazioni nevose copiose sono state registrate anche nel mese di aprile.



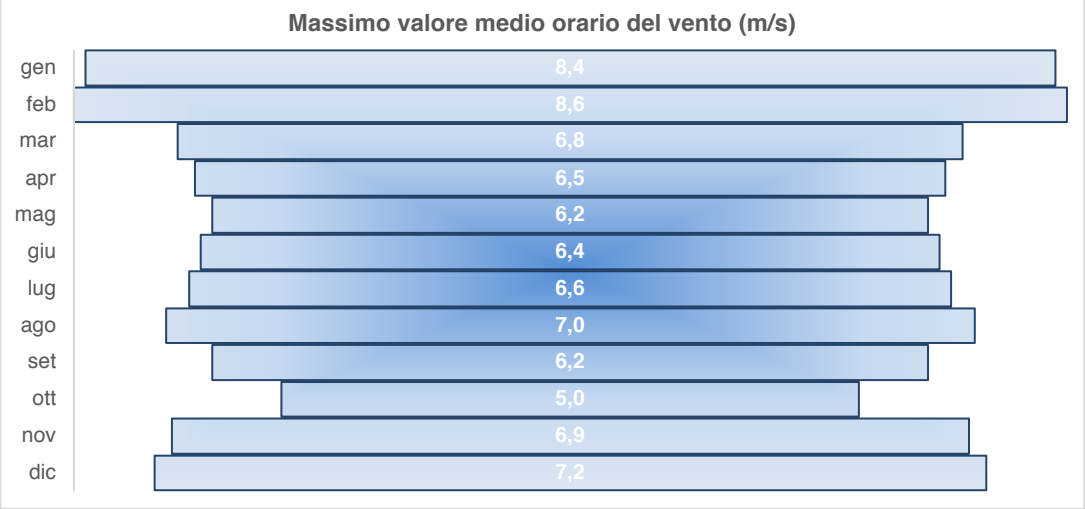
2.7 Anemometria

La stazione anemometrica di Clusone, da cui sono stati elaborati i valori di velocità del vento medi mensili sulla base dei dati medi orari registrati tra gli anni 2015 e 2022, evidenzia la presenza di venti con prevalentemente di origine termica (brezze) con direzione di provenienza prevalente dai quadranti est e nord-est, con una componente significativa da sud-ovest.

I dati individuano un valore medio mensile della velocità del vento variabile tra 1,0 ed 1,4 m/s ed valore medio max pari 8,6 m/s registrato nel mese di febbraio.



Stazione di Clusone S.P. 671 – velocità media mensile del vento (serie 2015-2022)



Stazione di Clusone S.P. 671 – massimo valore medio orario del vento (serie 2015-2022)

FASE DI ANALISI

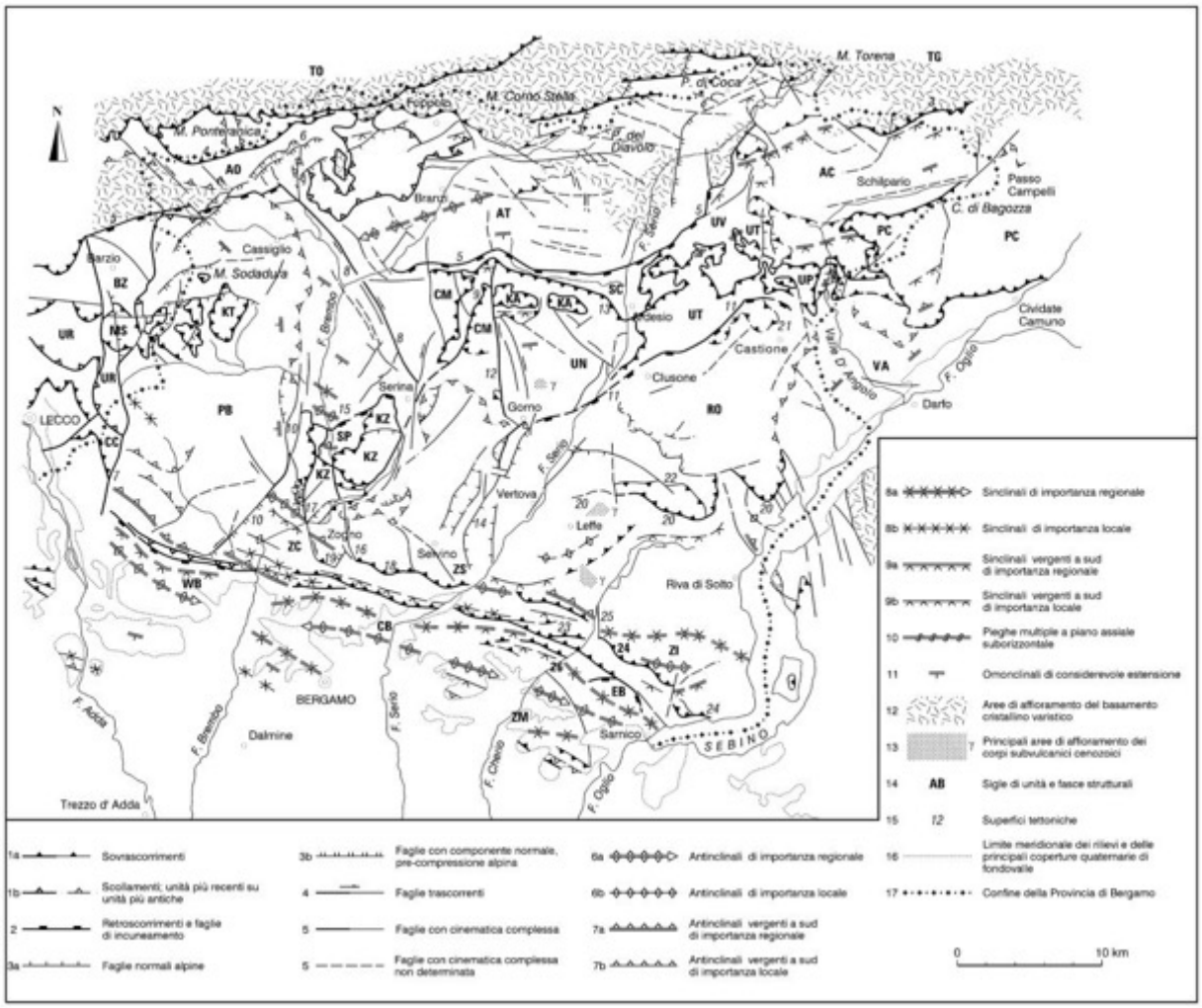
3 ASSETTO STRUTTURALE

3.1 Assetto strutturale provinciale

Il territorio provinciale appartiene al Sudalpino, che rappresenta il settore di catena alpina posto a sud della Linea Insubrica. Il Sudalpino orobico si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione circa est-ovest; i sovrascorrimenti hanno coinvolto il basamento cristallino e la copertura sedimentaria non metamorfica estesa dal Carbonifero al Cretacico, producendo un progressivo ribassamento da nord a sud dei corpi rocciosi più antichi, dai 3.000 m delle Alpi Orobie agli oltre 10 km di profondità al di sotto della Pianura Padana.

Gli attuali tratti strutturali salienti della catena sono dovuti alle fasi compressive alpine, che hanno prodotto una catena a pieghe e thrust pellicolari in assenza di significativi episodi di metamorfismo.

Le maggiori unità strutturali presenti nel territorio provinciale sono rappresentate di seguito e sinteticamente descritte a partire dalle più settentrionali.



L'assetto tettonico dell'area di Clusone è caratterizzato da una struttura a pieghe e retroscorrimenti legati alla compressione alpina orientata Nord-Sud e con vergenza verso i settori meridionali.

Il Foglio Clusone è attraversato in senso Est-Ovest da due principali lineamenti che identificano tre settori caratterizzati dalla presenza di unità litostratigrafiche differenti: la linea Valtorta-Valcanale e la Faglia di Clusone - Linea di Antea. Questi due lineamenti sono impostati sui due principali orizzonti di scollamento presenti nella successione sedimentaria sudalpina: la carniola di Bovegno (Olenekiano superiore - Anisico inferiore) e la formazione di S. Giovanni Bianco (Carnico superiore). Questi orizzonti di scollamento svolgono la funzione di importanti limiti

strutturali, identificando tre aree caratterizzate da differente litologia, successione stratigrafica e comportamento reologico.

All'interno di queste tre unità principali sono riconoscibili più unità minori, ma è importante sottolineare come all'interno del Foglio Clusone le unità minori appartenenti ad ognuna di queste unità principali non siano mai sovrascorse su corpi appartenenti all'unità sottostante.

La superficie di distacco inferiore (Linea Valtorta-Valcanale) è stata identificata come un unico elemento di separazione tra successioni differenti: si tratta di una superficie di scollamento immersa verso Sud con angoli variabili tra 30° e 70°. La Faglia di Clusone, viene anch'essa riconosciuta come una superficie di scollamento principale sviluppatasi lungo i livelli incompetenti della parte sommatale della formazione di S. Giovanni Bianco.

Nel settore di Clusone questa faglia è stata probabilmente riattivata come faglia normale in periodi recenti, come suggerito anche da evidenze morfologiche. La prosecuzione occidentale della Faglia di Clusone è rappresentata dallo scollamento alla base del massiccio dell'Alben e dalla sua prosecuzione nella Faglia di Antea.

Questa interpretazione tettonica implica, dal punto di vista stratigrafico, l'assenza nel territorio del Foglio Clusone di successioni stratigrafiche non disturbate tettonicamente, a causa dei due scollamenti principali presenti nella successione triassica.

Le tre aree definite dalla Linea Valtorta-Valcanale e dalla Faglia di Clusone-Antea sono caratterizzate dalla presenza di unità tettoniche con diversa posizione strutturale (BERRA & SILETTO, 2001):

- unità strutturali inferiori, costituite da basamento metamorfico ercinico con la sua copertura sedimentaria data da unità comprese tra il conglomerato Basale ed il Servino-carniola di Bovegno;
- unità strutturali intermedie, costituite da unità comprese tra la carniola di Bovegno e la formazione di S. Giovanni Bianco;
- unità strutturali superiori, costituite da unità litostratigrafiche a partire dalla Formazione di Castro Sebino.

Unità Strutturali inferiori

Nel settore a Nord della Linea Valtorta-Valcanale le unità strutturali inferiori sono rappresentate, nel Foglio Clusone, da una singola unità tettonica, in quanto le unità strutturalmente più alte riferibili a questo settore affiorano a Nord del limite settentrionale del Foglio Clusone.

Tale unità (Unità tettonica Trabuchello-Cabianca) è costituita da successioni permiane che poggiano sul basamento ercinico che affiora solamente in Valle Seriana. Questo settore è caratterizzato da un'ampia anticlinale asimmetrica con asse orientato WSW-ENE con un fianco settentrionale debolmente immergente verso Nord (15-30°) ed un fianco meridionale verticalizzato in prossimità della linea Valtorta-Valcanale.

Nel settore nordorientale del Foglio la piega è meno sviluppata ed anche il fianco meridionale presenta una pendenza minore. Un inteso e pervasivo clivaggio di piano assiale con giaciture mediamente immergenti verso N-NW con angoli elevati è associato a questa piega.

Sono presenti numerose faglie minori a giacitura subverticale, di limitato rigetto, che spesso presentano una cinematica normale. Il limite superiore di questa unità tettonica è data dalla Faglia Valtorta-Valcanale. Questa faglia presenta una immersione elevata nei settori meridionali, mentre al limite nord-occidentale del Foglio tende ad orizzontalizzarsi e ad assumere un tipico aspetto da scollamento, con parallelismo tra le giaciture della successione del footwall e dell'hanging-wall.

Va notato come nei settori in cui la faglia è più inclinata, anche la stratificazione si presenta più ripida, confermando il significato di scollamento di questo lineamento tettonico e suggerendo una possibile deformazione più recente, legata allo sviluppo delle anticlinali orobiche.

Le differenze di facies e di spessori nella successione del Permiano inferiore indicano una vivace attività tettonica sindeposizionale, che può aver controllato, almeno in parte, lo sviluppo delle faglie alpine.

Unità Strutturali intermedie

Nel settore compreso tra la Linea Valtorta-Valcanale e la Faglia di Clusone-Linea di Antea è possibile riconoscere diverse unità tettoniche principali (costituite

da unità di età compresa tra l'Olenekiano ed il Carnico superiore). Sono inoltre presenti zone a scaglie, soprattutto in prossimità della Faglia Valtorta-Valcanale, definite come "Scaglie di base Valcanale".

Lungo la cresta che dal limite orientale del Foglio Clusone arriva sino al Pizzo Arera è possibile osservare la sovrapposizione tettonica di diverse unità, mentre verso occidente le unità strutturalmente più alte non sono più conservate (verosimilmente per erosione) e l'intero settore è rappresentato da una singola unità (Unità tettonica Menna-Pegherolo-Timogno).

Nel settore centrale del Foglio Clusone è interessante notare come le unità più alte (Unità tettonica Monte Secco-Arera inferiore e superiore) terminino verso Sud prima del contatto con le successioni più recenti che costituiscono l'hanging-wall della Faglia di Clusone.

Questo dato indica che le unità più alte non si spingevano verso Sud molto oltre il loro limite attuale di affioramento: da ciò consegue che il maggiore raccorciamento della successione medio-triassica si è realizzato nel settore attualmente in affioramento, mentre più a Sud, dove è ricoperta dall'unità superiore, la successione è verosimilmente non ripetuta.

Le unità strutturali principali riconosciute in questo settore tendono a chiudersi anche verso Nord, sempre lungo la Linea Valtorta-Valcanale. L'assetto generale del settore è inoltre complicato dalla presenza di alcune unità strutturali minori che presentano una continuità laterale ridotta ed una variazione delle geometrie delle superfici strutturali.

L'assetto strutturale è inoltre complicato da alcune faglie ad andamento N-S e cinematica prevalentemente trascorrente che interessano l'edificio a falde (es. Linea del Grem): tali faglie hanno una geometria complessa che è probabilmente ereditata da lineamenti più antichi riattivati durante l'orogenesi alpina. Verso oriente (versante sinistro della Valle Seriana) le unità strutturali riconosciute ad Ovest continuano sino al settore della Presolana.

Unità Strutturali superiori

A Sud della Faglia di Clusone-Linea di Antea la situazione presenta analogie con quella del settore immediatamente a Nord: a ridosso di questo importante scollamento affiora generalmente una unità tettonica intermedia, anche se in alcuni

settori (zona di Piario) affiora una unità più profonda (Unità tettonica di Piario) direttamente a contatto con la successione a Nord della faglia.

L'unità tettonica più alta (Unità tettonica Corna Lunga-M. Zucco) affiora a ridosso della Faglia di Clusone solamente nel settore del Monte Cornetto, lungo il margine orientale del Foglio Clusone. Nella fascia costituita da successioni post-carniche gli accavallamenti sembrano terminare immediatamente a Sud del margine meridionale del foglio, limite oltre il quale non è più presente l'unità più alta (Unità tettonica Corna Lunga-M. Zucco).

Nel settore di San Pellegrino Terme è osservabile in dettaglio la sovrapposizione di questa unità sull'Unità tettonica M. Alben - P.zzo Formico - S. Pellegrino, che costituisce l'unità più diffusa arealmente nell'Unità strutturale superiore. Il contatto è caratterizzato dalla sovrapposizione della successione carnico superiore-norica (Formazione di Castro Sebino, con piccole scaglie di formazione di S. Giovanni Bianco, Unità tettonica Corna Lunga - M. Zucco) sulla successione retica (Argillite di Riva di Solto, Unità tettonica M. Alben - P.zzo Formico - S. Pellegrino): attualmente la superficie tettonica immerge leggermente verso meridione, indicando un sollevamento dei settori settentrionali verosimilmente successivo alla messa in posto dell'unità tettonica.

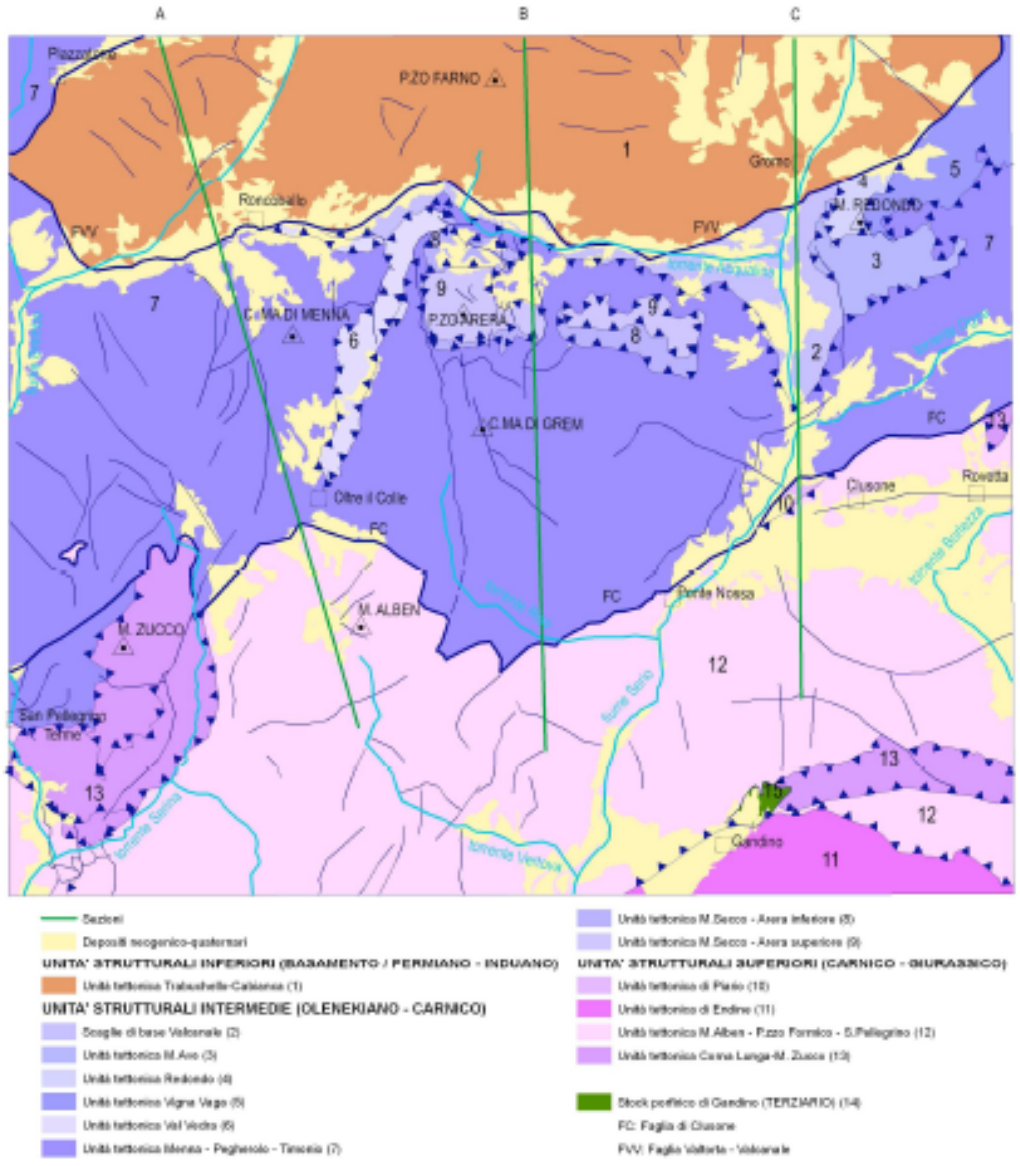
Nel settore di Clusone la Faglia di Clusone-Antea (che costituisce il limite basale dell'Unità strutturale superiore) è più difficilmente osservabile, soprattutto a causa della copertura quaternaria: la faglia presenta una inclinazione verso Sud attorno ai 35-40° e separa le unità massicce dell'*hanging wall* (Formazione di Castro Sebino, in gran parte elisa tettonicamente, e Dolomia Principale) dalle facies carniche (formazione di Gorno e localmente formazione di S. Giovanni Bianco) del footwall. Nel settore del Monte Alben la faglia mostra più evidentemente il suo carattere di scollamento lungo strato. Spostandosi verso meridione si osserva una risalita stratigrafica delle superfici tettoniche che definiscono la base dell'Unita tettonica Corna Lunga-M. Zucco.

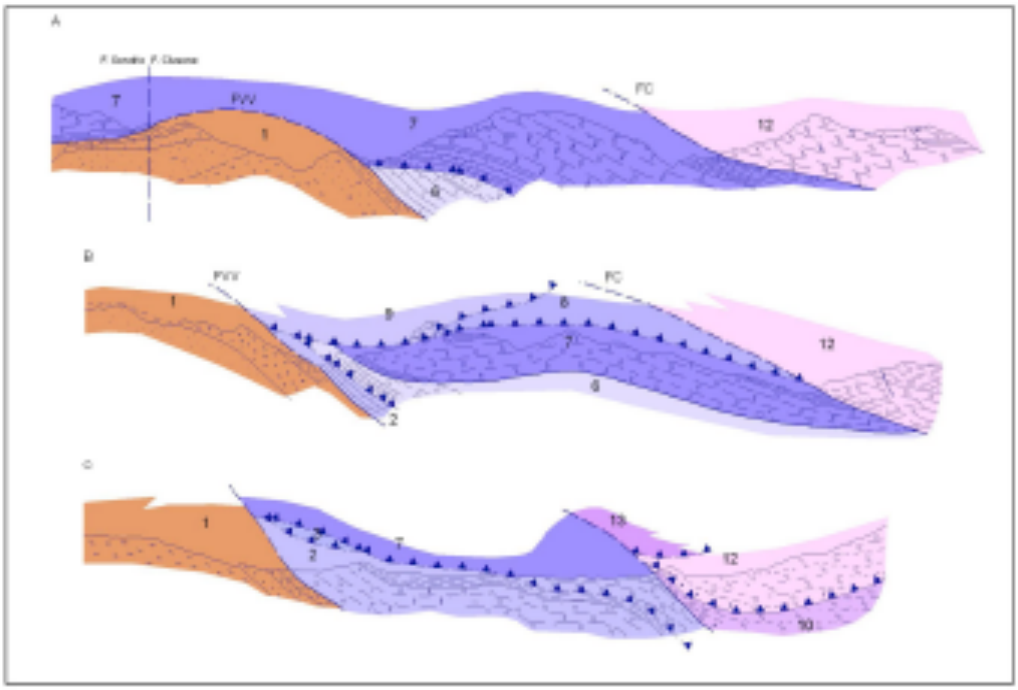
Oltre ai piani di accavallamento principali, sono presenti anche numerosi sistemi di faglie minori antiche con andamento variabile, che spesso controllano lo sviluppo dei *thrust* e che in altri casi tagliano chiaramente strutture più vecchie. Faglie

normali di limitato rigetto (100-150 metri come valori medi massimi) sono sviluppate in più punti e sono presenti in tutti i tre settori individuati.

L'età delle strutture tettoniche riconosciute nel Foglio Clusone si mostra problematica, in quanto non sono disponibili elementi che consentono un qualsiasi tipo di datazione. L'unica informazione possibile è deducibile dai rapporti degli elementi tettonici con i piccoli corpi intrusivi presenti nella parte meridionale del Foglio (porfirite di costa Belloro e di Gandino) che risultano successive allo sviluppo delle faglie principali: i filoni si impostano principalmente lungo faglie e fratture, documentando lo sviluppo dei fenomeni intrusivi principali successivamente alla formazione delle faglie. Va comunque segnalato che localmente questi filoni sono leggermente tettonizzati, indicando l'esistenza di almeno una fase tettonica minore successiva alla loro messa in posto.

Considerando l'esistenza documentata in settori alpini di una fase tettonica cretacica, sembra plausibile ritenere che la strutturazione principale almeno della parte centro-settentrionale della catena sudalpina possa risalire all'evento eoalpino. Possono essere invece successivi i fenomeni di basculamento e deformazione delle superfici principali (con lo sviluppo di pieghe ampie e tendenza ad immersione verso Sud dei piani di sovrascorrimento principali, soprattutto nell'unità superiore).


A
B
C
P.ZO FARNO
Roncobello
C.MA DI VIENA
P.ZO ARERA
C.MA DI GREM
Oltre il Colle
M. ALBEN
M. ZUCCO
San Pellegrino Terme
Gromo
M. REDONDO
Clusone
Rovetta
Parre Nossa
Gandino
FVV
FC
Sezioni
Depositi neogenico-quaternari
UNITA' STRUTTURALI INFERIORI (BASAMENTO / PERMIANO - INDUANO)
Unità tettonica Trabuchello-Cabianca (1)
UNITA' STRUTTURALI INTERMEDIE (OLENEKIANO - CARNICO)
Scaglie di base Vallonale (2)
Unità tettonica M.Ave (3)
Unità tettonica Redondo (4)
Unità tettonica Vigna Vago (5)
Unità tettonica Val Vedra (6)
Unità tettonica Menna - Pegherolo - Timogia (7)
Unità tettonica M.Secco - Aviera inferiore (8)
Unità tettonica M.Secco - Aviera superiore (9)
UNITA' STRUTTURALI SUPERIORI (CARNICO - GIURASSICO)
Unità tettonica di Parco (10)
Unità tettonica di Endine (11)
Unità tettonica M.Alben - Pizzo Formico - S.Pellegrino (12)
Unità tettonica Cima Lunga-M. Zuco (13)
Stock porfirico di Gandino (TERZIARIO) (14)
FC: Faglia di Clusone
FVV: Faglia Vallorto - Vallonale



3.2 Indizi di tettonica recente

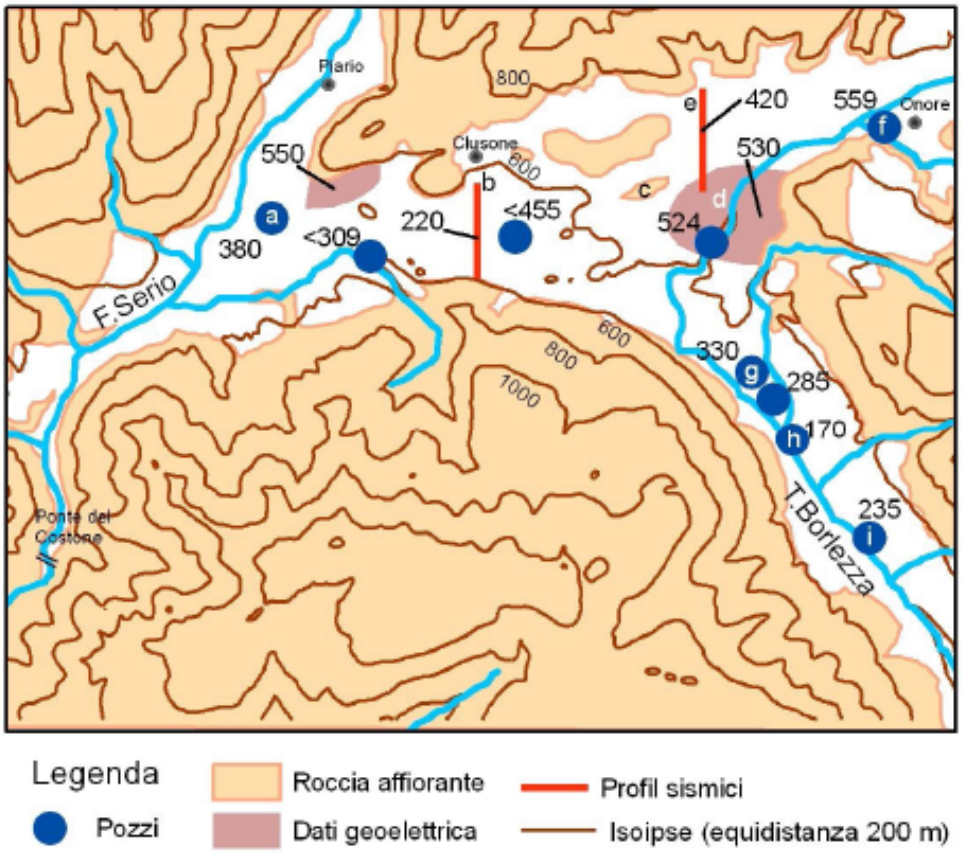
Nel modellamento di tutto il settore considerato, particolare rilievo sembra assumere l'attività tettonica recente: l'area infatti presenta una serie di evidenze fra loro discordanti e che presuppongono l'esistenza di movimenti tettonici sinsedimentari.

L'andamento del fondo in roccia della valle del Serio e delle grandi valli tributarie, per quanto desumibile, è estremamente irregolare. Presso Piario i pozzi raggiungono la roccia attorno a q. 380 m s.l.m., mentre nella stretta di Ponte del Costone l'attuale alveo in roccia è a 430 m s.l.m. Verso Est, oltre il Colle Crosio, il fondo in roccia è attorno a q. 220 m s.l.m., mentre si innalza nuovamente sino a affiorare all'altezza di Dosso Foppe - San Francesco, alla quota di 610 m s.l.m.: si tratta in questo caso della culminazione di un *plateau* evidenziato dalla sismica che continua lateralmente nella cosiddetta "dorsale Maninetti-Songavazzo". Si è quindi in presenza di più superfici erosionali in roccia.

I sedimenti registrano a loro volta dislocazioni anomale. Nel centro della piana, in corrispondenza del Dosso di Fiorine, affiorano conglomerati alluvionali di

incerta correlazione in giacitura secondaria, immergenti verso SW con inclinazione di 30°. Una giacitura secondaria anomala è presentata anche dalla base della successione affiorante nella forra del Valeggia.

Questi elementi indicano l'esistenza, in epoche relativamente recenti, di configurazioni del territorio e del drenaggio diverse da quella attuale, e suggeriscono un riassetto dell'intera area successivo alla prima avanzata glaciale plio-pleistocenica. Mancano tuttavia studi strutturali organici e dettagliati che tengano conto di tali evidenze, e che permettano quindi di correlare fra loro i singoli dati di terreno.



4 GEOLOGIA

4.1 Criteri di indagine

La carta geologica (Tavv. 1a e 1b) è stata compilata per tutto il territorio comunale facendo riferimento alla cartografia CARG, implementata con rilievi sul terreno e con i dati disponibili, forniti dall'Amministrazione comunale.

Le formazioni rocciose ed i depositi superficiali sono stati descritti mantenendo la suddivisione e le denominazioni istituite nella cartografia geologica - CARG redatta in scala 1:50.000.

4.2 Depositi superficiali

4.2.1 Unità non distinte in base al bacino di appartenenza

Sintema del Po (POI)

Diamicton e ghiaie con clasti spigolosi (depositi di versante, di frana e di *debris-flow)*. Ghiaie e sabbie stratificate – depositi alluvionali). Limi laminati, argille, torbe (depositi lacustri e di torbiera). Diamicton massivi a blocchi (depositi glaciali).

Il limite superiore è coincidente con la superficie topografica; la superficie limite è caratterizzata da suoli poco evoluti, assenza di alterazione dei clasti; la superficie limite superiore è caratterizzata da alterazione assente e morfologie ben conservate o ancora in evoluzione. Il limite inferiore è erosionale con il substrato o sulle unità continentali neogenico-quaternarie.

Litologicamente il Sistema del Po è caratterizzato come indicato:

- Depositi di versante: diamicton talora stratificati parallelamente al pendio, a supporto sia clastico che di matrice sabbiosolimosa, matrice argillosa quando derivata da rimaneggiamento di sedimenti più antichi pedogenizzati; clasti eterometrici, sino a blocchi metrici, in genere spigolosi, arrotondati solo se provenienti da precedenti depositi glaciali o alluvionali, alimentati dai versanti soprastanti di cui riflettono le litologie.

- Depositi di frana: diamicton massivi a supporto di matrice fine e clasti spigolosi, eterometrici, sino a blocchi plurimetrici; clasti alimentati dai versanti soprastanti di cui riflettono le litologie.
- Depositi di *debris-flow* e di trasporto in massa: diamicton massivo a supporto di matrice con clasti spigolosi alimentati dai valloni soprastanti.
- Depositi colluviali: limi e limi argillosi con sparsi clasti spigolosi.
- Depositi alluvionali: ghiaie in corpi sia lenticolari che stratoidi, supporto clastico prevalente e matrice sabbiosa, ciottoli ben arrotondati, a selezione variabile; ghiaie a supporto clastico e matrice scarsa o assente, ben selezionate; sabbie massive o laminate. Frequenti ciottoli embricati. Clasti che rispecchiano i litotipi affioranti nel bacino a monte.
- Depositi di conoide alluvionale: depositi di entità ridotta, costituiti da ghiaie grossolanamente stratificate a supporto clastico o di matrice sabbiosa; arrotondamento dei clasti variabile in funzione del trasporto subito, ben arrotondati quando rielaborano depositi precedenti. Intercalati corpi lenticolari spesso massivi, o con ciottoli isoorientati (fenomeni di deposizione in massa), o con strutture minori quali laminazioni oblique a basso angolo e letti a ciottoli embricati. Clasti costituiti da litotipi affioranti nei bacini a monte.
- Depositi glaciali: diamicton a supporto di matrice con ciottoli e blocchi costituiti da litotipi affioranti negli anfiteatri in roccia a monte.
- Depositi lacustri e di torbiera: limi, limi argillosi e argille laminati e talora gradati; limi di colore scuro ricchi in materia organica; torbe in banchi sino a metrici.

I depositi ascrivibili al Sistema del Po sono presenti diffusamente sul territorio comunale, spesso in maniera discontinua o con spessori ridotti, oppure in corpi ben riconoscibili morfologicamente, ma di dimensioni ridotte, tali da non risultare cartografabili. Ridotte falde di detrito sono presenti alla base di quasi tutte le porzioni di versante a elevata pendenza. Frane, colate di materiale e fenomeni di trasporto in massa di piccole dimensioni, sono diffuse sia su litotipi permomesozoici sia su unità continentali neogenico-quaternarie, nonché sui materiali incoerenti derivati dalla pedogenesi.

Significativi per spessore e estensione sono i depositi alluvionali che in alcuni tratti riempiono i fondovalle attuali, a esempio presso Villa d'Ogna (bacino Serio), ed in Val Borlezza.

Depositi glaciali presenti esclusivamente alle quote più alte, sui versanti orientali del monte Pradella.

Depositi lacustri di una certa estensione, con intercalazioni di materiali palustri presso Clusone nella zona dell'eliporto.

Le morfologie sono genericamente ben conservate, da parzialmente in erosione a ancora in evoluzione.

La deposizione del sintema del Po inizia al ritiro dei ghiacciai pleistocenici al termine della fase di massima avanzata; i sedimenti sono quindi di deposizione diacrona sia a scala regionale che nell'ambito di settori diversi dei singoli bacini, in funzione dell'inizio del ritiro locale degli apparati glaciali: Pleistocene superiore - Olocene.

Gruppo di Prato Grande (GR)

Diamicton massivi con clasti spigolosi; ammassi rocciosi disarticolati e coperture di blocchi accatastati *in situ* alla sommità di ammassi disarticolati (depositi di versante e di frana). Superficie limite superiore erosionale, alterazione variabile.

La superfice limite superiore è erosionale, coincidente con la superfice topografica; il limite inferiore è erosivo su unità permomesozoiche o su depositi neogenicoquaternari. Profilo di alterazione troncato.

Si tratta di depositi di versante e di frana: diamicton massivi pedogenizzati, a supporto clastico o di matrice con clasti spigolosi; ammassi rocciosi disarticolati e ribassati per gravità; coperture di blocchi accatastati *in situ* alla sommità di ammassi disarticolati.

La morfologia, da poco a ben conservata , è cratterizzata da: singoli corpi di frana con superficie convessa, contropendenza a monte e nicchia di distacco; estesi macereti a blocchi alla sommità di versanti ribassati per gravità.

L'unità affiora lungo i versanti da Ponte Nossa a Casnigo.

In base all'alterazione dei depositi e ai rapporti stratigrafici l'età del gruppo è riferibile al Pleistocene medio.

Supersintema della Colma del Piano (CM)

Diamicton e diamictiti a ciottoli e blocchi (depositi glaciali). Conglomerati, ghiaie, sabbie stratificate (depositi alluvionali). Limi e argille laminate (depositi lacustri). Superficie limite superiore erosiva, polifasica e poligenica; profilo di alterazione sviluppato, di spessore variabile.

L'unità raduna un'estrema varietà di litosomi, spesso organizzati in singole successioni coerenti a scala locale, ma non cartografabili separatamente alla scala della carta. Affiora nella Piana di Clusone.

Il supersintema raduna corpi di età molto varia, per i quali non esistono attualmente elementi di datazione se non relativa; l'aggradazione dei depositi è quindi da collocarsi entro un intervallo di tempo esteso dal Pliocene superiore a tutto il Pleistocene.

Gruppo del Culmine (CU)

Conglomerati e diamicton massivi o rozzamente clinostratificati con clasti spigolosi, mal selezionati, locali; da ottimamente cementati a litificati (depositi di versante). Piastroni clinostratificati sospesi rispetto al fondovalle attuale.

La superficie limite superiore erosionale, su cui poggiano depositi glaciali e di versante di unità più recenti, oppure coincidente con la superficie topografica attuale; in alcune unità, caratterizzata da marcata alterazione. Superficie limite inferiore discordante su unità permomesozoiche o di erosione su depositi fluviali, fluvioglaciali, glaciali e di versante cementati neogenico-quaternari.

Litologicamente sono costituiti da conglomerati e diamictiti a clasti spigolosi alimentati dai versanti soprastanti, da ottimamente cementati a litificati (depositi di versante). Comprende unità locali non coeve, distinte in base alla posizione stratigrafica e/o alle geometrie.

Elementi distintivi sono la presenza di continuità morfologica col versante di alimentazione, nonché la netta troncatura erosionale verso valle. I singoli corpi costituiscono quindi ammassi o piastroni clinostratificati non in equilibrio con la topografia attuale, e sospesi rispetto al fondovalle sino a parecchie centinaia di metri.

Affiora a nord di località Barbarico, in corrispondenza dei versanti a monte dell'abitato.

I depositi riuniti nel gruppo del Culmine non presentano elementi per poter essere datati se non in maniera relativa. La loro messa in posto si estende nell'arco dell'intero Pliocene e Pleistocene.

Alteriti (b6)

Diamicton a supporto di matrice con sparsi clasti alterati, colore variabile.

Il limite inferiore è graduale e transizionale con il *parent material*; la superficie limite superiore coincide con la superficie topografica.

Litologicamente si tratta di diamicton massivo a supporto di matrice argilloso-limosa con sparsi clasti residuali ad alterazione variabile. Clasti completamente diversi da quelli del substrato sottostante (alteriti su depositi neogenico-quaternari), oppure clasti provenienti dal substrato stesso (alteriti su unità mesozoiche).

Significative coltri di alteriti che interessano sia la Dolomia Principale sia depositi di versante neogenico-quaternari sono inoltre presenti lungo il versante settentrionale del Pizzo Formico, a monte di località Bosgarina.

Le Alterati sono riconducibili al Terziario-Pleistocene.

4.2.2 Bacino del Fiume Serio

Conglomerato di Villa d'Ogna (VOG)

Conglomerati e ghiaie con clasti ben selezionati, arrotondati, carbonatici con subordinati silicoclasti provenienti dall'alta valle; sabbie medie o grossolane (depositi alluvionali); diamictiti a blocchi spigolosi di alimentazione locale (depositi di versante). Cementazione buona in superficie, assente entro l'ammasso.

Il limite inferiore non è esposto; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica o troncato da una superficie erosionale su cui si sovrappone il sintema di Groppino (successione dell'anfiteatro del Serio).

Il Conglomerato di Villa d'Ogna è così caratterizzato:

- Depositi alluvionali: conglomerati grossolanamente stratificati in banchi metrici a base pianoparallela, supporto clastico con scarsa matrice arenacea, ciottoli ben selezionati, da 4 a 8 cm, ben arrotondati, debolmente appiattiti quelli di maggiori dimensioni, embricazione diffusa; ghiaie e conglomerati in corpi stratoidi a base erosionale, prevalentemente a supporto clastico con

abbondante matrice arenacea, clasti mal selezionati, da centimetrici a decimetrici, ben arrotondati, subsferici o debolmente allungati; conglomerati e ghiaie in corpi lenticolari metrici, a supporto clastico con matrice scarsa o assente, ciottoli ben selezionati, inferiori ai 5 cm, subsferici, evidente stratificazione obliqua a scala decimetrica; sabbie medie o grossolane in singoli livelli di spessore variabile, in genere prive di strutture, talvolta laminate. Nei livelli meglio selezionati e privi di matrice, ciottoli quasi esclusivamente carbonatici, provenienti dalla successione medio-triassica affiorante nell'area.

- Depositi di versante: diamictiti al top dell'ammasso o diamicton intercalati nella successione, a supporto di matrice fine e clasti eterometrici spigolosi, di alimentazione strettamente locale. Cementazione ottima lungo le superfici esposte, assente o scarsa entro l'ammasso. Lungo la strada che sale a Villa d'Ogna, banchi conglomeratici e intercalazioni sabbiose evidenziano dislocazioni lungo una serie di piani con direzione circa E-W, subverticali debolmente immergenti verso N.

  La morfologia dei depositi è parzialmente conservata.

Il Conglomerato di Villa d'Ogna affiora in destra idrografica del Serio, lungo la scarpata del terrazzo che da Ardesio si estende sino a Ponte della Selva, la cui superficie è modellata sul sintema di Groppino, e negli scavi edilizi sul terrazzo stesso; in sinistra idrografica a N del km 30 e presso Festi Rasini.

Conglomerato della Corna di Lader (DER)

Conglomerati a clasti ben selezionati e arrotondati, lenti a stratificazione obliqua; arenarie laminate o gradate, in strati decimetrici (depositi alluvionali). Conglomerati clinostratificati (depositi di versante e di frana). Cementazione ottima; carsificati; lembi isolati dall'erosione, sospesi di 120 m sul fondovalle attuale.

Il limite inferiore è sulla successione carnico-norica, superiormente sono troncati da una superficie erosionale polifasica, localmente ammantati da depositi glaciali del supersintema della Colma o del sintema della Trinità di Parre.

