COMUNE DI CASTELVECCANA

PROVINCIA DI VARESE

STUDIO GEOLOGICO, IDROGEOLOGICO E SISMICO

DI SUPPORTO AL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

(AI SENSI DELLA LEGGE REGIONALE 11 MARZO 2005 N. 12)

RELAZIONE GEOLOGICA

settembre 2010

STUDIO DI CONSULENZE GEOLOGICO TECNICHE
DOTT. FABIO MELONI
VIA UGO FOSCOLO, 1 – 21016 LUINO (VA)
TEL/FAX 0332537421

SOMMARIO

1.0 PREMESSA E OBBIETTIVI....3
FASE DI ANALISI....5
2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO....5
3.0 INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO....6
3.1 Considerazioni generali....6
3.2 Temperatura....10
3.3 Precipitazioni....12
3.4 Evapotraspirazione....14
4.0 GEOLOGIA E TETTONICA....17
4.1 Geologia....17
4.1.1 Successione continentale neogenico-quaternaria....17
4.1.2 Unità di substrato roccioso....27
4.2 Tettonica....39
5.0 GEOMORFOLOGIA....41
5.1 Lineamenti geomorfologici generali....41
5.2 Modello digitale del terreno (DTM) ed identificazione delle classi di acclività....42
5.3 Dinamica geomorfologica....44
5.3.1 Dissesti – Progetto IFFI Regione Lombardia....44
5.3.2 Dissesti – Quadro conoscitivo di dettaglio....51
6.0 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA FRANE....59
6.1 Pericolosità da frane di scivolamento....59
6.1.1 Zonazione della pericolosità da frane censite....59
6.1.2 Zonazione della pericolosità per altre aree: applicazione del modello SINMAP....60
6.2 Pericolosità da frane di crollo: applicazione del modello Conefall....63
6.3 Pericolosità su conoide....65
7.0 IDROGEOLOGIA....71
7.1 Caratteri idrogeologici del territorio....71
7.2 Classificazione delle unità di sottosuolo e stima della vulnerabilità intrinseca....71
7.2.1 Serie idrogeologica del substrato roccioso....72
7.2.2 Serie idrogeologica dei depositi superficiali....73
7.2.3 Ubicazione dei centri di pericolo utili alla definizione della vulnerabilità dell'acquifero....74
7.3 Opere di captazione ed individuazione delle aree di salvaguardia....75
8.0 IDROGRAFIA....78
8.1 Assetto idrografico....78
8.2 Bacini idrografici....78
8.3 Individuazione del reticolo principale e minore....89
8.3.1 Fasce di rispetto....91
9.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE....92
9.1 Aspetti normativi e metedologici....92
9.2 Approfondimento di I livello....94
9.2.1 Zonazione sismica preliminare....95
9.3 Edifici ed opere infrastrutturali rilevanti....100
9.4 Modalità di approfondimento....102
9.4.1 II e III livello di approfondimento....102

9.4.2 Procedura semplificata di II livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4.....103
9.4.3 Procedura semplificata di II livello per amplificazioni morfologiche: scenari Z3.....105
9.4.4 Procedura approfondita di III livello per instabilità: scenari Z1b, Z1c.....108
FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA.....110
10.0 QUADRO DEI DISSESTI CON LEGENDA PAI.....110
10.1 Ambito frane.....110
10.2 Ambito dei torrenti.....111
10.1 Ambito delle conoidi.....111
11.0 VINCOLI.....113
11.1 Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89.....113
11.2 Vincoli di Polizia Idraulica.....118
11.3 Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.....119
12.0 SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE.....123
12.1 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio.....126
13.0 FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO.....128
13.1 CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni.....129
13.2 CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni.....130
13.3 CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni.....134
13.4 Norme antisismiche.....135
13.4.1Norme di carattere generale.....135
13.4.2Indagini per la caratterizzazione sismica locale.....137
13.4.3Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale.....138
13.4.4 Norme specifiche per gli edifici ed opere infrastrutturali di cui alla D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere ed edifici strategici e rilevanti).....139
13.5 Norme generali per l'accertamento della salubrità dei terreni nell'ambito della riconversione di attività industriali dismesse.....140
BIBLIOGRAFIA.....142

ALLEGATI
Schede pozzi e sorgenti
Schede frane
Schede conoidi

TAVOLE
Tavola n. 1 – Carta geologica (scala 1:5.000)
Tavola n. 2 – Carta della dinamica geomorfologica (scala 1:5.000)
Tavola n. 3 – Carta clivometrica (scala 1:5.000)
Tavola n. 4 – Carta della pericolosità da frane di scivolamento (scala 1:5.000)
Tavola n. 5 – Carta della pericolosità da frane di crollo (scala 1:5.000)
Tavola n. 6 – Carta idrogeologica e del sistema idrografico (scala 1:5.000)
Tavola n. 7 – Carta della pericolosità sismica locale (scala 1:5.000)
Tavola n. 8 – Proposta di delimitazione delle aree di dissesto con legenda uniformata PAI (scala 1:10.000)
Tavola n. 9 – Carta dei vincoli (scala 1:5.000)
Tavola n. 10 – Carta di sintesi (scala 1:5.000)
Tavola n. 11 – Carta di fattibilità delle azioni di piano (scala 1:5.000)
Tavola n. 12 – Carta di fattibilità delle azioni di piano (scala 1:10.000)

1.0 PREMESSA E OBBIETTIVI

L'Amministrazione comunale di Castelveccana (VA) ha affidato allo scrivente l'incarico per la redazione dello studio geologico del territorio comunale a supporto del Piano di Governo del Territorio (P.G.T.), in attuazione della L.R. 12/2005, art. 57, comma 1.

Lo studio ha come obbiettivo quello di definire la componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio e di fornire, in raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata (P.T.C.P. e PAI), le prescrizioni e le norme d'uso di prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici e di fornire agli Amministratori gli strumenti più adatti per l'esercizio del governo del territorio.

La stesura dello studio fa riferimento a quanto indicato nella D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*", aggiornata dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Pertanto, in accordo con le disposizioni regionali, il presente studio è articolato in diverse fasi:

- Fase di analisi, che a sua volta comprende:

  ricerca storica e bibliografica: raccolta di tutta la documentazione esistente al fine di acquisire una conoscenza approfondita del territorio, utile alla predisposizione delle successive elaborazioni;

  rilevamento in sito e realizzazione della cartografia d'inquadramento: rilevamento di terreno del territorio comunale e stesura della relativa cartografia in cui vengono definiti gli elementi litologici, geomorfologici e di dinamica geomorfologica, idrografici e idrogeologici;

  fase di approfondimento/integrazione: in questa fase vengono indicati tematismi specifici quali pozzi, dissesti idrogeologici e l'analisi della sismicità del territorio.

- Fase di sintesi e valutazione: attraverso una analisi incrociata di tutti gli elementi individuati nella precedente fase di analisi, viene definita una carta dei vincoli, in cui

sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico e una carta di sintesi in cui viene proposta una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

- Fase di proposta: è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano atta a fornire indirizzi circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio. La proposta è completata dalla redazione di Norme Geologiche di Attuazione degli interventi sul territorio comunale.

Il rilevamento in sito è stato eseguito utilizzando la base cartografica comunale alla scala 1:5.000; le relative carte tecniche sono restituite, a seconda degli specifici tematismi, alle scale 1:10.000 (Carta Tecnica Regione Lombardia, sezioni A4c2 e A4b2) e 1:5.000.

Trattandosi di un lavoro che ha lo scopo di delineare le caratteristiche e gli effetti della componente geologica sulla pianificazione comunale, tutti gli elementi raccolti nelle fasi descritte hanno questa specifica vocazione. Pertanto gli elaborati descrittivi e cartografici hanno puramente una funzione di supporto alla pianificazione urbanistica e territoriale e non possono essere considerati come esaustivi di problematiche geologico – tecniche specifiche. In particolare, le informazioni o i dati deducibili dalla cartografia allegata al presente documento, non possono venire utilizzati per la soluzione di problemi progettuali a carattere puntuale e "*non devono in alcun modo essere considerati sostitutivi delle indagini geognostiche di maggior dettaglio prescritte dal D.M. 14 gennaio 2008 – Norme tecniche per le costruzioni*".

FASE DI ANALISI

2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il Comune di Castelveccana si trova nel settore N della Provincia di Varese, lungo la sponda del Lago Maggiore. Confina a N-E con il Comune di Porto Valtravaglia, a S con i comuni di Casalzuigno, Brenta, Cittiglio e Laveno Mombello e a W con i comuni di Ghiffa (VB) e Oggebbio (VB).

Il territorio comunale occupa una superficie di circa 20 km^2 (considerando anche le acque del Lago Maggiore) e si trova ad una altitudine compresa tra 1100-1200 m s.l.m. in corrispondenza del Monte Nudo – Monte la Teggia e i 190-200 m s.l.m. in corrispondenza della fascia lungolago.

Il comune è composto da un nucleo urbano dato da una serie di frazioni che occupano la parte NE del territorio; queste sono cosi denominate: Ronchiano, Caldè, Saltirana, Castello, Bissaga, Orile, Nasca, Rasate, Pessina, San Pietro e Sarigo. Il restante territorio è costellato da piccoli centri urbani, tra cui le località La Piana, Valleggio di Mezzo, Golfo del Sole, Rascone, Val Giovera, Vanzola, Pira Pianeggi, Biogno e S. Antonio.
La maggior parte del territorio comunale non urbanizzato, è occupato (*Destinazione d'uso dei suoli agricoli agricolo forestali della Provincia di Varese*) da copertura boschiva; limitate porzioni di territorio sono invece destinate a prati e seminativi (località Pira Pianeggi, S. Antonio, Biogno).

3.0 INQUADRAMENTO METEO CLIMATICO

3.1 Considerazioni generali

La determinazione delle condizioni climatiche, in particolare di quelle pluviometriche, assume particolare significato per molti aspetti pratici, dallo studio dei processi franosi, alla definizione del regime idrologico dei corsi d'acqua, al dimensionamento delle opere idrauliche.