Il conglomerato della Corna di Lader comprende i seguenti depositi:

- Depositi alluvionali: conglomerati in banchi metrici, a supporto clastico, matrice scarsa o assente, clasti con selezione da buona a ottima, da 1 a 3 cm, arrotondati; alla base conglomerati massivi a supporto clastico con matrice

arenacea, mal selezionati, clasti arrotondati da 1 a 15 cm e sparsi blocchi sino a 40 cm; arenarie medie e grossolane in strati decimetrici, laminate e gradate; arenarie medie e grossolane in corpi metrici con stratificazione obliqua da barra. Clasti prevalentemente carbonatici.

- Depositi di versante: conglomerati clinostratificati a supporto clastico e matrice arenacea scarsa, clasti spigolosi mal selezionati, sino a blocchi metrici, carbonatici provenienti dalle pareti soprastanti. Facies eteropiche o intercalate a scala non cartografabile. Da ottimamente cementati sino a litificati, con pellicole millimetriche di cemento calcistico che riveste i clasti; localmente, nei livelli privi di matrice, vuoti riempiti da cementi microcristallini rosati.

Morflogicamente si presentano come piastroni isolati dall'erosione e sospesi sino a 120 m rispetto al fondovalle attuale, profondamente carsificati in falda, con cavità decametriche e condotte freatiche.

Affiora lungo il versante settentrionale di Corno Falò (facies di versante) e nelle località Ceradello, Sant'Alberto e Martorasco.

La posizione stratigrafica e la geometria dei corpi implicano un'età posteriore rispetto ai conglomerati del Vendulo, e anteriore a quella della valle attuale; è stata pertanto indicata un'età miocenica.

4.2.3 Anfiteatro Serio

Sintema della Pineta (INE)

Diamicton massivi a supporto di matrice e clasti prevalentemente silicei (till d'ablazione).

Il profilo di alterazione è caratterizzato da spessori osservati sino a 120 cm, con decarbonatazione completa e silicoclasti moderatamente alterati, colore della matrice 7.5 YR.

Il limite inferiore è discordante sui conglomerati di Villa d'Ogna e sul sintema di Groppino; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica.

Trattasi di un Till d'ablazione costituito da diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa, con clasti sino a metrici subarrotondati o arrotondati; abbondanti massi erratici superficiali plurimetrici. Clasti in prevalenza silicoclastici e metamorfici

dall'alta valle con subordinati (< 40%) clasti carbonatici provenienti da unità anisico-carniche.

Il Sistema della Pineta affiora, in sinistra idrografica, dall'abitato di Piario sino al confine col Comune di Clusone.

La morfologia, ben conservata, è rappresenata da cordoni morenici evidenti, alti pochi metri e a profilo appuntito, estesi in direzione NE-SW a partire dalle estreme propaggini del Monte Né.

Non esiste alcun elemento per una datazione geocronometrica dell'unità in esame; essa è legata a un'avanzata glaciale anteriore all'ultima, collocabile nel Pleistocene superiore o medio.

Sintema dei Morti Vecchi (MVH)

Diamicton massivi a supporto di matrice, clasti prevalentemente siliccei (till d'ablazione). Profilo d'alterazione troncato: i clasti sono esclusivamente silicatici alterati, colore matrice 7.5 YR.

Il limite inferiore è discordante sui conglomerati di Villa d'Ogna, sul sintema di Groppino, sui

conglomerati di Villa Perelli o della Corna de Par; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica.

Si tratta di un Till di ablazione, costituito da diamicton massivi a supporto di matrice limoso-sabbiosa, con ciottoli e blocchi sino a metrici, a spigoli subarrotondati o arrotondati con abbondanti massi erratici superficiali di dimensioni plurimetriche. Prevalenti litotipi silicoclastici e metamorfici affioranti nell'alta valle.

Affiora fra Monte Né e Ponte della Selva, immediatamente all'esterno dei depositi del Sintema della Pineta.

Le morfologie, costituite da cordoni morenici frontali a profilo arrotondato, che confluiscono lateralmente a formare due dossi allungati, sono ben conservate.

In base alle geometrie e all'alterazione l'età del Sistema è collocabile nel Pleistocene medio.

Sintema di Prati Mini (PII)

Diamicton massivi a ciottoli e blocchi in abbondante matrice sabbiosa (till di ablazione). Profilo di alterazione troncato, clasti carbonatici assenti.

Il limite inferiore è discordante sul sintema di Groppino e sui conglomerati di Villa Perelli; il limite superiore, erosionale, coincide con la superficie topografica.

Litologicamente si tratta di till di ablazione, caratterizzati da diamicton massivi a ciottoli e blocchi subarrotondati in abbondante matrice sabbiosa, con clasti silicei e subordinati elementi carbonatici della successione triassica. Frequenti massi erratici sparsi di dimensioni sino a plurimetriche.

Il Sistema affiora ad Ovest e Sud-Ovest di Fiorine, sino a Ponte Selva.

Le morfologie sono parzialmente conservate in cordoni morenici a profilo arrotondato, alti non più di una decina di metri e larghi sino a 50 m, presenti solo a Ovest di Fiorine (Prati Mini).

Per geometria e alterazione l'unità è collocabile nel Pleistocene medio.

Conglomerati di Ponte della Selva (OSE)

Conglomerati in strati suborizzontali, clasti arrotondati, a disco; arenarie grossolane in strati decimetrici (depositi alluvionali). Cementazione da buona a ottima.

Il limite inferiore non è esposto; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica.

Sono litologicamente costituiti da depositi alluvionali: si tratta di conglomerati in strati suborizzontali a supporto clastico, matrice arenacea scarsa, clasti a selezione da scarsa a discreta, arrotondati, spesso a disco, embricazione presente; intercalate arenarie grossolane in strati decimetrici con clasti silicei e carbonatici in uguale proporzione. Cementazione da buona a ottima.

I Conglomerati di Ponte Selva affiorano fra Ponte Selva e la Valle del Riso, lungo lembi di terrazzo con superficie compresa tra i 500 e i 490 m s.l.m.

I Conglomerati sono stati collocati nel Pleistocene medio.

Sintema di Groppino (ROP)

Conglomerati e ghiaie ben stratificati, clasti a disco, abbondanti silicoclasti dall'alta valle (depositi alluvionali); conglomerati e diamictiti clinostratificate, a clasti spigolosi (depositi di versante e di frana); facies eteropiche, che si intercalano variamente, non distinguibili alla scala della carta. Cementazione ottima in superficie, da

scarsa a discreta in profondità. Profilo di alterazione sino a 2 m, colore 7.5YR, clasti silicei arenizzati.

Il limite inferiore è erosionale sui conglomerati di Villa d'Ogna o coincidente con la superficie che tronca i Conglomerati di Ponte Nossa. Il limite superiore è coincidente con la superficie topografica a Sud di Ponte Selva, a Nord è invece erosionale con i depositi glaciali del supersintema della Selva di Clusone, del sintema della Pineta di Clusone, del sintema dei Morti Vecchi.

Il sintema di Groppino presenta gran parte delle facies caratteristiche di una valle non occupata da ghiacciaio, con frequenti intercalazioni e eteropie non risolvibili alla scala del rilevamento, esso comprende:

- depositi alluvionali: conglomerati e ghiaie ben stratificati in banchi metrici, supporto clastico, matrice sabbiosa grossolana scarsa; ciottoli ben selezionati, di dimensioni da 10 a 30 cm, ben arrotondati e appiattiti, spesso a disco, con frequente embricazione; conglomerati e ghiaie grossolanamente stratificati, a prevalente supporto clastico, con abbondante matrice sabbioso- ghiaiosa fine, ciottoli scarsamente selezionati, con dimensioni da 7 a 20 cm e subordinati blocchi da 30 sino a 60 cm, ben arrotondati, appiattiti o a disco frequentemente embricati; sabbie grossolane in corpi lenticolari con laminazioni oblique. Abbondanti silicoclasti provenienti dall'alta valle, di poco subordinati gli elementi carbonatici triassici. Cementazione buona in corrispondenza delle scarpate erosionali, scarsa in seno all'ammasso, con croste discontinue di cemento calcitico di spessore millimetrico che rivestono i clasti.
- depositi di conoide alluvionale: conglomerati stratificati in banchi metrici, talora con chiusura laterale a lente, supporto clastico con abbondante matrice arenaceo-conglomeratica fine ben arrotondata, ciottoli ben selezionati, benarrotondati, talora appiattiti, e embricazione frequente; intercalati livelli lenticolari di sabbie carbonatiche grossolane, non cementate e prive di strutture. Petrografia che riflette la successione medio- triassica affiorante nella valle di alimentazione. Cementazione buona.
- depositi di versante e di frana: conglomerati a supporto clastico e matrice arenaceo-limosa in corpi stratoidi clinostratificati, con clasti spigolosi

eterometrici di dimensioni sino a decimetriche; parzialmente cementati, con croste discontinue di cemento calcitico che non riveste i clasti. Diamictiti a supporto clastico e abbondante matrice fine carbonatica, clasti sino a plurimetrici, spigolosi; in genere ben cementate entro l'ammasso. Clasti di provenienza strettamente locale, dai versanti soprastanti.

Il Sistema di Grappino affiora, in sinistra idrografica, nella Pineta di Clusone.

L'unità, dal punto di vista morfologico, presenta terrazzamenti, tuttora in erosione, con fenomeni di scalzamento al piede e crollo di blocchi plurimetrici; conoidi di frana reincisi allo sbocco dei valloni laterali. Fra Ponte Selva e Piario la superficie del terrazzo presenta ampie doline di crollo per dissoluzione della frazione carbonatica (clasti, matrice, cemento).

Per geometria e rapporti stratigrafici il Sistema è ascrivibile al Pleistocene medio.

Conglomerato di Ponte Nossa (ONA)

Conglomerati in strati suborizzontali, clasti a disco; arenarie grossolane (depositi alluvionali). Cementazione ottima.

Profilo di alterazione troncato, colore 7.5YR, clasti silicei arenizzati; morfologia conservata, sospesi sul fondovalle attuale.

Il limite inferiore non è stato osservato; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica, ovvero troncato da una superficie erosionale su cui poggia il sintema di Groppino.

E' litologicamente caratterizzato da depositi alluvionali costituiti da conglomerati a supporto clastico e matrice arenacea scarsa, con clasti ben selezionati, arrotondati, di dimensioni sino a decimetriche; ad essi si intercalano livelli massivi con abbondante matrice e selezione scarsa, con blocchi sino a metrici, e arenarie talvolta laminate in livelli decimetrici. Cementazione ottima.

La morfologia risulta essere ben conservata, presentando un terrazzo sospeso rispetto al fondovalle attuale e ai depositi del sintema di Grappino.

Affiora limitatamente verso il confine con il territorio comunale di Ponte Nossa.

La deposizione è collocabile nel Pleistocene medio.

Conglomerato del Dosso di Fiorine (DOF)

Conglomerati a clasti locali, arenarie stratificate con *ripple* da corrente: depositi alluvionali. Cementazione ottima.

Il limite inferiore non è osservabile. Limite superiore è erosionale, con depositi glaciali alterati attribuiti al supersintema della Colma, troncati lateralmente dalla superficie erosionale entro cui si incanalano i depositi fluvioglaciali del sintema di Bossico e del sintema di Prati Mini.

Litologicamente è costituito da conglomerati in strati sino a metrici, a supporto clastico e marice arenacea, clasti ben selezionati, arrotondati, carbonatici, alimentati dalla valle del Gera-Valeggia; intercalate arenarie medie in strati decimetrici, con laminazioni da *ripple*. Cementazione ottima.

Affiora lungo il lato orientale del dosso di Fiorine di Clusone.

L'età è stata attribuita al Pleistocene medio.

Sintema di Vac (VAC)

Diamicton a supporto di matrice, clasti silicei residuali a selezione scarsa, arrotondati, talora a disco. Coperture discontinue di massi plurimetrici silicatici (depositi glaciali). Ghiaie pedogenizzate, clasti a selezione discreta, arrotondati, appiattiti; clasti carbonatici argillificati, clasti silicei arenizzati (depositi alluvionali).

Il profilo di alterazione interessa l'intero spessore del deposito, caratterizzato da matrice argillosa di colore 5YR, decarbonatazione completa, clasti silicatici con *cortex* centimetrico, gneiss e micascisti superficialmente friabili, porfidi poco o per nulla alterati.

Fra Cima Tagliate e Corno Falò il limite inferiore è discordante sul conglomerato del Campeggio di Clusone, sul till di Fornace, sui conglomerati di Villa Perelli e sulla successione norica; il limite superiore è costituito da una superficie erosionale coincidente con la superficie topografica.

Litologicamente il Sistema è caratterizzato da lembi discontinui e di spessore variabile profondamente alterati e pedogenizzati, costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice argilloso-limosa di colore 5YR, con abbondanti clasti da subarrotondati a arrotondati da centimetrici sino a metrici; localmente frequenti (versante attorno a Bosgarina) ciottoli a disco. Clasti carbonatici o dolomitici assenti,

silicoclasti residuali riferibili alla successione permiana e al basamento cristallino, marne ocracee sporadiche; localmente (versante attorno a Bosgarina) porfidi violacei caratteristici della successione camuna. Interpretabile come depositi glaciali e/o depositi alluvionali profondamente pedogenizzati.

Costituiscono il Sistema anche depositi alluvionali *caratterizzati da* ghiaie in strati suborizzontali metrici, a supporto di matrice sabbiosa pedogenizzata, clasti arrotondati, ben selezionati, appiattiti, talora a disco; embricazione 280° N; nella parte alta matrice limoso-argillosa (pedogenesi), di colore 7.5YR 5/6. Abbondanti dolomie da arenizzate a argillificate, calcari grigi argillificati; di poco subordinati gneiss argillificati, Verrucano arenizzato, vulcaniti del Gruppo dei Laghi Gemelli decolorate e arenizzate, metamorfiti quarzose friabili.

Affiora lungo il versante settentrionale di Cima Tagliate e Corno Falò, da q. 580 m a q. 700 m s.l.m.

Il Sistema è ascrivibile al Pleistocene medio.

Conglomerato del Campeggio di Clusone (GCL)

Conglomerati in strati suborizzontali, clasti ben selezionati, arrotondati; arenarie e sabbie laminate e gradate (depositi alluvional). Cementazione discreta.

Il limite inferiore è erosionale sulla formazione di Val Flex; limite superiore è erosionale, ammantato dai depositi del sintema di Vac.

E' caratterizzato dai depositi descritti:

- Depositi alluvionali: ghiaie in strati suborizzontali metrici a supporto clastico, matrice arenacea scarsa, clasti ben selezionati, da 1 a 10 cm, arrotondati; ghiaie a supporto clastico con abbondante matrice arenacea grossolana, clasti a selezione scarsa, da centimetrici sino a 20 cm, arrotondati; ghiaie in banchi plurimetrici con stratificazione obliqua da barra e sequenze *fining-upward*; sabbie medio fini e arenarie in strati decimetrici organizzati in sequenze *fining-upward*, con laminazioni parallele e gradazione diretta all'interno dei singoli strati; diamicton massivi a supporto di matrice sabbiosa con sparsi clasti arrotondati sino a decimetrici. Clasti prevalentemente carbonatici non alterati. Cementazione in genere discreta, con pellicole di cemento discontinue; localmente si presentano non cementati, oppure in singoli orizzonti con cementazione ottima.

- Depositi di versante: conglomerati in strati metrici clinostratificati, supporto clastico, matrice arenacea scarsa, clasti subangolosi da centimetrici a decimetrici, alimentati dalla successione norica soprastante; cementazione da discreta a buona.

Il Conglomerato del Campeggio di Clusone affiora allo sbocco della valle posta fra M. Beur e Cima Tagliate (Val Flex), in corrispondenza del dosso di Fiorine e alla base del versante sud-orientale di M. Né.

L'età del deposito è Pleistocene medio.

Formazione di Val Flex (VFL)

Limi argillosi, limi, sabbie medio-fini laminati e gradati. Sequenza negativa, con a tetto arenarie con impronte di vegetali (depositi lacustri).

Il limite inferiore è sui conglomerati di Villa Perelli o, lateralmente, sulla successione norica; sul limite superiore, erosionale, appoggiano i conglomerati del Campeggio di Clusone.

Trattasi di depositi di ambiente lacustre e palustre così caratterizzati:

- limi argillosi, limi e sabbie medio-fini organizzati in strati decimetrici a gradazione diretta, costituiti da lamine pianoparallele millimetriche a gradazione diretta;
- sabbie fini laminate e gradate, in livelli decimetrici pianoparalleli;
- siltiti e siltiti arenacee ocra, laminate, in strati decimetrici con deformazione da carico, e livelli ricchi di impronte di piante palustri e di foglie.

I depositi affioranti nell'alveo della Val Flex sono interessati da famiglie di faglie sinsedimentarie con rigetto sino a decimetrico.

Affiorano allo sbocco della valle fra M. Beur e Cima Tagliate (Val Flex), in corrispondenza del dosso di Fiorine e alla base del versante sud-orientale di M. Né.

La Formazione di Val Flex è collocabile in un intervallo compreso tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.

Till di Fornace (TFC)

Diamicton e diamictiti massive a supporto di matrice sovraconsolidata; clasti arrotondati e striati (till di alloggiamento). Ghiaie e conglomerati a supporto di matrice, clasti arrotondati, talora striati, prevalentemente carbonatici.

Il limite inferiore è sul conglomerato della Corna de Par; il limite superiore è erosionale, caratterizato presso Fornace di Clusone da un paleosuolo troncato su cui poggiano i conglomerati di Villa Perelli.

Litologicamente il Till di Fornace è caratterizzato come segue:

Till di alloggiamento: diamicton massivi a supporto di matrice limosa grigia sovraconsolidata, con sparsi ciottoli da centimetrici a decimetrici arrotondati, talora a ferro da stiro, spesso striati. Clasti carbonatici prevalenti, subordinati silicoclasti della successione permiana e del basamento metamorfico. Talora cementazione ottima. A Fornace la sommità del deposito è sottolineata da un orizzonte di alterazione spesso sino a 20 cm, con decarbonatazione completa e silicoclasti da friabili a argillificati.

Depositi di contatto glaciale: ghiaie a supporto di matrice sabbiosa grigia, organizzate in livelli metrici separati da livelli decimetrici sabbioso-ghiaiosi debolmente cementati, con aspetto massivo e abbondanti ciottoli mal selezionati, da meno che centimetrici sino a decimetrici, ben arrotondati, con frequenti facce piane; rari ciottoli calcarei con forme a ferro da stiro e ciottoli striati. Cementazione scarsa o nulla.

Affiora lungo la scarpata del ripiano di Parre, alla base del versante Nord di Cima Tagliate e in dossi isolati a Nord di Bosgarina.

La deposizione è anteriore a quella dei conglomerati di Villa Perelli, collocabile nel Pliocene superiore.

Conglomerato della Corna de Par e tillite inferiore di Parre (DPA)

Conglomerati e arenarie da fini a grossolane (depositi alluvionali). Diamictiti a supporto di matrice, con clasti spigolosi locali: depositi di versante. Comprensiva della Tillite inferiore di Parre: diamictiti massive a supporto di matrice fine litificata e sparsi blocchi arrotondati (depositi glaciali). Clasti prevalentemente carbonatici; depositi da ottimamente cementati sino a litificati.

Il limite inferiore è erosionale sulla successione carnico-norica; sul limite superiore, erosionale, appoggia il Till di Fornaci.

Litologicamente il sistema è così caratterizzato:

- Depositi alluvionali: conglomerati in corpi stratoidi a supporto di matrice arenacea, con abbondanti ciottoli ben selezionati di dimensioni comprese tra 1

e 6 cm, ben arrotondati, talora con evidente gradazione inversa; arenarie da fini a grossolane in livelli decimetrici con laminazioni parallele e strutture gradate; diamictiti a supporto di matrice fine litificata e clasti sino a decimetrici arrotondati.

- Depositi di versante: diamictiti a supporto prevalentemente di matrice fine rosata, con clasti spigolosi di provenienza locale mal selezionati da centimetrici sino a metrici. Clasti prevalentemente carbonatici, nettamente subordinati i silicoclasti provenienti dal basamento cristallino e dalla serie permiana. Depositi litificati, singoli clasti non isolabili dalla matrice, tendenza a fratturarsi lungo piani che attraversano indifferentemente ambedue. Alterazione dei clasti carbonatici caratteristica, con dissoluzione preferenziale rispetto alla matrice, e per quelli di dimensioni maggiori nucleo argillificato e sottile "guscio" integro. I depositi si presentano talvolta attraversati da più famiglie di fratture, talora con dislocazioni dell'ordine di alcuni centimetri lungo piani a basso angolo con componenti trascorrenti.

Affiora alla base della scarpata del terrazzo di Parre e in dossi isolati a N di Bosgarina.

Per posizione stratigrafica e grado di litificazione si può ipotizzare una deposizione nel corso del Pliocene superiore.

4.2.4 Anfiteatro Oglio-Borlezza

Sintema di Bossico (BOI)

Diamicton massivo a supporto di matrice con clasti camuni (till d'ablazione). Diamicton massivo a supporto di matrice sovraconsolidato con clasti striati (till d'alloggiamento). Limi e argille limose laminate (depositi lacustri). Ghiaie stratificate a clasti locali o di alimentazione camuna (depositi alluvionali e fluvioglaciali).

Nella piana fra San Lorenzo e Cerete alto, profilo di alterazione troncato e quasi completamente asportato dalla prolungata attività agricola; lateralmente sui cordoni morenici: spessore conservato sino a 2 m, con fantasmi di ciottoli carbonatici argillificati alla base, Verrucano Lombardo da friabile a arenizzato, ammassi argilloso-micacei (gneiss?), peliti e arenarie verdi argillificate. Matrice argilloso-limosa di colore tra 7.5YR e 5YR.

Il limite inferiore è erosionale sulla successione norica o sui depositi della successione del Valeggia.

Il Sintema di Bossico è caratterizzato da:

- Till d'ablazione: diamicton massivo a supporto di matrice limoso-sabbiosa con clasti da centimetrici a metrici arrotondati.
- Till d'alloggiamento: diamicton massivo a supporto di matrice con sparsi clasti sillicei e carbonatici arrotondati e talora striati, sovraconsolidato. Silicoclasti di provenienza camuna e subordinati clasti carbonatici della successione triassica.
- Depositi lacustri: argille limose e limi nocciola in sequenze laminate e gradate.
- Depositi alluvionali: ghiaie a supporto di matrice sabbiosa in strati suborizzontali, clasti da subarrotondati a arrotondati, selezione buona, carbonatici locali e silicatici camuni.

Affiora nella porzione interna dell'anfiteatro morenico di San Lorenzo di Rovetta, sino a Cerete alto.

La morfologia, ben conservata, è caratterizzata da cordoni morenici a profilo arrotondato sezionati da scaricatori glaciali presenti in più ordini fra San Lorenzo e Vogno.

Il Sintema è ascrivibile al Pleistocene medio.

Sintema di Prati di Sta (PTT)

Diamicton massivo a supporto di matrice con clasti camuni (till di alloggiamento). Conglomerati con clasti arrotondati, cementazione ottima (depositi fluvioglaciali).

Il profilo d'alterazione è troncato: nelle ghiaie totale decarbonatazione e clasti silicei da alterati a arenizzati, colore fra 7.5YR e 5YR; sul till di alloggiamento decarbonatazione per almeno due metri osservabili, con clasti silicei alterati, colore della matrice 7.5YR mentre, nei *debris-flow,* alterazione sino a 2 m, con clasti da arenizzati a argillificati, colore matrice 7.5YR.

Il limite inferiore è erosionale sui conglomerati di Fino del Monte; il limite superiore è erosionale, coincidente con la superficie topografica o con la superficie entro cui si deposita il sintema di Bossico.

Il Sintema Prati di Sta è costituito da:

- Depositi fluvioglaciali: conglomerati grossolanamente stratificati a supporto clastico con abbondante matrice arenacea, ciottoli mal selezionati a spigoli arrotondati e forma irregolare; conglomerati in corpi stratoidi, supporto clastico, matrice scarsa o assente, con ciottoli ben selezionati, ben arrotondati, di forma allungata o appiattiti; cementazione buona. Ghiaie a supporto di matrice argilloso-limosa pedogenizzata, clasti residuali silicei alterarati, da appiatiti a disco, in orizzonti planari.
- Depositi glaciali: diamicton massivo a supporto di matrice limoso argillosa sovraconsolidata, con sparsi ciottoli e blocchi di provenienza camuna, arrotondati e levigati.
- Depositi di *debris-flow*: ghiaie a supporto di matrice sabbiosa e diamicton, con clasti spigolosi carbonatici di alimentazione locale.

Affiora nella Piana di Clusone, fra Fiorine e Dosso San Francesco.

La morfologia è solo parzialmente conservata, in erosione, caratterizzata da cordoni morenici frontali molto arrotondati e difficilmente distinguibili, a cui si raccorda un evidente terrazzo alluvionale che scende verso il bacino del Serio.

L'età attribuita al Sintema è il Pleistocene medio.

Sintema di Stalle d'Onito (SON)

Diamicton massivi pedogenizzati con silicoclasti camuni da friabili a arenizzati (depositi glaciali). Diamicton massivi e ghiaie con clasti subarrotondati carbonatici (depositi alluvionali locali e di *debrisflow)*.

Il profilo di alterazione è troncato; il colore della matrice 5YR.

Il limite inferiore è erosionale sulla Dolomia Principale (depositi glaciali); il limite superiore è erosionale, coincidente con la superficie topografica.

Il Sistema di Stalle d'Onito è litologicamente identificato:

- Depositi glaciali: diamicton massivi a supporto di matrice argilloso-limosa con ciottoli e blocchi silicatici residuali di provenienza camuna.
- Depositi alluvionali locali e di *debris-flow*: ghiaie stratificate a supporto clastico e matrice sabbiosa pedogenizzata, clasti subarrotondati carbonatici locali; diamicton massivi a suporto di matrice sabbiosa e clasti carbonatici subangolosi di alimentazione dalla Val Borlezza o dai versanti soprastanti.

Affiora tra Songavazzo e Rovetta.

Le morfologie non sono generalmente conservate.

I Sistema è ascrivibile al Pleistocene medio.

Conglomerato di Fino del Monte (FIM)

Conglomerati, sabbie e arenarie in strati e lenti (depositi alluvionali e di conoide). Diamictiti in corpi stratoidi clinostratificati, a supporto di matrice fine e clasti angolosi (depositi di versante). Cementazione ottima, carsificati.

Il limite inferiore non è esposto; il limite superiore è coincidente con la superficie topografica, caratterizzato da *loess* pedogenizzato che seppellisce l'originario paleosuolo, o erosionale con i depositi glaciali del sintema di Stalle d'Onito (Songavazzo, dosso Foppe).

Litologicamente il Conglomerato di Fino al Monte è caratterizzato come segue:

- Depositi alluvionali e di conoide: conglomerati grossolanamente stratificati in banchi metrici a giacitura suborizzontale, supporto clastico, matrice arenacea grossolana; conglomerati in corpi lenticolari plurimetrici a supporto clastico con scarsa matrice molto grossolana e cemento in sottili croste che rivestono parzialmente i clasti; *set* di conglomerati a stratificazione obliqua decimetrica; ciottoli ben selezionati, da 4 - 5 cm a 1 dm, ben arrotondati, spesso embricati. Conglomerati in corpi lenticolari plurimetrici a supporto di matrice arenacea grossolana con ciottoli da centimetrici a decimetrici, a selezione scarsa, da subangolosi a subarrotondati. Sabbie e arenarie da medie a grossolane in strati e lenti di spessore decimetrico, con struttura gradata.
- Depositi di versante e di trasporto in massa: diamictiti in corpi stratoidi clinostratificati, a supporto di matrice fine ocraceo-rosata e abbondanti ciottoli di diametro da centimetrico a decimetrico, angolosi o subangolosi di forma irregolare. Clasti provenienti dalle unità ladinico-noriche: prevalenti dolomie chiare e calcari dolomitici (calcare di Esino, Dolomia Principale); nelle facies alluvionali anche clasti di siltiti e arenarie verdastre o di marne siltose ocracee (formazione di S. Giovanni Bianco). Cementazione buona nei litotipi a granulometria più grossolana; talora scarsa in quelli più fini.

Affiora lungo la scarpata di Dosso Foppe.

L'età dell'unità è ascrivibile al Pliocene - Pleistocene inferiore.

4.3 Substrato roccioso

La serie stratigrafica del substrato roccioso è rappresentata, in successione dalle seguenti formazioni.

4.3.1 Formazione di Gorno (GOR)

La formazione di Gorno è costituita da una successione mista carbonatico-pelitica: le litofacies prevalenti sono costituite da alternanze di calcari grigio-scuri micritici, marnosi, marnoso-siltosi, calcarenitici, sovente ricchi in lamellibranchi e bioturbazioni, e peliti e marne grigio-nerastre raramente laminate. Gli strati hanno spessori pluridecimetrici, sono piano-paralleli, raramente nodulari o con geometrie lenticolari. Nelle successioni alloctone più settentrionali (P.zo Arera, crinale di Cima Blum) sono presenti alcune intercalazioni metriche di calcari grigio-chiari di piattaforma carbonatica (F. di Breno). Nella valle del T. Rino, la locale successione della f. di Gorno presenta anche intercalazioni di argilliti verdi, calcari dolomitici grigi e dolomie marnose vacuolari di colore ocraceo (litofacies simili a quelle della f. di S. Giovanni Bianco).

Le microfacies carbonatiche più frequenti sono *wackestone* fossiliferi e bioturbati e *packstone* a peloidi, bioclasti (prevalenti lamellibranchi) ed intraclasti, localmente sono diffusi *packstone* con aulotortidi ricristallizzati (litozona mediana calcarea di Dossena), oncoidi e con noduli di quarzo calcedonioso; nettamente subordinati risultano i *grainstone* oolitico bioclastici, presenti essenzialmente nelle porzioni inferiore e media dell'unità.

Lo spessore della formazione di Gorno è estremamente variabile, supera i 250 m nella valle del Riso e presso Ardesio.

Nell'area di interesse l'unità poggia in genere sul Calcare Metallifero Bergamasco; il limite è generalmente netto, posto in corrispondenza dalla comparsa di marne e/o calcari marnosi grigio scuri. Superiormente l'unità passa gradualmente alle arenarie e peliti verdastre della formazione di S. Giovanni Bianco. Nelle successioni alloctone del settore nord-orientale (valle del Torrente Rino, Cima di Blum)

l'unità è invece limitata a tetto da una zona di transizione ai calcari chiari stratificati della formazione di Breno.

L'associazione di facies della parte inferiore della formazione di Gorno evidenzia un ambiente deposizionale di ampia laguna-baia a sedimentazione mista carbonatico-terrigena fine (Assereto & Casati, 1965; Gnaccolini, 1986). I silicoclasti intercalati rappresentano le porzioni distali del sistema fluvio-deltizio dell'Arenaria di Val Sabbia, mentre i *grainstone* oolitici vengono interpretati come aree marginali della laguna, più protette dagli apporti terrigeni (Gnaccolini, 1986, 1988). Le strutture sedimentarie presenti indicano ambienti relativamente poco profondi soggetti a correnti trattive e localmente all'azione del moto ondoso, con condizioni di buona ossigenazione al fondo (livelli bioturbati); localmente potevano instaurarsi condizioni di circolazione ristretta, testimoniate dallo sviluppo di faune oligotipiche. Verso settentrione ed oriente la laguna faceva transizione alla piattaforma carbonatica tidale della Formazione di Breno.

Sulla base delle faune a lamellibranchi e agli ammonoidi della Presolana l'unità è stata attribuita al Carnico inferiore (Cordevolico e Julico, Allasinaz, 1968a,b).

Nell'ambito del territorio comunale di Clusone affiora sul versante settentrionale a nord di Cima Crapet, in contatto tettonico (Faglia di Clusone) con la Dolomia Principale.

4.3.2 Formazione di Castro Sebino (CSO)

La F. di Castro Sebino affiora limitatamente ed in modo discontinuo alla base della Dolomia Principale nell'alta Valle di Dossena-Corone e nel settore di Lepreno-Val Serina, a monte di Clusone (ove è presente una delle sezioni di riferimento dell'unità) e, più estesamente, in alta Valle Piana sino al crinale della Corna Lunga.

Le litofacies sono costituite in prevalenza da brecce calcaree, irregolarmente stratificate o in banchi massivi amalgamati, con clasti da grigio nocciola a grigio scuri spigolosi mediamente centimetrici, intraformazionali di calcari grigio chiari e scuri ricristallizzati, molto compattati con numerose fratture tensionali primarie e tardo-diagenetiche. Sono presenti locali intercalazioni di calcari grigio chiari e

scuri in prevalenza micritici e, alla base, orizzonti di carniole, banchi di brecce a clasti calcarei, dolomitici, calcari dolomitici con qualche sottile intercalazione marnosa (transizione alla Formazione di S. Giovanni Bianco e Membro basale della Formazione di Castro Sebino, JADOUL *et alii*,1992). In questa successione sono diffuse inoltre brecce tettoniche connesse alle deformazioni alpine che hanno interessato preferenzialmente questa successione per la sua posizione stratigrafica immediatamente al di sopra uno dei principali orizzonti di scollamento tettonico delle Prealpi Lombarde (tetto della formazione di S. Giovanni Bianco).

L'analisi delle microfacies delle brecce ha evidenziato la prevalenza di clasti microsparitici e pseudosparitici contenenti molte fratture tensionali di varie generazioni e contatti intergranulari stilolitizzati. Alcuni clasti contengono addensamenti di ostracodi e laminazioni microbialitiche o algali. I carbonati più fini sono *packstone* e *wackestone* intraclastici e microspariti argilloso-ferrifere.

Lo spessore dell'unità ha valori massimi attorno ai 150 metri (Val Seriana).

Il limite inferiore è generalmente di difficile ubicazione: nell'area di interesse il limite e tettonico con la Formazione di Gorno. Anche il limite superiore è raramente osservabile e di tipo transizionale, posto in corrispondenza della comparsa di dolomie e calcari dolomitici grigio scuri, ben stratificati (Membro basale della Dolomia Principale).

In questa formazione sono stati riscontrati solamente rari ostracodi.

La ricostruzione paleoambientale della F. di Castro Sebino appare problematica sia per le particolari litofacies e sia per l'intensa tettonizzazione alpina subita da questa unità. JADOUL *et alii* (1992a), dopo aver preso in considerazione varie ipotesi genetiche, propendono per un ambiente marino transizionale, privo di apporti terrigeni, in un contesto tettonicamente attivo di *rifting* e con possibili interferenze ad opera di modificazioni diagenetiche.

L'età dell'unità, unicamente sulla base della sua posizione stratigrafica, èa ttribuita al Carnico superiore.

Nel Comune di Clusone affiora estesamente nella porzione nord-occidentale del territorio comunale, ove caratterizza l'emergenza del Monte Né.

4.3.3 Dolomia Principale (DPR)

Tale formazione è costituita da dolomie chiare in grossi banchi metrici; alla base presenta talora un membro definito da doloareniti e dolosiltiti laminate contenenti ooliti e stromatoliti e con sottili intercalazioni marnose scure. L'unità è dolomitizzata pervasivamente: le microfacies risultano spesso ricristallizzate, ma la dolomitizzazione precoce preserva le strutture primarie.

Gli spessori maggiori della Dolomia Principale, oltre 1100 m, vengono raggiunti nella successione del M. Alben. Il membro inferiore presenta spessori variabili da 100 a 250 m, quelli massimi si raggiungono in Valle Seriana. Le associazioni di litofacies della piattaforma carbonatica interna raggiungono i 500-700 sul versante N del P. Formico, quelli della piattaforma marginale-pendio variano da 100 ad un massimo di 350 m (Valle Seriana e versante E del M. Alben).

Il limite inferiore con la F. di Castro Sebino è raramente osservabile; il limite superiore è transizionale con le Dolomie Zonate. La Dolomia Principale è eteropica, nella sua parte superiore, con il Gruppo dell'Aralalta (JADOUL,1986).

La Dolomia Principale, in base alla posizione stratigrafica e alle faune a Lamellibranchi e Dasycladacee, è ritenuta di età Norico inferiore e medio (JADOUL *et alii*, 1994); il suo membro basale potrebbe però essere attribuito al Carnico superiore (presenza di *Clypeina besici)*.

L'ambiente deposizionale della Dolomia Principale è una vasta piattaforma carbonatica, dolomitizzata precocemente (FRISIA, 1991) con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio-inferiore. La parte superiore evidenzia ambienti differenziati in connessione all'individuazione di solchi intrapiattaforma e sviluppo di margini con peculiari biocostruzioni (microbialiti, serpulidi) (BERRA & JADOUL, 1996; ZAMPARELLI *et alii*, 1999).

L'unità è stata cartografata distinguendo un membro e due associazioni di litofacies principali (JADOUL, 1986; JADOUL *et alii*, 1992a, b) che presentano spesso rapporti eteropici.

DPR$_1$: corrisponde al "membro Basale della Dolomia Principale" distinto in JADOUL & ROSSI (1982); è costituito da calcareniti fini e calcisiltiti dolomitizzate di colore scuro generalmente ben stratificate, laminate, con clasti pelitici, lenti di brecce intraformazionali e sottili intercalazioni marnoso-dolomitiche. La deposizione di

questa litofacies è avvenuta in laguna poco profonda-rampa prossimale con occasionale sedimentazione da trasporto in massa.

DPR$_b$: raggruppa tutte le facies tipiche della Dolomia Principale rappresentate da dolomie grigie, subtidali in banchi sino a metrici e dolomie in spessi cicli peritidali *shallowing upward*, a prevalenti facies subtidali. La base dei cicli presenta localmente brecciole intraformazionali mentre la sommità è caratterizzata da stromatoliti planari con fenestrae o da livelli con grossi pisoidi-oncoidi di dimensioni sino a decimetriche e da brecciole loferitiche con cavità e filoncelli con sedimenti interni neri (M.Alben). Le associazioni di macro e microfacies indicano un ambiente piattaforma interna soggetta a correnti tidali e periodicamente con locali emersioni.

DPR$_a$: le litologie sono brecce-megabrecce massive, caotiche, di spessore da metrico a plurimetrico con clasti eterometrici di Dolomia Principale (dimensioni da pochi centimetri ad oltre mezzo metro. Le microfacies dei clasti riflettono quelle delle unità di provenienza (Dolomia Principale, sia in facies di piattaforma interna, sia in facies marginale e Dolomie Zonate); la matrice delle brecce è generalmente costituita da *packstone* grossolani o da *wackestone* fangosi. La litofacies DPR$_a$ si è deposta nella zona di margine e pendio superiore, di raccordo tra piattaforma interna e bacino. La parte prossimale è caratterizzata dalle biocostruzioni a serpulidi, che compaiono come clasti nelle facies di pendio più profonde.

La litofacies DPR$_a$ ha spessori molto variabili, compresi tra pochi metri fino a 200-300 m.

Questa unità passa a facies di piattaforma interna della Dolomia Principale con un limite che in genere è graduale.

La posizione stratigrafica questa litofacies è riferita al Norico medio.

L'unità si è deposta a ridosso su pendio e scarpate in prevalenza legate alla fase tettonica distensiva norica (JADOUL, 1986; JADOUL *et alii*, 1992b) ed è alimentata dal franamento di materiale dai settori di alto (Dolomia Principale), localmente in grado di coinvolgere anche depositi di pendio più fini parzialmente litificati.

L'età della formazione è attribuita al Carnico superiore - Norico medio.

La Dolomia Principale affiora ampiamente nel comune di Clusone: costituisce il versante settentrionale, suturato alla base dai depositi del quaternario, affiora

sui dossi nella piana (Colle Crosio e Colli di Birzem) ed è presente sul versante meridionale nella porzione nord-occidentale (dal Fogarolo al Pizzo Formico e fino a Ponte della Selva).

4.3.4 Gruppo dell'Aralalta

Istituito da JADOUL (1985) originariamente comprendeva Dolomie Zonate, Calcare di Zorzino, "Brecce sommitali della Dolomia Principale" e Membro di Artavaggio. In queste note viene limitato alle Dolomie Zonate ed al Calcare di Zorzino, mentre le "Brecce sommitali della Dolomia Principale" vengono ridefinite come litofacies all'interno della Dolomia Principale.

Calcare di Zorzino (ZOR)

L'unità affiora estesamente e con continuità, sul versante sinistro della Valle Seriana ed in Valle Borlezza, al di sopra delle Dolomie Zonate.

Il C. di Zorzino è costituito in prevalenza da una successione monotona di calcari micritici neri, fetidi, in strati piano-paralleli di spessore da centimetrico a pluridecimetrico, con sottili intercalazioni di marne nere, più diffuse nella parte superiore dove si associano anche ritmiti millimetricocentimetriche di calcari marnosi e calciluti nere lastroidi, ricchi in sostanza organica e localmente fossiliferi. Nelle porzioni inferiori e nei settori dove si osservano interdigitazioni con le Dolomie Zonate (Pizzo Formico) l'unità presenta intercalazioni di calcareniti-calcisiltiti, sovente granoclassate, laminate, con *chip* pelitici neri isorientati e rare lenti calciruditiche a supporto di matrice, base erosiva e clasti centimetrici, in prevalenza intraformazionali (*debris flow*). Queste litofacies sono spesso associate con orizzonti che presentano piccoli *slumping*. Le microfacies più tipiche sono caratterizzate da *mudstone* e *wackestone* microsparitici. Le ritmiti sono costituite da alternanze millimetriche di mudstones argillosi e di *packstone* finissimi anche granoclassati. Le litofacies più grossolane sono *packstone* fini e subordinati *rudstone* intraclastici con rari bioclasti di lamellibranchi, crinoidi, echinoidi, ostracodi e frammenti fosfatici di vertebrati.

Lo spessore del Calcare di Zorzino presenta variazioni significative: sul versante sinistro della Valle Seriana ed in Valle Borlezza gli spessori sono prossimi al 400- 500 m.

Il Calcare di Zorzino poggia sulle Dolomie Zonate, con le quali presenta rapporti di eteropia, il limite è transizionale; superiormente il Calcare di Zorzino passa, con limite netto, ad argilliti nere contenenti rare e sottili intercalazioni di calcari micritici (Argillite di Riva di Solto).

Le associazioni di lito-biofacies del Calcare di Zorzino documentano ambienti deposizionali di bacino intrapiattaforma non molto profondi, ma subsidenti e con un elevato tasso di accumulo dei fanghi carbonatici esportati dalla piattaforma della Dolomia Principale (torbiditi carbonatiche diluite). Le locali lenti di brecce a supporto di matrice, le calcareniti granoclassate e gli *slumping* caratterizzano i processi deposizionali (torbiditi, *debris flow*) nelle aree più prossimali dei solchi intrapiattaforma Nelle facies fini le sottili laminazioni, l'assenza di fauna bentonica (non rimaneggiata) e delle bioturbazioni evidenziano la presenza di fondali in prevalenza anossici.

La formazione è ascrivibile al Norico medio.

Sul territorio comunale di Clusone affiora estesamente lungo parte del versante del monte Fogarolo comprendendo il Monte Buer e lla località San Lucio.

Dolomie Zonate (DZN)

L'unità comprende le facies carbonatiche noriche, ben stratificate e di bacino intrapiattaforma eteropiche alla Dolomia Principale. L'unità affiora nel gruppo montuoso del Pizzo Formico - M. Grione, in Val Gandino e in Val Rossa.

Le Dolomie Zonate sono costituite da alternanze di calcareniti-calcisiltiti dolomitizzate grigio scure, in strati sino a pluridecimetrici piano-paralleli, con clasti millimetrici chiari e scuri, con clasti pelitici (*clay chip*). Le facies medio-grossolane possono presentare granoclassazione, laminazioni parallele, oblique, *ripple* di corrente e superfici erosive (torbiditi). Sono intercalate anche ritmiti grigio nerastre, di spessore centimetrico caratterizzate da alternanze di laminazioni parallele chiare e scure (da cui il nome dell'unità) in cui possono essere presenti intercalazioni, sino a 10 cm di spessore, di marne dolomitiche scure finemente laminate e con ossidi di Fe colore di alterazione bruno-rossastro. Nelle litofacies più fini sono localmente presenti piccoli noduli e liste di selce nera, livelletti parzialmente silicizzati e fratture-cavità geodiche (Selvino, Valle Bracca)con cristalli di quarzo autigeno e, più raramente, di

fluorite e celestina(JADOUL *et alii*, 1992c). Localmente sono presenti lenti di paraconglomerati a clasti derivati dalpendio e da brecciole di Dolomia Principale.

Le microfacies delle dolareniti sono caratterizzate da prevalenti *packstone* intraclastici a volte granoclassati, i processi di dolomitizzazione e di ricristallizzazione sono pervasivi e, nella maggior parte dei casi, distruggono i componenti e le strutture primarie. Le facies più fini sono costituite da microspariti dolomitiche laminate e debolmente argillose. Le microfacies delle brecce sono *rudstone* e *floatstone* con prevalenti clasti semiconsolidati di origine intraformazionale e subordinati litoclasti ricristallizzati e litificati provenienti principalmente dal margine della Dolomia Principale.

Lo spessore delle Dolomie Zonate è estremamente variabile: in Valle Seriana l'unità presenta spessori variabili da 50 ad oltre 200 m (Valle Rossa, Valle Vertova).

Sono riferiti alle Dolomie Zonate corpi lentiformi di brecce di spessore plurimetrico a clasti provenienti dalla Dolomia Principale che si interdigitano con le facies più bacinali eteropiche alla Dolomia Principale (**DZN$_a$**). I corpi di brecce si intercalano talora con subordinate doloarenitidoloruditi fini di colore scuro generalmente in strati lenticolari. Questa litofacies corrisponde alle Brecce di pendio e "Brecce Sommitali della Dolomia Principale" (JADOUL, 1986). Superiormente e lateralmente l'unità sfuma nelle facies tipiche delle Dolomie Zonate: il limite è posto dove le facies stratificate scure iniziano a prevalere sulle brecce massicce. L'unità si è deposta lungo il pendio di raccordo tra il margine di piattaforma-pendio superiore e la piana bacinale. Lo spessore di questa facies può raggiungere alcune decine di metri.

Inferiormente le Dolomie Zonate sono in contatto transizionale con la Dolomia Principale, con la quale risultano eteropiche; superiormente e lateralmente l'unità passa, con limite transizionale, ai calcari neri ben stratificati del soprastante ed eteropico Calcare di Zorzino.

Le associazioni di litofacies delle Dolomie Zonate sono interpretate come prevalenti risedimentazioni di carbonati della piattaforma carbonatico e del suo margine, ad opera di torbiditi carbonatiche e *debris flow*. Le strutture, e le geometrie individuate testimoniano l'esistenza di blandi pendii che raccordavano la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale a ristretti bacini intrapiattaforma con fondali

prevalentemente anossici. I corpi di brecce e megabrecce (**DZN$_a$**), preferenzialmente distribuite sui margini occidentali di solchi intrapiattaforma, documentano l'esistenza di margini controllati dalla tettonica sinsedimentaria (*semigraben*), in un contesto distensivo-transtensivo, nonché un'attività tettono-eustatica (JADOUL *et alii*,1992).

L'età della formazione è ascrivibile al Norico medio.

Sul territorio comunale di Clusone affiorano lungo parte del bacino della Valle Flesch, in contatto stratigrafico con il Calcare di Zorzino e tettonico con la Dolomia Principale.

5 ELEMENTI DI PEDOLOGIA

La carta pedologica fornisce informazioni utili al fine di valutare l'idoneità di un territorio ad essere utilizzato per le diverse attività umane (agricole, insediative, ricreative, industriali): per tale motivo essa si presenta come strumento fondamentale per la gestione e la pianificazione del territorio.

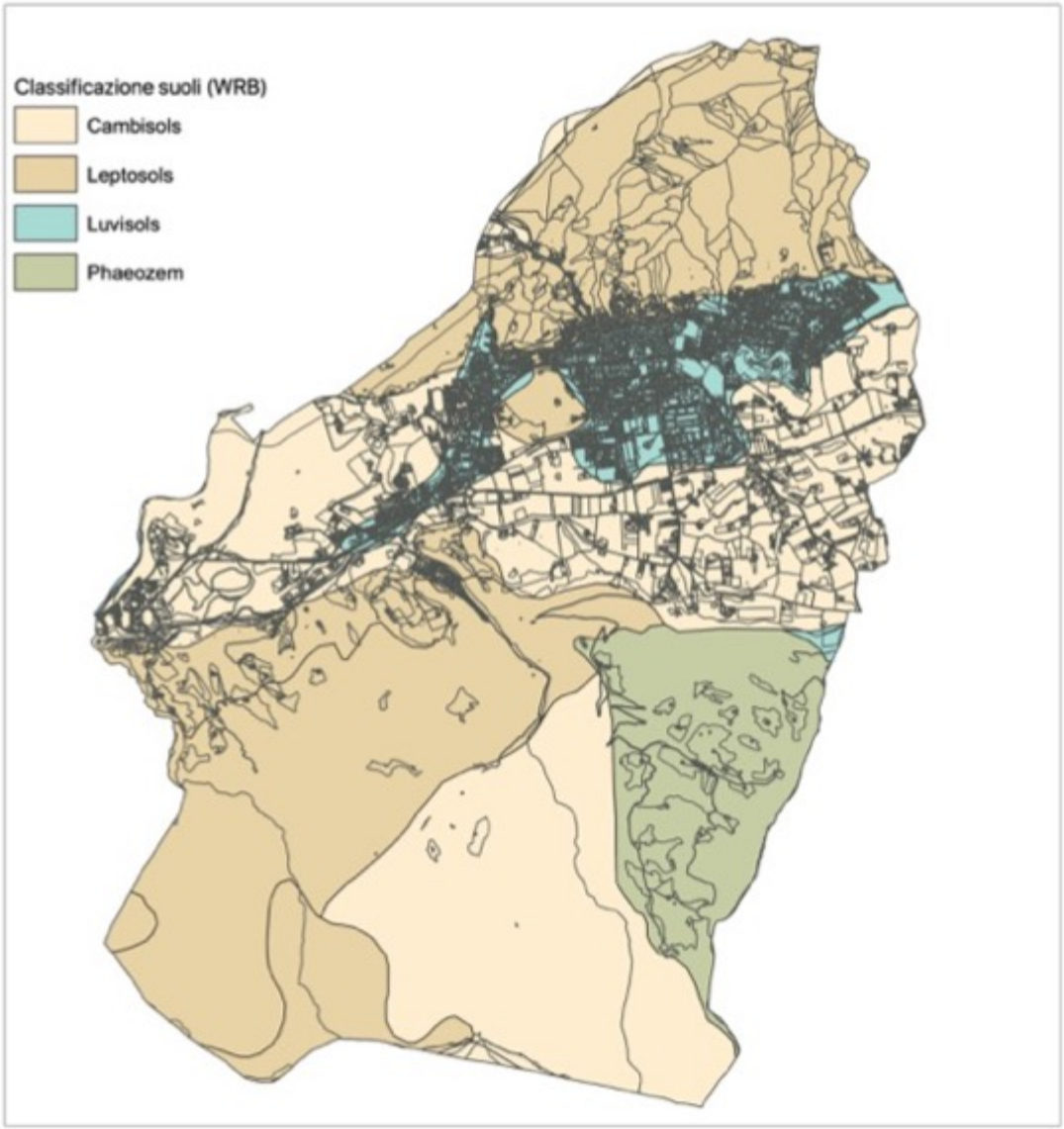
Gli indicatori di qualità dei suoli sono parametri che descrivono le proprietà chimiche, fisiche e idrologiche dei suoli di maggiore interesse per la rappresentazione cartografica e l'interpretazione a fini applicativi.

Le tipologie di suolo individuate all'interno del territorio comunale di Clusone, definite sulla base della classificazione WRB 2006, sono:

- **Leptosols**: suoli superficiali e poco sviluppati, con scheletro frequente, tessitura media, reazione neutra o subalcalina, saturazione alta, scarsamente o moderatamente calcarei, drenaggio da buono a rapido. I Leptosols caratterizzano sistemi montuosi e montuoso-collinari, caratterizzati da una quota altimetrica generalmente superiore ai 700 m s.l.m. Tale unità pedologica è presente lungo i versanti che delimitano in direzione nord e sud il territorio comunale; l'uso del suolo prevalente è prato, pascolo o bosco misto di prevalenti latifoglie.
- **Cambisols**: suoli moderatamente profondi, con scheletro scarso o comune e tessitura media, saturazione alta, calcarei, drenaggio da buono a rapido, contraddistinti da cambiamento di colore, struttura e consistenza per effetto

dell'alterazione in situ. Caratterizzano aree prevalentemente montane (quota generalmente superiore a 500 m s.l.m.), a medio-bassa acclività; nel territorio di interesse occupano parte della piana di Clusone.

- **Luvisols**: suoli franco sabbiosi, subacidi, ben drenati, poveri di argilla nella parte superficiale. Sono presenti in corrispondenza dell'abitato di Clusone
- **Phaeozem**: sono suoli ricchi di materia organica presenti lungo il versante che digrada da San Lucio fino alla piana di Clusone.



Carta pedologica

6 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

6.1 Criteri di indagine

L'indagine geomorfologica si è svolta sulla base di uno specifico rilievo di terreno, supportato dalle rappresentazioni cartografiche disponibili. La compilazione della carta geomorfologica di tutto il territorio comunale è stata effettuata alla scala 1:5.000 per meglio rappresentare gli elementi morfologici presenti (Tavv. 3a, 3b).

È stata effettuata un'analisi di maggior dettaglio degli aspetto morfologici e idrografici, alla scala 1:2.000, sull'area del centro abitato (Tavv. 3a bis e 3b bis).

La morfologia del territorio è il risultato della combinazione di diversi fattori geologici (litologia e tettonica), di fattori climatici (precipitazioni, temperature, umidità), di agenti di modellamento superficiale (acque libere e incanalate, forza di gravità, cicli di gelo e disgelo) e di una significativa azione antropica.

Per buona parte delle forme riscontrate sul territorio è stato individuato il processo morfogenetico che le ha determinate e che, ancor oggi, le regolamenta (fenomeni gravitativi, erosionali legati alle acque superficiali, etc.); una parte degli elementi morfologici sono stati classificati come poligenici perché controllati da più agenti concomitanti.

L'indagine geomorfologica non solo ha individuato le pericolosità presenti sul territorio, ma ha evidenziato anche gli elementi di pregio ambientale e naturalistico che caratterizzano alcune aree del territorio. Gli elementi di pregio naturalistico sono stati delimitati con aree morfologicamente omogenee, contenenti più elementi che, nel loro insieme, ne costituiscono la peculiarità morfologia.

Gli ambiti geomorfologici sono stati individuati considerando, oltre alle caratteristiche morfologiche, la litologia e la genesi dei depositi: ciò ha portato a differenziare aree che presentano elementi morfologici simili ma che si sono tuttavia formate da differenti agenti morfodinamici (ad esempio le scarpate di terrazzo, di origine fluvioglaciale e periglaciale della porzione centrale della piana sono differenti dalle scarpate, fluviali, del f. Serio).

Il legame e la dipendenza fra morfologia e litologia è spesso stretto, in quanto i depositi possono avere morfologie che evidenziano le modalità deposizionali e, indirettamente, la litologia (ad esempio, i conoidi). In altri casi l'azione degli agenti esterni su depositi già formati, origina morfologie differenti a seconda della natura del deposito stesso, consentendo, indirettamente, la loro identificazione litologica (le incisioni torrentizie hanno forme differenti a seconda del tipo di deposito attraversato).

6.2 Ambiti geomorfologici

6.2.1 Piana di Clusone

La "piana" di Clusone presenta numerosi elementi morfologici, vari per forma, dimensione e posizione planoaltimetrica. Una volta riconosciuto che la maggior parte di tali elementi è strettamente legata geneticamente all'ambiente glaciale e fluvioglaciale, si è cercato di raggrupparli individuando aree omogenee. Tali aree possono riunire elementi morfologici uniformi, prodotti da un unico processo geomorfologico (ad esempio i terrazzi di Sternida) oppure dalla sovrapposizione nel tempo di diversi agenti morfodinamici (forme poligeniche).

Talora sono stati raggruppati in un'unica area anche depositi litologicamente diversi, quando questi hanno determinato la formazione di un'area morfologicamente uniforme.

Dossi esarati

Corrispondono ai rilievi di Birzem.

Si tratta di modesti rilievi asimmetrici, con dislivelli di alcune decine di metri, arrotondati, con cima pianeggiante; le scarpate si sviluppano solo verso il centro della piana, mentre il raccordo con il versante retrostante è graduale, quasi a uguale quota.

Si tratta di rilievi con ossatura costituita dal substrato roccioso calcareo dolomitico, ricoperto in parte da un sottile strato di deposito sciolto.

La sommità pianeggiante evidenzia l'esarazione operata dal ghiacciaio direttamente sulla roccia.

Dossi orientali nella piana

Si estendono nella zona più orientale della piana, dalle case di Frere fino a San Lorenzo di Rovetta.

Emergono dal fondo della piana anche per più decine di metri e sono morfologicamente molto articolati, con crinaletti arrotondati ad andamento sinuoso, vallecole secondarie e scarpate arrotondate.

Si sono formati a seguito dell'ultima glaciazione: costituiscono l'ultimo edificio messo in posto dalle due lingue glaciali di provenienza orientale: da Castione e dall'Oglio (Camuna).

Fasce depresse

Costituiscono una porzione arealmente importante della piana e la occupano per tutta la lunghezza.

Sono aree allungate, generalmente a fondo piatto, con debole pendenza verso Ovest; evidenziano un tracciato idrografico mal definito.

Hanno avuto origine a seguito dell'ultima glaciazione, ad opera degli scaricatori fuoriuscenti dalle fronti glaciali in ablazione. Le acque correnti hanno inciso i materiali preesistenti messi in posto dai ghiacciai stessi. Nella porzione più orientale della piana, il raccordo con le aree rilevate circostanti è graduale: in corrispondenza della zona di Sternida l'erosione ha determinato la formazione di una scarpata di poco più di 10 m.

Grandi dossi

Costituiscono buona parte dell'area compresa fra l'Orfanotrofio e Fiorine.

Si tratta di rilievi con dislivelli di alcune decine di metri, con forme molto articolate, anche caotiche; tra queste si riconoscono alcuni rilievi principali, di maggiori dimensioni; i versanti possiedono una pendenza variabile ma risultano nell'insieme sempre ben raccordati ed arrotondati.

Si tratta di depositi glaciali legati al ghiacciaio seriano.

Piana lacustre

È posta nella porzione più orientale della piana di Clusone. Si tratta di un'area pianeggiante compresa fra rilievi minori (morene).

Deriva dalla sedimentazione di materiale fine in ambiente tranquillo.

Piana terrazzata sul fiume Serio

L'area si estende immediatamente fra l'asse fluviale del fiume Serio e i dossi di Fiorine.

È costituita da un'area ad andamento generalmente pianeggiante, ma articolato al suo interno da microrilievi ed ondulazioni; sono presenti anche talune depressioni tondeggianti, circoscritte, di alcune decine di metri di dislivello.

Si tratta di depositi glaciali deposti dal ghiacciaio seriano.

Piane terrazzate centrali

Hanno una limitata estensione; sono presenti nella porzione centrale della piana, dalla località Morti nuovi al Cotonificio.

Sono aree a morfologia pianeggiante delimitate verso il centro della piana da una scarpata netta, di circa 10 m di dislivello, che le raccorda con le aree sottostanti.

Derivano dalla messa in posto di materiali ad opera di ghiacciai di provenienza camuna; i terrazzamenti sono dovuti ad erosioni successive operate dagli scaricatori del ghiacciaio.

Rilievi isolati

Sono posti all'interno della piana o al suo margine.

Si tratta di rilievi secondari costituiti da roccia (i depositi sciolti sono pressoché inesistenti) isolati, ovvero non addossati ai versanti dei rilievi maggiori.

Si sono generati dall'esarazione glaciale che ha modellato la roccia in posto.

6.2.2 Zona di raccordo piana-versanti

Si tratta della fascia a debole pendenza che racchiude la piana di Clusone e da cui si diparte il versante vero e proprio.

Altopiano carsico

Si tratta di un pianoro su versante con morfologie di tipo carsico ben sviluppate, talora di consistenti dimensioni. In particolare si nota la presenza di numerose doline, rappresentate da aree depresse chiuse a forma tondeggiante. Sono pure presenti, in alternanza alle precedenti, numerosi dossi arrotondati, microrilievi residuali dell'azione erosiva carsica.

La presenza di un carsismo evoluto, oltre a determinare morfologie di notevole pregio naturalistico, implica la presenza di un'area avente caratteristiche idrogeologiche peculiari, consistente in una elevata vulnerabilità della falda: l'acqua presente in superficie nella zona di S. Lucio può essere assorbita dal terreno e rapidamente messa in collegamento con circuiti idrogeologici profondi, sede di acquiferi importanti.

Aree caratterizzate da pinnacoli

L'area in cui tale fenomeno è maggiormente visibile è posta in prossimità del passo della Senda e sul versante settentrionale del Pizzo Formico.

La peculiarità morfologica consiste nella presenza di erosione intensa su aree ampie che ha determinato la formazione di vallecole molto incise separate da sottili creste e pinnacoli.

Nella definizione di questa morfologia è stato utilizzato impropriamente il termine "calanchi", solo per analogia morfologica.

La presenza di un elemento tettonico di importanza regionale quale è la faglia di Clusone ha determinato una intensa fratturazione, cataclasi e milonitizzazione della roccia calcareo-dolomitica della Dolomia Principale, riducendone fortemente le caratteristiche geomeccaniche, consentendo azioni erosive superficiali intense.

Pendio di Clusone

Si estende dalle case Gratino (verso Ovest) fino al confine orientale con Rovetta, dietro i rilievi di Birzem; corrisponde all'area con maggior concentrazione di aree urbanizzate.

Essa rappresenta un'ampia area a debole inclinazione, omogenea, con vergenza meridionale, formatasi a seguito della sovrapposizione delle azioni deposizionali ed erosive del ghiacciaio camuno, intercalata con l'attività deposizionale dovuta alle acque correnti.

6.3 Forme, processi e depositi

6.3.1 Forme, processi e depositi legati alla gravità

Sono stati individuati i fenomeni franosi legati alla gravità che si riconoscono sui versanti. Si tratta di fenomeni legati al crollo di masse rocciose, visibili in particolare sul versante settentrionale del Pizzo Formico. Si riconoscono orli di scarpata attivi, anche in forte erosione soprattutto sul versante meridionale della Cima Crapet e del Monte Simer.

Orli di scarpata e/o di frana attiva

Con questo simbolo si evidenziano i cigli delle scarpate che determinano un risalto morfologico elevato; essi si presentano in erosione a causa delle scadenti caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso (dolomia cataclasata) e della presenza di materiale sciolto su pendio; l'instabilità delle scarpate è determinata non tanto dall'erosione al piede operata dalle acque, quanto da processi di tipo gravitativo che determinano l'arretramento dei cigli.

Orli di scarpata e/o di frana quiescente

Con questo simbolo si evidenziano i cigli delle scarpate che non presentano indizi di attività e possono essere considerate stabilizzate. La loro morfologia "a gradini" potrebbe rappresentare il risultato della sovrapposizione di eventi di tipo deposizionale con altri di tipo erosivo.

Crollo di blocchi rocciosi e ribaltamenti diffusi (distacco e accumulo)

Sono stati indicati i punti di possibile distacco di blocchi isolati da pareti rocciose; tale fenomeno è favorito dalla fratturazione del bedrock, dall'azione meccanica della vegetazione e dalla conformazione morfologica del versante (acclività). Tale problematica è stata evidenziata lungo il versante settentrionale del Pizzo

Formico, lungo le pareti rocciose del Monte Né e della Valle Serraia: i rilievi geologici e geomeccanici finalizzati alla definizione del grado di pericolosità hanno portato alla individuazione di tratti di versante classificati in frana attiva nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI.

Falde di detrito

Le aree site a valle di zone soggette a crollo e le zone interessate da falde di detrito talora estese, sono potenzialmente sede di fenomeni gravitativi (scivolamenti, rotolamenti e debris), connessi alla presenza di blocchi rocciosi disarticolati su aree a media acclività.

Tali aree interessano principalmente le zone di raccordo tra i versanti montani e la piana di Clusone. In particolare la zona compresa tra la valle Serraia ed iltratto di pendio esteso tra la località Case Gratino ed il territorio comunale di Rovetta dove il substrato roccioso, rappresentato dalla Dolomia Principale, è ricoperto da depositi superficiali rappresentati da un'alternanza di depositi fluvioglaciali e depositi di versante. L'analisi geomorfologica di dettaglio evidenzia un assetto fisiografico risultante dalla sovrapposizione di diversi agenti morfodinamici (fluviali e glaciali prevalenti).

La rete di deflusso superficiale delle acque è rappresentata da torrenti alimentati da limitati bacini idrografici impostati lungo la massima direzione del versante e con ramificazioni secondarie poco sviluppate. Gli unici corsi d'acqua con uno sviluppo ed una portata ragguardevole sono la Val Serraia e la Valle Cadregone.

L'elevata antropizzazione dell'area ha parzialmente modificato le morfologie originarie ove anche la maggior parte delle vallecole è stata intubata o collettata alla fognatura.

Versanti a media acclività sede di potenziale distacco e transito di blocchi rocciosi e subordinati scivolamenti in depositi sciolti

Si tratta dei versanti mediamente acclivi con substrato roccioso affiorante, subaffiorante, alterato e fratturato o con presenza di coperture sciolte, a granulometria variabile, anche fine, in spessori metrici; in tale classe sono state anche comprese i pendii più acclivi dei rilievi collinari collocati nella piana.

Aree a franosità diffusa

Movimenti franosi originati da più fenomeni gravitativi, di scivolamento e di scorrimento traslazionale che possono coinvolgere sia la coltre superficiale sia i depositi detritici a contatto con il substrato fratturato, in corrispondenza di versanti acclivi e, talora, in presenza di acqua di scorrimento incanalato e ruscellamento.

Sono state perimetrate all'interno di tutte le principali incisioni torrentizie (Valle dell'Inferno, Valle Flesch, Valle Serraia, valle Barbino) e lungo i tratti di versantr ad elevata acclività.

Trattasi talora di aree localizzate, potenzialmente interessate da franamenti od erosioni spondali ovvero da una ripresa di movimenti avvenuti nel passato. In tale classe sono state comprese piccole porzioni areali lungo la valle che scende dal Monte Rasga e delimita ad est l'abitato di Clusone e, lungo il versante a sud del territorio comunale, alcune porzioni di scarpata fluviale della Valle Flesch, oltre a limitate porzioni di pendio.

Per le perimetrazioni territorialmente riconosciute e confermate nella carta del dissesto come aree in frana, il grado di attività è stato valutato considerando la presenza e lo stadio evolutivo della vegetazione nonché le caratteristiche geomorfologiche, con particolare riferimento alla presenza ed alla struttura della rete di drenaggio.

Area a franosità superficiale diffusa

Sono dissesti traslazionali superficiali che coinvolgono principalmente la coltre superficiale. Tali fenomeni coinvolgono limitate volumetrie di materiale; si tratta dei versanti mediamente acclivi con substrato roccioso affiorante o subaffiorante; in tale classe sono compresi i tratti di versante a monte di località Ponte Selva, nella zona di Tarangolo ed in Val Gavazzo.

Aree interessate da possibili fenomeni di erosione accelerata

Sono state identificate varie zone sui versanti meridionali del Monte Simer e della Cima Crapet, nelle quali, per la presenza di un substrato roccioso intensamente fratturato e cataclasato, si rilevano fenomeni di erosione lungo le incisioni

torrentizie ed estesi su significative porzioni di versante, dando luogo a forme di tipo "calanchivo".

Frana attiva non fedelmente cartografabile

Sono movimenti di piccoli volumi di terra e/o roccia, principalmente scivolamenti, che coinvolgono, singolarmente, limitate porzioni areali. Sono state individuate all'interno del bacino della Valle dell'Inferno e lungo il versante di località Bosgarina.

Frana quiescente non fedelmente cartografabile

Individuano limitate porzioni areali con evidenze di passati movimenti di piccoli volumi di terra e/o roccia, attualmente stabilizzate. Un'area di frana quiescente è stata riconosciuta lungo la valle Flesch.

Area di riporto e/o rimodellamento

Si tratta di aree cartografabili ed arealmente perimetrabili, sulle quali sono stati individuati consistenti riporti di materiale e/o sono stati operati significativi rimodellamenti delle morfologie originarie.

6.3.2 Forme, processi e depositi legati alle acque correnti superficiali

I fenomeni individuati sono concentrati in modo particolare lungo i corsi d'acqua a seguito dell'azione erosiva operata dalla corrente.

Lungo i versanti sono visibili fenomeni legati allo scorrimento incanalato delle acque superficiali, in taluni casi con possibile trasporto di materiale, generalmente fine.

Colamenti rapidi attivi e quiescenti

Trattasi di elementi areali, prevalentemente sviluppati lungo le aste dei principali corsi d'acqua, classificati come attivi e quiescenti.

Gli alvei che caratterizzano il territorio comunale sono per lo più impostati in roccia: possibili fenomeni di colamento sono stati segnalati in presenza di rocce deboli o consistenti coperture eluvio-colluviali, anche in assenza di conoidi a valle dove,

generalmente, le morfologie originarie sono mascherate dalla presenza di una importante antropizzazione.

Area in sovralluvionamento

Sono state rilevate in corrispondenza di alcune incisioni vallive caratterizzate da alvei incisi, in presenza di materiale sciolto, mobilizzato, in spessori consistenti.

Area inondabile con bassi tiranti idrici per tracimazione dei corsi d'acqua a monte potenzialmente interessate da trasporto solido

Sono aree allagabili in occasione di eventi eccezionali, potenzialmente interessate da colate detritiche con portate liquide e solide non elevate.

Orli di scarpata di erosione fluviale o torrentizia attivi

Rappresentano i cigli delle scarpate fluviali dei torrenti impostati sia nel substrato roccioso sia nel deposito superficiale, talora con indizi di instabilità conseguenti all'erosione operata dalle acque al piede della scarpata.

Ruscellamenti concentrati con possibile trasporto di materiale

Si tratta di fenomeni che avvengono in corrispondenza di acque incanalate in alvei ad elevata pendenza; le acque agiscono aumentando la solcatura del thalweg con conseguente possibilità di instabilizzare le scarpate laterali; in taluni casi si verifica il trasporto di materiale solido verso gli sbocchi dei torrenti.

Probabile direzione delle colate

Sono stati individuati i possibili percorsi delle colate nel caso di esondazione.

Aree esondabili del fiume Serio - Studio Dizeta della Regione Lombardia

Sono state riportate le aree di esondazione individuate nello studio Dizeta redatto per conto di Regione Lombardia e recepite nel PGRA vigente. La descrizione delle fasce è riportata nel paragrafo descrittivo del reticolo idrico principale (par. 7.2).

Conoidi

Si tratta di debris flow individuati allo sbocco della Val Barbino, della Val Gavazzo e della vallecola in prossimità del monte Beur. Trattasi di fenomeni oggetto di studi di dettaglio, le cui risultanze, in termini di pericolosità, sono riportate nel paragrafo descrittivo del reticolo idrico minore (par. 7.2).

Cascate

Si tratta di salti morfologici dell'alveo in roccia, i cui dislivelli raggiungono anche decine di metri; sono generalmente sono seguiti e preceduti da tratti a debole pendenza.

Ristagni

Aree che per la loro conformazione morfologica e litologica mostrano una difficoltà di drenaggio. Si tratta della piana di Sternida e delle aree di Lama e delle Fiorine, depresse rispetto il piano campagna circostante e quindi dove è possibile il ristagno delle acque.

Principali bacini idrografici

Per i principali corsi d'acqua insistenti sul territorio comunale, è stato perimetrato il limite del bacino idrografico che coincide spesso con le principali linee di crinale.

Possibile ostruzione dell'alveo per inefficienza e/o inadeguatezza degli elementi strutturali presenti

Si tratta di punti in cui si verificano restringimenti della sezione di deflusso degli alvei per cause naturali o antropiche.

Punto di confluenza con possibilità di esondazione in occasione di fenomeni di piena

Sono cartograficamente segnalati i punti di confluenza tra corsi d'acqua, in corrispondenza dei quali, per le caratteristiche proprie dei torrenti e per la morfologia delle aree nel punto di confluenza, non possono escludersi possibili fenomeni di esondazione in caso di piena.

6.3.3 Forme, processi e depositi legati al carsismo

L'area con morfologie vistose e belle, legate a fenomeni di dissoluzione carsica, è la zona retrostante a San Lucio, nella quale si rinvengono doline: si tratta di depressioni circolari derivate dall'azione di dissoluzione da parte della circolazione idrica sotterranea sulle rocce calcaree, con conseguente formazione di inghiottitoi: l'evoluzione di tali morfologie può provocare anche crolli sotterranei, con dissesti sulla superficie del terreno.

Sono stati indicati:

Doline in presenza di roccia affiorante e sub-affiorante

Sono depressioni a contorno sub-circolare e sezione conica, poste in corrispondenza di inghiottitoi carsici; tali forme derivano dalla dissoluzione di rocce carbonatiche per azione delle acque circolanti nel sottosuolo. Interessano l'area di San Lucio, caratterizzata da carsismo poco profondo.

Doline in presenza di depositi fluvioglaciali e glaciali in spessori metrici

Si tratta di zone depresse a forma circolare, talora con dislivelli di ordine plurimetrico, che individuate in località Pineta; derivano dalla dissoluzione della frazione carbonatica dei depositi conglomeratici costituenti il sottosuolo, sepolti al di sott di depositi fluvioglaciali e glaciali con spessori di ordine metrico.

Sommità in area carsica

Si tratta dei dossi arrotondati, residuali dell'azione erosiva carsica.

6.3.4 Forme e processi legati all'attività glaciale

Sono state individuate le forme indicanti l'attività glaciale di cui restano testimonianza i seguenti elementi:

Crinali morenici

Sono visibili nella località Valeda al confine con il comune di Rovetta.

Sommità dei rilievi morenici

Si tratta della sommità dei dossi morenici che si elevano, rispetto il piano campagna circostante, mediamente di circa 10 m.

6.3.5 Forme, processi e depositi di origine poligenica

Sono stati definiti anche dei fenomeni poligenici in quanto generati dalla concomitanza di più fenomeni.

Gli elementi individuati sono:

Principali linee di crinale

Sono indicate le zone di crinale che coincidono generalmente con gli spartiacque superficiali.

Orli di scarpata

Si tratta di cambi di pendenza formatisi a seguito del controllo strutturale operato dalle caratteristiche litologiche del substrato unitamente all'azione erosiva di vari agenti atmosferici, e, talora, all'azione antropica.

6.3.6 Forme, processi e depositi antropici

Sono state mappate le opere di difesa idraulica, i punti di possibile ostruzione del naturale deflusso dei corsi d'acqua, i riporti di materiale quando per estensione hanno assunto anche un significato morfologico.

Sono stati sottolineati gli orli di origine antropica e i terrazzamenti agrari, questi ultimi probabilmente impostati su originarie morfologie del territorio.

Gli elementi individuati sono:

Orli di scarpata

Sono stati cartografati gli orli delle scarpate antropiche più significativi.

Terrazzamenti agrari

Sono stati individuati sui piccoli rilievi di Birzem, colle Crosio e nelle zone pedecollinari meno acclivi.

Aree di riporto e/o rimodellamento

Si tratta di aree cartografabili nelle quali sono stati individuati consistenti riporti di materiale e/o sono state operati significativi rimodellamenti delle morfologie originarie.

Soglie

Sono opere di difesa o di sistemazione idraulica presenti lungo i corsi d'acqua (soglie, arginature…).

Punti di possibile ostruzione del deflusso

Si tratta di punti in cui si verificano restringimenti della sezione di deflusso degli alvei per cause naturali o antropiche.

Derivazioni di acque superficiali

Sono individuate le derivazioni da corpo idrico superficiale in essere sul territorio comunale.

Opere di difesa

Sono state mappate le opere di difesa e sistemazione idraulica presenti lungo i corsi d'acqua, differenziate per categoria (scogliere in massi ciclopici, muri, reti paramassi).

Attraversamenti

Cartograficamente sono stati riportati i principali attraversamenti dei corsi d'acqua superficiali, suddivisi in relazione alla tipologia: passerella pedonale, ponte, soglia.

Rete acquedottistica

E' indicata la rete di distribuzione acquedottistica (adduttrice principale e rete di distribuzione), sono riportati gli impianti ed i serbatoi.

Rete fognaria

E' indicata la rete fognaria principale (acque nere, acque miste, acque bianche), il collettore, i punti di scarico, la presenza di vasche volano, l'ubicazione del depuratore comunale.

Scarico autorizzato

Si tratta di scarichi autorizzati, civili o produttivi, in corso d'acqua superficiale.

Galleria in roccia

Trattasi di un tratto areale scavato in grotta, denominato galleria delle Fiorine, caratterizzato da uno sviluppo orizzontale di circa 40 metri.

6.4 Acclività dei versanti

È stata effettuata un'analisi digitale del terreno da cui è stata derivata l'andamento morfometrico dei versanti (pendenza) del territorio comunale. L'utilizzo in ambiente GIS del modello digitale del terreno regionale (DTM) permette una ricostruzione piuttosto dettagliata dell'andamento della superficie topografica del territorio comunale, rappresentata da un modello ombreggiato a più colori, rappresentativo di varie classi di pendenza.

Sono state discretizzate 5 classi clivometriche, cartograficamente individuate sulla tavola 2c:

- classe 1 acclività < 10°
- classe 2 acclività compresa tra 10° e 20°
- classe 3 acclività compresa tra 20° e 30°
- classe 4 acclività compresa tra 30° e 40°
- classe 5 acclività > 40°

Dall'osservazione della distribuzione delle diverse classi all'interno del territorio comunale, emerge che:

- Il versante che digrada verso nord dai rilievi di Corno Guizza-Pizzo Formico-Forcella Larga fino all'abitato di Clusone, presenta acclività generalmente superiori a 30°, ad eccezione della zona di fondovalle, dove la pendenza è

mediamente compresa tra 20° e 30° e delle zone di crinale, caratterizzate da substrato roccioso affiorante, ove l'acclività supera i 40°;

- la porzione di versante compresa tra le Valli Flesch e Gavazzo, limitatamente alla località San Lucio, è invece caratterizzata da pendenze basse, generalmente inferiori a 10° o comprese tra 10° e 20°;
- il settore collinare-montano che caratterizza il versante settentrionale del territorio comunale, presenta acclività prevalentemente comprese tra 30° e 40°; in corrispondenza di tali ambiti il substrato roccioso si presenta affiorante o subaffiorante, suturato da una copertura superficiale da media a modesta;
- la porzione centrale del territorio comunale e l'urbanizzato si collocano in un ambito a bassa acclività (< 10°); si evidenziano cambi di pendenza (acclività fino a 30° circa) in corrispondenza di Colle Crosio e dei dossi che caratterizzato la Pineta di Clusone e parte dell'urbanizzato nella porzione orientale del territorio comunale.

6.5 Valanghe

Sul territorio comunale di Clusone sono riconoscibili canaloni ed avvallamenti che costituiscono le potenziali vie preferenziali di scorrimento di valanghe durante la stagione invernale.

Nella carta geomorfologica (tavv. 2a e 2b), sono state riportate le aree interessate da fenomeni valanghivi, come individuate dal "Sistema Informativo Regionale Valanghe" (S.I.R.VAL.), realizzato dalla Regione Lombardia e cartograficamente restituito alla scala 1:25.000.

Il sistema informativo prodotto fornisce un quadro di massima sull'esposizione al pericolo delle valanghe del territorio montano del Comune di Clusone; la carta geomorfologica, perimetrando le valanghe individuate e potenzialmente presenti sul territorio comunale, descrive i fatti oggettivi noti ad un determinato istante (data di rilevamento es aggiornamento del SIRVAL), tratti da osservazioni dirette, dati storici e testimonianze orali. I dati cartografici reperiti in sito sono stati integrati con le informazioni dedotte mediante fotointerpretazione.

Cartograficamente sono pertanto riportate e suddivise (con l'utilizzo di colori diversi), le valanghe individuate mediante fotointerpretazione da quelle effettivamente osservate sul territorio comunale.

La documentazione cartografica relativa agli eventi valanghivi allegata alla presente relazione (tavv. 2a e 2b), riporta la localizzazione probabile dei siti valanghivi, non fornendo alcuna indicazione previsionale circa il grado di rischio o la frequenza dei fenomeni di distacco.

L'individuazione dei siti valanghivi ottenuta mediante l'utilizzo del Sistema Informativo regionale Valanghe è da ritenersi utile a livello indicativo nella pianificazione territoriale; le carte prodotte potranno servire quali basi per la realizzazione di studi di maggiore grado di dettaglio, detti Piani delle zone esposte al pericolo di valanghe (P.Z.E.V.), che riportino più precisamente i limiti delle aree potenzialmente interessate da distacco di masse nevose che, soprattutto, il grado di rischio e gli eventuali interventi migliorativi.

I percorsi di valanga individuati si verificano generalmente a partire da quote superiori ai 2.000 m per seguire gli avvallamenti presenti lungo le direzioni di massima pendenza dei versanti. In particolare é possibile osservare come la zona di coronamento e la prima porzione della superficie di scorrimento sono caratterizzate da una elevata acclività, generalmente coincidenti con incisioni vallive, su tratti di versante privi di vegetazione sia arborea che arbustiva.

Le aree caratterizzate da pericolosità per valanghe sono presenti lungo il versante meridionale dell'abitato, in corrispondenza delle testate delle valli dell'Inferno e Flesch; distacchi di masse nevose si sono verificati lungo l'allineamento Corno Guazza-Pizzo Formico.

7 IDROGRAFIA

7.1 Criteri di indagine

Gli elementi idrografici del territorio comunale sono riportati sulle Tavv. 3a e 3b alla scala 1:5.000.

I caratteri idrologici del Serio sono stati dedotti dallo studio della Regione Lombardia “Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro (Bg)” realizzato dallo Studio Associato Dizeta, del 1999.

L’individuazione dei corsi d’acqua è stata effettuata utilizzando come base topografica l’aerofotogrammetrico comunale, alla scala 1:5.000, oltre alle osservazioni effettuate direttamente sul terreno. Per i corsi d’acqua afferenti al reticolo idrico minore sono state acquisite e recepite e informazioni ed i tracciati riportati nello studio di “definizione del reticolo idrico minore”, come da ultima variante approvata con delibera di consiglio comunale n. 27 in data 02.08.2016.

I corsi d’acqua insistenti sui conoidi identificati nell’Atlante dei dissesti del PAI (Val Barbino, Val Beur e Val Gavazzo) sono stati oggetto di studi di dettaglio redatti ai sensi della D.G.R. n. 7/6645 del 29.10.2001 ed approvati dalla Regione Lombardia in data 10 marzo 2006 (n. prot. 1.2006.6089).

7.2 Caratteri idrografici

La rete di deflusso delle acque superficiali nel territorio comunale di Clusone è scarsa: ad esclusione del fiume Serio, posto al confine occidentale, all’interno del territorio comunale i corsi d’acqua sono poco estesi, di limitata portata e a carattere per lo più saltuario; ciò si deve alla particolare conformazione orografica locale, priva di bacini di alimentazione estesi sui versanti che racchiudono la piana e alla presenza sulla piana di sedimenti prevalentemente grossolani, a buona permeabilità, che favoriscono l’infiltrazione nel terreno. In corrispondenza del confine comunale orientale corre l’attuale spartiacque che separa il bacino occidentale del fiume Serio, da quello orientale, di pertinenza del fiume Oglio. Pertanto, ad eccezione di un breve impluvio con direzione orientale, affluente del t. Valeggia, tutti i corsi d’acqua del territorio comunale sono di pertinenza seriana.

La maggior parte dei corsi d'acqua, a carattere saltuario che scendono dal versante settentrionale (a nord dell'abitato), si interrompono prima di raggiungere la zona pianeggiante e sono collettati nella rete fognaria.

L'assetto idrografico rispecchia le ultime fasi evolutive del bacino di Clusone la cui interpretazione, oltre che complessa, non è sempre possibile: parte della successione quaternaria è infatti sepolta sotto la piana, dove essa è esposta, l'erosione ne ha asportato porzioni significative rendendo difficile la correlazione fra i vari depositi. Non è talora facile l'attribuzione del corretto bacino di appartenenza (seriano o afferente al fiume Oglio) dei sedimenti in quanto lo spartiacque tra i due bacini non è di facile attribuzione. Tale interpretazione è oltretutto complicata dalla presenza di sedimenti glaciali e fluvioglaciali (presenti sino alla località Fiorine) rilasciati dal ghiacciaio camuno durante le fasi di ritiro: questi hanno suturando i depositi più antichi, colmando il solco vallivo presente e determinando l'attuale posizione dello spartiacque lungo la piana.