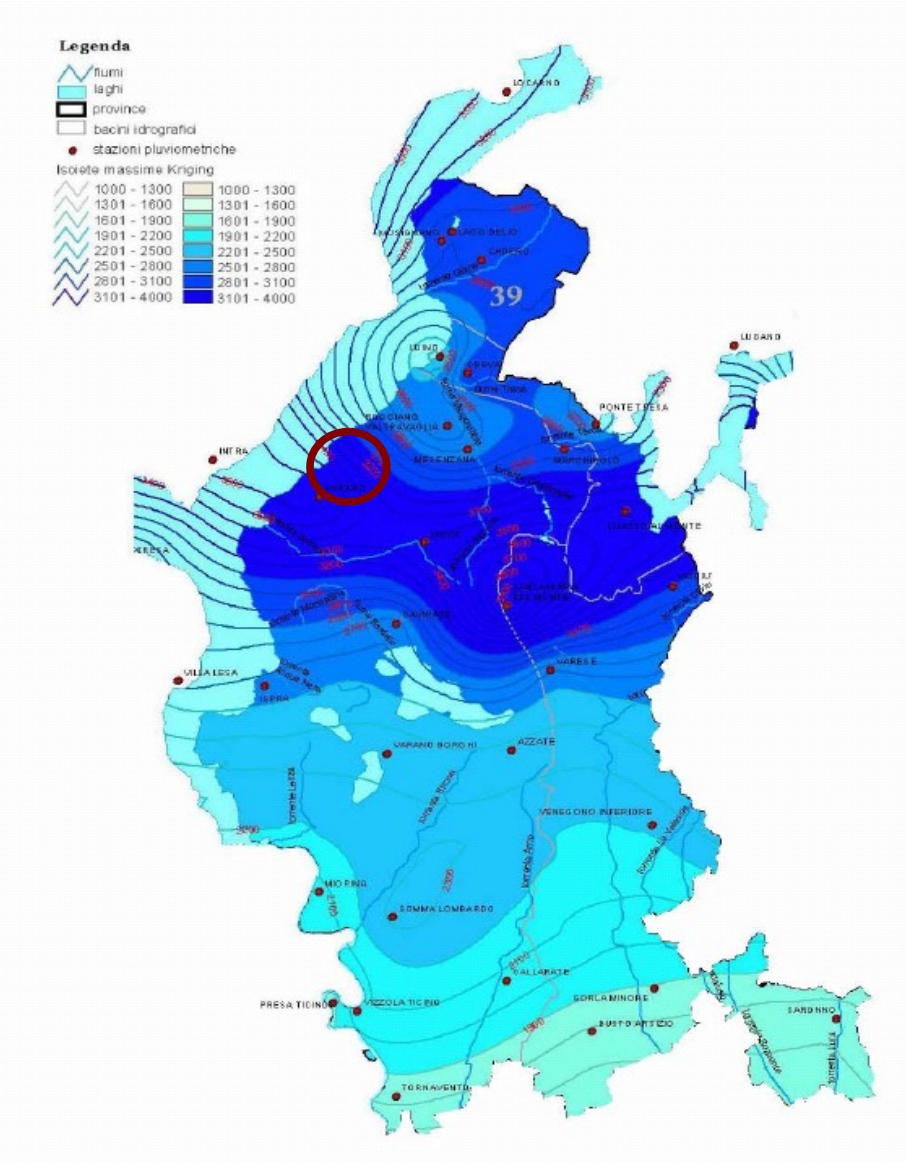
Considerando gli scopi del presente lavoro e tenuto conto della disponibilità dei dati meteorologici dell'area in studio, l'analisi si basa elaborando i parametri pubblicati dal Servizio Idrografico Nazionale e dal "Programma provinciale di previsione e prevenzione e protezione civile – Rischio idraulico", redatto dall'Università di Pavia-Dipartimento di Ingegneria idraulica ed ambientale per la Provincia di Varese e dal Centro Geofisico Prealpino.

Inoltre sono stati elaborati i dati di temperatura e precipitazioni riferiti a stazioni di misura di Luino, Laveno Poggio S.Elsa, Laveno Molo e Cuveglio, prossime al territorio in studio, nel periodo 2000-2009. I dati sono stati messi a disposizione dal Servizio meteorologico Regionale – ARPA Lombardia.

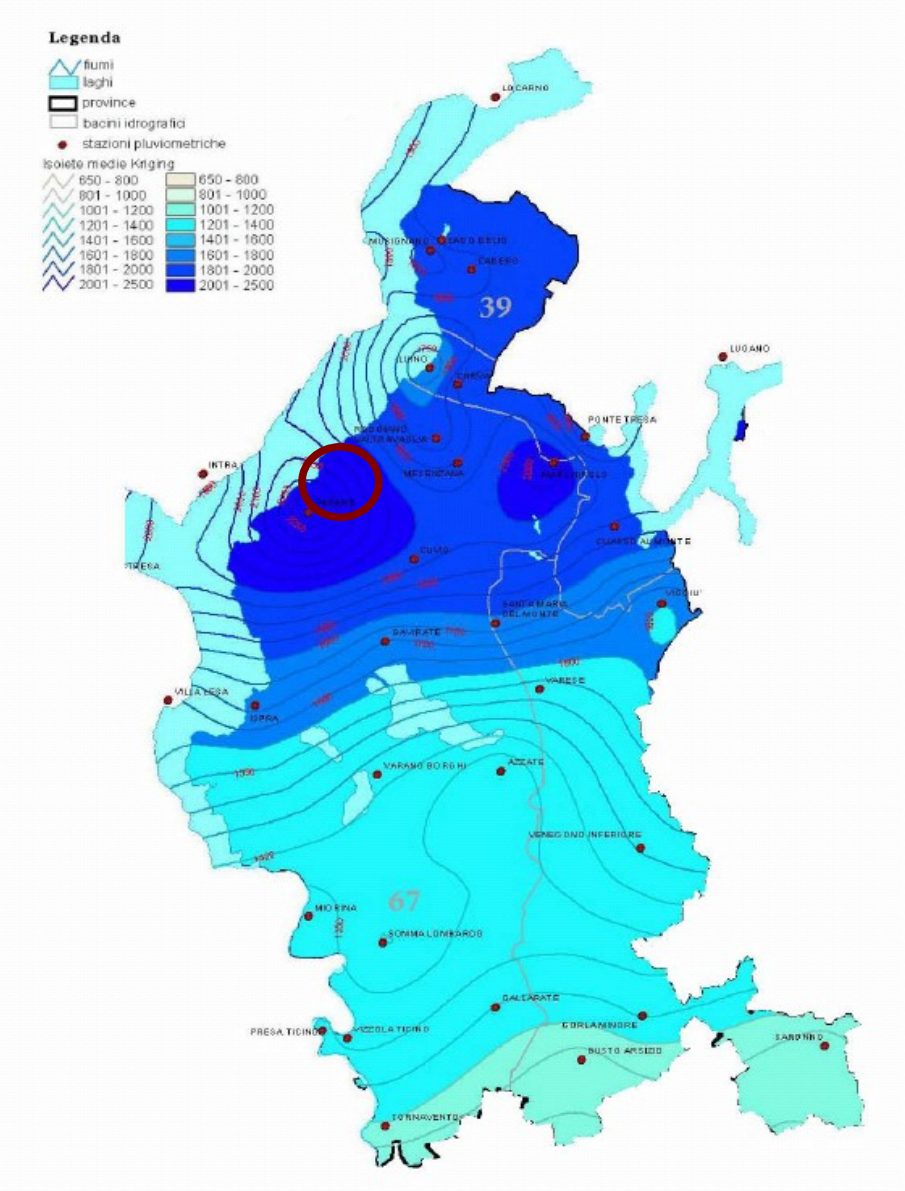
Il Comune di Castelveccana si inserisce nell'ambiente fisioclimatico della zona dei rilievi montuosi prealpini che, dal punto di vista climatico, risente della protezione dell'arco alpino dai freddi venti settentrionali e dalle perturbazioni provenienti dal versante N alpino. Questo "effetto barriera", che i monti oppongono, altera le condizioni atmosferiche generali ed assicura un clima meno rigido con una maggiore impronta mediterranea. La presenza del Lago Maggiore, inoltre, porta ad una mitigazione degli estremi di temperatura.

Il regime pluviometrico nel territorio di interesse è di tipo "prealpino", caratterizzato in generale da stagioni autunnali e primaverili più piovose, in quanto la frequente presenza di correnti atlantiche, spesso associate a depressioni sul Mediterraneo, favorisce le cosiddette "piogge equinoziali".

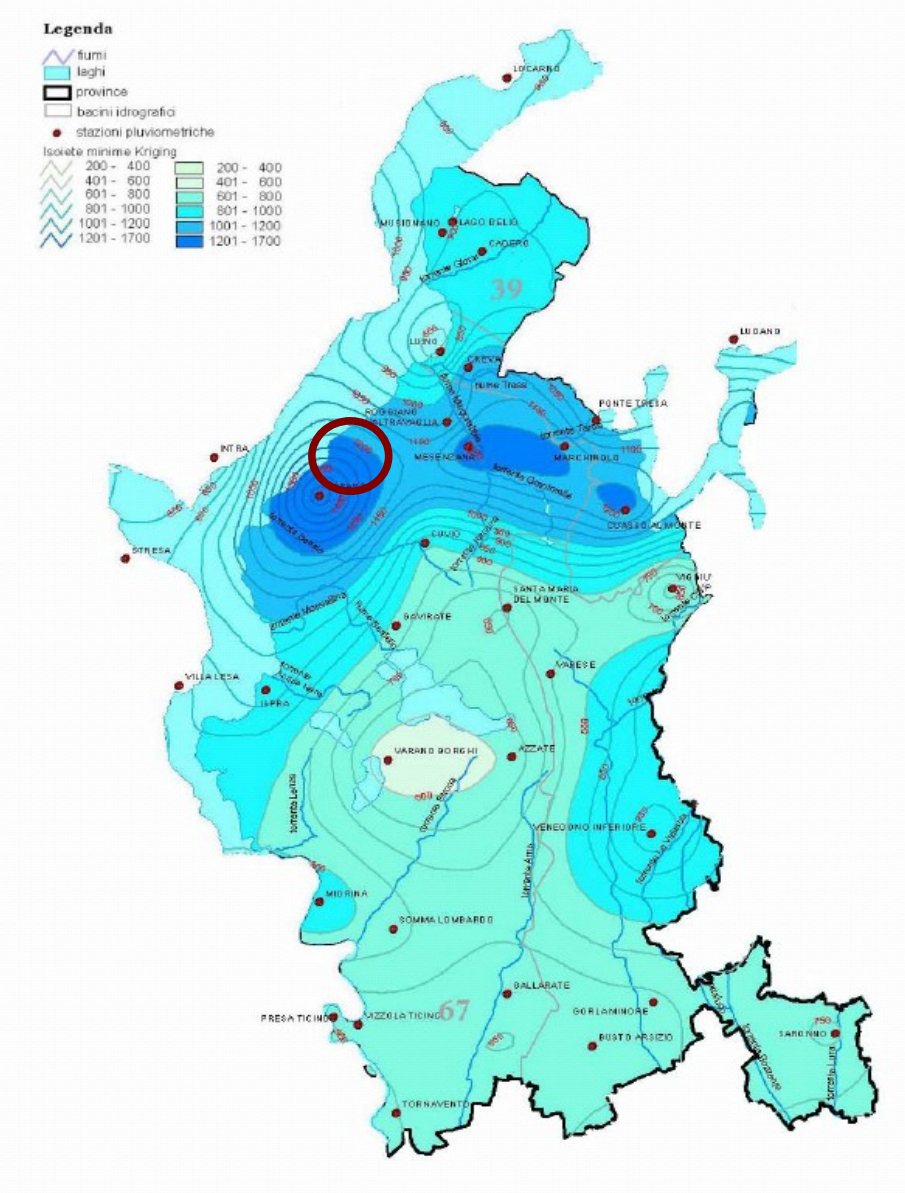
I risultati dell'elaborazione dei dati pluviometrici, illustrati nella Carta delle precipitazioni annue, mostrano che le precipitazioni medie annue tendono progressivamente ad aumentare, spostandosi dalla pianura padana verso i rilievi prealpini. Stesso andamento mostrano i valori di precipitazione massime e minime.