Per evidenziare lo stretto rapporto fra gli elementi morfologici, anche secondari, e l'andamento dei corsi d'acqua che viene da essi condizionato, nella cartografia sono stati messi in evidenza i crinali e gli orli di terrazzo, anche quando minori, che fungono da spartiacque locale.

7.2.1 Reticolo idrico principale: fiume Serio

Il fiume Serio ha origine dalle Alpi Orobiche, fra il Pizzo del Diavolo di Tenda (quota 2914 m s.l.m.) e il monte Gleno (quota 2883 m s.l.m.).

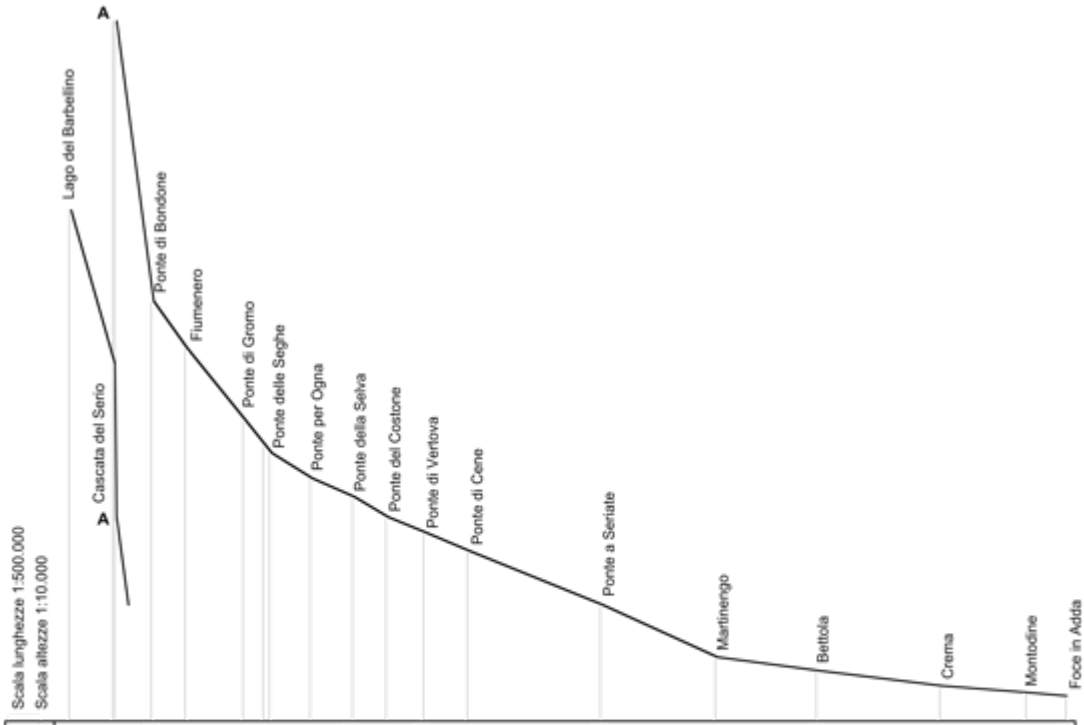
Il fiume scorre con direzione all'incirca nord-sud lungo la valle, percorre poi la porzione centrale della pianura bergamasca fino a Mozzanica, dove entra nel territorio cremonese.

La lunghezza totale del Serio, fino alla sua immissione nell'Adda a Montodine, è di circa 120 km, di cui circa 80 km percorsi nel territorio bergamasco.

Il bacino idrografico ha un'estensione di circa 1200 km^2 e può essere suddiviso in due porzioni: quella "montana" costituisce circa il 40% della superficie del bacino e la cui chiusura è posta idealmente alla sezione del ponte di Cene, la restante porzione è situata in pianura. Il reticolo idrografico inizia ad organizzarsi proprio sui rilievi orobici grazie alla presenza di laghetti glaciali che raccolgono le acque

di scorrimento superficiale e le rilasciano creando una rete di drenaggio molto articolata che man mano si definisce in un canale principale.

Il profilo altimetrico del fiume (sotto riportato) presenta un andamento classico, con un primo tratto ad elevata pendenza con caratteri idraulici di tipo torrentizio, un tratto intermedio ancora incassato in zona montana ma con pendenze moderate e riduzione della velocità della corrente, ed un tratto terminale con un letto fluviale ampio e morfologia tipo "braided", da Seriate fino a Mozzanica, mentre più a sud assume una morfologia "a meandri".



Lunghezze in km Totali	Parziali	Altezze in m s.l.m.
0.00	0.00	2104.00
4.80	0.30	1460.00
8.70	3.90	875.00
12.20	3.50	776.00
18.20	6.00	628.00
21.00	2.80	556.00
25.20	4.20	503.00
29.70	4.50	465.00
33.20	3.50	422.00
37.00	3.80	393.00
41.60	4.60	354.00
55.60	14.00	239.00
67.60	12.00	132.00
78.10	10.50	104.00
91.10	13.00	70.00
100.10	9.00	55.00
104.00	3.90	48.80

Nel territorio comunale di Clusone il fiume Serio funge da confine comunale occidentale con il territorio di Parre. Esso è lungo circa 2 km, con una pendenza

media del talweg non superiore allo 0,5%, che indica il carattere montano (torrentizio) di tale tratto.

Il Serio ha un andamento morfologico leggermente sinuoso, la cui larghezza media varia da 30 m a circa 50 m; l'alveo risulta incassato rispetto la piana di Clusone di circa 30-50 m con scarpate ad elevata acclività.

Particolare interesse rivestono i parametri relativi alla densità di drenaggio (rappresenta il numero di Km di corso d'acqua per ogni Kmq: più è elevata, maggiore è la percentuale di acqua piovana che scorre superficialmente senza infiltrarsi) e la pendenza media dell'asta principale (la quale influisce in maniera diretta sulla velocità di scorrimento, e quindi sull'energia delle acque). Per gli impluvi costituenti il bacino del fiume Serio si osservano valori di 4,5 Km di reticolo idrografico per ogni Kmq di superficie e pendenze dell'ordine di circa 25 m di dislivello ogni 100 m di andamento orizzontale.

Questi dati fanno ragionevolmente ipotizzare che i bacini appartenenti al più grande bacino del Serio abbiano un tempo di corrivazione (cioè il tempo massimo che impiega una ipotetica goccia d'acqua, caduta nel punto più lontano del bacino, per raggiungere la sezione di chiusura dello stesso) molto basso (inferiore all'ora); tale dato si traduce in una immediatezza della risposta dei corsi d'acqua durante gli eventi piovosi e in una conseguente impossibilità di svolgere una previsione di piena con tempi accettabili.

Caratteri idrologici del Serio

Lo studio idraulico della Regione Lombardia, da cui sono stati dedotti i caratteri idrologici del Serio, ha suddiviso il bacino del fiume in sei differenti sottobacini con sezioni di chiusura identificate in varie località. Per il tratto nel territorio comunale di Clusone si fa riferimento alla sezione di chiusura posta fra gli abitati di Premolo e Parre.

La procedura per la determinazione delle portate al colmo si basa sia sulla serie storica disponibile per la sezione del Ponte di Cene, dove è installato un idrometrografo registratore, sia sull'impiego di uno specifico modello di trasformazione

afflussi-deflussi, a partire dalle curve di possibilità pluviometrica ricavate dall'elaborazione dei dati di pioggia.

I risultati a cui è giunto lo studio della Regione Lombardia per la sezione di Parre-Premolo sono:

Tempo di ritorno (anni)	10	20	50	100	200	500
Precipitazione (mm)	79,41	88,16	99,56	108,09	116,48	127,65
Portata al colmo (mc/s)	254	298	356	401	446	507

Aree di esondazione

Le aree soggette a potenziale esondazione sono state individuate nello "Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro (Bg)", redatto a cura dello studio Dizeta per conto di Regione Lombardia e recepite nel PGRA vigente.

Lo studio ha identificato le fasce di esondazione, adottando il medesimo criterio di definizione del PAI:

Fascia A (dizeta): alveo sede della piena, calcolata con tempo di ritorno di 200 anni, ove fluisce almeno l'80% di tale portata, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante la piena.

Fascia B (dizeta): fascia di esondazione (piena con tempo di ritorno di 200 anni) estesa al territorio con quota topografica corrispondente al livello idrico della piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate, dimensionate per la stessa portata.

Fascia C (dizeta): aree di inondazione per piena catastrofica delimitate sulla base della massima piena storica registrata (se superiore ai 200 anni), o, in assenza di dati, si è considerata una piena con un tempo di ritorno di 500 anni.

Tali fasce sono state tradotte nella carta del dissesto PAI-PGRA – ambito territoriale Reticolo Principale di pianura e di fondovalle - rispettivamente in aree P3/H (fascia A studio Dizeta), P2/M (fascia B studio Dizeta) e P1/L (fascia C studio Dizeta).

Sul territorio comunale di Clusone le zone P3/H corrispondono all'alveo attivo del Serio, comprese le scarpate di pertinenza. E' stata perimetrata in classe H anche una sottile area a forma triangolare posta nella porzione occidentale del territorio comunale, al confine con Piario, in località Ponte Selva.

Le aree a media probabilità di alluvioni – P2/M non sono state identificate sul territorio comunale di Clusone dal PGRA vigente per l'ambito RP).

Le aree a bassa pericolosità P1/L corrispondono ad una stretta fascia a tergo dell'area H, in località Ponte della Selva.

7.3 Altri corsi d'acqua afferenti al reticolo idrico principale

7.3.1 Valle Inferno

Scorre nella porzione sud-occidentale del territorio di Clusone e funge da confine comunale con Gandino. Si genera dal versante settentrionale del Pizzo Formico. La valle principale ha un andamento verso nord fino alla quota di circa 770 m s.l.m., dove devia assumendo una direzione prevalente verso ovest. Alla quota di circa 600 m s.l.m., si innesta un ramo secondario, denominato Rio Cabrosna (afferente al Reticolo Idrico Principale), sviluppatosi dal versante settentrionale del Corno Guazza. La valle assume poi una direzione verso NNO fino ad immettersi nel fiume Serio alla località Ponte della Selva.

La valle solca il versante incidendo il substrato roccioso dolomitico, rappresentato dalla formazione della Dolomia Principale, che in tale settore si presenta intensamente cataclasata e facilmente erodibile, tanto che genera morfologie assimilabili ai "calanchi". La valle si presenta pertanto molto profonda, stretta, con un andamento leggermente sinuoso, con frequenti salti morforfologici a cui si alternano zone a bassa pendenza; sul fondo è spesso presente molto materiale franato dalle scarpate laterali che può essere preso in carico dalla corrente e trasportato verso valle, sottoforma di debris flow o debris torrent.

Le ramificazioni di ordine secondario sono poco sviluppate, scorrono lungo la massima pendenza e determinano l'aspetto dendritico della valle.

L'andamento della valle è più articolato, nel tratto di versante di raccordo con la piana essendo impostato nei depositi sciolti.

Caratteri morfometrici e idrologici

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:
Superficie: 3,95 km^2
Lunghezza asta principale: 3,79 km
Pendenza asta principale: 0,19
Lunghezza totale aste secondarie: 11,14 km.

Aree di esondazione

Non sono segnalati fenomeni di esondazione del torrente della Valle dell'Inferno; esso scorre molto incassato lungo tutto il suo percorso. Non si possono escludere dissesti a carattere torrentizio, determinati dal trasporto solido operato dalla corrente a causa dell'intensa erosione delle scarpate laterali, costituite da materiale roccioso fortemente erodibile.

7.3.2 Val Flesch

L'asta principale della Val Flesch nasce sulle pendici del Montagnina (quota 1500 m s.l.m.) e, con decorso prevalente verso nord, drena le acque del bacino identificato dai dossi della località Casera e dell'altopiano di San Lucio. Attorno alla quota di circa 650 m s.l.m. raccoglie le acque di un impluvio tributario di sinistra, che nasce dal Pizzo Formico, definendo così un unico corso che, dirigendosi verso nordovest, raggiunge la piana in località Fiorine.

Tributari di ordine secondario scorrono sub-parallelamente all'asta principale e si sviluppano lungo la massima pendenza del versante.

Il corso d'acqua incide profondamente, nella porzione alta e media del bacino, le rocce dolomitiche e calcaree; nella porzione terminale incide invece i depositi glaciali, fluvioglaciali e alluvionali.

Il bacino della Val Flesch drena un'ampia porzione del versante; esso si presenta come corso d'acqua stagionale la cui alimentazione è legata principalmente al regime delle precipitazioni e, solo secondariamente, agli apporti determinati da falde acquifere che sfruttano i circuiti carsici sviluppati nelle formazioni rocciose calcaree.

Caratteri morfometrici e idrologici

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:
Superficie: 11,71 km^2
Lunghezza asta principale: 6,92 km
Pendenza asta principale: 0,13
Lunghezza totale aste secondarie: 48,55 km

Aree di esondazione

Il torrente della Val Flesch scorre incassato lungo tutto il suo percorso; la piana su cui sorge il campeggio, allo sbocco della valle, risulta rilevata di alcuni metri rispetto l'alveo.

Viste le caratteristiche geologiche dell'area ed idrologiche del corso d'acqua, non si possono escludere fenomeni di dissesto riconducibili all'erosione torrentizia lungo le scarpate ed al crollo di blocchi rocciosi dalle pareti più acclivi: sono visibili orli di distacco lungo le scarpate del torrente e materiale sciolto sul fondo dell'alveo.

Si evidenzia che, parte del parcheggio esterno al campeggio è stato realizzato mediante riporto di materiale: ciò ha provocato la riduzione della sezione dell'alveo con conseguente maggiore erosione lungo la sponda destra; lo stesso riporto è stato interessato da, erosione al piede e piccoli smottamenti.

Un eventuale fenomeno di esondivo o di dissesto morfologico a carattere torrentizio verrebbe probabilmente contenuto nell'alveo sino alla piazzola ecologica del campeggio (posta a nord del parcheggio esterno): sin qui il torrente è incassato di circa 8 m rispetto al piano campagna su cui sorge il campeggio e l'alveo risulta ampio; in corrispondenza del parcheggio il dislivello si riduce a 4-5 m e l'alveo si restringe. Questo risulta il punto maggiormente critico in quanto una eventuale colata detritica potrebbe esondare coinvolgendo la strada e gli edifici prossimi al ciglio della scarpata, in sinistra idrografica. Più a sud la colata risulterebbe contenuta in destra idrografica dal muro dello stabilimento delle Fonti Pineta S.p.A. mentre, in sinistra, potrebbe espandersi sul terrazzo alluvionale a valle della strada, alla confluenza fra la Val Flesch e il torrente Lirù.

7.3.3 Val Gavazzo

La rete idrografica è costituita da un collettore principale, individuabile a partire dalla quota topografica di 1.240 m s.l.m., che raccoglie le acque del versante provenienti da tre incisioni, riconoscibili a partire da quota 1.500 m s.l.m. Tali incisioni sono, nel tratto iniziale, parallele fra loro con direzione nordovest, poi piegano, assumendo una direzione verso nord fino al punto di origine dell'unico impluvio.

L'asta principale scorre a cielo aperto fino alla quota topografica di 700 m s.l.m., in corrispondenza dell'apice del conoide: da qui il corso d'acqua non è più visibile a causa delle modifiche antropiche apportate nel tempo.

L'impluvio non presenta ramificazioni secondarie nel tratto fra quota 1.240 m e 700 m s.l.m.: sono visibili alcuni piccoli solchi in corrispondenza delle incisioni createsi nella roccia, che favoriscono il drenaggio delle acque provenienti dalle pareti laterali.

La valle è stata oggetto di studio di dettaglio ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645 ai fini della valutazione della pericolosità dei conoidi identificati sul territorio comunale dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico – Atlante dei dissesti) come *"Ca – Area di conoide attivo non protetta".*

Caratteri morfometrici e idrologici

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:

Superficie: 2,16 km^2

Lunghezza asta principale: 3,27 km

Pendenza asta principale: 0,26

Lunghezza totale aste secondarie: 3,87 km

Aree di esondazione

Le analisi condotte nello studio di dettaglio hanno permesso di definire l'entità dell'attività del conoide e le possibili aree coinvolte dalle colate detritiche. In particolare:

- l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei sono riattivabili in caso di piena, fino alla quota di 580 m s.l.m.

- un'ampia fascia attorno alla precedente zona, sviluppata sia in destra che in sinistra a partire dalla quota di circa 675 m s.l.m. fino alla piana, è intensamente coinvolta da fenomeni di debris flow; tale fascia si estende maggiormente in sinistra con larghezza massima di 100 m, mentre in destra si estende per circa 60 m.
- le porzioni laterali più distali lungo l'apparato di conoide (identificate a partire dalla quota di circa 640 m s.l.m. fino alla piana) possono essere interessate da fenomeni di debris, ma con trasporto limitato di materiale e altezze idriche ridotte.
- la fascia più pianeggiante del conoide, comprendente tutta l'area fino alla strada sterrata, potrebbe essere interessata soprattutto da colate prevalentemente liquide, caratterizzate comunque da altezze idriche ridotte.

Gli esiti dello studio di dettaglio, in termini di attribuzione di una classe di pericolosità al conoide, sono riportati nel paragrafo di analisi del vigente quadro del dissesto e fasce fluviali, carta PAI PGRA.

Classificazione di pericolosità

Il conoide della Val Gavazzo è fortemente attivo e eventuali colate detritiche possono coinvolgere un'ampia zona, che dall'apice del conoide stesso giungono fino alla piana sottostante (località Lama).

Sono state classificate le porzioni di territorio interessate da fenomeni di debris flow sulla base della pericolosità individuata, distinguendo le seguenti classi:

- pericolosità molto elevata (H5) – comprende l'incisione valliva e tutta la parte centrale del conoide, fino alla quota di 580 m s.l.m.;
- pericolosità elevata (H4) – interessa un'ampia fascia attorno alla precedente zona, sviluppato sia in destra che in sinistra a partire dalla quota di circa 675 m s.l.m. fino alla piana, è intensamente coinvolta da fenomeni di debris flow; tale fascia si estende maggiormente in sinistra con larghezza massima di 100 m, mentre in destra si estende per circa 60 m;

- pericolosità media (H3) – comprende le porzioni laterali più distali lungo l'apparato di conoide (identificate a partire dalla quota di circa 640 m s.l.m. fino alla piana) possono essere interessate da fenomeni di debris, ma con trasporto limitato di materiale e altezze idriche ridotte;
- pericolosità bassa (H2) – rientra in tale classe la fascia più pianeggiante del conoide, comprendente tutta l'area a cavallo del piccolo torrente proveniente dalla località Lama fino alla strada sterrata, potrebbe essere interessata soprattutto da colate prevalentemente liquide, caratterizzate comunque da altezze idriche ridotte.

7.4 Reticolo idrico minore

L'individuazione del reticolo idrico minore è stata condotta dalla Comunità Montana Valle Seriana Superiore nel rispetto delle indicazioni riportate nella D.G.R. n. 7/7868 - allegato B e successive modifiche ed integrazioni, individuando tutti i "corsi idrici superficiali", ad esclusione di quelli già definiti come Reticolo Principale.

La carta idrografica individua il tracciato di tutti i corsi d'acqua, evidenziando le eventuali criticità di natura idrografica, dove esistenti.

7.4.1 Val Serraia

Si origina dal versante occidentale della Cima Blum incidendo le dolomie e i calcari dolomitici della Dolomia Principale, che in tale settore risulta fortemente fratturata e cataclasata. Lungo la piana incide i depositi fluvioglaciali e glaciali.

In corrispondenza dell'attraversamento della strada provinciale per Villa d'Ogna il torrente è stato intubato per circa un chilometro mediante un tombotto di cemento di forma rettangolare di circa 3 m di larghezza e 2 m di altezza: esso scorre sotto il Piazzale del Sole, realizzato a seguito di un consistente riporto di materiale che ha completamente modificato la morfologia della valle.

L'alveo ritorna a cielo aperto per circa 20 m in via delle Concerie, per poi essere intubato fino allo sbocco a lato di Viale Europa, dove scorre, a cielo aperto, ai piedi del Colle Crosio. Risulta intubato in corrispondenza dell'attraversamento della strada statale per proseguire a cielo aperto nella località Fiorine dove l'alveo,

compreso fra il muro di cinta della strada (via Fiorine) ed i muri delle proprietà private, è in molti punti ristretto dai ponticelli di accesso alle proprietà. A valle del tombotto che attraversa il piazzale della chiesa, l'alveo è fortemente ristretto; esso poi attraversa la strada statale dove si immette nel torrente Lirù a monte del ponte di accesso alla ditta Fonti Pineta.

Aree di esondazione

La valle è stata oggetto di studio di approfondimento realizzato dallo Studio Geoter per conto della Comunità Montana Valle Seriana Superiore. La relazione tecnica allegata allo studio, unitamente alle osservazioni effettuate sul terreno, hanno fornito un quadro delle possibili criticità:

- Attraversamento della strada provinciale per Villa d'Ogna: possibile occlusione dell'alveo a monte dell'attraversamento, per la presenza di un muro di sostegno della scarpata in destra (in prossimità di un edificio) interessato da fenomeni erosivi e di potenziale scalzamento. Non si possono escludere crolli di massi dalla parete rocciosa che costituisce la sponda sinistra del torrente, che possono parzialmente occludere l'alveo.
- Tombotto a monte del Piazzale del Sole: sebbene le dimensioni del tombotto possano ritenersi sufficienti a smaltire la portata liquida, non si può escludere un'occlusione da parte di blocchi rocciosi provenienti dalla parete (in alveo è presente una significativa quantità di materiale sciolto). Ciò potrebbe provocare fenomeni esondivi con coinvolgimento di parte del piazzale e degli edifici. La porzione liquida della colata proseguirebbe lungo Via delle Concerie andando anche ad interessare l'area artigianale posta lungo la via.
- Tombotto nei pressi di Via delle Concerie: l'alveo è da mantenere pulito dalla vegetazione in quanto potenziale causa di occlusioni con conseguente tracimazione delle acque verso gli edifici posti a valle, interessando l'area artigianale fino al capannone posto nei pressi dell'incrocio fra via Mazzini e Viale Gusmini.

- Tratto ai piedi di Colle Crosio: la presenza di un ponticello, che causa il restringimento della sezione dell'alveo, può provocare la fuoriuscita delle acque lungo la stradina sterrata posta a lato del torrente fino al suo imbocco nel tombotto sulla strada statale.
- Via Fiorine: la presenza di numerosi ponticelli e restringimenti della sezione dell'alveo può causare la tracimazione dell'acqua con possibili divagazioni lungo percorsi difficilmente prevedibili data l'intensa urbanizzazione della zona; è stata comunque ipotizzata una possibile area di coinvolgimento che comprende la fascia di terreni immediatamente adiacenti il corso d'acqua fino al campo da calcio (la restante porzione di territorio, delimitata dalla strada statale, risulta morfologicamente più rilevata); a sud del campo da calcio tutto il territorio fra l'impluvio e la statale è stato inserito nelle aree potenzialmente allagabili, in quanto la topografia indica una leggera pendenza verso viale Europa.
- Ponticello a valle dell'attraversamento della strada statale: tale restringimento può causare la tracimazione dell'acqua verso il prato in sinistra, anche se la presenza di un piccolo rilevato in terra ne impedisce la propagazione verso i terreni adiacenti e favorisce l'immissione delle acque nel torrente Lirù.

La zona maggiormente a rischio risulta essere il Piazzale del Sole, potenzialmente allagabile con trasporto solido.

Le aree alluvionabili definite lungo il torrente a valle del piazzale sono interessate da esondazioni di sola portata liquida con un basso tirante idrico (ipotizzabile inferiore ai 50 cm).

7.4.2 Torrente Nember

La valletta è posta a monte del centro storico di Clusone sulle pendici sudorientali del monte Simer. Essa incide le rocce dolomitiche intensamente cataclasate della Dolomia Principale; risulta pertanto molto incassata con scarpate laterali acclivi

aventi uno sviluppo anche di 50 m e cigli in forte erosione. Sul fondo dell'alveo è presente una significativa quantità di detrito.

Il tratto di impluvio, immediatamente a monte di Piazza della Rocca per una lunghezza di circa 100 m, è contenuto da entrambi i lati da un muretto in cls di altezza media di circa 1,5 m, l'alveo ha una larghezza di circa 1,5 m.

Esso è poi intubato mediante un tombotto di diametro di 1 m fino alla sua immissione nella Val Serraia.

Aree di esondazione

La valle è generalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

Una zona critica è stata rilevata in corrispondenza di un ponticello posto circa 50 m a monte del tombotto, che provoca il restringimento dell'alveo. Una potenziale fuoriuscita delle acque coinvolgerebbe l'edificio posto in destra idrografica (e relativi garage) e Piazza della Rocca. L'acqua potrebbe poi divagare seguendo percorsi difficilmente prevedibili visto l'intensa urbanizzazione dell'area.

7.4.3 Valle Musgat

Tale valletta si origina dal versante meridionale del Monte Simer (alla quota di circa 800 m s.l.m.) ed incide le dolomie fratturate, originando scarpate laterali con orli in erosione. Il tratto a monte di Via Sora è caratterizzato da un'area pressochè piatta, digradante verso sud, in cui l'incisione torrentizia è localizzata al piede della scarpata posta in destra idrografica. In tale tratto la vallecola è ostruita da molta vegetazione. Essa risulta interrotta dalla strada di Via Sora, a valle della quale si riconosce solo la vecchia morfologia concava, ma senza indizi di scorrimento dell'acqua.

Nella porzione più depressa è visibile un tubo (diametro 30 cm circa) che raccoglie le acque dell'area circostante, che è stata oggetto di interventi di rimodellamento. Tale tubazione è collettata alla fognatura comunale sotto la basilica di S. Maria Assunta.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

Una criticità è stata riscontrata in corrispondenza dell'attraversamento di Via Sora dove è stato interrotto l'alveo del torrente: in occasioni di precipitazioni intense non si esclude un possibile deflusso di acque di ruscellamento direttamente su via Sora e lungo la stradina di accesso alle abitazioni a tergo della chiesa e dell'oratorio dei Disciplini. L'acqua potrebbe quindi riversarsi lungo la scarpata dietro la chiesa, invadendone il piazzale ed il sagrato adiacente.

7.4.4 Valle di Via Rizzoli

Si tratta di una piccola incisione che si origina sul versante meridionale del monte Simer, costituito dalle dolomie fratturate della formazione della Dolomia Principale. In corrispondenza dell'edificio il torrente è stato in parte deviato, scorrendo a lato del muretto di recinzione, dove è rappresentato da una piccola incisione ben vegetata. A valle dell'edificio il torrente è libero di riversarsi lungo il prato. Non esiste nessun recapito.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

La situazione più critica è presente a tergo della casa, dove l'incisione è stata deviata ma senza nessuna opera di contenimento: in occasione di forti piogge, l'acqua potrebbe riversarsi lungo la strada a lato dell'edificio.

L'acqua che non riesce ad essere assorbita dal terreno può divagare lungo il prato e riversarsi lungo via Rizzoli, dove in parte viene raccolta da alcune griglie.

7.4.5 Valle di Via Somvico

Si tratta di una piccola vallecola che si genera sul versante meridionale del Monte Simer, incidendo le dolomie cataclasate.

L'alveo nel suo tratto verso l'edificato è stato oggetto di consistenti rimodellamenti: il tracciato vallivo è riconoscibile solo dalla quota di circa 690 m s.l.m., il tratto d'alveo sottostate è stato ritombato con conseguente creazione di un ampio piazzale, edificato.

A monte dell'edificio più settentrionale è stata realizzata una scarpata a tergo della quale è presente una depressione sul cui fondo c'è un condotto ovoidale che raccoglie le acque della vallecola a monte. Tale condotto, del diametro di circa 1 m, provvisto di griglia, è collegato con la fognatura comunale.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

Considerate le dimensioni del bacino idrografico si ritiene che il condotto sia sufficiente a smaltire la portata liquida, purchè esso venga tenuto costantemente pulito dalla vegetazione per evitarne l'intasamento.

7.4.6 Valle Barbino

Tale valle è stata oggetto di studio di dettaglio, ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645, redatto dal sottoscritto per conto dell'Amministrazione comunale, ai fini della valutazione della pericolosità dei conoidi identificati sul territorio comunale dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico – Atlante dei dissesti) come *"Ca – Area di conoide attivo non protetta".*

Lo studio ha permesso di ridelimitare il conoide e riclassificare le varie aree; si rimanda a tale studio per la dettagliata analisi geologica e idraulica. Di seguito si riportano le caratteristiche morfometriche principali del corso d'acqua.

Caratteri morfometrici e idrologici

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:

Superficie: 0,22 km^2

Lunghezza asta principale: 0,69 km

Pendenza asta principale: 0,40

Lunghezza totale aste secondarie: 1,33 km

Aree di esondazione

Lo studio ha permesso di definire che l'attività del conoide è limitata essenzialmente alla zona di alveo attuale e può coinvolgere la porzione di territorio posta nell'immediato intorno ed a valle del punto di inizio della tubazione.

Pertanto l'evoluzione del conoide può considerarsi in fase non più edificatoria e le aree esterne all'alveo attivo sono classificabili come stabilizzate. In particolare:

- l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei sono riattivabili in caso di piena;
- le aree esterne all'alveo attivo, corrispondenti ad un piccolo lobo, sviluppato sia in destra che in sinistra a partire dalla quota di circa 666 m s.l.m. fino all'incrocio con via Milano, hanno 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 possibile danneggiamento di opere e manufatti.
- la zona di Via Milano e del terreno posto immediatamente ad ovest della medesima, ha una moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione). Si possono avere deflussi con tiranti idrici ridotti (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.
- l'area individuata fra via S. Defendente e viale V. Emanuele è potenzialmente soggetta a fenomeni di esondazione del torrente.

Sulla base delle osservazioni effettuate sul tratto di torrente a valle di Via Defendente, a cielo aperto, si evidenzia che l'alveo immediatamente a monte del cimitero è stato interrotto da una piccola stradina ed il tratto di alveo a valle è stato trasformato in una strada che costeggia lateralmente il cimitero fino allo sbocco sul terreno sottostante, dove il torrente ritorna nel suo sedime e prosegue il decorso fino ad immettersi nel torrente Lirù, nei pressi della località Spessa.

Nel tratto a fianco del cimitero, dove le acque scorrono libere lungo la stradina, non si possono escludere fenomeni di divagazione.

Gli esiti dello studio di dettaglio, in termini di attribuzione di una classe di pericolosità al conoide, sono riportati nel paragrafo di analisi del vigente quadro del dissesto e fasce fluviali, carta PAI PGRA.

Classificazione di pericolosità

L'attività del conoide è limitata essenzialmente alla zona di alveo attuale e può coinvolgere la porzione di territorio posta nell'immediato intorno ed a valle del punto di inizio della tubazione.

Pertanto l'evoluzione del conoide può considerarsi in fase non più edificatoria e le aree esterne all'alveo attivo sono classificabili come stabilizzate.

Sono state classificate le porzioni di territorio interessate da fenomeni di debris flow sulla base della pericolosità individuata, distinguendo le seguenti classi:

- pericolosità molto elevata (H5) – comprende l'alveo torrentizio;
- pericolosità elevata (H4) – interessa un piccolo lobo, sviluppato sia in destra che in sinistra a partire dalla quota di circa 666 m s.l.m. fino all'incrocio con via Milano, è potenzialmente soggetto a fenomeni di debris flow;
- pericolosità media (H3) – comprende le scarpate del torrente (caratterizzate da problematiche legate principalmente alla stabilità più che a fenomeni di esondazione) e la zona limitrofa a via Milano, potenzialmente interessata da esondazioni;
- pericolosità bassa (H2) – area perimetrale non direttamente interessata da esondazioni nè da fenomeni di "*debris flow.*

7.4.7 Valle a monte di Via Milano

Si tratta di una valle che si sviluppa dal versante meridionale della Cima Crapet (dalla quota di circa 820 m s.l.m.) solcando nella porzione sommitale del pendio le dolomie cataclasate e nella porzione inferiore i conglomerati del Complesso di Bratto, che individuano scarpate laterali subverticali con cigli in erosione e nicchie di frana. Il materiale franato ha in parte riempito l'alveo del torrente.

In corrispondenza della strada sterrata che porta ad alcune cascine, l'alveo è stato interrotto; l'attraversamento è consentito da un piccolo solco creato dalle

stesse acque. Il torrente lungo l'incisione è delimitato da scarpate in erosione, fino a tergo di un edificio, dove è stato intubato e probabilmente allacciato alla fognatura comunale.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

La situazione maggiormente critica corrisponde alla zona di attraversamento della strada sterrata in quanto l'acqua può dirigersi lungo la stessa, attivando fenomeni esondivi anche con trasporto di materiale, che potrebbero coinvolgere un'abitazione esistente.

7.4.8 Valle a monte del polo scolastico

La vallecola si genera dal versante meridionale della Cima Crapet e si identifica dalla quota di circa 750 m s.l.m.. Solca i conglomerati del Complesso di Bratto creando delle scarpate laterali acclivi con cigli in erosione.

Il letto del torrente non è visibile in quanto il fondo è colmato da parecchio materiale grossolano ben vegetato.

L'alveo è stato interrotto a seguito della realizzazione di un stradina sterrata, senza nessuna opera di accompagnamento delle acque verso valle.

La vallecola raggiunge Via Milano costeggiandola sottoforma di un piccolo fossato, fino ad immettersi in una tubazione collettata nella fognatura comunale.

Aree di esondazione

La valle è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi. L'elevata permeabilità dei depositi presenti in alveo presuppone una una buona capacità di drenaggio del deposito di fondo.

La situazione maggiormente critica corrisponde alla zona di attraversamento della strada sterrata, che può fungere da via preferenziale di scorrimento delle acque fino a riversarsi su via Milano, andando ad interessare anche il vecchio edificio posto in sinistra alla via. L'acqua potrebbe divagare raggiungendo il prato compreso fra il polo scolastico e le abitazioni.

7.4.9 Valle Cadregone

Si origina dal versante meridionale di Cima Blum e scorre indicendo le dolomie fratturate e, verso la piana, i conglomerati del Complesso di Bratto.

L'alveo a monte del Seminario appare molto ampio con fondo piatto in forte sovralluvionamento per la notevole quantità di materiale trasportato a valle dalle acque. In tale tratto sono state realizzate opere di regimazione (soglie).

All'altezza del Seminario l'alveo è intubato per circa 200 m, ritorna a cielo aperto costeggiando via Cadregone sino all'attraversamento con la statale, per poi riemergere e dirigersi verso la località San Francesco, dove si immette nel piccolo torrente proveniente dalla Conca Verde.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

Si evidenziano di seguito le situazioni maggiormente critiche:

- attraversamento di via Barbarigo: il pericolo è determinato dalla possibile occlusione per la presenza di materiale in alveo, con conseguente fuoriuscita della colata verso la via Barbarigo e le case adiacenti. Da una semplice analisi morfologica dell'area è difficile delimitare una possibile area di esondazione per l'elevata edificazione. Si è pertanto scelto di indicare, per tale situazione, le possibili direzioni della colata.
- Ponticello di accesso alla casa a sud della statale: la possibile ostruzione di tale manufatto provocherebbe l'esondazione verso il giardino dell'edificio posto in sinistra, per poi reimmettersi nel suo sedime. In tale tratto le sponde vallive sono protette da scogliere realizzate in massi ciclopici.

7.4.10 Val Monte Beur

Tale valle è stata oggetto di studio di dettaglio, ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645, redatto dallo scrivente per conto dell'Amministrazione comunale, ai fini della valutazione della pericolosità dei conoidi identificati sul territorio comunale dal PAI (Piano Assetto Idrogeologico – Atlante dei dissesti) come *"Ca – Area di conoide attivo non protetta".*

Lo studio ha permesso di individuare conoide e classificare la pericolosità del conoide.

Si rimanda a tale studio per la dettagliata analisi geologica e idraulica. Di seguito si riportano le principali caratteristiche morfometriche.

Caratteri morfometrici e idrologici

Le caratteristiche morfometriche del bacino idrografico sono:

Superficie: 0,53 km^2

Lunghezza asta principale: 0,60 km

Pendenza asta principale: 0,36

Lunghezza totale aste secondarie: 1,41 km

Aree di esondazione

Lo studio ha permesso di definire che il corso d'acqua può generare colate detritiche significative, che possono esondare e coinvolgere l'area posta a valle dell'intersezione con la strada per S. Lucio, coinvolgendo la strada stessa e porzioni di terreno a lato. In particolare:

- la zona dell'alveo torrentizio, fino al tombotto di attraversamento di quota 605 m s.l.m. è soggetta a fenomeni di debris.
- una stretta fascia ai lati dell'alveo (comprensiva dell'area su cui sorge la vecchia seggiovia), parte del piazzale del ristorante, l'area di sosta sita sul tornante e la sede stradale compresa fra i due tornanti hanno alta probabilità di essere interessati dal trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido; in destra il limite di esondazione corrisponde al dosso, che funge da efficace contenimento della colata.
- le porzioni laterali identificate in destra a sud del dosso fino alla piana nei pressi della cascina (quota 580 m s.l.m.), e in sinistra corrispondenti ad una fascia ristretta che si allarga comprendendo l'abitazione ed il piazzale antistante, possono essere interessate da fenomeni di debris, ma con trasporto limitato di materiale e altezze idriche ridotte.
- un'ulteriore fascia attorno alla precedente e comprensiva di parte della piana fino alla quota di 575 m s.l.m. potrebbe essere interessata da colate,

ma prevalentemente liquide, caratterizzate comunque da altezze idriche ridotte.

Gli esiti dello studio di dettaglio, in termini di attribuzione di una classe di pericolosità al conoide, sono riportati nel paragrafo di analisi del vigente quadro del dissesto e fasce fluviali, carta PAI PGRA.

Classificazione di pericolosità

Il corso d'acqua può generare colate detritiche significative che possono non essere contenute nell'alveo; eventuali colate detritiche possono esondare e coinvolgere l'area posta a valle dell'intersezione con la strada per S. Lucio, coinvolgendo la strada stessa e porzioni di terreno a lato.

Sono state classificate le porzioni di territorio interessate da fenomeni di debris flow sulla base della pericolosità individuata, distinguendo le seguenti classi:

- pericolosità molto elevata (H5) – comprende la zona dell'alveo torrentizio, fino al tombotto di attraversamento di quota 605 m s.l.m.;
- pericolosità elevata (H4) – perimetra una stretta fascia ai lati dell'alveo (comprensiva dell'area su cui sorge la vecchia seggiovia), parte del piazzale del ristorante, l'area di sosta sita sul tornante e la sede stradale compresa fra i due tornanti; in destra il limite di esondazione corrisponde al dosso, che funge da efficace contenimento della colata;
- pericolosità media (H3) - rientrano le porzioni laterali identificate in destra a sud del dosso fino alla piana nei pressi della cascina (quota 580 m s.l.m.), mentre in sinistra corrispondono ad una fascia ristretta che si allarga comprendendo l'abitazione ed il piazzale antistante: esse possono essere interessate da fenomeni di debris, ma con trasporto limitato di materiale e altezze idriche ridotte;
- pericolosità bassa (H2) – ricomprende un'ulteriore fascia attorno alla precedente e comprensiva di parte della piana fino alla quota di 575 m s.l.m. potrebbe essere interessata da colate, ma prevalentemente liquide, caratterizzate comunque da altezze idriche ridotte.

7.4.11 Valletta del "Cuc"

Nasce dal versante compreso fra Monte Né e il dosso retrostante il Piazzale del Sole; si identifica a partire dalla quota di circa 690 m s.l.m.

Scorre alla base della parete rocciosa, in sinistra idrografica, costituita dalle dolomie cataclasate della formazione della Dolomia Principale, che formano pareti acclivi con orli in forte erosione.

In destra l'impluvio è contenuto dalla strada della località Gratino, la quale è impostata su un pendio a debole acclività, digradante verso sud che individua un'antica morfologia valliva.

Alla quota di circa 610 m s.l.m. il torrente è intubato per un breve tratto, poi ritorna a cielo aperto fino all'incrocio con via Mazzoleni, dove risulta definitivamente intubato sino all'immissione nella Val Serraia all'altezza di Via Moro.

Aree di esondazione

La valletta è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi. Sono segnalate due criticità potenziali in corrispondenza di altrettanti tombotti.

- Tombotto di quota 610 m s.l.m: risulta facilmente occludibile; l'acqua potrebbe dirigersi verso il prato in destra coinvolgendo anche l'edificio, fino alla via Mazzoleni.
- Tombotto di via Mazzoleni: risulta insufficiente a smaltire le portate di piena con conseguente esondazione lungo la via stessa e verso gli edifici sottostanti - zona dei campi da tennis, ribassata.

7.4.12 Valle Lirù

Si tratta del corso d'acqua che attraversa tutta la piana di Clusone in direzione est-ovest, partendo dal confine comunale con Rovetta e raccogliendo le acque di parte dei torrenti che solcano i versanti nord e sud-vergenti. Esso si identifica, ad ovest, con un alveo di ridotte dimensioni inciso nei depositi fluvioglaciali e glaciali con sponde in erosione. Proseguendo lungo la piana tende ad assumere un aspetto più deciso, nei pressi della località Frere scorre incanalato a lato della stradina che conduce a Sternida. Nei pressi dello stabilimento delle Fonti Pineta raccoglie le

acque provenienti dalla Val Serraia e dalla Val Flesch per poi proseguire, molto incassato, nei conglomerati fino all'immissione nel Serio, in località Ponte Selva.

Aree di esondazione

La valle nel suo tratto iniziale è generalmente asciutta ma si attiva in occasione di piogge intense che drenano le acque dalle aree urbanizzate in località Conca Verde.

In tale settore l'acqua potrebbe divagare dal suo alveo disperdendosi nei campi coltivati di località San Francesco.