Carta delle precipitazioni massime annue del territorio della Provincia di Varese
(tratta dalla Carta delle precipitazioni massime annue del territorio alpino lombardo, registrate nel periodo 1891 – 1990 a cura di M. Ceriani, M. Carelli)
-il cerchio rosso identifica il Comune di Castelveccana-



Carta delle precipitazioni medie annue del territorio della Provincia di Varese
(tratta dalla Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino lombardo, registrate nel periodo 1891 – 1990 a cura di M. Ceriani, M. Carelli)
-il cerchio rosso identifica il Comune di Castelveccana-



Carta delle precipitazioni minime annue del territorio della Provincia di Varese
(tratta dalla Carta delle precipitazioni minime annue del territorio alpino lombardo, registrate nel periodo 1891 – 1990 a cura di M. Ceriani, M. Carelli
-il cerchio rosso identifica il Comune di Castelveccana-

3.2 Temperatura

L'analisi delle caratteristiche termiche del territorio di Castelveccana è condotta prendendo in considerazione i dati di stazioni di misura più rappresentativi. Per la serie storica delle osservazioni, nel periodo che va dal 1967 al 2000, si fa riferimento alla stazione di Varese del Centro Geofisico Prealpino, mentre per la serie più recente, nel periodo 2002 - 2009, si fa riferimento alle stazioni di Luino, Laveno (Molo) e Cuveglio, i cui dati sono messi a disposizione dal Servizio Meteorologico Regionale – ARPA Lombardia.

L'escursione media annua nel periodo 1967 - 2000 è pari a circa 19,8 - 20,0 °C, che secondo la classificazione del Mori (1957) rientra tra quelle caratterizzanti climi intermedi, vale a dire non tipicamente continentali ne tipicamente marittimi, al limite verso la continentalità.
Quanto ai valori mensili del periodo di osservazione si rilevano massimi nel mese di luglio e minimi nel mese di gennaio. La media annua è pari a 12,38 °C.
I valori estremi si sono verificati, per i massimi, nel luglio 1986 con 36,5 °C e per i minimi nel gennaio 1985 con -12,5 °C.

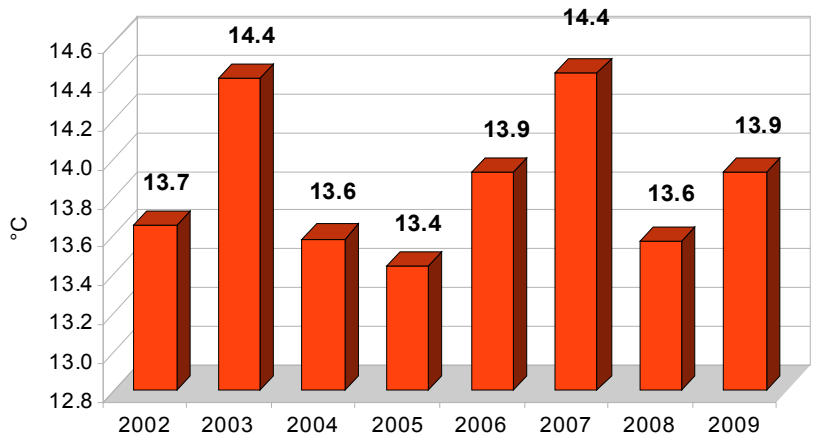
	Periodo 1967 - 2000			
	max	giorno/anno	min	giorno/anno
DICEMBRE	21,0	11/1984	-9,0	30/1996
GENNAIO	19,0	31/1982	-12,5	7/1985
FEBBRAIO	23,0	15/1990	-11,0	7/1991
MARZO	25,0	17/1997	-8,0	6/1971
APRILE	26,0	24/1984	-1,0	13/1986
MAGGIO	30,0	24/1986	1,0	1/1984
GIUGNO	34,5	13/1996	5,5	6/1986
LUGLIO	36,5	21/1983	8,5	4/1979
AGOSTO	34,0	4-5/1994	8,5	31/1995
SETTEMBRE	33,0	6/1988	5,5	27/1972
OTTOBRE	28,0	3/1997	-2,5	29/1997
NOVEMBRE	21,0	27/'79 - 2/'81	-6,0	24/1988
max	36,5	21/1983		
min			-12,5	7/1985

Massimi e minimi storici di temperatura (stazione di Varese)

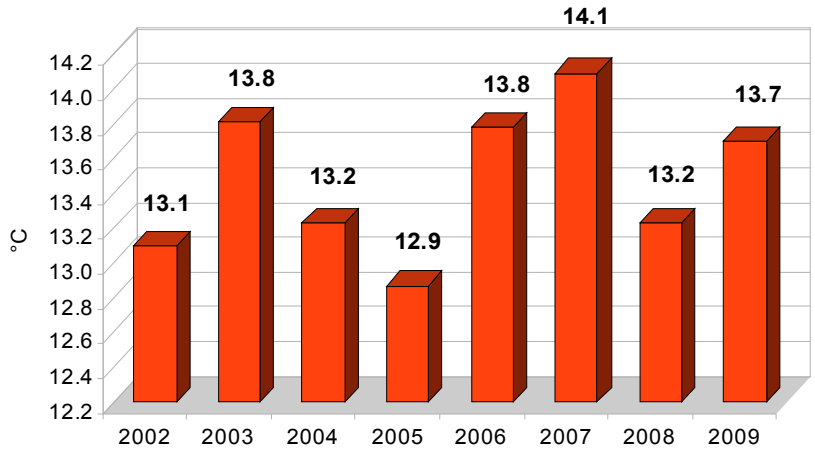
L'analisi dei dati di temperatura delle stazioni meteorologiche prossime al territorio di Castelveccana (Laveno, Luino e Cuveglio) evidenzia una temperatura media, per il periodo 2002 – 2009, tra 13,3 °C (Luino) e 13,9 °C (Laveno), che segna un aumento della temperatura media di circa 1,5 °C dalla serie storica riferita alla stazione di Varese.

I mesi più caldi, con temperatura media superiore ai 20 °C, sono generalmente giugno, luglio e agosto, mentre i più freddi sono i mesi di dicembre e gennaio con temperatura media tra i 2 °C e 4 °C. Il 2003 è stato l'anno più caldo con la registrazione di temperatura media di 25 °C – 26 °C.

Temperature medie annue - periodo 2002-2009 (Laveno)



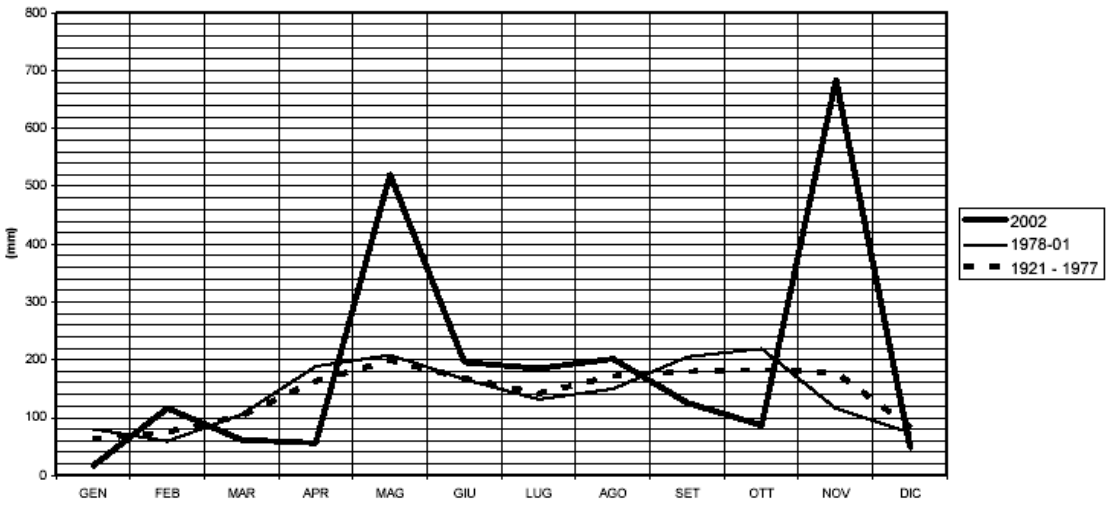
Temperature medie annue - periodo 2002-2009 (Cuveglio)



3.3 Precipitazioni

I valori relativi alle osservazioni storiche delle precipitazioni sono stati ricavati dai dati delle stazioni di misura ubicate nelle zone adiacenti, per periodi di osservazione dal 1924 al 1947 e dal 1965 al 2000. Si è potuto ricavare che la precipitazione media annua è pari a circa 1800-1900 mm, vale a dire il doppio del totale medio annuo che precipita sull'intero territorio italiano. Dai dati a disposizione è importante notare che il quinquennio 1998-2002 è stato caratterizzato da fenomeni estremi con punte medie annue superiori ai 2200 mm (2000, 2002).