7.4.13 Valletta del Prato del Sole

Nasce dal versante settentrionale del crinale della località Prato del Sole, alla quota di circa 1.000 m s.l.m., con due ramificazioni parallele che si uniscono in un unico alveo a circa 580 m s.l.m. Il torrente raggiunge con direzione nord-ovest, la località Arma, dove si immette nel torrente Lirù. L'alveo risulta inciso nei depositi conglomeratici e di versante; sul fondo è spesso presente una significativa quantità di materiale sciolto.

L'attraversamento della strada che conduce alla località Arma avviene mediante un tombotto che convoglia le acque nel tratto terminale dell'alveo, canalizzato con muretti spondali in cls fino alla confluenza con il torrente Lirù.

Aree di esondazione

La valle è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

La situazione di maggiore criticità è stata individuata in corrispondenza della stradina che conduce alle case di Arma: una possibile occlusione del tombotto di attraversamento porterebbe all'esondazione sulla strada e sulla piana sottostante verso il torrente Lirù.

7.4.14 Valle della Bosgarina

Si origina lungo il versante settentrionale di Cima Tagliate e percorre il pendio, con direzione nord, fino alla località Bosgarina dove l'alveo è stato trasformato nella stradina di accesso all'edificio della Bosgarina.

Aree di esondazione

La valle è normalmente asciutta e si attiva solo in occasione di eventi meteorici intensi.

L'assenza di un alveo definito, dalla località Bosgarina, causa il riversamento delle acque direttamente lungo la strada, fino alla zona della vecchia cava ed al sottostante piazzale.

7.4.15 Valle di Cima Tagliate

Nasce lungo il versante settentrionale della Cima Tagliate; è caratterizzato da tre ramificazioni parallele che scorrono con direzione nord-ovest; i due rami orientali si uniscono alla quota di 550 m s.l.m., mentre il terzo si immette alla quota di 530 m s.l.m. Gli impluvi si presentano ben incisi sia nel substrato dolomitico, costituente la porzione superiore del bacino, sia nei depositi conglomeratici nella porzione di versante verso la piana.

Aree di esondazione

Le valli sono normalmente asciutte e si attivano solo in occasione di eventi meteorici intensi.

Non si rilevano particolari problemi legati a possibili esondazioni, essendo l'alveo inciso. L'unico punto critico si osserva sul versante a lato della strada sterrata, alla quota di 530 m s.l.m.: l'impluvio occidentale, per un tratto di circa 40 m, è stato intubato e ritombato con materiale di riporto che ha permesso di creare una zona subpianeggiante. L'imbocco di tale tubo non è visibile in quanto occluso dalla terra: l'acqua che drena dalla vallecola divaga sul pianoro per poi dirigersi verso il suo sedime naturale senza causare particolari danni.

8 IDROGEOLOGIA

8.1 Criteri di indagine

L'analisi idrogeologica del sottosuolo è stata condotta utilizzando i dati storici disponibili ed analizzando i depositi superficiali ed il substrato affioranti sul territorio comunale, anche in relazione alle caratteristiche strutturali ed ai sistemi di fratturazione che interessano alcune aree del territorio. La struttura stratigrafica, tettonica ed idrogeologica del territorio comunale è stata ricostruita attraverso due sezioni geologiche che ben rappresentano la situazione comunale.

L'ambito di San Lucio, caratterizzato dalla presenza di un sistema carsico ben sviluppato, è stato considerato in un paragrafo specifico.

I versanti montuosi sono costituiti da roccia per lo più affiorante, di tipo calcareo-dolomitica, caratterizzati da una permeabilità primaria ridotta, ma con una buona, talora elevata permeabilità secondaria, dovuta alla presenza di discontinuità nella roccia stessa. La presenza di una fratturazione più o meno pervasiva all'interno di un ammasso roccioso carbonatico può favorire l'instaurarsi di una significativa circolazione d'acqua anche per il possibile sviluppo di fenomeni di tipo carsico.

La porzione di territorio compresa fra i versanti è costituita da una successione di depositi che hanno colmato la depressione preesistente, costituitasi in un ambiente sedimentario di tipo glaciale e periglaciale. Ciò ha portato alla formazione di un complesso edificio costituito dalla sovrapposizione di numerosi orizzonti aventi rapporti geometrici variabili, sia verticalmente che lateralmente.

Da un punto di vista granulometrico, questi sedimenti sono fondamentalmente costituiti da ghiaie e sabbie con abbondante matrice limoso-argillosa, talora con lenti conglomeratiche.

Gli orizzonti più francamente argillosi, pure presenti, sono legati a deposizione in ambienti chiusi, con scarsa energia, ad esempio di tipo lacustre.

La buona permeabilità di tali terreni ha permesso l'instaurasi di una significativa circolazione d'acqua sotterranea, prevalentemente alimentata dagli apporti che scaturiscono dalle porzioni inferiori del substrato roccioso (che costituisce l'ossatura dei rilievi adiacenti alla piana).

8.2 Permeabilità

La permeabilità dei depositi costituenti l'acquifero freatico è stata valutata sulla base di studi presenti in bibliografia. Nelle Tavv. n. 3a e 3b sono state distinte le aree sulla base delle caratteristiche di permeabilità dei depositi sciolti e del substrato.

Il grado di permeabilità attribuita ai vari tipi di materiali, costituenti la superficie del territorio, sono i seguenti:

- Rocce con permeabilità elevata ($k > 0,1$ cm/sec): ammassi rocciosi calcareo-dolomitici e calcarei con fratturazione pervasiva;
- rocce con permeabilità da buona a media ($0,001 < k \leq 0,1$ cm/sec): ammassi rocciosi dolomitici e calcarei, affioranti e subaffioranti, a stratificazione da media a spessa, con fratturazione mediamente pervasiva, talora carsificati;
- rocce con permeabilità media ($k \sim 0,001$ cm/sec): ammassi rocciosi dolomitici e calcarei con fratturazione poco pervasiva; rocce subaffioranti con coperture eluvio-colluviali con spessore metrico;
- terreni con permeabilità da buona a elevata ($0,01 < k \leq 0,1$ cm/sec): depositi alluvionali, conglomerati e depositi di versante a granulometria prevalente ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa con spessore di ordine decametrico;
- terreni con permeabilità media ($0,0001 < k < 0,01$ cm/sec): depositi glaciali e fluvio-glaciali in matrice fine;
- terreni con permeabilità bassa ($k \leq 0,0001$ cm/sec): alteriti e depositi limoso-argillosi prevalenti.

8.3 Vulnerabilità

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce a raggiungere un acquifero.

Il grado di vulnerabilità dipende essenzialmente da vari fattori:

Permeabilità della zona non satura: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda e dalla presenza di suoli argillosi. I versanti sono principalmente costituiti da un substrato roccioso calcareo-dolomitico, con permeabilità intrinseca del materiale medio-bassa ricoperto da

depositi eluvio-colluviali o di versante generalmente a matrice fine. La permeabilità in tal caso è condizionata dal grado di fratturazione e dalla struttura tettonica del substrato roccioso. Tale situazione garantisce comunque una discreta protezione della falda (vulnerabilità medio-bassa). La porzione di territorio pianeggiante è costituita da depositi fluvioglaciali e glaciali ricoperti da uno spessore discontinuo di terreno limoso-argilloso, che offre discrete garanzie di protezione, dove presente (vulnerabilità medio-bassa). L'area di pertinenza fluviale, al contrario, costituita da depositi ghiaiosi senza terreni di copertura, risulta più vulnerabile (vulnerabilità medio-alta).

Soggiacenza della falda: i valori di soggiacenza sono valutabili solo nella porzione più occidentale della piana, per la presenza di alcuni pozzi privati: il livello freatico è posto a circa 15÷20 m di profondità.

Caratteristiche idrogeologiche dell'acquiclude: l'acquifero più significativo, presente nei sedimenti fluvioglaciali grossolani costituenti la piana di Clusone, è vincolato a letto da depositi argillosi che suturano il substrato roccioso sottostante, riducendo l'eventuale diffusione di inquinanti.

Presenza di corpi idrici superficiali: in corrispondenza della piana alluvionale del Serio, il grado di vulnerabilità è elevato, per la funzione alimentante del fiume rispetto ai possibili acquiferi presenti.

8.4 Settore montano compreso tra San Lucio e la Val Flesch

In corrispondenza di San Lucio, l'elevata fessurazione del substrato roccioso carbonatico (Calcare di Zorzino), unitamente alla presenza di un significativo carsismo superficiale (doline), favorisce la circolazione d'acqua sotterranea all'interno del versante. Tale circolazione svolge un significativo ruolo nell'alimentazione di sorgenti e pozzi posti ai piedi del versante, fra i quali pozzi pubblici (sul comune di Rovetta) e le sorgenti soggette a concessione idromineraria da parte della Fonti Pineta (Fonte Sales).

La struttura idrogeologica dell'area presenta le seguenti caratteristiche:

- l'acquifero è totalmente sviluppato nel substrato roccioso carbonatico;
- la circolazione è possibile per una significativa fessurazione del substrato roccioso, determinata dalla stratificazione stessa dei litotipi costituenti il

versante e dalla presenza di contatti tettonici (faglie, sovrascorrimenti, etc.) che rappresentano spesso delle linee di drenaggio preferenziale;

- la circolazione è ulteriormente favorita dall'evoluzione di processi carsici, che agendo lungo le fessure esistenti ne causano un allargamento fino ad originare un vero e proprio sistema carsico ipogeo.

Da ciò si evince che la circolazione sotterranea può essere molto importante e che l'acquifero è sviluppato prevalentemente all'interno dei litotipi calcarei dello Zorzino e, secondariamente delle Dolomie Zonate e della Dolomia Principale, a causa di una maggiore porosità secondaria del calcare rispetto a quella delle dolomie.

Non sono comunque noti i percorsi più probabili delle acque circolanti all'interno del sistema carsico.

8.4.1 Permeabilità

Le formazioni rocciose carbonatiche, costituenti il territorio comunale di Clusone, sono caratterizzate generalmente da una permeabilità primaria (per porosità) ridotta, mentre sono dotate di una permeabilità secondaria anche elevata (per fessurazione), acquisita a seguito di fenomeni tettonici o fisico-chimici.

Sulla base delle caratteristiche litologiche, strutturali e morfologiche dell'area esaminata, è possibile, in linea generale, definire che:

- le Dolomie Zonate e la Dolomia Principale hanno una permeabilità per fessurazione, e secondariamente per carsismo, media;
- il Calcare di Zorzino ha una permeabilità per fessurazione e carsismo elevata, mediamente superiore rispetto alle altre formazioni rocciose presenti.

8.4.2 Vulnerabilità

La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero esprime la caratteristica con cui un inquinante generico riesce ad immettersi nella circolazione idrica sotterranea.

Il grado di vulnerabilità dipende dai seguenti fattori:

Permeabilità della zona non satura: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità del terreno sopra la falda. L'area considerata è costituita da un substrato roccioso calcareo-dolomitico a permeabilità primaria

bassa; la permeabilità secondaria, per fessurazione e carsismo, risulta essere invece elevata nelle aree di affioramento dei calcari, mentre è media nelle zone di affioramento delle dolomie. Tale situazione non garantisce a priori una buona protezione della falda, soprattutto nelle aree con un substrato roccioso calcareo.

Soggiacenza della falda: proprio per le caratteristiche dell'acquifero fessurato non è possibile definire un livello della falda, essendo legata alla distribuzione delle fratture e dei condotti carsici a sviluppo disomogeneo. Un'indicazione può essere fornita analizzando i valori della portata misurata alla sorgente: essi sono sempre costanti, sia durante l'anno solare che nei vari anni analizzati. Ciò presuppone una provenienza della falda da circuiti abbastanza profondi, tali per cui la portata alla sorgente è continua senza significative variazioni; queste invece si avrebbero per circuiti carsici superficiali, a causa del breve tragitto e della veloce ricarica delle acque che dipende pertanto dall'andamento delle condizioni metereologiche.

Caratteristiche idrogeologiche dell'acquiclude: l'acquifero è principalmente sviluppato nei calcari soprattutto per una più intensa evoluzione del carsismo in tale litotipo. Il calcare è limitato a letto e anche verso monte dalle dolomie, aventi una permeabilità inferiore.

Presenza di corpi idrici superficiali: si ritiene poco significativo questo parametro in quanto la falda è legata a circuiti profondi e non direttamente alimentata da corsi d'acqua superficiali, peraltro scarsamente sviluppati nell'area di affioramento dei calcari.

8.5 Forme, processi ed elementi legati alla presenza delle acque profonde

Sorgente

Emergenze di acque sotterranee il cui utilizzo è stato autorizzato dalla Provincia di Bergamo per vari usi.

Derivazioni di acque sotterranee

Trattasi di emungimenti da pozzi autorizzati dall'ex Genio Civile o dalla Provincia di Bergamo, per diversi usi.

Captazioni idrominerali

Sul territorio comunale sono attualmente presenti sei captazioni idriche autorizzate per l'imbottigliamento e la vendita di acque minerali naturali, commercializzate dalla Pineta S.p.A.

Area in concessione mineraria

Sono state cartografate, per opportuna conoscenza, le perimetrazioni delle aree in concessione mineraria "Fonte Sales" e "Goccia di Bosco di Clusone", entro le quali ricadono le emergenze idriche riconosciute ed autorizzate all'imbottigliamento come acque minerali naturali Pineta, Presolana e Goccia di Bosco di Clusone.

9 SINKHOLE E CAVITA' SOTTERRANEE

La D.g.r. 15 dicembre 2022- n. XI/7564 recante "Integrazione dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio relativa al tema degli sprofondamenti (Sinkhole) (Art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12)" individua ed approva le linee guida per l'individuazione di aree a potenziale presenza di cavità sotterranee e per le successive fasi di mappatura di dettaglio della pericolosità e redazione di schede per il censimento di eventuali sinkhole.

In fase pianificatoria per il territorio comunale di Clusone sono state analizzate le evidenze morfologiche ed idrogeologiche legate alla presenza di doline e potenziali cavità sotterranee, effettuata una ricerca storica, analizzata la pericolosità sismica e quindi sintetizzate le informazioni acquisite e tradotte in areali ad elevata criticità, normati nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano.

9.1 Fase di analisi

Sul territorio comunale di Clusone sono presenti aree caratterizzate da morfologie carsiche per la presenza di doline, come descritto nei precedenti paragrafi 6.3 ed 8.4.

San Lucio

Nella zona di San Lucio, nella porzione orientale del territorio comunale, è presente un'area carsica, caratterizzata da doline impostate su substrato roccioso affiorante e sub-affiorante fratturato, originatesi per fenomeni di dissoluzione della roccia carbonatica. La fratturazione della roccia consente una maggiore circolazione idrica ed una conseguente erosione meccanica.

Non vi sono evidenze morfologiche od idrogeologiche riconducibili alla presenza di fenomeni gravitativi profondi. Non sono stati rilevate evidenze di una dinamica morfologica attiva (movimenti superficiali, edifici lesionati), pur in presenza nel sottosuolo di condizioni favorevoli alla formazione ed evoluzione di sinkhole.

L'indagine storica e bibliografica ha riguardato lo studio dei documenti di pianificazione disponibile, indagini pregresse e documentazione bibliografica. E' stato consultato il Catasto speleologico lombardo, che non riporta per la zona la presenza di grotte o cavità sotterranee.

L'area di San Lucio è stata cartograficamente identificata e perimetrata nella cartografia di base (carte geomorfologica e litotecnica – tavv. 2b e 2c).

In fase di analisi della sismicità del territorio si è tenuto conto di essere in presenza di un settore territoriale a criticità geotecnica potenziale, caratterizzato da possibili condizioni di instabilità. Nella carta della pericolosità sismica locale (tav. 5b) all'area è stata cautelativamente attribuita una nuova zona Z2c "aree a potenziale presenza di cavità sotterranee" (cap. 13).

Pineta di Clusone

Nella zona della Pineta di Clusone, nella porzione occidentale del territorio comunale, è stata perimetrata un'area poco estesa, caratterizzata da doline in presenza di notevoli spessori di depositi sciolti, glaciali e fluvioglaciali che coprono in continuità i conglomerati rinvenuti a profondità variabili, fino a decametriche.

Non vi sono evidenze morfologiche od idrogeologiche riconducibili alla presenza di fenomeni gravitativi profondi o evolutivi del sistema: non sono stati rilevate evidenze di una dinamica morfologica attiva (movimenti superficiali, edifici lesionati); le caratteristiche litotecniche della zona (presenza di depositi eterogenei, anche fini, in spessori considerevoli) non favoriscono la circolazione idrica.

L'indagine storica e bibliografica ha riguardato lo studio dei documenti di pianificazione disponibile, indagini pregresse e documentazione bibliografica. E' stato consultato il Catasto speleologico lombardo, che non riporta per la zona la presenza di grotte o cavità sotterranee.

L'area della Pineta di Clusone è stata cartograficamente identificata e perimetrata nella cartografia di base (carte geomorfologica e litotecnica – tavv. 2b e 2c).

In fase di analisi della sismicità del territorio si è tenuto conto di essere in presenza di un settore territoriale a criticità geotecnica potenziale. La zona è stata oggetto di approfondimenti mediante realizzazione di prove penetrometriche ed indagini sismiche (Masw e HVSR) che hanno portato ad individuare una zona Z4a "zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi" nella carta della pericolosità sismica locale (cap. 13).

9.2 Fasi di sintesi/valutazione e proposta

San Lucio

Nella carta di sintesi l'area carsica di San Lucio è stata riportata come "area a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee" all'interno della quale è stata prevista nelle norme geologiche di piano la realizzazione, in fase attuativa, delle indagini previste dalla d.g.r. 7564allegato B – fase 3 (cap. 19).

Pineta di Clusone

Nella carta di sintesi l'area carsica della Pineta di Clusone è stata perimetrata come "area con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali" all'interno della quale è stata prevista nelle norme geologiche di piano la realizzazione, in fase attuativa, delle indagini previste dalla d.g.r. 7564allegato B – fase 3 (cap. 19).

10 ANALISI DEL VIGENTE QUADRO DEL DISSESTO E FASCE FLUVIALI CARTA PAI PGRA E PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO

La d.g.r. n. X/6738 del 19.06.2017 – Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico, prevede il recepimento delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni di cui al PGRA e il quadro conoscitivo vigente del PAI, in sede di attuazione degli strumenti pianificatori comunali.

10.1 Frane attive

Nel corso delle indagini condotte per la definizione delle caratteristiche geologico – geomorfologiche del territorio comunale sono emerse alcune lievi discrepanze tra il quadro del dissesto esistente rispetto a quanto riportato nella vigente "Carta dei dissesti con legenda PAI".

Localmente sono state riviste le perimetrazioni dei dissesti cartografati a valle di valutazioni di dettaglio effettuate in sito e di manifestazioni di processi geomorfologici attivi. Tale revisione ha interessato anche parte del versante sud del monte Simer, in località Senda ove si sono verificati recenti fenomeni di distacco di blocchi rocciosi: lungo il versante, già identificato come area a pericolosità potenziale per crolli di massi nel vigente PGT comunale, è stata identificata la presenza di un dissesto attivo (fa).

E' stata mantenuta inalterata l'individuazione delle frane attive non fedelmente cartografabili con il rispettivo grado di attività.

Modifiche apportate alla cartografia PAI vigente

Sono state inserite nella carta del dissesto alcune aree franose, individuate in seguito ad approfondimenti di indagine ed a valle di fenomeni franosi occorsi.

Tali elementi areali tengono conto delle caratteristiche morfologiche, strutturali e dei fenomeni localizzati, anche puntuali, di dissesto individuati.

Le modifiche riportate sono esclusivamente in ampliamento, con aggiunta di alcune aree in dissesto rispetto alla vigente carta del dissesto PAI.

10.2 Elementi puntuali

Sono cartograficamente riportate con segno grafico puntuale le aree di frana attiva (Fa) e quiescente (Fq) non fedelmente cartografabili.

10.3 Conoidi

Dall'elaborato 2 del PAI "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Delimitazione delle aree in dissesto", Foglio Clusone in scala 1:25.000, risulta che la parte terminale dei bacini del torrente Beur e delle Valli Barbino e Gavazzo è stata classificata "Area di conoide" suddivisa in tre zone: "attiva non protetta (Ca)", "attiva parzialmente protetta (Cp)" e "protetta e non recentemente attivatasi (Cn)".

La perimetrazione individuata dal PAI ed il grado di attività sono stati attribuiti in seguito al recepimento degli studi di dettaglio presentati dal Comune di Clusone come proposta di aggiornamento delle aree in dissesto come da Atlante dei rischi idraulici ed idrologici. L'indagine ha valutato i caratteri litologici, morfologici ed idrologici del bacino ed effettuato un'analisi storica per la ricostruzione del quadro spaziale e temporale dei fenomeni che hanno interessato il conoide, dando indicazioni sulla frequenza degli eventi, le variazioni delle caratteristiche dell'alveo e dell'incidenza antropica sul conoide.

Modifiche apportate alla cartografia PAI vigente

La corrispondenza tra le pericolosità rilevate e definite con gli studi di dettaglio e le voci della legenda PAI sono state riviste ai sensi della d.g.r. IX/2616 del 2011: la carta PAI è stata pertanto aggiornata traducendo le aree di conoide a pericolosità H4 ed H5 in zone attive non protette (Ca), le aree con grado di pericolosità H3 in conoide attiva parzialmente protetta (Cp) e le aree H2 n conoide protetta (Cn).

Tale rimodulazione della corrispondenza pericolosità/voci legenda PAI ha portato ad una parziale modifica della carta PAI, a favore di cautela, applicando una normativa di maggior cautela alle arre a diversa pericolosità già individuate.

10.4 Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio

I sopralluoghi e le valutazioni di dettaglio effettuate sul territorio comunale hanno portato a tradurre gli elementi lineari di pericolosità “non perimetrata” per esondazione e dissesti di carattere torrentizio in elementi areali. Sono state individuate zone di possibile dissesto legato a fenomeni esondivi o di scorrimento delle acque superficiali incanalate in presenza di materiale sciolto mobilitabile in alveo.

I fenomeni, a pericolosità molto elevata ed elevata, sono stati perimetrati lungo le principali incisioni vallive ed in corrispondenza di sponde torrentizie in erosione.

Modifiche apportate alla cartografia PAI vigente

Sono state inserite nella carta del dissesto aree a pericolosità molto elevata (Ee) ed elevata (Eb) per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio.

Le modifiche riportate sono esclusivamente in ampliamento, con aggiunta di alcune aree in dissesto rispetto alla vigente carta del dissesto PAI.

10.5 Valanghe

La carta del dissesto riporta i siti a pericolosità molto elevata (Ve) o media (Vm), secondo le perimetrazioni già individuate nel Sistema Informativo Regionale Valanghe" (S.I.R.VAL.), realizzato dalla Regione Lombardia.

10.6 Sintesi carta del dissesto con legenda uniformata PAI

I dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, morfologicamente significativi e fedelmente cartografabili alla scala di lavoro, sono stati inseriti nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI, secondo lo schema riportato nella tabella seguente:

tipologia di dissesto	**attività/ pericolosità**	**Dissesto con legenda uniformata PAI**
Aree soggette a crollo di blocchi rocciosi e ribaltamenti diffusi (distacco e accumulo)	attiva	Fa – frana attiva
Aree a franosità diffusa	attiva	Fa – frana attiva
Aree a franosità diffusa	quiescente	Fq – frana quiescente
Aree a franosità diffusa	stabilizzata	Fs – frana stabilizzata

Area di frana attiva non fedemente cartografabile	attiva	Fa – frana attiva
Area di frana quiescente non fedemente cartografabile	quiescente	Fq – frana quiescente
Conoide attiva, non protetta	H4 H5	Ca - conoide non protetta
Conoide attiva, parzialmente protetta	H3	Cp - conoide parzialmente protetta
Conoide protetta e non recentemente attivatasi	H2	Cn - conoide protetta
Area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio	molto elevata	Ee
Area a pericolosità elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio	elevata	Eb
Zone a pericolosità elevata per valanghe	Zona rossa	Ve – pericolosità elevata
Zone a pericolosità media per valanghe	Zona rossa	Vm – pericolosità media

10.7 Fasce fluviali

Le aree soggette a potenziale esondazione sono state delimitate recependo la perimetrazione individuata nel PGRA vigente, mutuata dallo studio “Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in vari comuni a monte di Nembro (Bg)”.

10.8 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali (d.lgs. n. 49 del 2010), in attuazione della Direttiva Europea 2007/60/CE, "Direttiva Alluvioni").

Il PGRA (PGRA 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e definitivamente approvato con d.p.c.m. del 27 ottobre 2016; la prima revisione per il periodo 2022-2027 è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell’Autorità di

bacino distrettuale del Fiume Po con deliberazione n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con deliberazione n. 5 del 20 dicembre 2021.

Il PGRA contiene la mappatura delle aree allagabili per gli ambiti territoriali reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) e reticolo secondario collinare e montano (RSCM), classificate sulla base dei seguenti scenari di pericolosità:

- aree P3 (scenario H): alta probabilità – alluvioni frequenti con Tr=20-50 anni;
- aree P2 (scenario M): media probabilità – alluvioni poco frequenti con Tr=100-200 anni;
- aree P1 (scenario L): bassa probabilità – rare con Tr=500 anni.

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei distinti per caratteristiche ed importanza del reticolo idrografico, per la tipologia e la gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati:

- Reticolo idrografico principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM);
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP);
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio di alluvioni indicano le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale.

La sintesi dei diversi scenari di inondazione individuati dal PGRA ed il confronto con le aree PAI è di seguito schematizzata:

direttiva alluvioni		**pericolosità**	**Ambiti territoriali**				
scenario	**Tr (anni)**	**classe**	**RP**	**RSP**	**ACL**	**ACM**	**RSCM (legenda PAI)**
			Tempi di ritorno (anni)				Tipologia dissesto
Elevata probabilità di alluvioni - H	20-50 frequente	P3 elevata	10-20	Fino a 50	15	10	Ee, Ca, RME
Media probabilità di alluvioni - M	100-200 poco frequente	P2 media	100-200	50-200	100	100	Eb, Cp
Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi – L	> 500 o massimo storico registrato raro	P1 bassa	500		storico registrato	>100	Em, Cn

Con la DGR X/6738/2017 la Regione Lombardia ha approvato le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA in ambito regionale. In particolare viene evidenziata la necessità di individuare, attraverso la sovrapposizione tra il nuovo quadro conoscitivo derivante dal PGRA e quelli propri del PAI e dello strumento urbanistico comunale vigente (comprensivo di eventuali studi di dettaglio), le aree allagabili, le norme che ne regolamentano l'uso garantendo la tutela di persone e beni.

La DGR X/6378 assimila le aree esondabili del reticolo principale di pianura e di fondovalle alle fasce PAI, secondo il seguente schema:

- le aree P3/H del "PGRA" alla Fascia A PAI;
- le aree P2/M del "PGRA" alla Fascia B PAI;
- le aree P1/L del "PGRA" alla Fascia C PAI.

  In particolare:
- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (areeP3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle NdA del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle NdA del PAI.

Nel caso specifico del territorio comunale di Clusone sull'asta del Serio non sono state individuate le fasce fluviali dal PAI: le aree soggette a potenziale esondazione, recepite nel PGRA vigente (aree P3 e P1), sono sostanzialmente quelle individuate nello studio Dizeta. Le fasce di esondazione del fiume Serio, sono state tradotte come indicato:

- Fascia A dizeta - aree P3 (scenario H) ambito territoriale RP;
- Fascia C dizeta - aree P1 (scenario L) ambito territoriale RP.

Per le aree di conoide individuate e perimetrate nell'ambito territoriale reticolo secondario collinare e montano (RSCM) e per le aree a pericolosità per

esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio derivanti dall'allegato 2 del PAI, la corrispondenza tra carta PAI e PGRA, come sintetizzata nella tabella precedente, è la seguente:

- Area di conoide Ca e Area Ee - aree P3 (scenario H) ambito territoriale RSCM;
- Area di conoide Cn e Area Eb - aree P2 (scenario M) ambito territoriale RSCM;
- Area di conoide Cp - aree P1 (scenario L) ambito territoriale RSCM.

Aree P3/H

Reticolo principale di pianura e fondovalle (fiume Serio)

Come già evidenziato al precedente capitolo 7, l'area a classe di pericolosità elevata interessa per lo più l'asta fluviale del fiume Serio, alveo attivo, di piena ordinaria e le scarpate di pertinenza. E' stata perimetrata in classe H anche un limitato areale a forma triangolare nella porzione occidentale del territorio comunale, al confine con Piario, nei pressi di località Ponte della Selva.

Reticolo secondario collinare e montano

Le aree P3 comprendono tutte le zone di conoide attiva – Ca e le aree Ee, come perimetrate nella carta PAI.

Aree P2/M

Reticolo principale di pianura e fondovalle (fiume Serio)

Le aree a media probabilità di alluvioni – M non sono state identificate sul territorio comunale di Clusone.

Reticolo secondario collinare e montano

Le aree P2 comprendono tutte le zone di conoide parzialmente protetta – Cp e le aree Eb, come perimetrate nella carta PAI.

Aree P1/L

Reticolo principale di pianura e fondovalle (fiume Serio)

Le aree a bassa pericolosità P, volta ad individuare le aree allagabili in caso di eventi di piena con carattere di eccezionalità (Tr=500 anni), sono più ampie rispetto all'asta fluviale. Nello specifico del territorio di interesse, l'area a bassa

pericolosità corrisponde ad una ridotto areale ad ovest del territorio comunale, in località Ponte della Selva.

Reticolo secondario collinare e montano

Le aree P1 comprendono tutte le zone di conoide protetta - Cn, come perimetrate nella carta PAI.

11 INDAGINI GEOLOGICHE, GEOTECNICHE E SISMICHE

11.1 Criteri di indagine

La valutazione delle caratteristiche geotecniche dei depositi superficiali è stata effettuata sulla base di indagini in sito effettuate dallo scrivente all'interno del territorio comunale, unitamente ad altre campagne di indagine fornite dall'ufficio tecnico comunale, a supporto di interventi di edilizia pubblica e privata.

Per gli approfondimenti sismici previsti nel presente studio, sono stati raccolti, informatizzati ed analizzati tutti i dati di sottosuolo disponibili, ritenuti significativi.

Le indagini in sito di nuova acquisizione consistono in:

- n. 10 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n. 10 profili di sismica multicanale (MASW) con associate n. 10 indagini di sismica passiva con metodologia HVSR.

L'ubicazione delle nuove indagini ha tenuto conto della distribuzione dei dati delle indagini già disponibili, oltre che della conformazione geologica e geomorfologica del territorio comunale.

La localizzazione delle indagini è riportata nelle Tavv. 2a-2b.

I dati a disposizione sono stati utilizzati per definire le unità del sottosuolo, sia qualitativamente (granulometrie e litologie) che quantitativamente, attribuendo dei parametri geotecnici di prima caratterizzazione (tramite un range di valori). Tali valutazioni sono da ritenersi orientative, da verificare per ciascun sito interessato da qualsiasi progetto.

11.2 Indagini geognostiche pregresse

I dati geognostici esistenti, censiti a livello comunale, si riferiscono a:

- n. 60 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH;
- n. 14 prove penetrometriche dinamiche medie DPM;
- n. 3 prove penetrometriche dinamiche leggere DPL;
- n. 7 sondaggi a carotaggio continuo;
- n. 4 sondaggi a carotaggio a distruzione di nucleo;
- prove in foro tipo SPT;
- n. 15 trincee esplorative;
- n. 33 stendimenti sismici MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
- n. 10 prospezioni di sismica a rifrazione;
- n. 20 indagine di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio).

11.3 Indagini geognostiche di nuova acquisizione

Sono state effettuate nuove indagini geognostiche per ricostruire nel dettaglio l'assetto litostratigrafico, geotecnico e geofisico del terreno da utilizzare nei diversi livelli di analisi simica (spessore e litologia delle coperture, caratteristiche geotecniche, ricostruzione dell'andamento delle onde di taglio Vs, determinazione della $Vs_{,eq}$).

Le indagini sono state localizzate in aree scarsamente indagate, con la finalità di infittire la maglia dei dati geognostici disponibili e di individuare zone omogenee dal punto di vista litostratigrafico e geotecnico.

11.3.1 Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Strumentazione utilizzata e ubicazione delle prove

L'attrezzatura con cui sono state eseguite le prove penetrometriche dinamiche (standard DPSH - ISSMFE) ha le seguenti caratteristiche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- lunghezza aste: 1,0 m

- diametro aste: 32 mm
- diametro della punta conica: 50,5 mm
- angolo della punta: 90°
- penetrazione standard: 20 cm

La resistenza all'avanzamento della punta e le relative profondità sono registrate durante l'indagine. Durante l'esecuzione delle prove è stato controllato che le aste girassero liberamente durante l'avanzamento e non presentassero punti di attrito con le pareti del foro. Lo 0,0 di ciascuna prova corrisponde alla quota del piano campagna presente nel punto di indagine; i dati ed i grafici delle prove sono riportati in allegato, l'ubicazione e la profondità raggiunte sono di seguito schematizzate:

n. prova penetrometrica dinamica DPSH	Località	Profondità di indagine (m da p.c.)
PP1	Viale dei Tigli	4,0
PP2	Parco Avventura	4,0
PP3	Via Sales	8,6
PP4	Via Sereno Locatelli	9,6
PP5	Via S. Giorgio	7,6
PP6	Via Brigata Alpina Tridentina	6,0
PP7	Via Pietro Guizzetti	6,6
PP8	Via Val Cadregù	7,6
PP9	Via Valeda	5,8
PP10	Loc. Bosgarina	7,6

11.3.2 Prova sismica multicanale MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

Ubicazione e caratteristiche geometriche degli stendimenti

Gli stendimenti MASW eseguiti presentano le seguenti caratteristiche:

Stendimento	Località	Lunghezza stendimento (m)	n. geofoni	Distanza intergeofonica (m)	Off-sets sorgenti (da ciascun estremo) (m)	
					Lato g1	Lato g24
MASW1	Viale dei Tigli	46	24	2	2	10
MASW2	Parco Avventura	46	24	2	2	10
MASW3	Via Sales	46	24	2	2	10
MASW4	Via Sereno Locatelli	46	24	2	2	10
MASW5	Via S. Giorgio	46	24	2	2	10
MASW6	Via Brigata Alpina Tridentina	46	24	2	2	10
MASW7	Via Pietro Guizzetti	46	24	2	2	10
MASW8	Via Val Cadregù	46	24	2	2	10
MASW9	Via Valeda	46	24	2	2	10
MASW10	Loc. Bosgarina	46	24	2	2	10

Metodologia

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidezza superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: L'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di

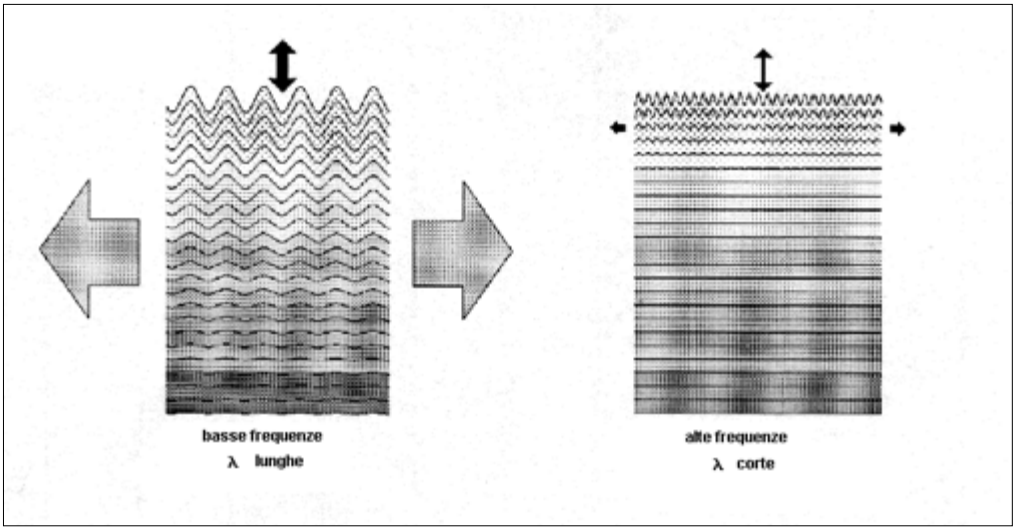
attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.

La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggiore accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y), il cui legame costituisce la curva di dispersione. È anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).



L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie.

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

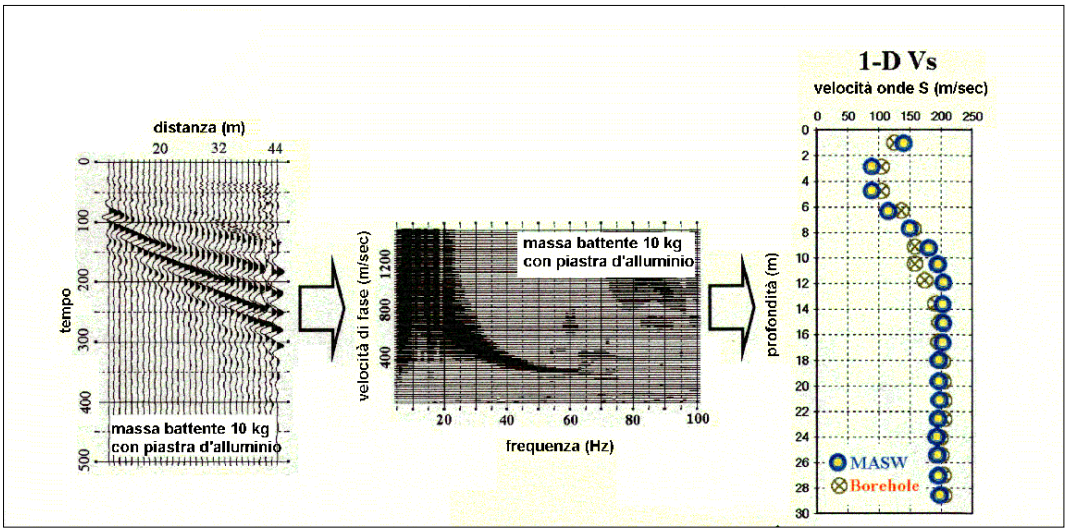
La strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sismografo BR24 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5Hz con offset pari a 2 m;
- una mazza da 5 Kg.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipologie di onde sismiche.

Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una

registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.



La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità. Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva. Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

Calcolo Vs_{eq}

A fronte del profilo delle Vs ricavato mediante lo stendimento sismico MASW, si ricava il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $Vs_{,eq}$ definita dall'espressione:

$$Vs_{,eq} = H/(\sum_{i=1,N} h_i / V_i)$$

dove hi e Vi indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati, e H è la profondità del substrato

definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da valori di Vs superiori a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio Vs_{eq} è definita dal parametro Vs_{30}, ottenuto ponendo H = 30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

11.3.3 Prova di sismica passiva HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)

Ciascuna prova è stata effettuata a circa metà degli stendimenti MASW effettuati sul territorio comunale. Il rumore sismico è stato registrato in genere per almeno 20 minuti in condizioni di assenza di vento e pioggia.

I risultati ottenuti dalla prova sono riportati nei successivi paragrafi.

Metodologia

La metodologia sismica HVSR (Horizontal to Vertical Spectrum Ratio) misura il rumore sismico ambientale che è presente ovunque sulla superficie terrestre, ed è prodotto dai fenomeni naturali (onde oceaniche, microterremoti, vento) e dall'attività antropica.

Il rumore sismico ambientale viene anche chiamato microtremore in quanto costituito da oscillazioni di piccolissima ampiezza se confrontate con quelle associate ai terremoti.

La denominazione di sismica passiva dipende dal fatto che il rumore non viene generato artificialmente, come nelle energizzazioni della sismica attiva, ma è presente naturalmente.

In qualsiasi luogo pianeggiante sono sempre presenti delle vibrazioni associate alle onde oceaniche con dei picchi a 0,14 e 0,07 Hz. A questo comportamento spettrale di "fondo", sempre presente in varia forma, e soggetto a scarsissima attenuazione, si sovrappongono le sorgenti locali dovute alle attività antropiche (traffico, macchinari, ecc..) e naturali. L'effetto di queste sorgenti locali è soggetto ad attenuazioni quanto maggiori all'aumentare della frequenza e dovute all'assorbimento anelastico associato all'attrito interno delle rocce e dei terreni.

La metodologia HVSR è stata introdotta da Nakamura (1989) per la determinazione delle frequenze di risonanza dei terreni e la stima dell'amplificazione sismica locale, elementi di grande utilità per l'ingegneria sismica.

La frequenza fondamentale di risonanza (F) dello strato di terreno n è data dalla formula:

$Fn = Vs/4\ h$

in cui Vs è la velocità media delle onde S nello strato N ed h è lo spessore.

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati. Questo, insieme ad una stima delle velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Viceversa, nota la stratigrafia è teoricamente possibile fornire una valutazione approssimativa della velocità delle onde S nei singoli strati.

I risultati (grafici) visibili in allegato, sono stati ottenuti mediante impiego di un geofono triassiale ed elaborati con software dedicato; il segnale dei velocimetri (3) è acquisito in sito per un tempo t, e digitalizzato a 16 bit con due linee di preamplificatori. Per ciascuna delle 3 componenti del moto, il software esegue le seguenti elaborazioni:

- divide il tracciato acquisito in finestre di lunghezza L (in questo lavoro generalmente 26 s);
- elimina il trend da ciascuna finestra;
- fa il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
- calcola la trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
- calcola lo spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
- liscia lo spettro di ogni finestra secondo opportuno smoothing;
- calcola il rapporto spettrale HVSR ad ogni frequenza, per ciascuna finestra.

  La funzione HVSR finale è data dalle media degli HVSR di ciascuna finestra.

12 QUADRO LITOSTRATIGRAFICO

12.1 Generalità

La struttura litostratigrafica del territorio comunale di Clusone si caratterizza per la presenza di depositi superficiali fluvioglaciali e glaciali ricoprenti il substrato roccioso: sui versanti gli spessori della copertura sciolta variano da pochi metri nei tratti più acclivi, fino a diversi metri in corrispondenza della fascia di raccordo con la piana di Clusone, dove il profilo del pendio si attenua gradualmente; nella piana gli spessori sono caratterizzati da elevata variabilità: come documentato dalle stratigrafie dei pozzi idropotabili presenti all'interno della concessione mineraria Fonte Pineta, si registrano spessori superiori a 250 m in corrispondenza del margine meridionale della piana.