Il regime pluviometrico, cioè la distribuzione media mensile delle precipitazioni durante il ciclo annuale, mostra una caratteristica di doppia ciclicità. La successione delle piogge mensili presenta, infatti, due minimi, che si collocano rispettivamente all'inizio (più pronunciato) ed alla fine dell'inverno, e altrettanti massimi, il principale dei quali si manifesta in primavera e l'altro verso fine estate ed il primo autunno, definendo un regime pluviometrico "sub-litoraneo alpino" (Contessini 1956). In particolare i dati di pioggia rilevati nella stazione di Creva (diga sul Tresa) tra il 1967 ed il 1996, validati dal Servizio Idrografico Nazionale, mostrano un volume medio mensile di 154.8 mm e precipitazioni medie annuali di 1857.8 mm.



Regime delle precipitazioni dell'intero bacino del Lago Maggiore nell'anno 2002 rispetto alle medie di riferimento. (CNR Pallanza)

Il regime annuo evidenzia un massimo principale in maggio (226.2 mm) ed uno secondario in settembre/ottobre (220.3 mm), un minimo principale in dicembre (74.4 mm) ed uno

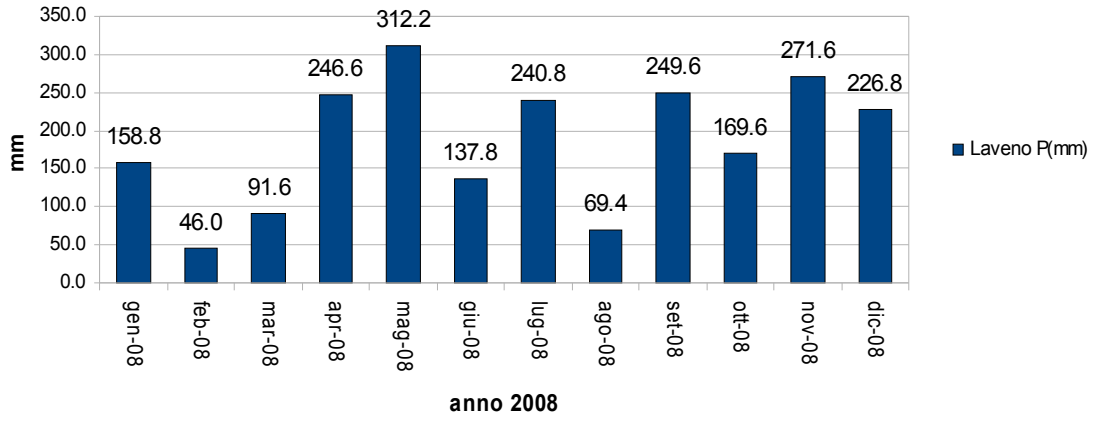
secondario in febbraio (84.7 mm). Gli estremi eventi alluvionali del 2002 confermano la doppia ciclicità del regime pluviometrico, registrando però, rispetto alle medie di riferimento, un sostanziale aumento della quantità di pioggia totale ed uno spostamento nel mese di novembre del massimo principale.

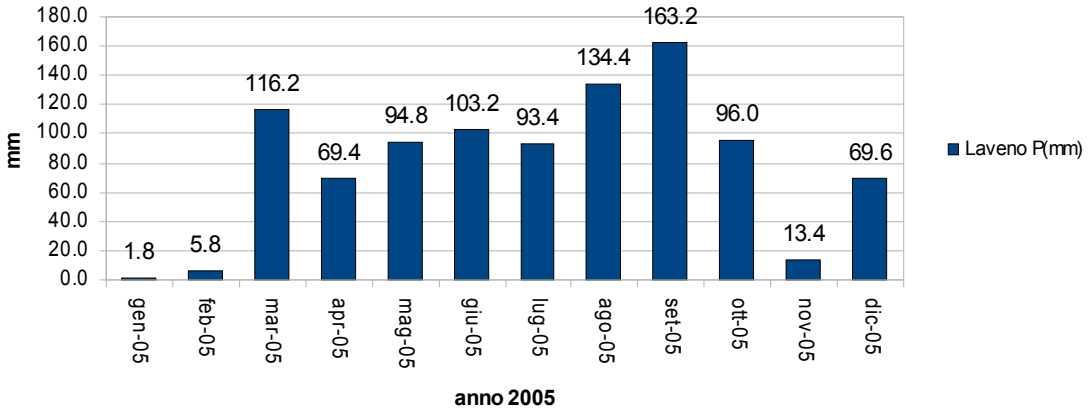
Il numero medio dei giorni piovosi in un anno è pari a circa 100, con valori massimi di 110; le frequenze dei giorni di pioggia presentano valori pressoché paralleli a quelli dei totali pluviometrici. Ultimamente si conferma la tendenza ad una lenta e progressiva estremizzazione dei fenomeni atmosferici violenti. Le precipitazioni si concentrano in brevi periodi, intervallate a periodi più o meno lunghi di siccità. In particolare le stagioni intermedie, già tendenzialmente piovose, tendono a concentrare ancora maggiormente le precipitazioni dell'anno.

Nel periodo 2004 – 2009, con riferimento alle stazioni di misura di Laveno (Molo) e Cuveglio, il totale medio annuo di pioggia è di circa 1450 mm.

La distribuzione delle precipitazioni è abbastanza disuniforme durante l'anno: presenta un massimo primaverile tra aprile e maggio; altri massimi si registrano in estate tra agosto e settembre, in autunno nel mese di novembre. I valori minimi si registrano per entrambe le stazioni nei mesi di gennaio e febbraio.

L'anno più piovoso è stato il 2008 con precipitazioni medie annue di 2400 mm per la stazione di Cuveglio e 2220 mm per la stazione di Laveno. L'anno 2005 è stato invece il più siccitoso con valori di precipitazione media annua di 961 mm per la stazione di Laveno e 832 mm per la stazione di Cuveglio.





3.4 Evapotraspirazione

Per evapotraspirazione di intende il passaggio dell'acqua dallo stato liquido allo stato di vapore attraverso l'azione della vegetazione e del sole. Essa è di difficile misura; per questo motivo, nei calcoli dei bilanci idrologici, si preferisce stimarla attraverso l'applicazione di metodi empirici proposti da diversi autori.

Tra questi il metodo più utilizzato anche per la semplicità nei calcoli è quello proposto da Thornthwaite semplificato da Serra. Questo metodo permette di effettuare il bilancio di un determinato sistema idrogeologico partendo dal confronto dei valori medi mensili di pioggia e di evapotraspirazione potenziale (EP).

Per **evapotraspirazione potenziale** si intende il quantitativo massimo di acqua che in una certa zona potrebbe evapotraspirare se il suolo fosse sempre umido-bagnato. Essa si calcola nel seguente modo:

$$E_{p,j} = 16 \cdot a_j \left(\frac{10}{I} T_j \right)^{\alpha}$$

dove

a_j fattore di correzione funzione della latitudine

T_j temperatura media mensile

$$I = \sum_{j=1}^{12} \left[0{,}09 \cdot T_j^{1,5} \right] \qquad \alpha = \frac{1{,}6}{100} I + 0{,}5$$

Periodo di osservazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale
2004-2009	8,0	11,8	31,6	59,3	99,5	135,0	155,7	131,1	89,3	53,5	22,2	8,7	**805,5**

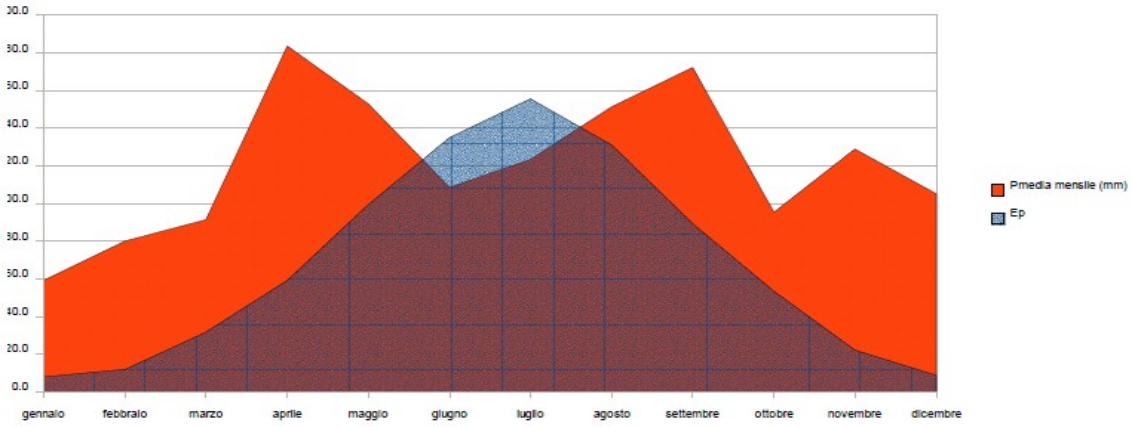
Stazione di Laveno - Evapotraspirazione potenziale (mm)

Periodo di osservazione	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Totale
2004-2009	6,9	10,8	32,0	60,4	100,4	135,3	154,7	128,5	87,2	51,7	20,2	7,9	**795,8**

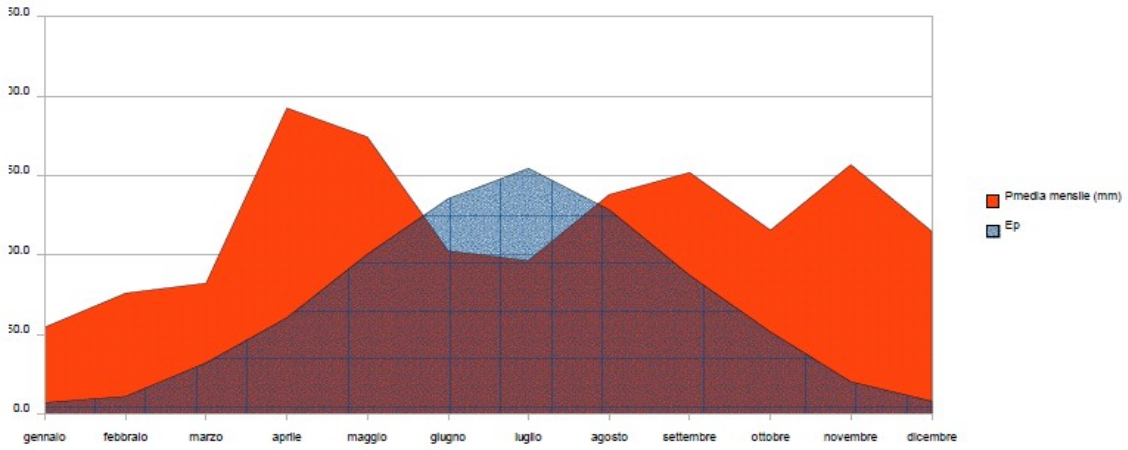
Stazione di Cuveglio - Evapotraspirazione potenziale (mm)

L'evapotraspirazione potenziale assume valori massimi nei periodi compresi tra il mese di giugno e il mese di agosto, con picco nel mese di luglio, pari a e 155.7 mm (Laveno) e 154.7 mm (Cuveglio).

Il **bilancio idrico** definisce la presenza di deficit idrici nei mesi di giugno e luglio, con ricarica nei mesi autunnali ed invernali, cosi come evidenziato nei grafici di seguito.



Stazione di Laveno - Bilancio idrico



Stazione di Cuveglio - Bilancio idrico

4.0 GEOLOGIA E TETTONICA

4.1 Geologia

Il rilevamento di terreno, svolto su tutto il territorio comunale nell'inverno 2009, unitamente ai dati di bibliografia, ha permesso di ricostruire l'assetto geologico nei suoi lineamenti più significativi.

Il Comune di Castelveccana (cfr Tavola n. 1) è caratterizzato da estese coperture neogenico-quaternarie, con spessori rilevanti nel settore centro settentrionale che via via si assottigliano nel settore meridionale dove è esposto il basamento roccioso. Le formazioni affioranti comprendono essenzialmente termini triassici e giurassici di natura carbonatica; la successione poggia in discordanza sulla successione vulcanica permiana e sugli scisti della Serie dei Laghi, pre-ercinici, che costituiscono il basamento cristallino metamorfico.

4.1.1 Successione continentale neogenico-quaternaria

La successione cosi classificata ricopre buona parte del territorio comunale ed è caratterizzata da depositi messi in posto durante il Pleistocene superiore (Glaciazione Cantù) dal ghiacciaio del Ticino. Lembi isolati di depositi appartenenti a glaciazioni più antiche (Allogruppo della Colma del Piano) sono presenti tra il Rifugio Adamoli e il Rifugio Capanna, sul versante meridionale del Pizzo del Cuvignone.

Meno estesi sono invece i depositi messisi in posto al ritiro del ghiacciaio (Unità postglaciale), essenzialmente costituiti da coperture detritiche di degradazione dei versanti in roccia, depositi fluviali, di spiaggia, alluvionali e di versante.

Unità postglaciale (Pg)

Definizione
L'unità è costituita da depositi fluviali, alluvionali (tipo *debris flow*), di versante, di spiaggia e da falde detritiche; alterazione assente.

Sinonimi
L'unità comprende l'Alluvium recente di Riva (1957).

Superfici limite e rapporti stratigrafici
La superficie limite superiore coincide con la superficie topografica, mentre la superficie limite inferiore è una superficie di erosione che pone i depositi dell'Unità Postglaciale a contatto con tutte le unità presenti compreso il substrato roccioso.

Litologia
La perimetrazione dell'Unità Postglaciale è stata fatta principalmente su base morfologica dato che non si sono quasi mai visti affioramenti riconducibili a tale unità. La caratterizzazione litologica delle diverse facies è stata fatta osservando le granulometrie prossime al limite superiore e riferendosi a zone limitrofe dove l'unità è meglio esposta.

L'Unità Postglaciale è costituita da:

- <u>depositi fluviali</u>: ghiaie e sabbie grossolane, ghiaie e massi. I clasti hanno dimensioni in genere da centimetriche a decimetriche, moderatamente selezionati, sia a supporto clastico sia di matrice costituita da sabbie medio grossolane.
- <u>depositi di versante</u>: sabbie limose con clasti e ghiaie medie a supporto di matrice sabbiosa.
- <u>falde detritiche</u>: massi e ghiaie mal selezionati a supporto clastico prevalente.
- <u>depositi alluvionali (tipo debris flow) e di conoide</u>: diamicton massivi a supporto di matrice. Clasti scarsamente selezionati con dimensioni da centimetriche a pluridecimetriche. La matrice è costituita da ghiaie medio fini sabbiose e/o sabbie limose con clasti di colore marrone scuro giallastro.

I depositi di conoide non sono mai stati osservati direttamente e la loro perimetrazione è stata fatta solo su base morfologia. Si ipotizza, considerando anche ambiti territoriali limitrofi, che siano costituiti da ghiaie medio grossolane a supporto di matrice.

- depositi di spiaggia: ghiaie medio fini e sabbie grossolane. Clasti con dimensioni medie centimetriche a supporto clastico, buona selezione.

Area di affioramento

L'unità è presente localmente su tutto il territorio in studio. Depositi fluviali si ritrovano lungo le aste dei principali corsi d'acqua (Froda, Ronè); depositi di versante e falde detritiche occupano la base delle pareti in roccia soggette ad instabilità per crolli. Estese coperture detritiche si trovano presso la località Sasso Galletto (toponimo CTR), estendendosi dalla base del versante in substrato affiorante fino alle rive del lago, presso la località di S. Antonio e ad E di Biogno nella valle del Ronè. Coperture detritiche e depositi di versante si trovano irregolarmente distribuite sui versanti, a quote più elevate, dei monti dei Pizzoni di Laveno – Monte Nudo (toponimi CTR).

Depositi alluvionali tipo *debris flow* occupano il fondovalle dei corsi d'acqua che solcano il versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno, del Pizzo del Cuvignone e del Monte Nudo.

Allo sbocco a lago di alcuni corsi d'acqua, tra le località di Caldè e Rescone, sono state riconosciute morfologie riconducibili a depositi di conoide.

Infine depositi di spiaggia sono presenti sporadicamente lungo buona parte della costa del lago.

Morfologia e paleogeografia

La morfologia di tale unità è ben espressa sopratutto per quanto riguarda le coperture detritiche di versante, testimonianza del degrado e instabilità iniziata a seguito del ritiro del ghiacciaio dell'ultimo episodio glaciale. Altra espressione morfologica tipica dell'Unità Postglaciale, che contraddistingue il territorio di Castelveccana, è data dalle colate detritiche (*debris flow*) presenti in buona parte dei corsi d'acqua che scendono dai versanti dei Pizzoni di Laveno. Tale espressione morfologica è il risultato di fenomeni di dinamica torrentizia di cui si discuterà nei paragrafi successivi.

Età

L'unità Postglaciale è di età Pleistocene superiore – Olocene.

Alloformazione di Cantù (LCa)

Definizione

L'Alloformazione di Cantù è costituita da depositi glaciali in prevalenza, da depositi fluvioglaciali, lacustri proglaciali e di contatto glaciale. Su base esclusivamente morfologica è stata anche perimetrata una facies di conoide che si sviluppa, in sponda idrografica sinistra del Froda, dalla frazione di Rasate fino alla località Vanzola.

L'alterazione dei depositi appartenenti all'Alloformazione di Cantù è generalmente scarsa o addirittura assente, mentre risulta priva di copertura loessica.

Sinonimi

E' stata definita da BINI (1987) come Complesso Glaciale di Cantù. Corrisponde all'Alloformazione di Bodio (DA ROLD, 1990) nell'Anfiteatro del Verbano. Corrisponde in parte al Würm degli autori precedenti.

Superfici limite e rapporti stratigrafici

La superficie limite superiore è in genere coincidente con la superficie topografica; essa è caratterizzata da alterazione da scarsa ad assente. Copertura loessica assente.

I depositi dell'Alloformazione di Cantù sono localmente coperti dai depositi dell'Unità Postglaciale. Inferiormente l'Alloformazione di Cantù è a contatto con l'Allogruppo della Colma del Piano o molto più spesso direttamente a contatto con il substrato roccioso. Entrambe le superfici limite sono spesso riconducibili a superfici di erosione.

Litologia

L'Alloformazione di Cantù è costituita da:

- till di ablazione: diamicton massivo a supporto di matrice. Clasti eterometrici, da centimetrici fino a metrici, principalmente esotici (cristallini) solo raramente carbonatici; i micascisti si presentano moderatamente alterati mentre i clasti gneissici sono sani. La matrice è costituita da sabbie a granulometria grossolana e sabbie fini, colore 10YR 5/6-5/8 marrone giallastro.
- till di alloggiamento: diamicton a supporto di matrice, ben consolidato. Clasti eterometrici da pochi centimetri a decimetrici (massimo 20 cm). Abbondanti clasti carbonatici sani ed esotici moderatamente alterati, in genere maggiore per gli scisti rispetto agli gneiss; i clasti carbonatici presentano striature. I clasti cristallini hanno forma subarrotondata tendente all'appiattito. La matrice è costituita da sabbie fini limose di colore 5Y 6/2-5/2 grigio

brunastro-marrone grigiastro. I till di alloggiamento non si presentano del tutto disorganizzati, ma i clasti possono presentare un'orientazione parallela alla direzione di movimento del ghiacciaio. Frequentemente è anche visibile una sorta di laminazione pianoparallela dovuta allo *shear* glaciale.

- depositi fluvioglaciali: depositi legati alle acque di fusione del ghiacciaio, di ambiente sedimentario tipo *braided* o a canali incrociati. La litologia prevalente in un ambiente fluviale braided è data da clasti grossolani, come ghiaie e sabbie grosse, nei tratti prossimali e da sabbie nei tratti distali, con possibili intercalazioni limose. La struttura dei depositi ghiaiosi è grossolanamente stratificata, orizzontale o incrociata a grande scala nelle barre longitudinali. A tetto delle barre e nelle intercalazioni limose si possono trovare laminazioni incrociate a piccola scala e *ripples*.