I depositi che caratterizzano il bacino intramontano di Clusone sono costituiti in prevalenza da ghiaia e sabbia, talora con matrice fine anche abbondante, con presenza di conglomerati nella zona dei dossi della pineta di Clusone e lungo il versante in corrispondenza dell'ex seminario.

Lungo i versanti montuosi che circondano la piana sono presenti coperture eluvio-colluviali a comportamento sia coesivo che granulare, in spessori molto variabili a seconda dell'andamento della superficie sepolta del substrato roccioso locale.

All'interno dell'area edificata sono presenti localmente terreni di riporto utilizzati per terrapieni o per livellamenti del piano campagna.

Il substrato roccioso si caratterizza per la presenza prevalente di dolomie e calcari.

12.2 Stratigrafie di dettaglio

Di seguito si riportano le descrizioni stratigrafiche ricavate dalle indagini geognostiche di nuova acquisizione (prove penetrometriche dinamiche DPSH). I siti di indagine sono stati numerati in ordine progressivo (Sito 1÷10).

Per quanto riguarda le risultanze delle indagini geofisiche effettuate all'interno del territorio comunale, si rimanda al paragrafo dell'analisi sismica riportato in seguito.

Per ciascun punto di indagine (la cui ubicazione è individuata negli elaborati cartografici – vedi Tav. 2a-2b) si riporta una sintetica descrizione del sottosuolo investigato.

Viale dei Tigli – Sito 1

Da p.c. a -3,0 m	sabbia limosa scarsamente addensata (N_{DPSH} = 0÷2)
da -3,0 m a -4,0 m	ghiaia e sabbia prevalente, compatta (N_{DPSH} > 20 e rifiuto); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 4,0 m

Area parcheggio Parco Avventura – Sito 2

Da p.c. a -4,0 m	ghiaia e sabbia addensata (N_{DPSH} = 15÷20); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 4,0 m

Via Sales – Sito 3

Da p.c. a -7,4 m	sabbia ghiaioso limosa da poco a mediamente addensata (N_{DPSH} = 2÷12)
da -7,4 m a -8,6 m	ghiaia sabbiosa (N_{DPSH} > 20)

Via Sereno Locatelli – Sito 4

Da p.c. a -9,6 m	limo sabbioso argilloso da poco a mediamente addensato (N_{DPSH} = 2÷9)

via San Giorgio – Sito 5

Da p.c. a -4,8 m	limo sabbioso argilloso poco addensato (N_{DPSH} = 2÷3)
da -4,8 m a -7,6 m	limo sabbioso argilloso ghiaioso da mediamente a ben addensato (N_{DPSH} = 10÷25)

Via Brigata Alpina Tridentina – Sito 6

Da p.c. a -3,0 m	limo argilloso sabbioso poco addensato (N_{DPSH} = 2÷9)

Da -4,0 a -6,0 m	ghiaia con limo da mediamente a ben addensata (N_{DPSH} = 15÷25); la prova è stata interrotta per rifiuto strumentale alla profondità di 6,0 m

Via Pietro Guizzetti – Sito 7

Da p.c. a -4,2 m	limo argilloso sabbioso poco addensato (N_{DPSH} = 0÷2)
Da -4,2 a -6,6 m	ghiaia con limo e sabbia ben addensata (N_{DPSH} = 17÷35)

Via Val Cadregù – Sito 8

Da p.c. a -7,6 m	ghiaia con limo sabbioso argilloso con un grado di addensamento da discreto a buono (N_{DPSH} = 12÷20)

Via Valeda – Sito 9

Da p.c. a -4,0 m	limo sabbioso argilloso poco addensato (N_{DPSH} = 4÷6)
da -4,0 m a -5,8 m	limo ghiaioso da mediamente a ben addensato (N_{DPSH} = 10÷25)

loc. Bosgarina – Sito 10

Da p.c. a -7,6 m	ghiaia e sabbia con limo addensato (N_{DPSH} = 12÷25)

12.3 Parametri geotecnici di massima attribuiti ai depositi superficiali

I depositi sciolti presenti nel bacino di Clusone e lungo i versanti prospicienti la piana sono stati classificati sulla base dei principali parametri geotecnici quali il peso di volume secco, l'angolo d'attrito e il modulo elastico. La presenza di acqua nei terreni a comportamento coesivo può comportare un peggioramento delle caratteristiche di resistenza dei materiali. Trattasi di parametri indicativi, per un inquadramento preliminare delle caratteristiche geotecniche dei terreni presenti sul territorio comunale.

Sono state distinte le seguenti unità litotecniche:

- Conglomerato: conglomerati a supporto clastico con matrice sabbiosa o arenacea
  Peso di volume naturale: $\gamma = 18 \div 20$ kN/m^3
  Angolo di attrito drenato $\phi' = 30° \div 36°$
  Modulo elastico $E_s = 30.000 \div 85.000$ kPa
- Diamicton a supporto clastico: ghiaia prevalente con sabbia
  Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 18$ kN/m^3
  Angolo di attrito drenato $\phi' = 30° \div 34°$
  Modulo elastico $E_s = 11.000 \div 46.000$ kPa
- Diamicton a supporto di matrice: ghiaia con matrice limosa-argillosa o sabbioso-limosa
  Peso di volume naturale: $\gamma = 17 \div 17{,}5$ kN/m^3
  Angolo di attrito drenato $\phi' = 28° \div 31°$
  Modulo elastico $E_s = 9.000 \div 15.000$ kPa
- Limo argilloso sabbioso
  Peso di volume secco $\gamma_d = 16 \div 17{,}5$ kN/m^3
  Angolo di attrito drenato $\phi' = 25° \div 27°$
  Modulo elastico $E_s = 5.600 \div 7.300$ kPa

Il substrato roccioso si caratterizza per la presenza prevalente di calcari marnosi e calcari dolomitici diversamente stratificati e tettonicamente disturbati.

13 ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA

13.1 Zona sismica di appartenenza

La Giunta regionale, con propria deliberazione (n. 2129 dell'11 luglio 2014) in linea con le disposizioni ministeriali, ha rideterminato il livello di classificazione sismica dei comuni lombardi portando i Comuni in Zona 4 alla Zona 3 e quelli in Zona 3 alla Zona 2. Con D.g.r. n. 2489 del 10 ottobre 2014 si è differito di un anno l'entrata in vigore per l'adeguamento del D.p.r. 380/2001; al fine di allineare la nuova zonazione con la l.r. 33/2015 n. X/4144 del 8 ottobre 2015, si è ulteriormente spostato il termine per l'entrata in vigore della nuova classificazione sismica regionale. La nuova classificazione è entrata in vigore solo il 10 aprile 2016 contemporaneamente all'uscita dalla D.g.r. 5001 del 30 marzo 2016 – Linee di indirizzo e coordinamento delle funzioni trasferite.

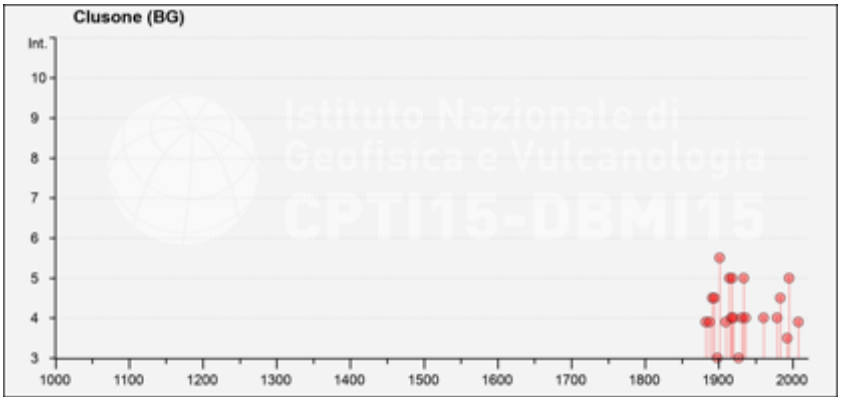
A fronte della suddetta zonazione, il Comune di Clusone è stato riclassificato in zona sismica 3, con un valore di $a_{g\ max}$ uguale a 0,095789; il presente studio aggiorna pertanto l'analisi sismica secondo la nuova classificazione attribuita al territorio comunale, rispetto a quella dello studio geologico precedente (zona 4).

13.2 Sismicità storica

I dati riferiti alla sismicità storica per il territorio di Clusone sono stati estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0 pubblicato nel 2022) redatto dall'Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia (INGV) nella finestra temporale 1000-2020.

Dall'analisi dei dati sotto riportati, emerge che l'area in esame e l'ambito della bergamasca, in generale, sono caratterizzati da eventi sismici piuttosto sporadici e di magnitudo mai superiore a 5; gli eventi più intensi, si localizzazione soprattutto verso la parte orientale della provincia di Bergamo (verso il lago d'Iseo) e lungo la fascia delle Prealpi bergamasche.

Si riportano di seguito gli eventi sismici a partire dal 1000 al 2020.



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	**Anno**	**Me**	**Gi**	**Ho**	**Mi**	**Se**	**Area epicentrale**	**NMDP**	**Io**	**Mw**
F	1882	02	27	06	30		Valle Seriana	37	6-7	4.81
F	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4-5	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
NF	1894	02	09	12	48	0	Valle d'Illasi	116	6	4.74
4-5	1894	11	27	05	07		Bresciano	183	6	4.89
2	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
5-6	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
F	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
4	1917	12	09	21	40		Alta Engadina	39	6	4.60
5	1918	04	24	14	21		Lecchese	34	6	4.95
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1926	01	01	18	04	0	Carniola interna	63	7-8	5.72
3	1927	08	13	01	00	5	Alta Engadina	19	5	4.40
4	1931	04	14	22	13		Valli Giudicarie	160	6	4.77
5	1934	03	23	01	46	5	Lago d'Iseo	16	5	4.31
2	1936	07	31	14	46	0	Garda orientale	15	5	4.21
4	1936	10	18	03	10		Alpago Cansiglio	269	9	6.06
4	1961	11	23	01	12	0	Prealpi bergamasche	119	6-7	4.86
2	1976	12	13	05	24		Garda settentrionale	128	7	4.90
4	1979	02	09	14	44		Bergamasco	73	6	4.78
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1991	11	20	01	54	1	Grigioni, Vaz	468	6	4.70
3-4	1993	12	09	18	16	5	Lago d'Iseo	175	5	4.11
5	1995	10	29	13	00	2	Lago d'Iseo	408	5-6	4.35
2-3	2001	07	17	15	06	1	Val Venosta	657	5-6	4.78
F	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

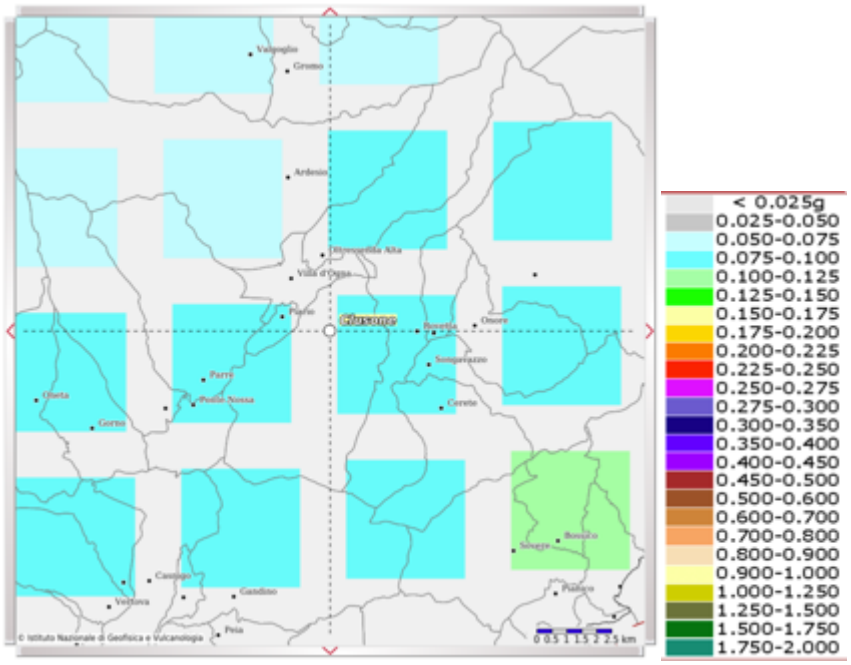
NMDP è il numero di Microseismic Data Point
Io è l'intensità epicentrale
Mw è la magnitudo momento

Storia sismica di Clusone estratta dal CPTI15 v4.0

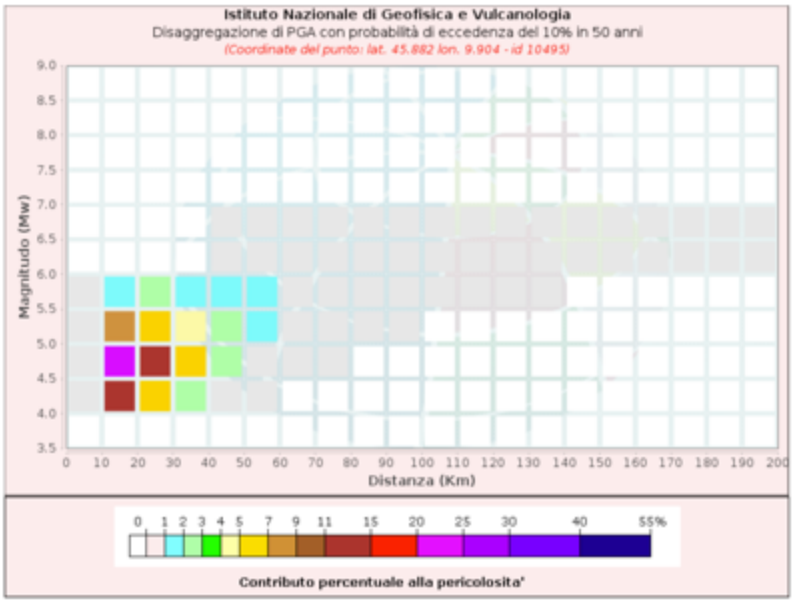
Per ottenere ulteriori elementi di riferimento in merito al sisma di riferimento per il Comune di Clusone, è stata considerata anche la mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV per l'intero territorio nazionale; tale mappa tramite la disaggregazione della pericolosità sismica, consente di valutare i contributi che diverse sorgenti sismogenetiche poste a distanza definita R e capaci di generare terremoti di magnitudo M, determinano sulla pericolosità del sito.

L'analisi è stata condotta facendo riferimento ai nodi di una griglia che ha suddiviso tutto il territorio nazionale, per ognuno dei quali sono a disposizione i valori disaggregati del valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% nell'arco di 50 anni. Attraverso l'inserimento delle coordinate del sito è possibile evidenziare la mappa di pericolosità nell'ambito indagato ed i relativi nodi di riferimento. Si fornisce il valore di PGA specifico per il sito, calcolato come media ponderata tra i 4 nodi; si fornisce inoltre il terremoto che domina lo scenario di pericolosità, inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per l'ambito territoriale in esame la mappa di disaggregazione – riportata sotto – indica valori di a_g di riferimento compresi tra 0,075 a 0,100 per l'intero territorio comunale, con un sisma tra 4,5 e 5 di magnitudo a distanza di 10-20 km (probabilità tra il 20-25 %), considerando tra le due celle di riferimento per il territorio di Clusone quella più gravosa (id 10495).



Pericolosità sismica MPS04-S1



Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

Distanza	Magnitudo									
in Km	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	0.5900	0.7190	0.2120	0.0447	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	13.9000	20.0000	7.5000	1.9200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	6.8300	12.5000	6.4800	2.1600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	2.2000	5.5000	4.1000	1.8700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.4150	2.1200	2.3300	1.3800	0.0813	0.0120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0023	0.4860	1.2200	1.1600	0.5280	0.0826	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0543	0.5170	0.7390	0.4730	0.0797	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0065	0.1610	0.3940	0.2900	0.0524	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0352	0.2030	0.1780	0.0344	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0043	0.0905	0.1080	0.0224	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0320	0.0619	0.0137	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0364	0.0088	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0032	0.0228	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0130	0.0037	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0065	0.0027	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0098	0.0058	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0087	0.0066	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0034	0.0041	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0010	0.0023	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0010	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi: magnitudo = 4.89 ; distanza = 25.7 ; epsilon = 1.25

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni – cella id 10495

13.3 Procedura regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale

La metodologia regionale per la valutazione della pericolosità sismica locale (PSL) prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: solo i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione (secondo la tabella sotto riportata, in funzione della zona sismica di appartenenza); il terzo livello di approfondimento è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione.

Il 2° livello di approfondimento potrà essere implementato tramite la realizzazione di nuove schede che amplieranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

Alla luce di tali indicazioni, per il Comune di Clusone, appartenente alla zona sismica 3, si è proceduto ad aggiornare la carta di pericolosità sismica locale esistente (1° livello) ed applicare il secondo livello per le zone di PSL Z3 e Z4 interferenti con l'urbanizzato o con le aree di futura espansione urbanistica, alla luce delle nuove indagini geognostiche e geofisiche effettuate.

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

Zona sismica	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
2 e 3	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	• nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; • nelle PSL Z1 e Z2
4	obbligatorio	nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (d.d.u.o. n. 19904/03) fermo restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici	• nelle aree indagate con il 2° livello dove Fa calcolato è > rispetto al valore soglia comunale; • nelle PSL Z1 e Z2 solo per edifici strategici e rilevanti

In conformità con quanto stabilito dall'Allegato 5 della D.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616 "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della legge regionale 11 marzo 2005 n. 12, approvati con d.g.r. 22.12.2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28.05.2008 n. 8/7374", l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vengono codificate a livello procedurale mediante tre diversi livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente:

- il **primo livello** consiste nell'individuazione delle aree di possibile amplificazione sismica sulla base dei dati già riportati nella cartografia di inquadramento (carta geologica, geomorfologica) e nella successiva redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), aggiornata secondo gli scenari indicati nella tabella di seguito riportata e alla luce dei nuovi dati geognostici disponibili.

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

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

- il **secondo livello** consiste nella determinazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale; tale analisi fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore del fattore di amplificazione (Fa).
- il **terzo livello** consiste nell'analisi quantitativa degli effetti di amplificazione sismica; tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi: a) quando, a seguito dell'analisi di secondo livello, il valore di Fa calcolato (FAC) è superiore al Fa soglia (FAS) stabilito per ciascun comune dalla Regione Lombardia; b) in presenza di aree caratterizzate da effetti di

instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1 e Z2). Non è necessaria la valutazione quantitativa al 3° livello di approfondimento per lo scenario Z5 in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo tra due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di attuare tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

13.3.1 Metodologia di lavoro

L'analisi della componente sismica è stata redatta ai sensi dell'Allegato 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616; in adempimento alle specifiche tecniche riportate nella suddetta d.g.r., è stata rivalutata la carta di pericolosità sismica locale contenuta nello studio geologico facente parte del PGT comunale previgente, alla luce di nuovi dati geognostici e della variazione della tabella degli scenari di pericolosità sismica locale relativamente allo scenario Z2. Si è proceduto pertanto all'analisi della sismicità del territorio applicando la procedura di 1° livello, in relazione alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio riportate nella cartografia di inquadramento dello studio geologico.

Successivamente è stata applicata l'analisi di 2° livello secondo le procedure regionali, considerando i modelli geotecnici e geofisici elaborati sulla base delle indagini geognostiche e geofisiche riportate nel presente studio, in modo da fornire una carta dei fattori di amplificazione (FAC) per i periodi di 0,1-0,5 s e di 0,5-1,5 s.

13.4 Analisi sismica di 1° livello

Come precedentemente indicato l'analisi di primo livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce la base dalla quale partire per i successivi livelli di approfondimento sismico. In questa fase di analisi sono stati utilizzati tutti i dati di natura geologica, geomorfologica, geotecnica e idrogeologica disponibili, nonché le diverse cartografie tematiche d'inquadramento dello studio geologico precedente.

Sulla base di tutte le informazioni reperite sino ad oggi, si è proceduto all'aggiornamento della carta della pericolosità sismica locale (PSL) in scala 1:5.000

(Tavv. 5) in cui sono riportati i diversi scenari di pericolosità sismica così come indicati nella tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della d.g.r. 30.11.2011 n. IX/2616.

13.4.1 Carta della pericolosità sismica locale (PSL)

La carta di pericolosità sismica locale riporta quindi le perimetrazioni dei diversi scenari di pericolosità sismica proposti dall'Allegato 5 della d.g.r. n. IX/2616 del 30.11.2011.

Effetti di instabilità

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di instabilità individuati all'interno del territorio comunale di Clusone, sono:

- **Z1a – Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi**: trattasi di aree individuate negli elaborati cartografici della dinamica geomorfologica e del dissesto (derivanti dall'Elaborato 2 del PAI), caratterizzate da fenomeni di crollo e distacco di blocchi rocciosi e/o da scivolamenti rotazionali/traslativi, localizzate lungo i versanti del territorio comunale.
- **Z1b – Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti**: sono aree individuate negli elaborati cartografici della dinamica geomorfologica e del dissesto (derivanti dall'Elaborato 2 del PAI), interessate da franamenti superficiali, scivolamenti e/o crolli che possono riattivarsi per le stesse cause innescanti il fenomeno o per cause diverse.
- **Z1c – Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana**: dalle carte geomorfologica e del dissesto emerge la presenza di alcune aree potenzialmente franose localizzate principalmente lungo i versanti che delimitano a sud il territorio di Clusone e nella fascia di versante al piede del Monte Né e in loc. Barbarigo che, a seguito di un evento sismico, potrebbero dar luogo e fenomeni di instabilità.

Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

All'interno del territorio comunale di Clusone è presente lo scenario di pericolosità sismica Z2a in grado di determinare effetti di cedimento del terreno.

- **Z2a – Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, etc)**: dalla carta geologica, geomorfologica e litotecnica emerge la presenza di un'area subpianeggiante caratterizzata dalla presenza di terreni fini, in spessori metrici; si tratta della zona compresa tra la loc. Sternida e l'eliporto.

Effetti di instabilità

- **Z2c – Area a potenziale presenza di cavità sotterranee**: dalla carta geologica, geomorfologica e litotecnica e dalla fase di analisi dei sinkhole emerge la presenza di un'area su versante caratterizzata dalla presenza di fenomeni carsici; si tratta della zona di San Lucio.

Effetti di amplificazione topografica

Gli scenari di pericolosità sismica in grado di determinare effetti di amplificazione topografica individuati all'interno del territorio comunale di Clusone, sono:

- **Z3a – Zona di ciglio H >10 m**: all'interno del territorio comunale sono stati individuate le scarpate suscettibili di amplificazione topografica; lo scenario Z3a è stato individuato utilizzando come base cartografica l'aerofotogrammetrico comunale unitamente al modello digitale del terreno regionale DTM. Trattasi della scarpata presente lungo l'asta fluviale del Serio, lungo il confine occidentale del territorio comunale, e degli orli localizzati in corrispondenza delle porzioni esterne dei dossi della piana e degli orli dei terrazzi addossati ai versanti.
- **Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo**: rientrano in questo scenario le aree caratterizzate da irregolarità morfologiche, quali crinali principali e secondari; per l'individuazione degli elementi lineari dello scenario Z3b ci si è basati sull'analisi della cartografia disponibile (aerofotogrammetrico comunale) e sulla carta geomorfologica allegata al presente studio.

Effetti di amplificazione litologica

- **Z4a – Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi**: tale scenario interessa l'area urbanizzata

del comune di Clusone, dove sono presenti in prevalenza depositi di origine fluvioglaciale e alluvionale granulari e/o coesivi.

- **Z4b – Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre**: rientrano in tale scenario i conoidi della Valle Gavazzo, Valle Barbino e del Monte Beur.
- **Z4c – Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi**: si estende su la quasi totalità della piana di Clusone e comprende l'area interessata dalla formazione di doline della Pineta di Clusone.

Effetti dovuti a comportamento differenziale

All'interno del territorio comunale di Clusone non sono presenti gli scenari di pericolosità sismica Z5 in grado di determinare comportamenti geomeccanici differenziali.

13.5 Analisi sismica di 2° livello

L'analisi sismica di 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche appartenenti gli scenari Z3 (soggetti ad amplificazioni morfologiche Z3) e Z4 (soggetti ad amplificazioni litologiche) individuati nella carta di pericolosità sismica locale (PSL).

Tale approfondimento non è stato eseguito per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità e cedimenti (scenari Z1 e Z2). Per tali aree infatti la normativa prevede direttamente il passaggio all'analisi di 3° livello, o l'esclusione dalla possibilità di edificazione.

La procedura semplificata consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, tramite abachi, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area urbanizzata e urbanizzabile in funzione del valore del fattore di amplificazione.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in

funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0,1÷0,5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0,5÷1,5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di Fa per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1÷0,5 s.

13.5.1 Effetti di amplificazione morfologica – Scenario Z3

L'analisi morfologica di 2° livello ha definito le possibili condizioni di amplificazione topografica individuate all'interno del territorio di Clusone.

Metodologia

La valutazione degli effetti di amplificazione topografica è stata effettuata nel rispetto delle procedure indicate nell'All. 5 della d.g.r. IX/2616/2011, utilizzando la base aerofotogrammetrica comunale e il DTM regionale per estrapolare le sezioni rappresentative dell'andamento orografico del terreno in corrispondenza degli scenari Z3a e Z3b individuati nella carta PSL; l'utilizzo del DTM regionale ha consentito inoltre di estrarre l'acclività dei versanti del territorio comunale.

In particolare sono state tracciate n. 8 sezioni topografiche per lo scenario Z3a e n. 18 sezioni per lo scenario Z3b, ortogonali ai versanti e agli elementi morfologici di interesse, costituiti da materiali con valori delle onde di taglio Vs superiori a 800 m/s.

Sono stati esclusi da tale analisi gli orli di scarpata cartografati nella carta di pericolosità sismica locale come scenari suscettibili a instabilità (scenari Z1), in quanto la normativa prevede l'applicazione diretta del 3° livello di approfondimento, e gli scenari posti al di fuori delle aree urbanizzate e urbanizzabili.

Per ciascuna sezione sono stati estrapolati i principali parametri geometrici, a seconda che si tratti di una scarpata (scenario Z3a) o di una cresta rocciosa e/o cocuzzolo (scenario Z3b), da utilizzare nelle schede di valutazione regionali (vedi tabelle sotto riportate); si rimanda alla Tav. 6a per l'ubicazione delle sezioni esaminate e alle Tav. 6b e 6c per le sezioni verificate.

Scenario	Parametri geometrici
Z3a – Zona di scarpata rocciosa	Altezza del fronte (H)
	Inclinazione del fronte principale (α)
	Inclinazione del fronte superiore (β)

Scenario	Parametri geometrici
Z3b – Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	Larghezza alla base del rilievo (L)
	Larghezza in cresta del rilievo (l)
	Dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello minimo (h) dei versanti
	Inclinazione dei fronti (α1 e α2)
	Inclinazione dei fronti superiori (β1 e β2)

In funzione delle suddette caratteristiche geometriche, mediante i criteri di riconoscimento riportati nelle schede in allegato, si verifica che gli elementi morfologici individuati siano effettivamente soggetti a fenomeni di amplificazione topografica, distinguendo diverse tipologie di scarpata (in contropendenza, ideale, in pendenza) e di cresta (arrotondata, appuntita).

Mediante le correlazioni delle schede di valutazione morfologica, è stato determinato il corrispondente valore del Fattore di amplificazione (Fa) per ciascuna scarpata/cresta esaminata, approssimato alla prima cifra decimale.

Analisi effettuate

Si riportano di seguito i risultati dei valori di Fa calcolati (FAC) per gli elementi morfologici appartenenti agli scenari Z3a e Z3b individuati all'interno delle aree urbanizzate e urbanizzabili del territorio comunale di Clusone e riportati nella carta PSL; restano esclusi gli scenari ricadenti lungo i versanti che circondano la piana di Clusone, esterni alle aree urbanizzate e/o urbanizzabili.

Scenario Z3a						
Sezione	**Dislivello altimetrico massimo (H)**	**Inclinazione fronte principale α (°)**	**Inclinazione fronte superiore β (°)**	**Tipologia**	**Classe altimetrica**	**Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5\ s}$)**
1	40	20÷40	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
2	40	20÷30	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
3	40	30÷50	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
4	48,5÷28,5	10÷30	0	Scarpata ideale	H>40 20<H≤40	1,2
5	50÷12	10÷20	0	Scarpata ideale	H>40 10<H≤20	1,1
6	63	20÷40	0	Scarpata ideale	H>40	1,2
7	31	10÷20	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2
8	25	10÷20	0	Scarpata ideale	20<H≤40	1,2

Scenario Z3b								
				Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1-0,5\ s}$)				
				CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE
Sezione	**Dislivello altimetrico massimo (H)**	**Larghezza alla base del rilievo (L)**	**H/L**	L>350	250<L<350	150<L<250	L<150	
1	303,5	821	0,4	1,5	-	-	-	-
2	30	234	0,1	-	-	1,1	-	-
3	97	245	0,4	-	-	1,3	-	-
4	120	621	0,2	1,2	-	-	-	-
5	120	478	0,3	1,3	-	-	-	-
6	30	132	0,2	-	-	-	1,1	-
7	48,5	231	0,2	-	-	1,2	-	-
8	Non soddisfa i criteri di riconoscimento			-	-	-	-	-
9	55	377	0,1	1,2	-	-	-	-
10	46	118	0,4	-	-	-	1,2	-
11	40	175	0,2	-	-	1,2	-	-
12	25	186	0,1	-	-	1,1	-	-
13	35	113	0,3	-	-	-	1,1	-
14	21	86	0,2	-	-	-	1,1	-
15	58,3	523	0,1	-	-	-	-	1,1
16	45	186	0,2	-	-	1,2	-	-
17	20	103	0,2	-	-	-	1,1	-
18	40	177	0,2	-	-	1,2	-	-

Per la distribuzione areale dei valori di Fa, come richiesto dalla normativa regionale, si è proceduto ad attribuire il valore di Fa ottenuto all'area corrispondente alla larghezza in cresta (l) o al cocuzzolo, mentre tale valore deve essere scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. Per le scarpate il valore di Fa calcolato coincide con il ciglio del fronte principale e all'interno dell'area di influenza, il valore viene scalato fino al valore unitario ai margini dell'area d'influenza stessa; a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte principale.

Le aree di Fa così definite sono state riportate nelle Tavv. 6b e 6c.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti dalle schede di valutazione con il valore soglia (S_T) delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore S_T rappresenta il valore oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Categoria topografica	**Caratteristiche della superficie topografica**	**Coefficiente di amplificazione topografica S_T**
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media i ≤ 15°	1,0
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i ≥ 30°	1,4

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di Fa con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti

di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;

- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario in fase di progettazione edilizia effettuare analisi più approfondite (3° livello).

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia.

Risultati scenario Z3a

Le tipologie di scarpate analizzate, rispondenti ai criteri di riconoscimento previsti dall'abaco regionale per lo scenario Z3a (scarpata ideale, scarpata in pendenza), presentano valori di Fa ($FAC_{0,1-0,5\ s}$) inferiori ai valori di soglia (S_T) indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplifica-zione di sito ($FAC_{0,1\div0,5\ s}$)	Area di influenza (m)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
			CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S_T ±0,1	
1	1,2	30	T2	1,2	OK
2	1,2	30	T2	1,2	OK
3	1,2	30	T2	1,2	OK
4	1,2	21÷32	T2	1,2	OK
5	1,1	12÷33	T2	1,2	OK
6	1,2	42	T2	1,2	OK
7	1,2	23	T2	1,2	OK
8	1,2	19	T2	1,2	OK

Risultati scenario Z3b

Dalle analisi effettuate, risulta che per tutte le aree di cresta i valori stimati di Fa ($FAC_{0,1\text{-}0,5\ s}$) sono inferiori ai valori di soglia (S_T)indicati dalla normativa vigente, come riportato nella seguente tabella.

La normativa vigente risulta pertanto sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Sez.	Fattore di amplificazione di sito ($FAC_{0,1\div0,5\ s}$)	Valori soglia del fattore di amplificazione (D.M. 14.01.2018)		Esito verifica
		CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA S_T ±0,1	
1	1,5	T4	1,4	OK
2	1,1	T4	1,4	OK
3	1,3	T4	1,4	OK
4	1,2	T4	1,4	OK
5	1,3	T4	1,4	OK
6	1,1	T3	1,2	OK
7	1,2	T3	1,2	OK
9	1,2	T3	1,2	OK
10	1,2	T3	1,2	OK
11	1,2	T3	1,2	OK
12	1,1	T3	1,2	OK
13	1,1	T3	1,2	OK
14	1,1	T3	1,2	OK
15	1,1	T3	1,2	OK
16	1,2	T3	1,2	OK
17	1,1	T3	1,2	OK
18	1,2	T3	1,2	OK

13.5.2 Effetti di amplificazione litologica – Scenario Z4

Metodologia

La valutazione delle amplificazioni litologiche richiede i seguenti dati:

- litologia prevalente del terreno;
- profilo stratigrafico del terreno;
- andamento delle Vs con la profondità, fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità delle V_s di ciascuno strato;
- modello geofisico e geotecnico del terreno nei punti rappresentativi su cui fare l'analisi.

Sulla base di alcuni parametri litostratigrafici e geotecnici, si individua la litologia prevalente presente nell'ambito territoriale considerato e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione regionale di riferimento: n. 1 scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose; n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-

argillose (tipo 1 e 2), n. 2 schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e 2); n. 1 scheda per le litologie prevalentemente sabbiose.

A ciascuno dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzata nella procedura di 2° livello deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (*Vs*)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Individuata la scheda di riferimento, è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori delle Vs con la profondità; in particolare, si dovrà verificare l'andamento delle Vs con la profondità partendo dalla scheda 1; nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori inferiori ai 600 m/s, si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

In presenza di una litologia non contemplata dalle 6 schede di valutazione, si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine. Nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata, ma l'andamento delle Vs con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle Vs con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine.

All'interno della scheda viene scelta, in funzione della velocità e dello spessore dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del fattore di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s (n. 3 curve e relative formule) e 0,5÷1,5 s (n. 1 curva e relativa formula). Qualora lo strato superficiale abbia una profondità inferiore a 4 m, si utilizzerà, per la scelta della curva, lo strato superficiale equivalente a cui si assegna un valore di Vs calcolato come media pesata del valore di Vs degli strati superficiali la cui somma supera i 4 m di spessore.

Le formule rappresentative di ciascuna curva sono funzione del periodo proprio del sito (T), calcolato considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s; la formula per il calcolo del periodo T è la seguente:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

dove Vs_i e h_i sono rispettivamente la velocità e lo spessore di ciascuno strato.

Il fattore di amplificazione calcolato (FAC) applicando le suddette schede e approssimato alla prima cifra decimale, viene poi confrontato con il valore soglia (FAS), con una variabilità ±0,1, fornito dalla banca dati della Regione Lombardia per ciascun Comune, al variare delle categorie di suolo (categoria B, C, D, E ai sensi del D.M. 17.01.2018) e nei due intervalli 0,1÷0,5 s e 0,5÷1,5 s.

Il valore soglia (FAS) rappresenta il valore oltre il quale lo spettro di risposta proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione sismica del sito.

La Regione Lombardia indica per il territorio di Clusone i seguenti valori soglia (FAS) per il periodo 0,1÷0,5 s e per il periodo 0,5÷1,5 s.

	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018			
CLUSONE	**B**	**C**	**D**	**E**
$FAS_{0,1\div0,5\ s}$	1,4	1,8	2,2	2,0
$FAS_{0,5\div1,5\ s}$	1,7	2,4	4,3	3,1

L'elaborazione dei dati disponibili ed il confronto con i valori soglia può portare alle situazioni indicate:

- FAC ≤ FAS: la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- FAC > FAS: la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario passare al 3° livello di approfondimento sismico in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore.

Risultati indagini geofisiche di nuova acquisizione

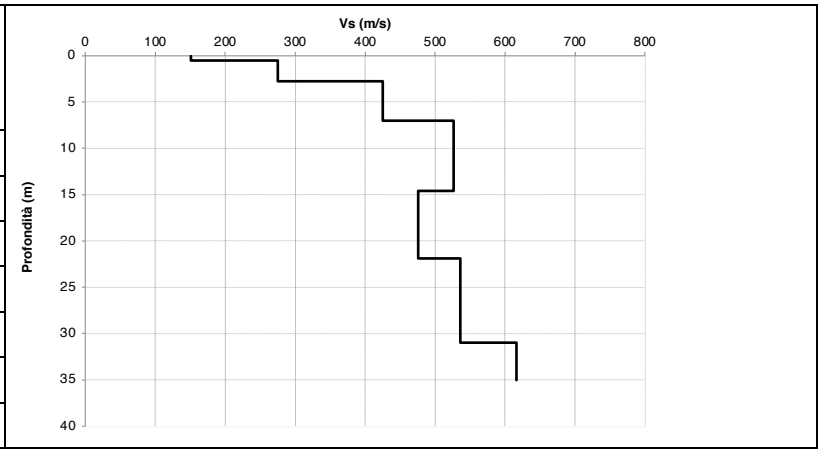
MASW1 – viale dei Tigli

Dal p.c. a 3 m circa di profondità orizzonte lento con valori di Vs mediamente pari a 270 m/s; da 3 a 30 m circa di profondità sono presenti terreni a supporto granulare ben addensati con valori di Vs che si attestano tra 425 e 536 m/s.

A maggiore profondità, lo stato di addensamento del terreno aumenta con valori di Vs oltre i 600 m/s circa (probabile conglomerato). Per le profondità investigate non è stato individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).

La prova HVSR ha individuato un picco chiaro e ampio a 24,8 Hz, compatibile con il passaggio tra la copertura lenta superficiale e la ghiaia compatta intorno ai 3 m di profondità.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,50	151
0,50	2,80	275
2,80	7,00	425
7,00	14,60	526
14,60	21,90	476
21,90	31,00	536
31,00	35,00	616



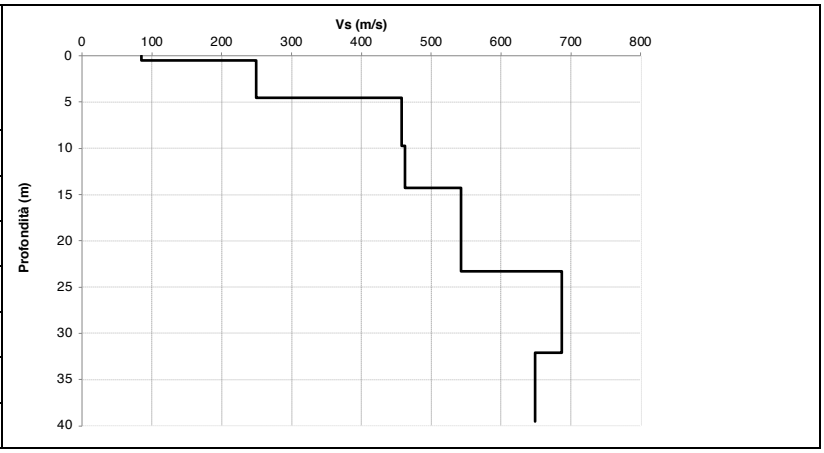
MASW2 – Parco Avventura

Sismostrato superficiale, lento (Vs pari a circa 250 m/s), tra il p.c. e la profondità di 4,5 m; da 4,5 a 23 m circa, i valori di velocità delle onde di taglio aumentano, con Vs compresi tra 460 e 540 m/s circa; trattasi di depositi addensati, ghiaioso sabbiosi.

Oltre i 23 m circa di profondità, si registrano valori di Vs superiori a 600 m/s, probabilmente per la presenza di conglomerati e ghiaie molto addensate. Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).

La prova HVSR ha individuato un picco debole alla frequenza di 14,8 Hz compatibile con il probabile top delle ghiaie compatte individuato a 4,5-5,0 m di profondità.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,50	85
0,50	4,50	249
4,50	9,70	458
9,70	14,30	462
14,30	23,30	543
23,30	32,10	687
32,10	39,50	649

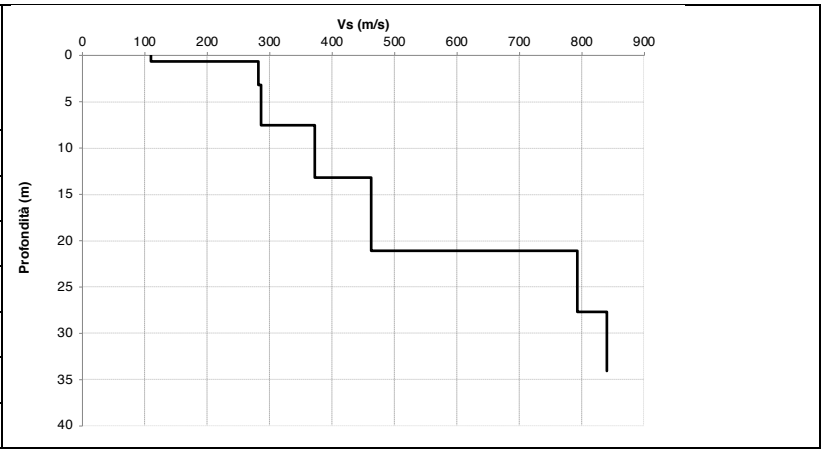


MASW3 – via Sales

Sismostrato mediamente addensato dal p.c. fino alla profondità di 7,5 m, con valori di Vs intorno a 280 m/s; da 7,5 a 21,0 m, lo stato di addensamento del terreno aumenta con valori di Vs che si attestano tra 370 e 460 m/s (ghiaie e sabbie prevalenti); al di sotto dei 21 m, si registra un brusco aumento dei valori di velocità delle onde di taglio, con Vs prossimi a 800 m/s (strato superficiale fratturato del bedrock). Dai 27 m, è stato intercettato un orizzonte rigido con valori di Vs pari a 840 m/s (bedrock sismico).