Sabbie laminate orizzontalmente a granulometria media e medio grossolana; presenza di clasti esotici di forma arrotondata. Sabbie fini prive e con laminazione suborizzontale (torrente Froda, loc. Virasca, Pianeggi). Sabbie a granulometria medio fine di colore grigio nocciola con numerose laminazioni incrociate tipo ripple (strada per Nasca)

Ghiaie a supporto di matrice costituita da sabbie a granulometria medio grossolana e grossolana (loc. Nasca, S. Antonio). Clasti eterometrici prevalentemente cristallini di forma arrotondata, appiattiti e rari carbonati; dimensioni decimetriche, locali embricazioni (loc. Pessina, Nasca, Virasca). Debole alterazione, spesso assente. Presenza di lenti sabbiose massive a granulometria medio grossolana (loc. Virasca). Ghiaie stratificate a supporto di matrice. Colore della matrice 10YR 5/8 marrone giallastro (loc. Virasca).

La sequenza sedimentaria che meglio rappresenta i depositi fluvioglaciali presenti nel territorio è quella descritta nella cava di Nasca, dove gli spessori di tali depositi raggiungono valori dell'ordine dei 40 m. Si riporta pertanto integralmente la descrizione fatta da Rogate P. (1993) nella sua tesi di laurea.

Dal basso:

10,00 m Sabbia fine - limo, micacea di colore grigio (frequenti ossidazioni marroni). Presenta laminazione pianoparallela. Ben consolidata. Presenza di più lenti di sabbia media con laminazioni oblique a scala centimetrica. In particolare, l'ultima lente sabbiosa a tetto è limitata

da una lamina (d'alterazione) marrone-rossastra con spessore circa di 2 - 5 cm. L'estensione laterale è di circa 300 m visibili. L'unica terminazione visibile presenta diverse biforcazioni.

1,20 m Sabbie medie di colore grigio laminate da suborizzontalmente (a letto) fino ad obliquamente (verso tetto); scala delle laminazioni decimetrica.

8,80 m Ghiaie con clasti cristallini non alterati di dimensioni fino a 40 cm. Clasti arrotondati da sferici ad appiattiti. Visibili locali embricazioni; possibile orientazione N-S.

10,00 m Sabbie medie con laminazione suborizzontale; procedendo verso tetto la granulometria della sabbia aumenta sino a sabbia molto grossa e le laminazioni non risultano più visibili.

4,00 m Ghiaie con matrice sabbiosa medio grossolana; clasti cristallini con dimensioni da 1 cm a 30 cm. Forma dei clasti appiattita e a bastoncino. Direzione massimo allungamento 100°; embricazione circa N. Nelle ghiaie sono presenti diverse lenti di spessore 10-20 cm di sabbia medio fine priva di laminazione. Queste ghiaie presentano anche una lente delle sabbie suddette con spessore circa 60 cm ed estensione laterale di una decina di metri.

6,00 m a letto da sabbie medie localmente alternate a sabbie più fini e lenti (spessore max 10 cm) di ghiaie con clasti da 0,5 cm a circa 7 cm, cristallini in matrice sabbiosa grossolana. Procedendo verso tetto, sabbie micacee fini grigio nocciola (come le suddette) con laminazioni pianoparallele ed ondulate (altezza ondulazione circa 10 cm). Procedendo ancora verso tetto, alternanza di laminazioni orizzontali e oblique a piccola scala in lenti di circa 30-40 cm di spessore.

7,00 m Ghiaie con matrice sabbiosa grossolana. Clasti cristallini di dimensioni fino a circa 80 cm; forma arrotondata tendenzialmente appiattita. Presenza di numerose lenti di sabbia medio fine priva di laminazione con spessore di 20-30 cm ed estensione laterale da 2 m a 10 m.

12,00 m Sabbia medio fine con laminazione suborizzontale. A circa 3,5 m da letto presenza di laminazione obliqua a piccola scala per uno spessore totale di 2 m circa. Ripresa, a tetto, della laminazione orizzontale e visibili diversi *dropstone*.

1,50 m Detrito di versante con clasti cristallini caotici leggermente alterati, in matrice limoso sabbiosa. Consolidazione notevole.

2,00 m Diamicton massivo a supporto di matrice limosa rossastra. Clasti cristallini eterometrici non alterati.

- depositi di contatto glaciale: i depositi di contatto glaciale possono essere vari, da fluviali a lacustri proglaciali; in genere sono costituiti da sabbie fini limose sino a sabbie grossolane-ghiaie.
- depositi lacustri proglaciali: argille con clasti cristallini millimetrici sparsi. Sabbie a granulometria medio fine con laminazione piano parallela ed incrociata. Limi argillosi privi di laminazione. Argille limose con ritmiti millimetriche, leggermente laminate orizzontalmente (Froda). Limi e argille di colore grigio con laminazioni piano parallele ed ondulate (loc. Virasca). *Questa tipologia di depositi non è stata rappresentata in carta data la loro limitata estensione spesso risolvibile solo alla scala del singolo affioramento.*

Area di affioramento

Depositi appartenenti all'Alloformazione di Cantù ricoprono estesamente buona parte del territorio comunale, da quote prossime alla riva del lago fino alle pendici rocciose dei Pizzoni di Laveno, Cuvignone e Monte Nudo.

Till di ablazione più significativi affiorano presso S. Antonio e Casone Pianizze, nonché lungo la strada per S. Michele. Till di fondo affiorano presso S. Pietro, Pianeggi, Ronchiano e Pira di Sopra.

Depositi fluvioglaciali affiorano sparsi su buona parte del territorio, spesso all'interno di incisioni vallive. La sequenza meglio rappresentata è presente lungo la valle del Froda; l'intera successione di depositi fluvioglaciali è messa in luce sui versanti della cava di Nasca attualmente non attiva e oggetto di interventi di messa in sicurezza e ripristino ambientale. Sempre nella valle del Froda, a monte della cava, affiorano localmente depositi lacustri proglaciali.

I terrazzi presso la frazione di Sarigo e le località di Pianeggi e Biogno sono costituiti da depositi di contatto glaciale.

Morfologia e paleogeografia

L'espressione morfologica tipica dell'Alloformazione di Cantù, che contraddistingue buona parte del territorio studiato, è data dai terrazzi e dalle morene. I terrazzi sono presenti generalmente in tutto il territorio, presentando però una maggiore concentrazione lungo la fascia a ridosso del lago a quote inferiori ai 450 m s.l.m. Lungo la zona costiera meridionale,

compresa tra la località Sasso Galletto (a S) e gli scogli denominati L'Americana (a N), qualsiasi unità morfologica è assente. Il substrato roccioso si getta a picco nel lago, quindi i depositi quaternari non hanno la possibilità di conservarsi in posto. Anche lungo le pendici settentrionali dei Pizzoni di Laveno, Cuvignone e Monte Nudo la giacitura prossima alla verticale del substrato roccioso non ha consentito la conservazione di tale morfologia. L'origine dei terrazzi rilevati è prettamente di contatto glaciale cioè ad opera delle acque di fusione in corrispondenza dei corsi d'acqua sopra e subglaciali, di specchi d'acqua alla superficie o alla periferia del ghiacciaio, ma sempre a contatto con il ghiaccio. La sequenza di terrazzi a varie quote testimoniano le varie fasi di ritiro del ghiacciaio.

Anche le morene presenti nel territorio indicano diverse fasi di avanzata e ritiro del ghiacciaio del Verbano durante l'Episodio Cantù. Si sono rilevate morene a quote comprese tra i 240 m s.l.m. e i 370 m s.l.m. con andamento generalmente SSW-NNE e SW-NE, come quelle di Nasca, Ronchiano, S. Pietro. In località S. Antonio si sono rilevate morene anche a quote maggiori, intorno agli 850-870 m s.l.m.

Analizzando e correlando la disposizione dei terrazzi e l'andamento delle morene (Rogate, 1993) è possibile ricostruire le diverse fasi del ghiacciaio del Verbano durante l'Episodio Cantù. Nella prima fase, coincidente con la massima avanzata, il ghiacciaio, proveniente da N, scende senza incontrare grossi ostacoli e, oltrepassando il Monte Pian Nave (1059,8 m s.l.m.) si incanala nella valle di Arcumeggia.

I Pizzoni di Laveno (1018-1034 m s.l.m.) ed i contigui Monti La Teggia (1103 m s.l.m.) e Monte Nudo (1235 m s.l.m.) costituiscono la prima grossa barriera contro la quale il ghiacciaio si scontra; il ghiacciaio è costretto a girare attorno a questi rilievi, che formano un *nunatak*, passando ad W dei Pizzoni ad una quota di circa 880 m s.l.m., quota che segna il massimo glaciale (MEG). Anche le morene in località S. Antonio sono da considerarsi appartenere al massimo glaciale Cantù, dato che la loro quota è paragonabile a quella raggiunta presso i Pizzoni di Laveno.

Il ritiro del ghiaccio isola via via la cima del M. Pian Nave. Nella valle di Arcumeggia lo spessore del ghiacciaio va assottigliandosi passando dalla quota di circa 870 m s.l.m. del massimo glaciale, alla quota di circa 700 m s.l.m. (zona mediana della valle).

Il ritiro del ghiaccio provoca la scissione del ghiacciaio in due distinte lingue che arretrano verso i rispettivi corpi principali. Le acque di fusione fuoriescono principalmente dal lobo settentrionale, solcano l'intera valle di Arcumeggia e vengono sbarrate a S dal lobo meridionale. All'interno della valle si crea una piana alluvionale.

Si vengono a formare alcuni piccoli bacini lacustri sostenuti a N dalla massa glaciale, che non poggia direttamente sui fianchi dei versanti (cava di Nasca).

Inoltre interessante notare come il ghiacciaio non ha la potenza necessaria per scavalcare la Rocca di Caldè, biforcandosi in due lobi; il lembo meridionale, di dimensioni ridotte, si esaurisce a N di Caldè mentre quello settentrionale si getta nel lago.

Le morene della zona costiera indicano che il ghiacciaio, sulla sponda lombarda, non riesce a raggiungere i fianchi dei rilievi montuosi, più interni, ma scivola sul fondovalle restando a quote molto vicine a quelle del livello attuale del lago (circa 200 m s.l.m.).

Durante le fasi di ritirata il ghiacciaio lascia tutta una serie di terrazzamenti di contatto glaciale, che degradano verso il lago e che sono erosi dalle successive piane fluvioglaciali. Tra il ghiacciaio e i fianchi dei versanti si instaura un ambiente fluvioglaciale con la sedimentazione di una vasta gamma di depositi fluviale e lacustri proglaciali.

Età

L'Alloformazione di Cantù è attribuibile al Pleistocene superiore (BINI, 1987; FELBER 1993; DA ROLD 1990).

Allogruppo della Colma del Piano (CMP)

Definizione

L'Allogruppo della Colma del Piano è costituito essenzialmente da depositi glaciali. L'alterazione dei clasti, sia carbonatici sia cristallini, è generalmente ben espressa. Copertura loessica presente. Appartengono a questa unità anche gli erratici presenti al di sopra del limite massimo del ghiacciaio Cantù.

Sinonimi

L'unità è stata istituita da BINI (1987) come Complesso Glaciale della Colma, in cui sono stati raggruppati depositi appartenenti a molti episodi glaciali, caratterizzati da marcata alterazione. Corrisponde al cosidetto "Morenico sparso" o " Scheletrico" degli autori precedenti e attribuito al Mindel (PRACCHI, 1938, 1939, 1954; NANGERONI, 1969, 1970) o ad una prima pulsazione del Riss (NANGERONI, 1974).

Superfici limite e rapporti stratigrafici

La superficie limite superiore è una superficie di erosione che pone i depositi dell'Allogruppo della Colma del Piano a contatto con i depositi dell'Unità Postglaciale e dell'Alloformazione di Cantù. Inferiormente i depositi dell'Allogruppo della Colma del Piano sono a contatto, probabilmente in appoggio, con il substrato roccioso.

Litologia

L'Allogruppo della Colma del Piano è costituito da:

- till di ablazione: diamicton massivo a supporto di matrice. Presenza di clasti esotici costituiti da gneiss e micascisti entrambe alterati. Orizzonte di decarbonatazione dello spessore di circa 70 cm. La matrice è costituita da sabbie di colore 10YR 5/6-4/6 marrone giallastro-marrone scuro giallastro. Presenza di loess nella matrice.
- till di alloggiamento: sabbie fini e limi massivi, con ciottoli sparsi alterati.

Area di affioramento

Depositi appartenenti all'Allogruppo della Colma del Piano si ritrovano solo sul versante meridionale del Pizzo del Cuvignone, tra il Rifugio Capanna e il Rifugio Adamoli.

Morfologia e paleogeografia

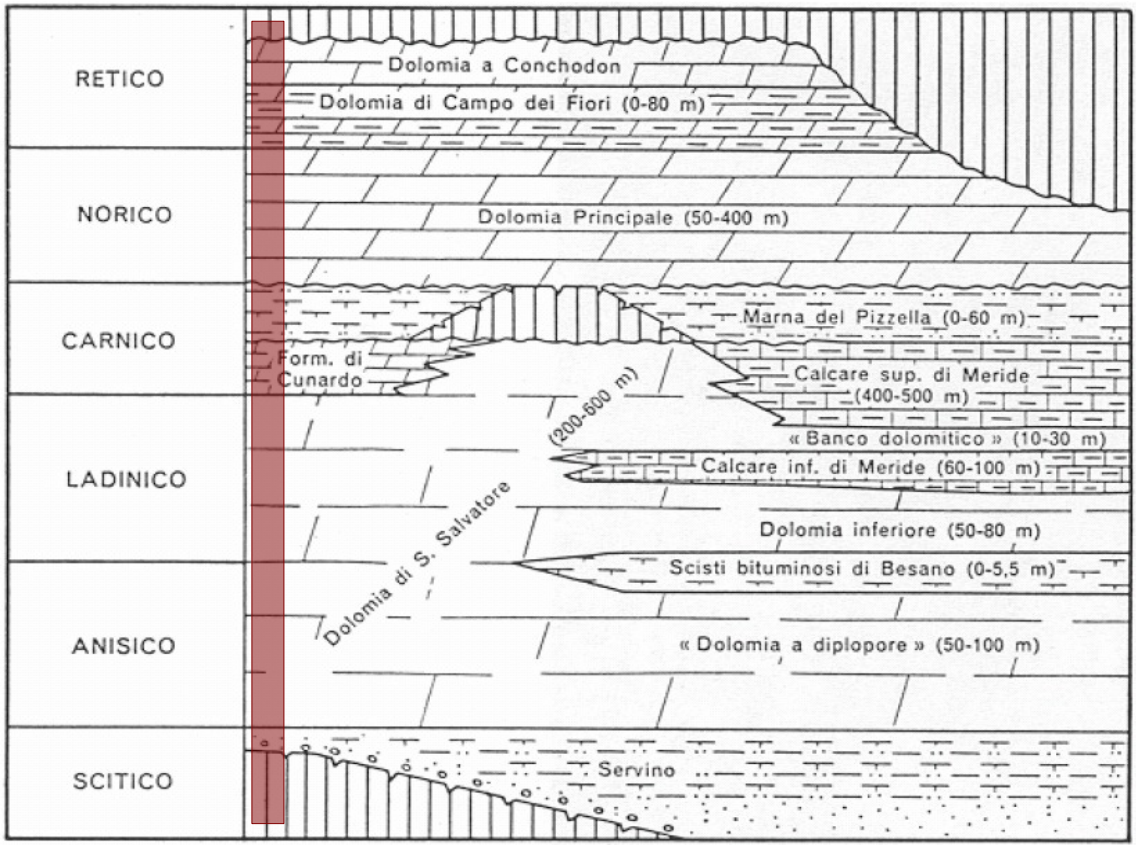
L'Allogruppo della Colma del Piano, presentandosi mal conservato e in lembi isolati, non evidenzia alcuna morfologia tipica.

Età

L'Allogruppo della Colma del Piano è attribuibile al Pleistocene medio – superiore.

4.1.2 Unità di substrato roccioso

Nel territorio di Castelveccana affiorano quasi esclusivamente rocce sedimentarie delle Prealpi meridionali, parzialmente ricoperte da coperture neogenico-quaternarie principalmente di origine glaciale, come esposto nel paragrafo precedente. Le unità sedimentarie poggiano a loro volta su rocce più antiche appartenenti alla serie vulcanica e al basamento cristallino della Serie dei Laghi; queste affiorano in modo discontinuo nel settore centro orientale del territorio e sul versante settentrionale della Rocca di Caldè.



Schema dei rapporti stratigrafici delle formazioni triassiche nel varesotto (Assereto R., 1968)
La colonnina rossa indica grossomodo la posizione della successione stratigrafica di Castelveccana

Calcare di Moltrasio (CM)

Definizione
Calcari e calcari marnosi di colore grigio scuro a stratificazione media o localmente massiccia. Calcari e calcari marnosi di colore grigio chiaro o nocciola.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore, con la Dolomia Principale o con la Dolomia Conchodon, è netto. Il limite superiore, con il Calcare del Domaro (al di fuori dell'area in studio), è transizionale ed avviene mediante progressiva diminuzione del rapporto calcare/marna e scomparsa della selce.

Spessore
Lo spessore totale del Calcare di Moltrasio è valutabile intorno ai 1000-1200 metri.

Litologia
Calcari grigi o nocciola in strati da 20-30 cm a un metro circa, contenenti selce scura in noduli e liste, con interstrati marnosi grigio scuri fogliettati. In genere i livelli calcarei sono costituiti da calcareniti fini, meno frequentemente da calcilutiti. Nella parte alta della formazione tendono a comparire livelli decimetrici di marne fogliettate, mentre il contenuto di selce diminuisce.

Area di affioramento
Il Calcare di Moltrasio costituisce l'ossatura dei rilievi dei Pizzoni di Laveno, del Pizzo del Cuvignone e del Monte Nudo. Gli affioramenti si estendono con notevole continuità da Monteggia (presso Laveno) a Pira di Sopra e dalla strada Vararo-Cittiglio, al di fuori dell'area in studio, alla vetta del Monte Nudo.

Morfologia paleogeografia
Il Calcare di Moltrasio, dal confine comunale con Laveno fino a Pira di Sopra, forma un versante pressochè continuo di ripide pareti, anche verticali, di alcune decine di metri di altezza. Alla base di queste pareti è presente una fascia di depositi di falda detritica postglaciale che ricopre i depositi dell'Alloformazione di Cantù e le altre unità sedimentarie di substrato. I sedimenti del Calcare di Moltrasio si sono deposti in un bacino in via di rapido approfondimento, con gradienti e scarpate significative lungo i fianchi.

Età
Il Calcare di Moltrasio è prevalentemente di età sinemuriana, ma potrebbe iniziare un poco prima e terminare entro il Pliensbachiano inferiore (Lias inferiore).

Dolomia a Conchodon (CO)

Definizione
Calcari puri, compatti, di colore variabile da nocciola a grigio chiaro a bianco, con screziature verde chiaro e rosa.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore, con la Dolomia del Campo dei Fiori, è transizionale.

Spessore
Lo spessore della formazione si mantiene abbastanza costante (150-200 metri), per ridursi a zero su una distanza di 500 metri poco a valle della mulattiera che porta dal passo del Cuvignone al Monte Nudo.

Litologia
Calcari micritici nocciola, bianchi o grigio chiaro in banchi da 40-50 cm, fino ad un metro circa, uniformemente bianco-grigiastri sulle superfici alterate. Subordinatamente dolomie grigie o rosso violacee cristalline. Sul Monte Nudo è ben sviluppato il fenomeno carsico di superficie, con forme tipo *karren*.

Area di affioramento
La Dolomia Conchodon affiora nella parte alta del versante N del Monte Nudo, in una fascia piuttosto stretta orientata approssimativamente E-W, e sul versante occidentale del Monte Ganna.

Morfologia e paleogeografia
Forma parte delle ripide pareti del Monte Nudo e del versante W del Monte Ganna. La sedimentazione avvenne su piattaforma carbonatica di debole profondità, con scarsi apporti terrigeni e libera circolazione delle acque.

Età
La Dolomia Conchodon è attribuibile al Retico superiore.