La curva della prova HVSR individua un picco chiaro e ampio a circa 4,9 Hz, associato ad una probabile interfaccia alla profondità di 21 m circa, riconducibile al passaggio copertura superficiale-top bedrock sismico.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,60	110
0,60	3,20	282
3,20	7,50	286
7,50	13,20	372
13,20	21,10	462
21,10	27,70	793
27,70	34,10	840

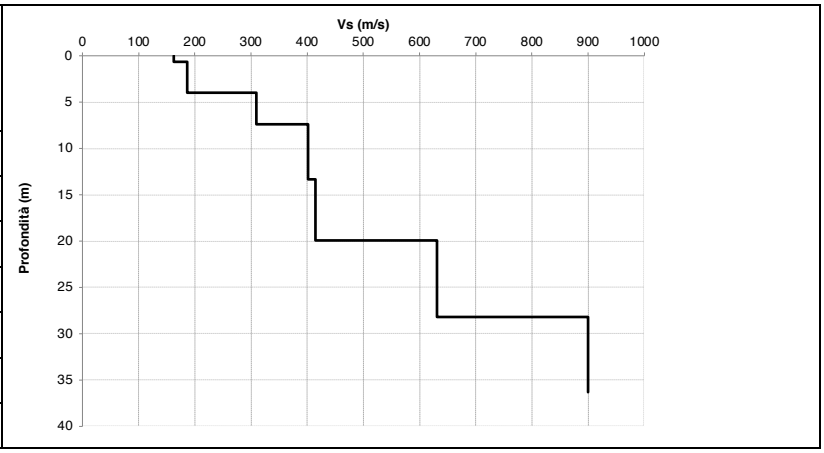


MASW4 – via Sereno Locatelli

Da p.c. alla profondità di 4 m, sismostrato scarsamente addensato con valori di Vs tra 160 e 180 m/s; segue, fino alla profondità di 20 m circa, un terreno ghiaioso sabbioso con valori di Vs compresi tra 310 e 415 m/s; da 20 m a 28 m circa, si registra un brusco aumento della velocità delle onde di taglio (Vs = 631 m/s), legato probabilmente alla presenza di orizzonti di conglomerato. Dai 28 m, i valori di Vs si registrano valori di Vs di 900 m/s (bedrock sismico).

La prova HVSR individua un picco di frequenza chiaro e ampio (4,8 Hz), associato ad alla prima interfaccia sismica individuata a 20 m di profondità dal p.c.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,60	163
0,60	4,00	186
4,00	7,40	310
7,40	13,30	401
13,30	19,90	415
19,90	28,20	631
28,20	36,30	900



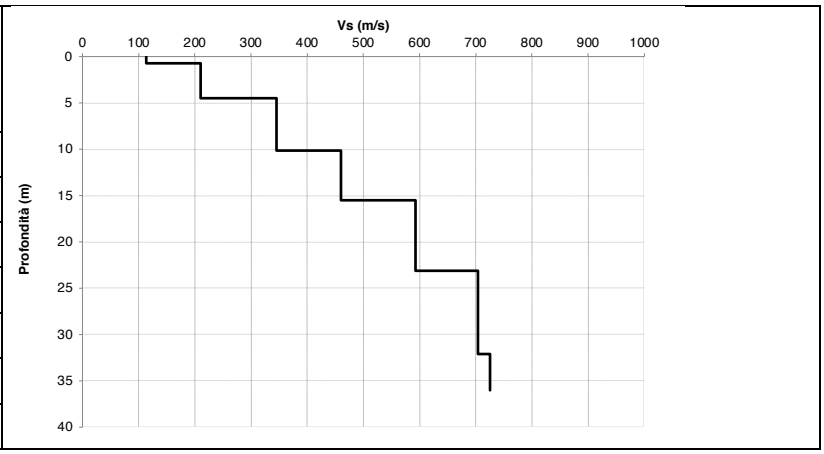
MASW5 – via S. Giorgio

Sismostrato scarsamente addensato dal p.c. alla profondità di 4,5 m, con valori di Vs pari a 210 m/s; da 4,5 a 23 m circa di profondità si ha un incremento dei

valori di Vs, per la presenza di terreni ghiaioso sabbiosi da mediamente a ben addensati (346 < Vs < 593 m/s). Oltre la velocità delle onde di taglio aumenta bruscamente con valori che superano i 700 m/s. Non si esclude che tale orizzonte possa essere riconducibile alla parte superficiale del bedrock. Non è stato individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).

Dalla curva HVSR emergono 2 picchi: uno a bassa frequenza associato al probabile contrasto offerto dal bedrock profondo, posto oltre i 30 m di profondità; un secondo a 5 Hz associato al top dello strato ghiaioso sabbioso.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,70	114
0,70	4,50	210
4,50	10,10	346
10,10	15,50	460
15,50	23,10	593
23,10	32,10	704
32,10	36,00	726

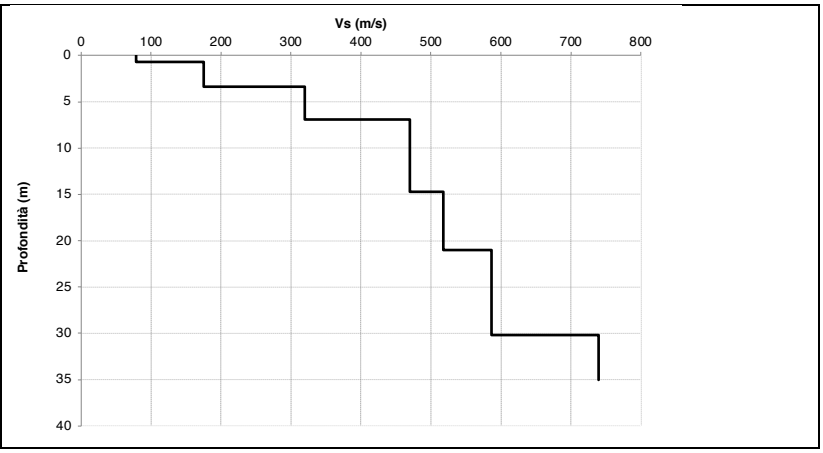


MASW6 – via Brigata Alpina Tridentina

Dal p.c. fino alla profondità di 3,4 m i valori di Vs sono inferiori a 200 m/s; oltre, tale profondità le Vs crescono bruscamente con valori che variano da 320 a 518 m/s circa; trattasi di ghiaie, sabbie, sabbie limose da mediamente a ben addensati. Da 21 m a 30 m i valori di Vs sono pari a 587 m/s (probabilmente conglomerati e/o ghiaie addensate). Tra 30 e 35 m circa, i valori di velocità delle Vs sono elevati, pari a 740 m/s. Per le profondità indagate non è stato individuato il bedrock sismico (Vs > 800 m/s).

La curva HVSR individua un picco a bassa frequenza, a circa 2,4 Hz, associato a un possibile contrasto di impedenza sismica posto a circa 30 m di profondità o poco oltre.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,70	79
0,70	3,40	175
3,40	6,90	320
6,90	14,70	470
14,70	21,00	518
21,00	30,20	587
30,20	35,00	740

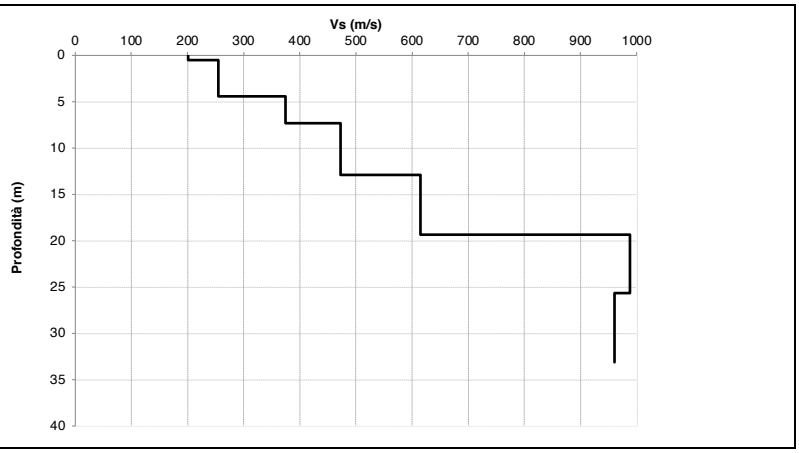


MASW7 – via Pietro Guizzetti

È presente un sismostrato superficiale, rinvenuto dal p.c. fino alla profondità di 4,5 m circa scarsamente addensato, con valori di Vs inferiori a 250 m/s; da 4,5 a 13 m circa di profondità, la velocità delle onde di taglio si attesta tra 370 e 470 m/s, per la presenza di ghiaie sabbiose addensate. Oltre i 13 m di profondità, fino a 19 m, si registrano valori di Vs pari a 615 m/s (probabile conglomerato). A maggiore profondità è presente un orizzonte rigido, con Vs > 800 m/s (bedrock sismico).

La curva HVSR mostra un ampio picco alla frequenza di circa 7 Hz, corrispondente all'interfaccia sismica posta al passaggio tra copertura alluvionale-fluvioglaciale e bedrock a 19 m di profondità.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,50	201
0,50	4,40	255
4,40	7,30	374
7,30	12,90	473
12,90	19,30	615
19,30	25,60	988
25,60	33,10	960

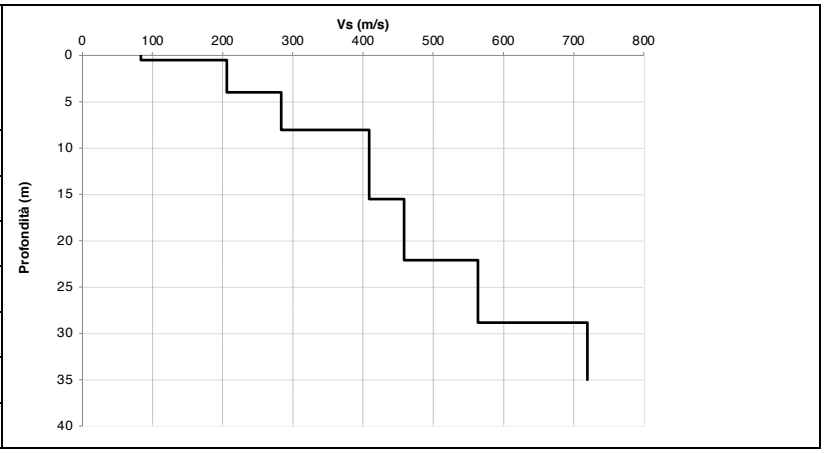


MASW8 – via Val Cadregù

Sismostrato superficiale, rinvenuto dal p.c. fino alla profondità di 4,0 m scarsamente addensato (valori di velocità delle Vs intorno a 200 m/s); da 4,0 a 8,0 m di profondità, secondo sismostrato mediamente addensato, con valori di Vs di poco inferiori a 300 m/s. Nei successivi 21 m circa, i valori di Vs crescono gradualmente con la profondità, da 400 a 560 m/s; trattasi di materiale a comportamento granulare prevalente. Oltre i 29 m di profondità, si registrano valori di Vs oltre i 700 m/s. Per le profondità indagate non è stato individuato il bedrock sismico.

La curva HVSR mostra un ampio picco alla frequenza di circa 2,2 Hz (associato al top dell'orizzonte compatto individuato a 29 m circa di profondità.

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,50	83
0,50	4,00	206
4,00	8,00	283
8,00	15,50	409
15,50	22,10	458
22,10	28,80	564
28,80	35,00	720

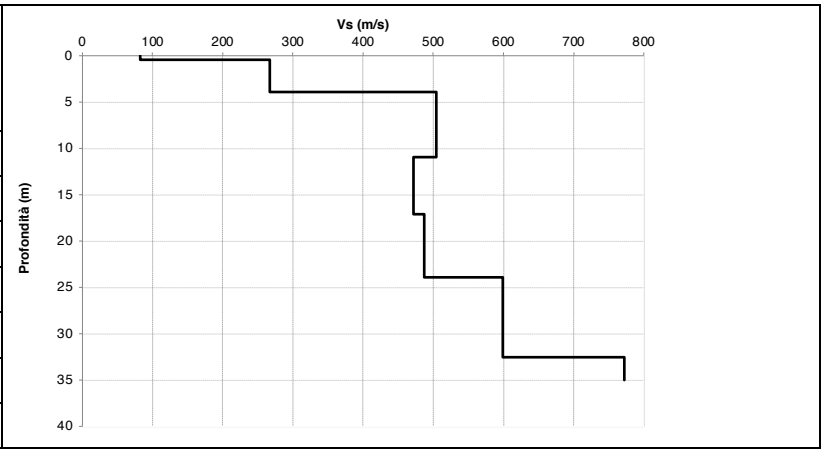


MASW9 – via Valeda

Dal p.c. fino alla profondità di 4,0 m sismostrato mediamente addensato (Vs = 267 m/s); da 4,0 a 24 m circa di profondità, sismostrato ben addensato, con valori di Vs tra 470 e 500 m/s. Oltre si registrano valori di Vs oltre tra 600 e 770 m/s. Per le profondità indagate non è stato individuato il bedrock sismico.

La curva HVSR con picco alla frequenza di circa 18,3 Hz (associato al top dell'orizzonte compatto, ghiaioso, individuato a 4 m circa di profondità).

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,40	82
0,40	3,90	267
3,90	10,90	504
10,90	17,10	472
17,10	23,90	487
23,90	32,50	599
32,50	35,00	772



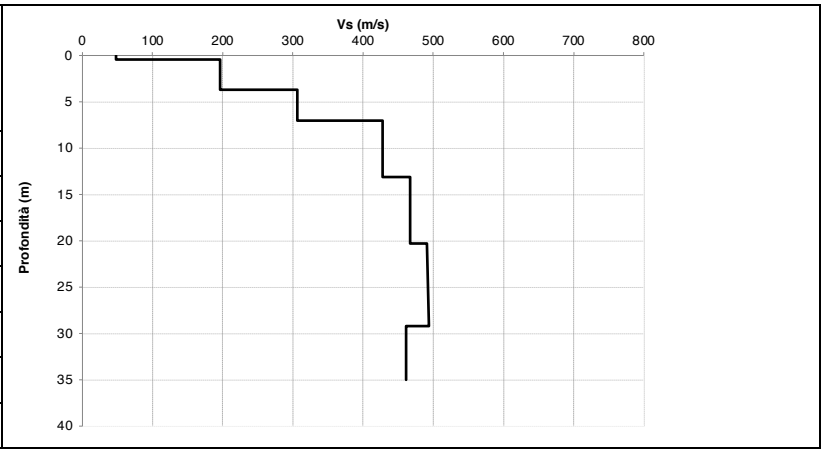
MASW10 – loc. Bosgarina

Dal p.c. fino alla profondità di 4,0 m sismostrato scarsamente addensato (Vs < 200 m/s); da 4,0 a 7 m circa di profondità, sismostrato mediamente addensato, con valori di Vs pari a circa 300 m/s. Oltre si registrano valori di Vs piuttosto omogenei all'aumentare della profondità; si registrano valori di Vs tra 430 e 490 m/s

riconducibili a depositi alluvionali e fluvioglaciali della piana di Clusone. Per le profondità indagate non è stato individuato il bedrock sismico.

La curva HVSR con picco alla frequenza di circa 7,1 Hz (associato al top dell'orizzonte compatto, ghiaioso, individuato a 7 m circa di profondità).

Profondità da p.c.		Vs (m/s)
da (m)	a (m)	
0,00	0,40	48
0,40	3,70	196
3,70	7,00	306
7,00	13,10	428
13,10	20,30	467
20,30	29,20	491
29,20	35,00	461



Attendibilità dei dati utilizzati

Viene di seguito riportato il livello di attendibilità dei dati litologici, stratigrafici e geofisici per ciascuno dei siti verificati nell'analisi sismica di 2° livello.

	Attendibilità		
Località	**Dati litologici**	**Dati stratigrafici (spessori)**	**Dati geofisici (Vs)**
Viale dei Tigli	Alta	Media	Alta
Parco Avventura	Alta	Media	Alta
Via Sales	Alta	Media	Alta
Via Sereno Locatelli	Alta	Media	Alta
Via S. Giorgio	Alta	Media	Alta
Via Brigata Alpina Tridentina	Alta	Media	Alta
Via Pietro Guizzetti	Alta	Media	Alta
Via Val Cadregù	Alta	Media	Alta
Via Valeda	Alta	Media	Alta
Loc. Bosgarina	Alta	Alta	Alta

Definizione della categoria di suolo

La determinazione del valore di Vs_{eq} dalle indagini geofisiche di nuova acquisizione e dalle indagini pregresse effettuate all'interno del territorio comunale,

consente di definire la categoria di suolo secondo la Tab. 3.2.II del D.M. 17.01.2018 di seguito riportata.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti,* caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D,* con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 3.2.II NTC 2018

Sito	Località	Vs_{eq} (m/s)	Categoria di suolo ai sensi del D.M. 17.01.2018
1	Viale dei Tigli	452	B
2	Parco Avventura	431	B
3	Via Sales	392	B
4	Via Sereno Locatelli	367	B
5	Via S. Giorgio	401	B
6	Via Brigata Alpina Tridentina	380	B
7	Via Pietro Guizzetti	404	B
8	Via Val Cadregù	360	B
9	Via Valeda	432	B
10	Loc. Bosgarina	352	C

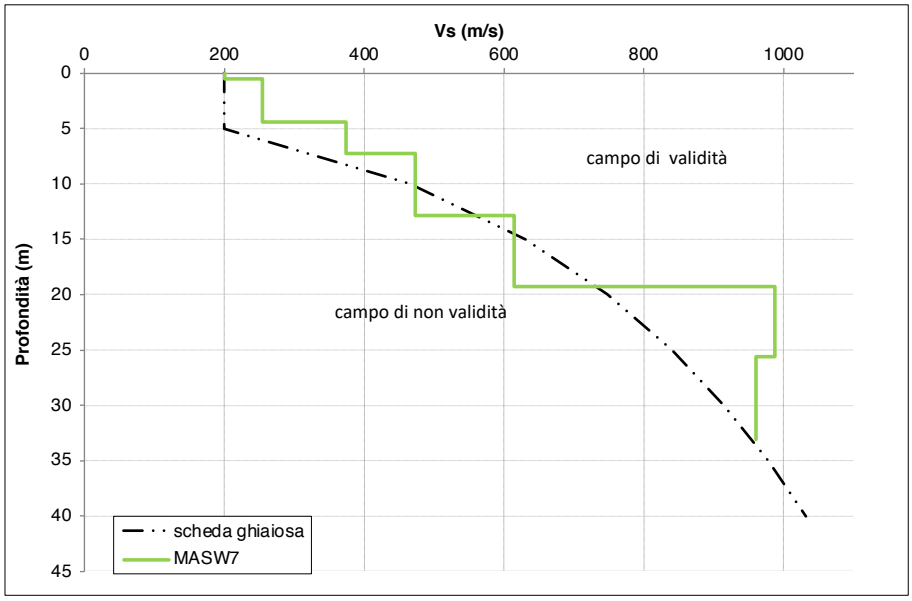
Scheda litologica di riferimento

A fronte del profilo delle Vs elaborato per ciascuna indagine geofisica di nuova acquisizione, unitamente ai dati litostratigrafici disponibili, emerge che le schede di valutazione regionali utilizzate, sono le seguenti:

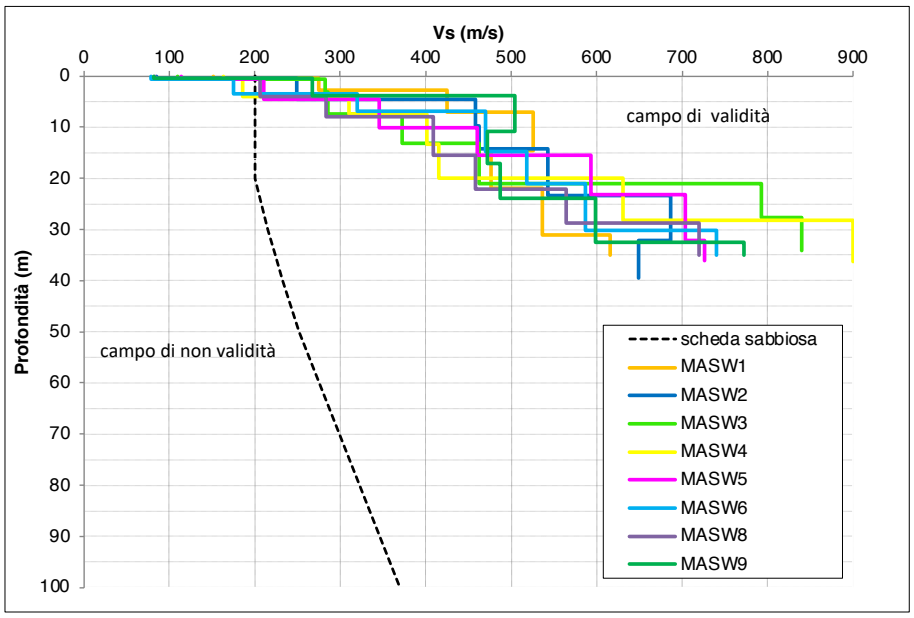
- scheda ghiaiosa (GH);
- scheda sabbiosa (SA);
- scheda limoso-sabbiosa tipo 2 (LS2).

Si riportano in allegato i relativi abachi di calcolo.

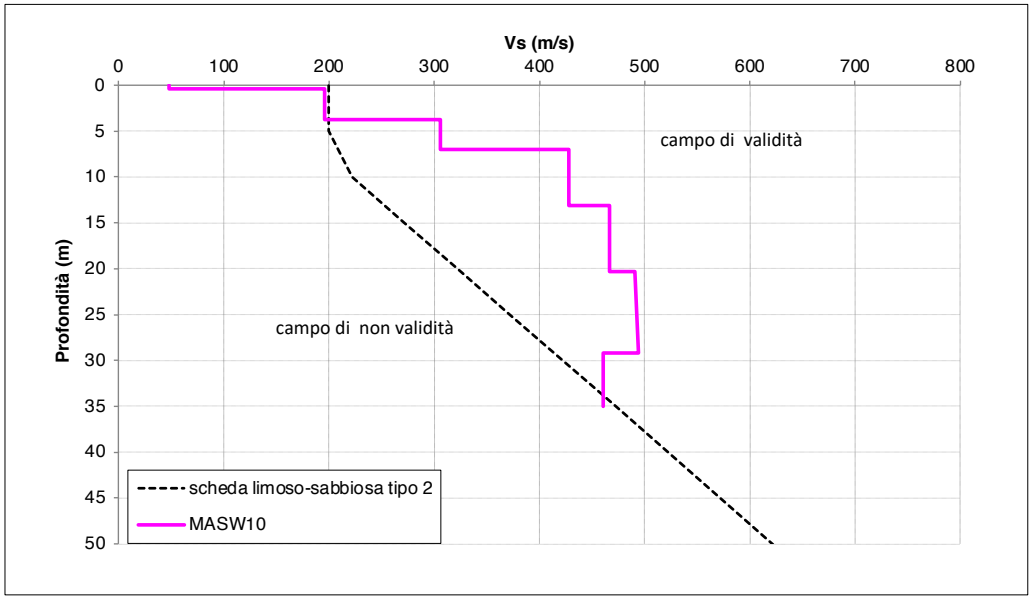
Nei grafici seguenti è visibile il profilo di velocità delle onde di taglio Vs estrapolato dalle indagini geofisiche di riferimento e la curva rappresentativa del limite di validità di ciascuna scheda.



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda ghiaiosa



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda sabbiosa



Andamento delle Vs desunte dalle indagini geofisiche di riferimento rispetto alla curva rappresentativa della scheda limoso-sabbiosa tipo 2

Calcolo del fattore di amplificazione – FAC

Per ciascuna area investigata, è stato calcolato il periodo T considerando la stratigrafia del terreno fino alla profondità in cui il valore di Vs è uguale o superiore a 800 m/s; il valore di Vs dello strato superficiale è stato considerato con uno spessore non inferiore ai 4 m, come riportato nell'Allegato 5.

Si riportano di seguito i valori di Vs relativi allo strato superficiale, il periodo T, la tipologia di scheda litologica e la curva dell'abaco utilizzata per il calcolo del fattore di amplificazione (FAC).

Sito	Località	Cat. Suolo NTC2018	Vs strato sup. (m/s)	Periodo T	Scheda di valutazione	Curva abaco	$FAC_{0,1\div0,5}$	$FAC_{0,5\div1,5}$
1	Viale dei Tigli	B	325	0,38	SA	2	1,7	1,6
2	Parco Avventura	B	205	0,31	SA	2	1,7	1,5
3	Via Sales	B	252	0,24	SA	2	1,6	1,3
4	Via Sereno Locatelli	B	182	0,26	SA	2	1,7	1,3
5	Via S. Giorgio	B	186	0,28	SA	2	1,7	1,4
6	Via Brigata Alpina Tridentina	B	196	0,30	SA	2	1,7	1,4
7	Via Pietro Guizzetti	B	247	0,17	GH	2	1,4	1,1
8	Via Val Cadregù	B	174	0,33	SA	2	1,7	1,5
9	Via Valeda	B	342	0,31	SA	2	1,7	1,4
10	Loc. Bosgarina	C	195	0,47	LS2	1	2,1	1,4

13.6 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,1÷0,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,1÷0,5 s (Tav. 6d) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che localmente le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

I poligoni definiti secondo tale classificazione sono stati sovrapposti alla carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, distinguendo quelli con FAC superiore al valore soglia comunale (FAS) da quelli con FAC minore, così come previsto dalla normativa vigente.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,1-0,5 s					
Sito	**Località**	**Categoria di suolo**	**$FAC_{0,1\div0,5\ s}$**	**$FAS_{0,1\div0,5\ s}$ (±0,1)**	**Confronto tra FAC e FAS**
1	Viale dei Tigli	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
2	Parco Avventura	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
3	Via Sales	B	1,6	1,4	Verifica non soddisfatta
4	Via Sereno Locatelli	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
5	Via S. Giorgio	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
6	Via Brigata Alpina Tridentina	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
7	Via Pietro Guizzetti	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
8	Via Val Cadregù	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
9	Via Valeda	B	1,7	1,4	Verifica non soddisfatta
10	Loc. Bosgarina	C	2,1	1,8	Verifica non soddisfatta

Sito 1-2-3-4-5-6-8-9-10

A fronte dei risultati riportati in tabella, emerge che la normativa vigente è da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito; è quindi necessario passare al 3° livello di approfondimento sismico in fase progettuale o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, ovvero assumere nel progetto la categoria di suolo C e D nel solo caso del Sito 10.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,1-0,5 s					
Sito	**Località**	**Categoria di suolo da applicare in fase progettuale**	**$FAC_{0,1\div0,5\ s}$**	**$FAS_{0,1\div0,5\ s}$ (±0,1)**	**Confronto tra FAC e FAS**
1	Viale dei Tigli	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
2	Parco Avventura	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
3	Via Sales	C	1,6	1,8	Verifica soddisfatta
4	Via Sereno Locatelli	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
5	Via S. Giorgio	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
6	Via Brigata Alpina Tridentina	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
7	Via Pietro Guizzetti	B	1,4	1,4	Verifica soddisfatta
8	Via Val Cadregù	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
9	Via Valeda	C	1,7	1,8	Verifica soddisfatta
10	Loc. Bosgarina	D	2,1	2,2	Verifica soddisfatta

Sito 7

In tale area l'applicazione della normativa sismica vigente è sufficientemente cautelativa rispetto ai potenziali fenomeni di amplificazione litologica; in fase progettuale potrà essere applicata la categoria di suolo B.

13.7 Carta dei fattori di amplificazione nell'intervallo 0,5÷1,5 s

Nella carta dei fattori di amplificazione per l'intervallo 0,5÷1,5 s (Tav. 6e) è stata effettuata una zonizzazione del territorio comunale (urbanizzato ed aree di futura espansione urbanistica) sulla base dei fattori di amplificazione desunti dall'analisi di 2° livello.

Non si esclude che localmente le condizioni litostratigrafiche possano essere differenti rispetto a quelle considerate, determinando fattori di amplificazioni diversi da quelli proposti.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti.

ANALISI SISMICA II LIVELLO – AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE 0,5-1,5 s					
Sito	**Località**	**Categoria di suolo**	**$FAC_{0,5\div1,5\ s}$**	**$FAS_{0,5\div1,5\ s}$ (±0,1)**	**Confronto tra FAC e FAS**
1	Viale dei Tigli	B	1,6	1,7	Verifica soddisfatta
2	Parco Avventura	B	1,5	1,7	Verifica soddisfatta
3	Via Sales	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
4	Via Sereno Locatelli	B	1,3	1,7	Verifica soddisfatta
5	Via S. Giorgio	B	1,4	1,7	Verifica soddisfatta
6	Via Brigata Alpina Tridentina	B	1,4	1,7	Verifica soddisfatta
7	Via Pietro Guizzetti	B	1,1	1,7	Verifica soddisfatta
8	Via Val Cadregù	B	1,5	1,7	Verifica soddisfatta
9	Via Valeda	B	1,4	1,7	Verifica soddisfatta
10	Loc. Bosgarina	C	1,4	2,4	Verifica soddisfatta

Dalle analisi effettuate emerge che per l'intervallo di 0,5-1,5 s, i fattori di amplificazione sismica calcolati sono sempre inferiori ai valori di soglia: in tali condizioni la normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito.

FASE DI SINTESI/VALUTAZIONE

14 VINCOLI ESISTENTI

La carta dei vincoli (Tavv 7a-7b) è stata redatta su tutto il territorio in scala 1:5.000 utilizzando l'aerofotogrammetrico comunale e riportando i vincoli esistenti, secondo le indicazioni di cui ai criteri attuativi della l.r. 12/05.

14.1 Quadro del dissesto

Nella carta dei vincoli viene indicato il quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente con il presente studio, come meglio specificato nel paragrafo “Carta PAI-PGRA" (capitolo 9).

Il quadro del dissesto comprende fenomeni legati al trasporto di massa su conoidi, frane, esondazioni e dissesti di carattere torrentizio e valanghe, modificato come descritto nei paragrafi precedenti: aree oggetto di precedenti studi di dettaglio (par. 9.1.1) e aree in dissesto di nuova perimetrazione (par. 9.1.2).

14.2 Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico – Delimitazione fasce fluviali

Il PAI approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 definisce le fasce fluviali per il fiume Serio dalla sua chiusura fino a Nembro; a monte, compreso il territorio comunale di Clusone, tali fasce fluviali non sono state identificate.

14.3 Vincoli di polizia idraulica: Fasce di rispetto Reticolo idrico Principale e Fasce di rispetto Reticolo idrico Minore

Sulla Carta dei Vincoli sono individuate le fasce di rispetto dai corsi d'acqua perimetrate ai sensi della normativa vigente per il Reticolo Idrico Principale e definite nel Reticolo Idrico Minore.

Il Reticolo Idrico Principale (RIP), di competenza regionale, comprende il fiume Serio, i torrenti Gavazzo, Flesch ed Inferno: per tali corpi idrici è stata

conservata la fascia di rispetto assegnata dalla Regione Lombardia pari a 10 (dieci) metri, (R.D. 523 del 25/07/1904), evidenziata con apposita grafica.

Con D.G.R. n. 7/7868 del 25 gennaio 2002 "Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato dall'art. 3 comma 114 della L.R. 1/2000 – Determinazione dei canoni di polizia idraulica", successivamente modificata con D.G.R. n. 7/13950 del 1 agosto 2003 la Regione Lombardia ha disposto che le Amministrazioni Comunali provvedano alla definizione del Reticolo Idrico Minore.

Il comune di Clusone è dotato dello studio del reticolo idrico minore, redatto dalla Comunità Montana Valle Seriana Superiore: sono stati individuati ed identificati cartograficamente i corsi d'acqua, perimetrate le relative fasce di rispetto e definite le norme tecniche di attuazione per il controllo e la gestione delle attività inerenti il reticolo stesso.

Secondo le indicazioni fornite dalla Sede territoriale di Bergamo della Regione Lombardia per il Reticolo Idrico Minore, è stata generalmente adottata una fascia minima di rispetto lungo i corsi d'acqua a cielo aperto di 10 m, considerata da ciascun ciglio di sponda stabile o, se non presente, dall'alveo stesso.

Si evidenzia che, per distanza dai piedi dell'argine, si intende la distanza non solo delle opere arginali, ma anche delle scarpate morfologiche stabili (Consiglio di Stato 01.06.1988 e sentenza della Corte di Cassazione del 24.06.1969 n. 2494).

In assenza di opere fisse, la distanza è da calcolare a partire dal ciglio superiore della riva incisa.

Le attività vietate o soggette ad autorizzazione comunale all'interno delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico minore, sono normate dal R.D. n. 523/1904 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie" e successive revisioni, relativamente agli artt. 96, 97 e 98, Capo VII - Polizia delle acque pubbliche, nel D.Lgs 152/99, come modificato dal D.Lgs. 152/2006, nella DGR 7/13950 e successive m.i.

Trattandosi di vincoli preordinati, che non vanno riportati nella carta di fattibilità geologica per le azioni di piano, si riportano di seguito le attività vietate all'interno degli alvei e delle fasce di rispetto:

1. Qualsiasi tipo di edificazione, inteso come qualunque tipo di fabbricato per il quale sono previste opere di fondazione, anche in sotterraneo.
2. La ristrutturazione dei fabbricati con demolizione e ricostruzione (D.P.R. 380/2001, ex legge 457/78 art. 31 lettera d, e successiva L.R. 12/2005).
3. Movimenti terra, a distanza dal ciglio superiore della sponda stabile minore di 10 m, che alterino in modo sostanziale e stabilmente il profilo del terreno con la sola eccezione di quelli connessi ai progetti di recupero ambientale e di realizzazione di piste ciclo-pedonali, di bonifica e di messa in sicurezza dal rischio idraulico.
4. Opere in sotterraneo (piani interrati di edifici o garage).
5. Qualsiasi tipo di recinzione od interclusione delle fasce di rispetto. Le recinzioni in muratura con fondazioni sono assimilate ai fabbricati, mentre quelle realizzate con pali amovibili e rete metallica potranno essere posizionate ad una distanza non inferiore a 4 m dal ciglio di sponda.
6. Opere di tombinatura, ai sensi ex-art. 41 del D.Lgs 152/99 e successive integrazioni; fatta salva l'esigenza di copertura per ragioni di pubblica incolumità delle persone, igiene e salute pubblica, accertata la compatibilità idraulica e comprovato il miglioramento nell'assetto del territorio interessato (art. 41, comma 1, D.Lgs. 152/99, come modificato dal successivo D.Lgs 152/2006).
7. Qualsiasi trasformazione e manomissione, all'interno del corpo idrico, che non sia volta al disinquinamento, al miglioramento della vegetazione riparia, al miglioramento del regime idraulico, alla manutenzione delle infrastrutture idrauliche e alla realizzazione dei percorsi di attraversamento.
8. Realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti (art. 41, comma 1, D.Lgs. 152/99, come modificato dall'art. 115 comma 1 del D.Lgs 152/2006).

9. Realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Ferme restando le norme vigenti a carattere nazionale e regionale, possono essere realizzate le seguenti opere, previa autorizzazione:

1. Interventi di manutenzione straordinaria, di restauro conservativo e di risanamento igienico, di ristrutturazione senza ampliamento volumetrico degli edifici esistenti, così come definiti alle lettere a), b), c) dell'art. 31 della Legge 457/78 e successivamente recepiti dalla L.R. 12/2005, senza aumenti della superficie calpestabile esterna all'edificio.
2. Demolizione senza ricostruzione di fabbricati esistenti, ovvero parziale demolizione con miglioramento delle condizioni idrauliche e di accesso per manutenzione.
3. Interventi di mitigazione della vulnerabilità di edifici e di impianti esistenti e a tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo.
4. Manutenzione straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico, di restauro conservativo e risanamento igienico di beni di interesse culturale, compatibili con le norme di tutela delle fasce.
5. Interventi di recupero dei territori perifluviali ad uso ricreativo, come la formazione di percorsi pedonali e ciclabili, parchi pubblici e aree a verde pubblico in genere, a distanza non inferiore a 4 m dal ciglio superiore della scarpata, previa adozione di misure di sicurezza per garantire l'incolumità pubblica, comunque tali da non interferire con periodiche operazioni di manutenzione e pulizia dei corsi d'acqua.
6. Sistemazioni a verde compatibili con le norme di tutela delle fasce.
7. Reti tecnologiche, elettriche, telefoniche, acquedotti, fognature, ecc.; tali interventi devono garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni a cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti. In caso di sottoservizi (reti

interrate) gli stessi dovranno essere posizionati ad una distanza non inferiore a 4 m dal ciglio superiore della scarpata fluviale.

8. Interventi che non comportino alterazioni del regime naturale del corso d'acqua.
9. Opere di regimazione idraulica finalizzate al riassetto dell'equilibrio idrogeologico, al ripristino della funzionalità della rete di deflusso superficiale, alla messa in sicurezza dei manufatti e delle strutture, alla rinaturalizzazione spontanea, al miglioramento generale della qualità ecobiologica.
10. Difese radenti che non comportino diminuzione della sezione dell'alveo e non sporgano dalla quota del piano campagna.
11. Muri spondali verticali o ad elevata pendenza unicamente all'interno dei centri abitati e solo dove non siano possibili ragionevoli alternative di intervento.
12. Modifiche di percorso a condizione che siano garantiti il mantenimento della funzionalità idraulica e la capacità di smaltimento delle acque.
13. La realizzazione, senza la preventiva concessione idraulica, richiedendo la sola autorizzazione provvisoria, di tutte quelle attività che rivestono carattere di urgenza ai fini della tutela dell'incolumità pubblica e della sicurezza di opere pubbliche.
14. Attraversamenti (ponti, gasdotti, fognature, tubature ed infrastrutture e reti in genere), realizzati secondo le modalità stabilite nel successivo capitolo.
15. Interventi alle strutture connesse all'utilizzo e gestione dei canali di derivazione.
16. Scarichi in corsi d'acqua, realizzati secondo le modalità stabilite nel successivo capitolo.

Ogni richiesta di intervento potrà essere concessa previa autorizzazione da parte dell'Ente gestore, che subordinerà il ritiro del "permesso di costruire" (o prevedendone l'acquisizione preventiva in caso di DIA), alla presentazione e approvazione della richiesta di autorizzazione secondo le modalità successivamente indicate.

14.4 Aree di salvaguardia delle captazioni delle acque destinate al

consumo umano – aree di tutela assoluta e di rispetto

14.4.1 Acque asservite alla rete acquedottistica

Non sono presenti sul territorio di Clusone captazioni ad uso idropotabile; sul comune ricadono parzialmente le aree di rispetto delle emergenze (pozzi) che insistono su Piario: la zona di rispetto è definita da un cerchio di raggio pari a 200 m, tracciato dalla bocca del pozzo.

14.4.2 Acque minerali naturali

Sul territorio comunale di Clusone sono presenti due aree di concessione mineraria “Fonte Sales” e “Goccia di Bosco di Clusone” all’interno delle quali vi sono complessivamente sei captazioni di acqua minerale naturale denominate: Sorgente Pineta, Sorgente Pineta 2, San Lucio, Presolana, Sorgente degli Abeti e Goccia di Bosco di Clusone.

Le aree di salvaguardia delle captazioni sono state perimetrate come recepite nelle autorizzazioni provinciali, rilasciate dall’ufficio acque minerali territorialmente competente, od in corso di istruttoria.

In particolare, per tutte le emergenze la zona di tutela assoluta è rappresentata da un’area circolare con di raggio pari a 10 m; le zone di rispetto sono state individuate con criterio geometrico per le emergenze Presolana e Sorgente degli Abeti (area con raggio di 200 m attorno alla captazione), con criterio idrogeologico per le sorgenti Pineta e Pineta 2, San Lucio, Goccia di Bosco di Clusone.

L’utilizzo delle aree di salvaguardia delle acque destinate al consumo umano (sia idropotabili sia minerali naturali), è disciplinato come segue dall’art.94 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.:

- La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni o derivazioni: essa, in caso di acque sotterranee e, ove possibile, per le acque superficiali, deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione, deve essere adeguatamente protetta e dev'essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

- La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta da sottoporre a vincoli e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata e può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata, in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa. In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

a) dispersione di fanghi e acque reflue, anche se depurati;
b) accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
c) spandimento di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
d) dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche proveniente da piazzali e strade;
e) aree cimiteriali;
f) apertura di cave che possono essere in connessione con la falda;
g) apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione dell'estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
h) gestione di rifiuti;
i) stoccaggio di prodotti ovvero, sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
j) centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
k) pozzi perdenti;
l) pascolo e stabulazione di bestiame che ecceda i 170 chilogrammi per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. É comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta.

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile, e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento; in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza. Entro centottanta giorni dalla data di entrata in vigore della parte terza del presente decreto le regioni e le province autonome disciplinano, all'interno delle zone di rispetto, le seguenti strutture o attività:

1. fognature;
2. edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
3. opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio;
4. pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione di cui alla lettera c) di cui sopra.

14.5 Vincoli derivanti dal PTR

La normativa definisce che debbano essere identificati i perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) contenute nella Tabella “Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo” dell’elaborato SO1 “Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale – Obiettivi prioritari per la difesa del suolo” del Piano Territoriale Regionale.

Non vi sono previsioni in ambito comunale sulla base dell’aggiornamento del Piano Territoriale Regionale del luglio 2023.

15 CARTA DI SINTESI

15.1 Criteri

Alla luce delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate, tenendo conto dei vincoli che condizionano il territorio, è stata redatta la carta di sintesi alla scala 1:5.000, estesa all’intero territorio comunale (Tavv. nn. 8a, 8b).

La Carta di sintesi riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità mediante l’individuazione di poligoni che definiscono porzioni di

territorio con pericolosità omogenee, di carattere geologico, geotecnico, di vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

Per la delimitazione di tali aree sono stati seguiti i criteri indicati nella direttiva regionale, adattandoli alla realtà comunale integrata con specifiche classificazioni non contemplate nella direttiva stessa.

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi o di trasformazione d'uso del suolo considerati sono relative ai seguenti ambiti di pericolosità/vulnerabilità:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (comprendendo sia aree interessate da fenomeni già avvenuti, delimitabili sulla base di evidenze di terreno o di dati storici, sia aree potenzialmente interessate dai fenomeni);
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

Con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, i paragrafi seguenti riportano gli elementi di pericolosità/vulnerabilità presenti sul territorio comunale e sintetizzati nella carta di sintesi.

15.2 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti - "V"

Sono state perimetrate aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di instabilità sui versanti; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Crolli di blocchi rocciosi e ribaltamenti diffusi (distacco e accumulo): aree di possibile distacco di blocchi da pareti rocciose. Fenomeni che si evidenziano lungo il versante settentrionale del Pizzo Formico, lungo le pareti rocciose del Monte Né e della Valle Serraia: i rilievi geologici e geomeccanici finalizzati alla definizione del grado di pericolosità hanno portato alla individuazione di tratti di versante classificati in frana attiva nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI.
- Aree di frana attiva (Fa): frane perimetrate nella carta del dissesto o perimetrate in seguito ad indagini e sopralluoghi in sito in fase di redazione della

componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Clusone e recepite come aggiornamento della carta del dissesto PAI-PGRA; trattasi di zone a franosità diffusa che possono essere interessate da crolli o ribaltamenti e da scivolamenti rotazionali/traslativi. Sono state individuate all'interno di tutte le principali incisioni torrentizie (Valle dell'Inferno, Valle Flesch, Valle Serraia, valle Barbino) e lungo i tratti di versante ad elevata acclività (versante settentrionale del Pizzo Formico, pareti rocciose del Monte Né e della Valle Serraia).

- Aree di frana quiescente (Fq): frane perimetrate nella carta del dissesto o perimetrate in seguito ad indagini e sopralluoghi in sito in fase di redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Clusone e recepite come aggiornamento della carta del dissesto PAI-PGRA. Sono aree localizzate, potenzialmente interessate da franamenti superficiali, scivolamenti, ovvero sede di riattivazione di movimenti avvenuti nel passato. In tale classe sono state comprese alcune porzioni dei versanti nord-vergenti.
- Aree di frana stabilizzata (Fs): frane perimetrate nella carta del dissesto o riconosciute in seguito a sopralluoghi in sito e riportate nella carta del dissesto, come zone interessate da pregressi movimenti franosi superficiali, rotazionali/traslativi o diffusi, attualmente ritenute stabili.
- Aree caratterizzate da media suscettività al dissesto per potenziali mobilitazione e arresto di blocchi rocciosi disarticolati (falda di detrito): individuano versanti o porzioni di versante siti a valle di zone soggette a crollo sono potenzialmente sede di fenomeni gravitativi di piccola entità, connessi con la presenza di blocchi rocciosi disarticolati su aree a media acclività.
- Aree a pericolosità per potenziale distacco e transito di blocchi rocciosi e subordinati scivolamenti in depositi sciolti su pendii mediamente acclivi: si tratta dei versanti mediamente acclivi con substrato roccioso affiorante o subaffiorante.
- Area a pericolosità potenziale per franosità superficiale diffusa: dissesti traslazionali superficiali che coinvolgono principalmente la coltre superficiale e coinvolgono limitate volumetrie di materiale.

- Aree interessate da possibili fenomeni di erosione accelerata: fenomeni di erosione lungo le incisioni torrentizie e lungo i versanti per la presenza di un substrato roccioso intensamente fratturato e cataclasato.
- Siti valanghivi da rilevamento in sito (Ve): comprendono i siti valanghivi rilevati, perimetrati nella carta del dissesto ed individuati dalla cartografia del Sistema Informativo Regionale Valanghe. In tale classe sono compresi tutte le aree di distacco ed i canali di valanga rilevati o derivanti da dati storici, coincidenti con le porzioni sommitali, incise, delle valli Flesch e dell'Inferno.
- Siti valanghivi da fotointerpretazione (Vm): comprendono i siti valanghivi individuati mediante fotointerpretazione, perimetrati individuati dalla cartografia del Sistema Informativo Regionale Valanghe e riportati nella carta del dissesto. Le aree potenzialmente interessate da valanghe interessano solo il versante meridionale del territorio comunale di Clusone, in particolare le zone sommitali delle valli Flesch e dell'Inferno.
- Aree a media-bassa acclività: si tratta di varie porzioni di versanti e di crinali in cui non sono visibili indizi di attività, ma l'acclività, associata alla presenza di depositi eluviali, non può escludere l'innesco di fenomeni di dissesto.

15.3 Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche - "G"

Sono state individuate aree con le seguenti problematiche:

- Aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità carsiche: sono localizzate in località San Lucio, dove la presenza di morfologie legate a fenomeni di carsismo superficiale (doline) e un associato sistema carsico poco profondo su aree con substrato roccioso affiorante o sub-affiorante, favorisce una rapida infiltrazione delle acque superficiali nel sottosuolo.
- Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali: si tratta di zone depresse a forma circolare, talora con dislivelli di ordine plurimetrico, che si individuano sul terrazzo compreso fra la "Pineta di Clusone ed il fiume Serio; derivano dalla dissoluzione della frazione carbonatica dei depositi conglomeratici costituenti il sottosuolo, colmati in superficie da depositi fluvioglaciali e glaciali in spessore variabili, di ordine metrico.

- Aree con riporti di materiale: si tratta di aree poco estese e poco rappresentate sul territorio comunale dove sono stati operati riporti di terreno.
- Aree di possibile ristagno: sono state individuate alcune zone di possibile ristagno idrico in occasione di eventi meteorici importanti.
- Aree a granulometria prevalente fine, con limitata capacità portante: si tratta essenzialmente della piana in località Lama, della piana a monte della località Fiorine e di parte della piana del torrente Lirù ove vi sono spessori variabili, di ordine plurimetrico, di materiale sciolto per lo più con scadenti caratteristiche geotecniche, che ne può limitare l'uso. Sono comprese in tale classe anche le aree localizzate ai piedi del versante del Monte Simer, costituite da materiale sciolto di dubbia consistenza geotecnica.

15.4 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico - "I"

Sono state individuate le aree che presentano problematiche, accertate o potenziali, di vulnerabilità dal punto di vista idraulico; sono state riconosciute le seguenti aree omogenee:

- Aree P3/H del PGRA: le aree interessate da alluvioni frequenti con Tr 20-50 anni comprendono per lo più l'asta fluviale del fiume Serio, alveo di piena ordinaria ed alcune porzioni areali a ridosso del corso d'acqua, rilevate rispetto allo stesso.
- Aree P1/L del PGRA: le aree interessate da alluvioni rare con Tr 500. Le aree a scarsa probabilità di alluvioni – L sono individuate da PRGA lungo l'asta del fiume Serio.
- Area di conoide attivo (Ca): trattasi di fasce areali limitrofe alle aste torrentizie delle valli Beur, Barbino e Gavazzo, con perimetrazione definita in seguito alla realizzazione di studi di dettaglio redatti ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645 e recepita nell'atlante dei dissesti del PAI.
- Area di conoide parzialmente protetta (Cp): trattasi di porzioni areali a media pericolosità potenzialmente interessate da trasporto solido lungo le valli Beur, Barbino e Gavazzo, con perimetrazione definita in seguito alla realizzazione di studi di dettaglio redatti ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645 e recepita nell'atlante dei dissesti del PAI.

- Area di conoide non recentemente attivatasi e protetta (Cn): comprendono la porzione distale dei conoidi dei torrenti Beur, Barbino e Gavazzo, con perimetrazione definita in seguito alla realizzazione di studi di dettaglio redatti ai sensi della D.G.R. 29.10.2001 n° 7/6645 e recepita nell'atlante dei dissesti del PAI.
- Area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio (Ee): sono state individuate zone di possibile dissesto legato a fenomeni esondivi o di scorrimento delle acque superficiali incanalate in presenza di materiale sciolto mobilitabile in alveo. Tali fenomeni, a pericolosità molto elevata, sono stati perimetrati lungo le principali incisioni vallive (torrenti Flesch e Lirù).
- Area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio (Eb): zone a pericolosità elevata per possibile dissesto legato a fenomeni esondivi o di scorrimento delle acque superficiali incanalate lungo alcuni tratti di aste torrentizie montane, in presenza di depositi sciolti e scarpate in erosione.
- Area in sovralluvionamento: sono state rilevate in corrispondenza di alcune incisioni vallive caratterizzate da alvei incisi, in presenza di materiale sciolto, mobilizzato, in spessori consistenti.
- Area inondabile con bassi tiranti idrici per tracimazione dei corsi d'acqua a monte, con bassi tiranti idrici e/o potenzialmente interessate da trasporto solido: segnalate allo sbocco di alcuni torrenti ad elevata pendenza, con discreto potere erosivo.

FASE DI PROPOSTA

16 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI E PGRA

La DGR IX/2616 del 2011 prevede l'obbligo della redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI (Elaborato 2), facente parte del Piano delle Regole, ed utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

I dissesti attivi, quiescenti o stabilizzati, morfologicamente significativi e fedelmente cartografabili alla scala di lavoro, unitamente alle aree soggette ad esondazione in caso di eventi di piena con carattere frequente, a media possibilità di accadimento od eccezionali, sono stati inseriti nella carta del dissesto PAI-PGRA con lo schema riportato nella tabella seguente:

Tipologia di dissesto	Pericolosità	Carta PAI-PGRA
Frane, dissesti areali		
Aree soggette a crollo di blocchi rocciosi e ribaltamenti diffusi (distacco e accumulo)	attiva	Fa – frana attiva
Aree a franosità diffusa	attiva	Fa – frana attiva
Aree a franosità diffusa	quiescente	Fq – frana quiescente
Aree a franosità diffusa	stabilizzata	Fs – frana stabilizzata
Esondazione, dissesti - ambito territoriale reticolo principale (RP)		
Aree di esondazione fiume Serio	H (PGRA)	Area P3/H (RP)
Aree di esondazione fiume Serio	L (PGRA)	Area P1/L (RP)
Esondazione, dissesti - ambito territoriale reticolo secondario collinare e montano (RSCM)		
Conoide attiva, non protetta	H4 H5	Ca - conoide non protetta Area P3/H (RSCM)
Conoide attiva, parzialmente protetta	H3	Cp - conoide parzialmente protetta Area P2/M (RSCM)
Conoide protetta e non recentemente attivatasi - RSCM	H2	Cn - conoide protetta Area P1/L (RSCM)
Area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio	H (PGRA)	Ee Area P3/H (RSCM)
Area a pericolosità elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio	M (PGRA)	Eb Area P2/M (RSCM)
Valanghe		
Zone a pericolosità elevata per valanghe	Zona rossa	Ve – pericolosità elevata
Zone a pericolosità media per valanghe	Zona rossa	Vm – pericolosità media
Elementi puntuali		
Area di frana attiva non fedelmente cartografabile	attiva	Fa – frana attiva
Area di frana quiescente non fedelmente cartografabile	quiescente	Fq – frana quiescente

Nella tabella seguente è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI-PGRA utilizzata in sede di redazione del quadro del dissesto:

Legenda PAI-PGRA	Classe di fattibilità geologica
Frane	
Fa - Frana attiva	4
Fq - Frana quiescente	4
Fs - Frana stabilizzata	3
Esondazione (ambito Reticolo Principale di pianura e fondovalle – RP)	
Area a pericolosità P3/H (titolo V delle NdA del PAI)	4
Area a pericolosità P1/L (titolo V delle NdA del PAI)	3
Trasporto in massa su conoidi (ambito Reticolo Secondario Collinare e Montano - RSCM)	
Ca - Conoide attiva	4
Cp - Conoide parzialmente protetta	3
Cn - Conoide protetta, non recentemente attivatasi	2
Esondazione dissesti (ambito Reticolo Secondario Collinare e Montano - RSCM)	
Ee - Pericolosità molto elevata	4
Eb - Pericolosità elevata	3
Valanghe	
Ve - Pericolosità elevata per valanghe (zona rossa)	4
Vm - Pericolosità media per valanghe (zona rossa)	4

17 PROPOSTA DI AGGIORNAMENTO DELLE AREE PAI-PGRA

Le aree di dissesto sono state modificate sulla base delle osservazioni e degli approfondimenti effettuati in sito: tali modifiche, descritte nel precedente capitolo, sono esclusivamente in estensione e comprendono zone ove si sono manifestati dissesti localizzati ed aree in frana potenziale individuate sulla base di valutazione geomorfologiche di dettaglio.

18 FATTIBILITA' GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala 1:5.000 (Tavv. 10a, 10b).

La carta di fattibilità, compilata secondo quanto previsto dai "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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12" e s.m.i., ha attribuito un valore di fattibilità a ciascuna area individuata nella carta di sintesi.

La carta di fattibilità non riporta gli elementi puntuali individuati nella carta del dissesto o nella carta geomorfologica, riconducibili ad elementi non fedelmente cartografabili, non perimetrabili.

A ciascuna area individuata sono stati attribuiti gradi di fattibilità che derivano dalla pericolosità/vulnerabilità riscontrata, raggruppate in 4 tipologie; quando la carta di sintesi indica più criticità sullo stesso areale, la carta di fattibilità riporta più classi di fattibilità contemporaneamente; le corrispondenti norme si sommano.

Al mosaico della fattibilità sono sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale. Tale sovrapposizione non comporta un cambio della classe di fattibilità geologica e consente di applicare la specifica normativa, riportata nel capitolo 19.3.

18.1 Criteri di attribuzione delle classi di fattibilità

L'attribuzione dei valori di fattibilità alle differenti aree omogenee individuate nella carta di sintesi, ha tenuto conto 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 legge regionale 11 marzo 2005 n. 12".

Di seguito si riporta uno schema indicante la classe di fattibilità attribuita a ciascuna area omogenea individuata nella sintesi, differenziandole secondo le problematiche riscontrate.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti "V"	Classe
Area di frana attiva (Fa) Area soggetta a crollo di blocchi rocciosi e ribaltamenti diffusi	4a V
Area di frana quiescente (Fq)	4b V
Area interessata da possibili fenomeni di erosione accelerata	4c V
Sito valanghivo a pericolosità elevata (Ve)	4d V
Sito valanghivo a pericolosità media (Vm)	4e V
Area di frana stabilizzata (Fs) Area a pericolosità potenziale per franosità superficiale diffusa	3a V
Area a pericolosità per potenziale distacco e transito di blocchi rocciosi e subordinati scivolamenti in depositi sciolti su pendii mediamente acclivi	3b V
Area caratterizzata da media suscettività al dissesto per potenziali mobilitazione e arresto di blocchi rocciosi disarticolati (falda di detrito)	3c V
Area su pendio a media-bassa acclività	2 V

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche "G"	Classe
Aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali Aree a potenziale presenza/evoluzione di cavità sotterranee	3a G
Aree di possibile ristagno	3b G
Aree a granulometrie prevalente fine, con limitata capacità portante Aree con riporti di materiale, aree colmate	2 G

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico "I"	Classe
Area a pericolosità P3/H	4a I
Area di conoide attiva non protetta (Ca) – H4, H5	4b I
Area a pericolosità molto elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio (Ee)	4c I
Area a pericolosità elevata per esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio (Eb) Area in sovralluvionamento	3a I
Area di conoide parzialmente protetta (Cp) – H3 Area potenzialmente inondabile per tracimazione dei corsi d'acqua a monte, con bassi tiranti idrici e/o interessata da trasporto solido	3b I
Area a pericolosità P1/L	2a I
Area di conoide non recentemente attivatasi e protetta (Cn) – H2	2b I

19 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

19.1 Indirizzi generali

Per tutto il territorio comunale valgono le seguenti norme:

- tutti i progetti che prevedono la realizzazione di nuove edificazioni in aderenza ad edifici esistenti devono essere supportati da specifica indagine geotecnica quando è prevista la realizzazione di scavi a profondità maggiori rispetto alle fondazioni esistenti; devono essere specificate le tecniche utilizzate per garantire la stabilità delle pareti di scavo, sia nelle modalità di esecuzione dello scavo stesso che nel sostegno (provvisorio e definitivo) della scarpata di sbancamento;
- gli interventi e le attività che coinvolgono le matrici ambientali sono regolamentati da specifica normativa nazionale e regionale (rif. D.Lgs. 152/2006 e s. m. i.);
- la caratterizzazione geotecnica del sito e le verifiche di stabilità e sicurezza di pendii o versanti, ove necessarie, dovranno essere effettuata ai sensi delle NTC 2018 ed eventuali modifiche successive;

19.2 Classi di Fattibilità geologica

19.2.1 Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (sigla: "V")

Classe 4a V - Fattibilità con gravi limitazioni

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di

superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente.

Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 4b V - Fattibilità con gravi limitazioni

Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente paragrafo, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purché consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. É consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D. Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D. Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità

presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 4c V - Fattibilità con gravi limitazioni

È esclusa la realizzazione di nuovi interventi edificatori di qualsiasi tipo e la ristrutturazione di edifici esistenti.

Gli interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro sono subordinati alla presentazione di una accurata indagine geologico-tecnica e geomeccanica che accerti le condizioni di stabilità e di pericolosità in un intorno significativo dell'area di progetto; tali verifiche dovranno essere effettuate sia sullo stato di fatto sia sul progetto, con una valutazione del grado di rischio e dovranno indicare i provvedimenti necessari per raggiungere un grado di sicurezza compatibile con l'utilizzo dell'opera.

Sono consentiti interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di stabilità (consolidamenti etc.) e la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche e reti tecnologiche (strade, fognature, acquedotti, etc.), solo qualora non altrimenti localizzabili, o lavori di rifacimento di tratti esistenti: tali progetti devono essere attentamente valutati mediante una dettagliata indagine geologico-tecnica che evidenzi le pericolosità esistenti con particolare attenzione alla stabilità globale del pendio a seguìto della realizzazione del progetto e indichi gli eventuali interventi necessari a raggiungere un grado di sicurezza compatibile con l'opera.

Dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Classe 4d V - Fattibilità con gravi limitazioni

Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni, come definito dall'art. 9 comma 10 delle NTA del PAI. Tutti gli interventi

consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 4e V - Fattibilità con gravi limitazioni

Sono consentiti gli interventi individuati dall'art. 9 commi 10 e 11 delle NdA del PAI:

- interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
- le opere di protezione dalle valanghe.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata

apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Classe 3a V - Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori sono subordinati alla presentazione di un'accurata indagine geologico-tecnica che verifichi le problematiche esistenti, evidenziando i processi in atto e la loro possibile evoluzione.

Le caratteristiche geotecniche del terreno e l'effettivo spessore dello stesso devono essere accertate mediante tecniche di indagine specifiche (prove penetrometriche, indagini geofisiche, sondaggi a carotaggio continuo, etc.).

Il tecnico incaricato (geologo), potrà scegliere la tipologia di indagine ritenuta più consona alle condizioni ambientali, di progetto ed alle problematiche presenti al contorno dell'area di intervento.

Devono altresì essere definite le interazioni fra il progetto e le caratteristiche geomorfologiche, idrauliche e idrogeologiche presenti nell'area, con particolare attenzione alla stabilità locale e globale del versante ante e post-operam; resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata. Devono essere individuati gli accorgimenti da assumere per l'esecuzione del progetto in condizioni di sicurezza.

Progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologico-tecnica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche al contorno dell'area di progetto, con particolare attenzione alla stabilità del versante. L'eventuale scelta di non eseguire indagini in sito nelle ultime situazioni indicate (esclusi pertanto i nuovi interventi edificatori), dovrà essere motivata in riferimento alle caratteristiche di progetto e giustificata dimostrando la esaustività dei dati geologico/geotecnici diversamente reperiti.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Alle problematiche evidenziate devono seguire le indicazioni relative agli interventi da adottare nella progettazione a difesa e/o gli interventi di mitigazione per ridurre gli impatti sul territorio, a seguito della realizzazione del progetto.

Classe 3b V - Fattibilità con consistenti limitazioni

Qualsiasi progetto è subordinato alla valutazione delle condizioni di pericolo esistenti per l'area di progetto nel tratto di versante sotteso, mediante uno studio geologico, supportato da indagini e rilievi geomeccanici in sito, che evidenzi i processi in atto e la loro possibile evoluzione.

Sulla base delle criticità individuate dallo studio deve essere predisposto un progetto di interventi di mitigazione delle condizioni di pericolosità ovvero di messa in opera di efficaci sistemi di protezione delle opere di progetto. Gli interventi proposti non possono modificare negativamente le condizioni di rischio di altre aree.

Le tipologie di indagine e di verifica da attuarsi in sito saranno scelte da un tecnico abilitato, sulla base delle caratteristiche ambientali esistenti e delle caratteristiche progettuali specifiche; in questo senso, nel caso di progetti che presentino limitate esposizioni al rischio, è possibile proporre direttamente interventi di difesa che risultino comunque sufficientemente documentati.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica riportante le indicazioni relative agli interventi da adottare nella progettazione a difesa e/o gli interventi di mitigazione per ridurre gli impatti sul territorio, a seguito della realizzazione del progetto.

Classe 3c V - Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori sono subordinati alla presentazione di un'accurata indagine geologico-geomeccanica che determini i caratteri stratigrafici (giacitura e litologia) e geomeccanici della roccia, con la finalità di valutare le condizioni di stabilità globali esistenti al contorno dell'area di progetto e conseguenti all'esecuzione dell'opera; devono inoltre essere indicati gli accorgimenti tecnici da assumere per l'esecuzione del progetto in condizioni di sicurezza.

Dovranno altresì essere definite le interazioni fra il progetto e le caratteristiche idrauliche presenti nell'area; resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

Progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere accompagnati da relazione geologica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del substrato roccioso, oltre che idrauliche al contorno dell'area di progetto, con particolare attenzione alla stabilità del versante. L'eventuale scelta di non eseguire indagini in sito nelle ultime situazioni indicate (esclusi pertanto i nuovi interventi edificatori), dovrà essere motivata in riferimento alle caratteristiche di progetto e giustificata dimostrando la esaustività dei dati geologico/geomeccanici diversamente reperiti.

Modificazioni dell'uso del suolo devono essere accompagnate da relazione geologica che ne dimostri la compatibilità con le condizioni di stabilità presenti.

Classe 2 V – Fattibilità con modeste limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori ed interventi di ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che individui le interazioni fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche, idrauliche e di stabilità esistenti nell'area di intervento e in un intorno significativo della stessa ed individui gli interventi necessari a mitigare le problematiche eventualmente evidenziate.

La necessità di un'indagine geotecnica specifica, con prove in sito, deve essere valutata da un tecnico abilitato (geologo) sulla base delle caratteristiche di progetto, del terreno e delle condizioni al contorno.

19.2.2 Aree con scadenti caratteristiche geotecniche (sigla: "G")

Classe 3a G – Fattibilità con consistenti limitazioni

La fase attuativa di interventi edificatori, anche di tipo infrastrutturale, deve essere preceduta da approfondimenti di indagine finalizzati alla definizione della pericolosità legata a possibili fenomeni evolutivi delle aree carsiche, secondo le modalità previste dall'allegato B - Fase 3 della d.g.r. 15.12.2022 n. XI/7564:

- inquadramento di dettaglio dell'area di studio dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico, stratigrafico e strutturale;

- indagine locale su eventuali fenomeni di sprofondamento verificatisi sull'area e in un intorno significativo, su evidenze di movimenti della superficie e su lesioni sugli edifici esistenti nell'area e nelle zone limitrofe, con interviste ai tecnici comunali, agli abitanti, ai gestori del servizio idrico integrato, ecc.;
- indagine geofisica (rilievo gravimetrico o microgravimetrico, geoelettrico, elettromagnetico, radar, sismico di superficie o in foro o altro) condotta utilizzando uno o più metodi di prospezione, opportunamente scelti in base alla situazione locale (area da investigare, profondità da raggiungere, stratigrafia ipotizzata, presenza o meno di materiali fini in superficie che possono limitare la penetrazione in profondità, possibili interferenze quali presenza di sottoservizi, ecc.). La scelta del metodo di indagine ritenuto più adeguato andrà argomentata e motivata dai professionisti incaricati;
- indagine geognostica diretta comprendente prove penetrometriche e uno o più sondaggi a carotaggio continuo, in numero e distribuzione dipendenti dall'estensione dell'area da investigare, utili per la verifica delle stratigrafie preesistenti, per la taratura dei rilievi geofisici di superficie e/o per la realizzazione di rilievi geofisici in foro (es. tomografie sismiche tra fori adiacenti) e la loro calibrazione. La profondità d'indagine deve essere definita in modo tale che sia utile alla taratura dei dati relativi ai rilievi geofisici, nonché alla verifica delle stratigrafie esistenti. Le indagini devono in ogni caso raggiungere le profondità alle quali è più probabile che si attestino cavità o orizzonti a bassa o nulla resistenza, se questa informazione è indicata negli studi a carattere sovralocale (comunale o di area vasta);
- delimitazione, caratterizzazione e classificazione dei sinkhole (naturali o antropogenici) secondo la classificazione ISPRA e utilizzando la scheda di cui all'Allegato B1 o delle aree a potenziale presenza di sinkhole;
- analisi della pericolosità/suscettività dell'area e delle aree limitrofe;

Le analisi svolte sull'area, in sede attuativa, devono essere puntualmente descritte in una relazione specifica, corredata della descrizione e dei dati acquisiti con le indagini eseguite, la delimitazione e classificazione del/i fenomeno/i e

compilazione della scheda riportata in Allegato B1, in caso i fenomeni abbiano generato evidenze superficiali ed un giudizio sintetico sulle limitazioni alle potenziali trasformazioni del suolo, comprendente l'indicazione delle opere di prevenzione e salvaguardia (accorgimenti costruttivi, smaltimento acque meteoriche, monitoraggi da adottare/prevedere) e loro rappresentazione cartografica.

Le indagini svolte in sede attuativa degli interventi edilizi potrebbero evidenziare la necessità di subordinare la realizzabilità delle opere progettuali ad interventi fondazionali e strutturali specifici o l'impossibilità di realizzare gli interventi previsti.

Si fa presente, inoltre, che le analisi di approfondimento locale descritte (come suggerite nella d.g.r. XI/7564 del 2022) possono variare a discrezione del progettista, per il grado pericolosità atteso, sia per la tipologia delle nuove trasformazioni d'uso del suolo previste o dell'urbanizzazione già presente.

Nelle aree interessate dai fenomeni in oggetto, va posta particolare attenzione alle modalità di gestione delle acque meteoriche che, soprattutto in caso di cavità presenti in depositi incoerenti, possono determinare lo sviluppo in estensione, e/o l'insorgenza di nuove discontinuità nei terreni.

È vietato infiltrare nel terreno l'acqua raccolta dai manufatti.

In base ai risultati delle indagini, alla tipologia e al processo di formazione del fenomeno rilevato (utilizzando anche i dati interferometrici disponibili), nonché alla tipologia di intervento di trasformazione del suolo prevista, potrà essere valutata l'utilità di predisporre un piano di monitoraggio delle variazioni plano-altimetriche dell'area mediante il posizionamento di capisaldi di misura, in numero adeguato rispetto all'estensione dell'area stessa e alle sue caratteristiche.

Classe 3b G – Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori, interventi di manutenzione, risanamento conservativo, restauro e ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di un'indagine geotecnica con prove in sito che, in relazione alla criticità individuata dal tecnico abilitato (geologo) definisca le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione ed individui gli interventi che garantiscano l'integrità del manufatto di progetto.

In caso di ristagno di acqua un tecnico abilitato individui le caratteristiche del fenomeno e definisca gli interventi di bonifica e/o di difesa più opportuni per assicurare l'integrità del manufatto di progetto. Se è prevista la realizzazione di volumi interrati, dopo aver verificato le caratteristiche del fenomeno, deve essere realizzato un adeguato sistema di difesa dalle acque circolanti nel terreno, mediante tecniche di drenaggio o di impermeabilizzazione.

Classe 2 G – Fattibilità con consistenti limitazioni

Progetti di nuovi interventi edificatori e interventi di ristrutturazione di opere o edifici esistenti sono subordinati alla presentazione di una relazione geologica che definisca le caratteristiche litologiche del terreno e individui gli interventi più opportuni atti a garantire l'integrità del manufatto di progetto. Il tecnico incaricato (geologo), sulla base delle caratteristiche del progetto e del terreno, valuti anche la necessità o l'opportunità di un'indagine geotecnica specifica, con prove in sito (sondaggi, prove penetrometriche, etc.). Tale valutazione, in forma di perizia, costituisce parte integrante del progetto.

19.2.3 Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (sigla: "I")

Classe 4a I - Fattibilità con gravi limitazioni

Gli interventi consentiti sono quelli previsti nelle NTA del PAI adottate il 26.04.2001 con Del.Com.Ist. n. 18, agli artt. 29 e 39, di seguito riportati:

Art. 29. Fascia di deflusso della piena (Fascia A)

1. *Nella fascia A il Piano persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza assicurando il deflusso della piena di riferimento, il mantenimento e/o il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo, e quindi favorire, ovunque possibile, l'evoluzione naturale del fiume in rapporto alle esigenze di stabilità delle difese e delle fondazioni delle opere d'arte, nonché a quelle di mantenimento in quota dei livelli idrici di magra.*

2. *Nella Fascia A sono vietate:*

a) le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli;

b) la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e di recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, nonché l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. l);

c) la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue, nonché l'ampliamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue, fatto salvo quanto previsto al successivo comma 3, let. m);

d) le coltivazioni erbacee non permanenti e arboree, fatta eccezione per gli interventi di bioingegneria forestale e gli impianti di rinaturazione con specie autoctone, per un'ampiezza di almeno 10 m dal ciglio di sponda, al fine di assicurare il mantenimento o il ripristino di una fascia continua di vegetazione spontanea lungo le sponde dell'alveo inciso, avente funzione di stabilizzazione delle sponde e riduzione della velocità della corrente; le Regioni provvederanno a disciplinare tale divieto nell'ambito degli interventi di trasformazione e gestione del suolo e del soprassuolo, ai sensi dell'art. 41 del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e successive modifiche e integrazioni, ferme restando le disposizioni di cui al Capo VII del R.D. 25 luglio 1904, n. 523;

e) la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto;

f) il deposito a cielo aperto, ancorché provvisorio, di materiali di qualsiasi genere.

***3.** Sono per contro consentiti:*

a) i cambi colturali, che potranno interessare esclusivamente aree attualmente coltivate;

b) gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;

c) le occupazioni temporanee se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non arrecare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

d) i prelievi manuali di ciottoli, senza taglio di vegetazione, per quantitativi non superiori a 150 m^3 annui;

e) la realizzazione di accessi per natanti alle cave di estrazione ubicate in golena, per il trasporto all'impianto di trasformazione, purché inserite in programmi individuati nell'ambito dei Piani di settore;

f) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattiva autorizzata ed agli impianti di trattamento del materiale estratto e presente nel luogo di produzione da realizzare secondo le modalità prescritte dal dispositivo di autorizzazione;

g) il miglioramento fondiario limitato alle infrastrutture rurali compatibili con l'assetto della fascia;

h) il deposito temporaneo a cielo aperto di materiali che per le loro caratteristiche non si identificano come rifiuti, finalizzato ad interventi di recupero ambientale comportanti il ritombamento di cave;

i) il deposito temporaneo di rifiuti come definito all'art. 6, comma 1, let. m), del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22;

l) l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo;

m) l'adeguamento degli impianti esistenti di trattamento delle acque reflue alle normative vigenti, anche a mezzo di eventuali ampliamenti funzionali.

3. *Per esigenze di carattere idraulico connesse a situazioni di rischio, l'Autorità idraulica preposta può in ogni momento effettuare o autorizzare tagli di controllo della vegetazione spontanea eventualmente presente nella Fascia A.*

4. *Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa esistenti.*

Art. 39. Interventi urbanistici e indirizzi alla pianificazione urbanistica

1. *I territori delle Fasce A e B individuati dal presente Piano, sono soggetti ai seguenti speciali vincoli e alle limitazioni che seguono, che divengono contenuto vincolante dell'adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, per le ragioni di difesa del suolo e di tutela idrogeologica perseguite dal Piano stesso:*

a) le aree non edificate ed esterne al perimetro del centro edificato dei comuni, così come definito dalla successiva lett. c), sono destinate a vincolo speciale di tutela fluviale ai sensi dell'art. 5, comma 2, lett. a) della L. 17 agosto 1942, n. 1150;

b) alle aree esterne ai centri edificati, così come definiti alla seguente lettera c), si applicano le norme delle Fasce A e B, di cui ai successivi commi 3 e 4;

c) per centro edificato, ai fini dell'applicazione delle presenti Norme, si intende quello di cui all'art. 18 della L. 22 ottobre 1971, n. 865, ovvero le aree che al momento dell'approvazione del presente Piano siano edificate con continuità, compresi i lotti interclusi ed escluse le aree libere di frangia. Laddove sia necessario procedere alla delimitazione del centro edificato ovvero al suo aggiornamento, l'Amministrazione comunale procede all'approvazione del relativo perimetro.

2. *All'interno dei centri edificati, così come definiti dal precedente comma 1, lett. c), si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti; qualora all'interno dei centri edificati ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale*

competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, qualora necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

3. *Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio.*

4. *La realizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico che possano limitare la capacità di invaso delle fasce fluviali, è soggetta ai procedimenti di cui al precedente art. 38.*

5. *Fatto salvo quanto specificatamente disciplinato dalle precedenti Norme, i Comuni, in sede di adeguamento dei rispettivi strumenti urbanistici per renderli coerenti con le previsioni del presente Piano, nei termini previsti all'art. 27, comma 2, devono rispettare i seguenti indirizzi:*

a) evitare nella Fascia A e contenere, nella Fascia B la localizzazione di opere pubbliche o di interesse pubblico destinate ad una fruizione collettiva;

b) favorire l'integrazione delle Fasce A e B nel contesto territoriale e ambientale, ricercando la massima coerenza possibile tra l'assetto delle aree urbanizzate e le aree comprese nella fascia;

c) favorire nelle fasce A e B, aree di primaria funzione idraulica e di tutela naturalistico-ambientale, il recupero, il miglioramento ambientale e naturale delle forme fluviali e morfologiche residue, ricercando la massima coerenza tra la destinazione naturalistica e l'assetto agricolo e forestale (ove presente) delle stesse.

6. *Sono fatti salvi gli interventi già abilitati (o per i quali sia già stata presentata denuncia di inizio di attività ai sensi dell'art. 4, comma 7, del D.L. 5 ottobre 1993, n. 398, così come convertito in L. 4 dicembre 1993, n. 493 e successive modifiche) rispetto ai quali i relativi lavori siano già stati iniziati al momento di entrata in vigore*

del presente Piano e vengano completati entro il termine di tre anni dalla data di inizio.

***7.** Sono fatte salve in ogni caso le disposizioni e gli atti amministrativi ai sensi delle leggi 9 luglio 1908, n. 445 e 2 febbraio 1974, n. 64, nonché quelli di cui al D.Lgs. 29 ottobre 1999 n. 490 e dell'art. 82 del D.P.R. 24 luglio 1977, n. 616 e successive modifiche e integrazioni.*

Classe 4b I - Fattibilità con gravi limitazioni

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza

dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;

- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 4c I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti gli interventi previsti dall'art. 9 comma 5 della NTA del PAI:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;

- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 3a I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Nelle aree Eb, oltre agli interventi previsti dall'art. 9 comma 5 (come indicati nella classe 4c I per le aree Ee), sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 3b I - Fattibilità con consistenti limitazioni

Nelle aree Cp sono consentiti gli interventi di cui all'art. 9 commi 7 ed 8 della NTA del PAI, come di seguito dettagliati:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di

superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Tutti gli interventi consentiti sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

Classe 2a I - Fattibilità con modeste limitazioni

Sono consentiti solo interventi edificatori con un basso indice di utilizzazione del suolo; non possono essere autorizzati interventi che prevedano la costruzione di edifici destinati a contenere al loro interno elevate concentrazioni di persone (scuole, alberghi, ristoranti, grandi immobili residenziali, centri commerciali, etc).

Al fine di integrare il livello di sicurezza alla popolazione, il comune deve dotarsi di un Piano di emergenza che comprenda anche tale area, ai sensi della Legge 24 febbraio 1992, n. 225 (art. 31 delle NTA del PAI).

Classe 2b I - Fattibilità con consistenti limitazioni

I progetti di nuovi interventi edificatori e ristrutturazioni di edifici esistenti devono essere corredati da uno studio che valuti l'effettiva possibilità che il progetto possa essere interessato ruscellamenti concentrati con trasporto solido e che definisca le effettive condizioni di pericolosità rispetto a possibili fenomeni di debris flow (colate detritiche); lo studio deve quantificare i possibili effetti massimi locali dei fenomeni descritti, particolarmente nella definizione dell'areale coinvolto e dell'altezza della colata.

Sulla base delle risultanze dello studio di cui sopra, dovranno essere previsti gli interventi finalizzati alla messa in sicurezza dell'area di progetto, sia per i piani terra che per quelli interrati. Gli interventi previsti non devono compromettere le condizioni di sicurezza degli edifici adiacenti.

Resta comunque vietata la dispersione incontrollata delle acque lungo i versanti o nelle immediate vicinanze dei cigli di scarpata.

L'edificazione dovrà essere di basso impatto geologico e gli scavi dovranno essere minimizzati in modo da non alterare le condizioni statiche del pendio. Per scavi finalizzati al recupero di aree da adibire ad autorimesse interrate si dovrà produrre una verifica di stabilità del profilo finale.

Per l'edificato esistente si prescrive una verifica delle fondazioni qualora si proceda ad ampliamenti e/o sopralzi.

In generale, progetti di ristrutturazione, interventi di manutenzione, risanamento conservativo e restauro di opere o edifici esistenti devono essere

accompagnati da relazione geologica che verifichi l'interazione fra il progetto e le caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrauliche al contorno dell'area di progetto.

Eventuali interventi infrastrutturali di interesse pubblico dovranno essere supportati da relazione geologica che dimostri la compatibilità del progetto con la situazione di potenziale pericolosità.

19.2.4 Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni

Non si prescrivono norme all'utilizzazione del suolo: è responsabilità del progettista incaricato o del direttore dei lavori valutare l'utilità o la necessità di un'indagine geologica, idrogeologica o geotecnica specifica, sulla base delle caratteristiche di progetto e del terreno.

19.3 Prescrizioni sismiche

19.3.1 Indirizzi generali

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova edificazione, di ristrutturazione, di restauro, di risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria, così come definiti all'art. 3 del D.P.R. 380/2001, dovranno essere effettuati secondo quanto riportato nel D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Deve essere effettuata la caratterizzazione geologica e la modellizzazione geotecnica del sottosuolo, mediante studi, rilievi e specifiche indagini in sito adeguate all'importanza ed alla estensione del progetto stesso (con motivazione della scelta della metodologia di indagine). Le relazioni geologiche e geotecniche hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere di progetto, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali.

In generale dovranno essere previste:

- indagini in sito per la determinazione delle caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione, spinte ad una profondità adeguata alla tipologia di fondazione di progetto;

- definizione della categoria di suolo sulla base del profilo di Vs ottenuto da indagini geofisiche di superficie o in foro o da correlazione empiriche di comprovata validità o da estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo.

Nel territorio comunale di Clusone, caratterizzato da pericolosità sismica bassa (zona 3), sono ammessi metodi di progetto-verifica semplificati nei casi e con le modalità indicate nelle "Istruzioni per l'applicazione delle N.T.C. di cui al D.M. 14.01.08" Circolare n. 617 del 02.02.09, Gazzetta Ufficiale n. 47 del 26.02.09 – Suppl. Ordinario n. 27.

19.3.2 Prescrizioni relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

Alla luce delle risultanze ottenute dall'analisi della pericolosità sismica (carta di pericolosità sismica locale) riportate nel presente studio, emerge quanto successivamente esplicitato:

Z1a, Z1b, Z1c e Z2a

Nelle aree di pericolosità sismica locale soggette a fenomeni di instabilità (Z1a, Z1b, Z1c) e nelle aree soggette a fenomeni di cedimenti per la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti (Z2), la normativa vigente prescrive il passaggio diretto al 3° livello di approfondimento dell'allegato 5 della d.g.r. 8/7374/08 da effettuarsi in fase di progettazione.

Z2c

Nelle aree di pericolosità sismica locale legate a potenziale presenza di cavità carsiche dovrà essere effettuata specifica indagine di approfondimento, come previsto dalla d.g.r. 7564/2022, come dettagliato per la classe di fattibilità geologica per le azioni di piano 3a G.

Z4a, Z4b e Z4c

Nelle aree Z4a, Z4b e Z4c, passibili di amplificazioni litologiche e stratigrafiche, dove interferenti con l'urbanizzato e l'urbanizzabile è stata effetuata l'analisi di 2° livello dell'allegato 5 della d.g.r. 8/7374/08.

Qualora lo studio di valutazione confermasse che il fattore di amplificazione (Fa) di sito è maggiore di quello di soglia (valori forniti dal Politecnico di Milano), in fase progettuale dovrà essere eseguita specifica analisi sismica di 3° livello finalizzata a definire l'azione sismica di progetto o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, secondo lo schema successivamente riportato:

- 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 E, si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nelle aree Z4c legate alla presenza di doline, dovrà essere effettuata specifica indagine di approfondimento, come previsto dalla d.g.r. 7564/2022, come dettagliato per la classe di fattibilità geologica per le azioni di piano 3a G.

DOTT. GEOL. CORRADO REGUZZI

Villa d'Almé, dicembre 2025

20 ALLEGATI

All. 1: Dati e grafici prove penetrometriche dinamiche DPSH
All. 2: Dati e grafici MASW
All. 3: Dati e grafici HVRS
All. 4: Schede abachi regionali analisi sismica di 2° livello

21 ELABORATI CARTOGRAFICI

Tav. 1: Carta geologica con elementi pedologici e geotecnici – scala 1:10.000
Tavv. 2a-2b: Carta geomorfologica – scala 1:5.000
Tav. 2c: Carta dell'acclività dei versanti – scala 1:10.000
Tavv. 3a-3b: Carta litotecnica -scala 1:5.000
Tavv. 4a-4b: Carta idrografica con elementi di idrogeologia – scala 1:5.000
Tavv. 5a-5b: Carta di pericolosità sismica locale – scala 1:5.000
Tavv. 6a-e: Analisi sismica di 2° livello – scala 1:5.000
Tavv. 7a-7b: Carta dei vincoli – scala 1:5.000
Tavv. 8a-8b: Carta di sintesi – scala 1:5.000
Tav. 9a-9b: Carta del dissesto con legenda uniformata PAI-PGRA – scala 1:10.000
Tavv. 10a-10b: Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano – scala 1:5.000