Dolomia del Campo dei Fiori (CF)

Definizione
Calcari dolomitici e dolomie calcaree di colore solitamente nocciola, ben stratificati.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore, con la Dolomia Principale, risulta difficilmente ubicabile; dovrebbe comunque trattarsi di un limite abbastanza netto per cambio di struttura delle due formazioni. Indicativamente il limite tra la Dolomia del Campo dei Fiori e la Dolomia Principale è riconoscibile lungo la mulattiera che dal Rifugio Adamoli porta al Monte Nudo.

Spessore
La Dolomia del Campo dei Fiori presenta spessore variabile da circa 200-250 metri, assottigliandosi intorno ai 50 m in corrispondenza della sella tra il Monte Nudo e il Monte la Teggia.

Litologia
Dolomie calcaree, spesso oolitiche, alternate, nei livelli inferiori con marne e calcari marnosi bruno-giallastri. Banchi e/o strati di dolomie e, subordinatamente, calcari dolomitici di colore nocciola o grigio chiaro, a volte debolmente marnosi. Localmente (frequenti nell'area tipo del Monte Campo dei Fiori) sottili interstrati di marne giallognole o verdastre.

Area di affioramento
La Dolomia del Campo dei Fiori affiora nella parte alta del versante N del Monte Nudo, in una fascia piuttosto stretta orientata approssimativamente E-W, e sul versante occidentale del Monte Ganna. Gli affioramenti sono spesso discontinui e l'unità risulta coperta da depositi di falda detritica postglaciale.

Morfologia e paleogeografia
Forma parte delle ripide pareti del Monte Nudo e del versante W del Monte Ganna. La sedimentazione avvenne su una piattaforma poco profonda, saltuariamente interessata da apporti terrigeni fini, con acque ossigenate che favorivano lo sviluppo degli organismi.

Età
La Dolomia del Campo dei Fiori è attribuibile al Retico superiore - medio.

Dolomia Principale (DP)

Definizione

Inferiormente è costituita da dolomie calcaree finemente cristalline, di colore biancastro o nocciola chiaro, a stratificazione massiccia. Ad essa segue una serie uniforme di dolomie, e localmente dolomie calcaree, a stratificazione massiccia o indistinta, di colore variante da grigio molto chiaro a scuro.

Superfici limite e rapporti stratigrafici

La Dolomia Principale poggia sulle Marne del Pizzella con contatto netto. Il limite è stato osservato e cartografato lungo la strada che sale al passo del Cuvignone poco a monte di S. Antonio e nella valle sul cui fianco idrografico sinistro passa la strada per S. Michele in comune di Porto Valtravaglia.

Spessore

Lo spessore dell'unità è valutabile intorno ai 250-300 m sul Monte Nudo e tende a ridursi leggermente verso W per elisione tettonica. Lo spessore medio della formazione nell'area del varesotto è stato valutato intorno ai 400 m.

Litologia

Dolomie cristalline e dolomie calcaree di colore grigio o grigio-rosato e biancastro in banchi da 30-40 cm a 3 metri, spesso amalgamati a dare una stratificazione indistinta. Nella zona tra il Monte La Teggia ed il Monte Nudo, entro la formazione compaiono localmente calcari dolomitici e dolomie zonate in strati centimetrici (3-4 cm fino a 10 cm circa). Presenza di stromatoliti e strutture di essiccazione.

Area di affioramento

La Dolomia Principale affiora sul versante N del Monte Nudo e sul versante W del Monte Ganna. Affiora inoltre a quote prossime alla riva del lago tra le località Sasso Galletto e l'Americana e sul versante a monte delle località Alleggio di Mezzo e Golfo del Sole. L'estensione degli affioramenti è spesso limitata dato che la formazione risulta coperta da depositi glaciali e detritici postglaciali.

Morfologia e paleogeografia

La Dolomia Principale, contrariamente alle unità sedimentarie precedentemente descritte, forma raramente pareti esposte. Significative da segnalare sono le pareti in Dolomia Principale presso Sasso Galletto, strapiombanti sul lago, intensamente fratturate e soggette a crolli come

testimoniato dall'estesa falda detritica presente alle pendici. Significative anche le pareti del versante NW del Monte Ganna, a giacitura subverticale e per alcuni tratti a picco sulla strada per S. Michele in comune di Porto Valtravaglia. La Dolomia Principale è un tipico deposito di piana peritidale, facente parte di un grande complesso di piattaforma carbonatica.

Età
La Dolomia Principale è attribuibile al Norico.

Marne del Pizzella (PZ)

Definizione
Marne, calcari marnosi e dolomie marnose in strati e straterelli, irregolarmente alternati, di aspetto variegato.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore è con la Formazione di Cunardo. I rapporti esistenti tra la Formazione di Cunardo e le Marne del Pizzella sono molto complessi e non facilmente schematizzabili, essendo possibile ipotizzare un parziale rapporto di eteropia tra le due formazioni, per la presenza frequente, al passaggio, di intercalazioni dei due litotipi dominanti e per la variabilità notevole degli spessori relativi. Il limite, con buona approssimazione, è stato cartografato lungo la strada che sale al passo del Cuvignone poco a monte di S. Antonio, nella valle sul cui fianco idrografico sinistro passa la strada per S. Michele in comune di Porto Valtravaglia e presso la località l'Americana lungo la riva del lago.

Spessore
Le Marne del Pizzella hanno una potenza piuttosto regolare, che varia da 40 a 60 m.

Litologia
Alternanze irregolari di marne siltose grigio giallastre fogliettate, calcari dolomitici fortemente zonati in strati centimetrici grigio-biancastri, spesso con interstrati marnoso-argillosi neri ad alto contenuto di materia organica e sporadiche intercalazioni calcareo-dolomitiche grigiastre e nocciola. La componente marnosa tende a prevalere verso la sommità della formazione. Le facies marnose sono talvolta ricche di impregnazioni bituminose; raramente sono presenti coproliti e resti sparsi di pesci.

Area di affioramento
Le Marne del Pizzella affiorano sporadicamente lungo la strada provinciale per il passo del Cuvignone, sulla sponda del lago presso l'Americana e a NNE di S. Antonio.

Morfologia e paleogeografia
Per l'esiguità degli affioramenti le Marne del Pizzella non danno luogo a particolari morfologie, anche se per la loro facile erodibilità e duttilità mostrano un addolcimento del versante riconoscibile anche dove queste non affiorano palesemente, come presso il passo del Cuvignone prima di scendere verso Vararo. L'aspetto generale suggerisce una deposizione legata ed ampie e basse pianure costiere in cui si alternavano lateralmente e verticalmente condizioni da sopracotidali a intercotidali a sublitorali.

Età
Le Marne del Pizzella sono attribuibili al Carnico superiore.

Formazione di Cunardo (CU)

Definizione
Irregolare alternanza di dolomie e dolomie calcaree grigie e marroncine.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore, con la Dolomia del S. Salvatore, è di tipo transizionale; la maggiore erodibilità della Formazione di Cunardo rende però tale limite ben intuibile dal punto di vista morfologico.

Spessore
Nell'area tipo raggiunge spessori tra gli 80 e i 120 m. Nell'area di studio la Formazione di Cunardo raggiunge spessori limitati dell'ordine di 50 metri.

Litologia
Calcari e calcari dolomitici grigi o nocciola, ben laminati, in strati sottili da 3-4 cm a 10-15 cm (strada provinciale per il passo del Cuvignone) e sporadiche intercalazioni calcareo-dolomitiche decimetriche (20-30 cm) con giunti marnosi grigio giallastri fogliettati. Verso la sommità della formazione abbiamo calcari dolomitici in strati di 20-30 cm, irregolarmente intercalati alla litofacies sopra descritta. Verso il passaggio alle Marne del Pizzella si possono avere banchi di 40-80 cm, in alcuni casi fino a un metro, con sporadiche intercalazioni decimetriche di marne fogliettate riferibili alla formazione soprastante.

Area di affioramento
La Formazione di Cunardo affiora sporadicamente lungo la strada provinciale per il passo del Cuvignone, sulla sponda del lago presso l'Americana e a NNE di S. Antonio.

Morfologia e paleogeografia
Per l'esiguità degli affioramenti la Formazione di Cunardo non da luogo a particolari morfologie. L'affioramento lungo la provinciale per il Cuvignone si presenta di altezza di qualche metro direttamente a ridosso della strada.

I caratteri litologici di questa formazione suggeriscono una deposizione in un bacino di retroscogliera di debole profondità a circolazione parziale ridotta.

Età
La Formazione di Cunardo è attribuibile al Carnico medio.

Dolomia del S. Salvatore (DS)

Definizione
Dolomie e dolomie calcaree finemente cristalline, di colore grigio-bruno, nocciola o bianco-rosato, a stratificazione massiccia o indistinta, soprattutto nella parte sommitale della serie.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore con la successione vulcanica permiana o con il basamento metamorfico è netto, anche se, nell'area in studio, non chiaramente visibile in affioramento tranne presso la Rocca di Caldè (dove è presumibile sia di tipo tettonico) e alla testata della valle del Ronè.

Spessore
E' difficilmente valutabile per la discontinuità degli affioramenti e per l'azione tettonica; è tuttavia stimabile in 300-400 metri.

Litologia
Dolomie e calcari dolomitici biancastri, grigi o nocciola rosato, generalmente ben stratificati, in strati da 5-10 cm a 60-80 cm, localmente in banchi di oltre 2 metri (Rocca di Caldè); interstrati marnosi da millimetrici a centimetrici fogliettati. I livelli si presentano spesso laminati.

Area di affioramento
La Dolomia del S. Salvatore affiora lungo la sponda del lago da l'Americana al Sasso Sciseno e lungo una fascia che si estende da Casone Pianizze a S. Michele in comune di Porto Valtravaglia. Inoltre tutto l'alto della Rocca di Caldè è formato da tale formazione.

Morfologia e paleogeografia
La Dolomia del S. Salvatore forma spesso alte pareti verticali dell'ordine di qualche decina di metri, risultato della giacitura subverticale degli strati. Da segnalare le alte pareti a picco sul lago del versante NW della Rocca di Calde e della fascia che si estende da Casone Pianizze a S. Michele in comune di Porto Valtravaglia, che per un buon tratto è verticale sulla provinciale per il passo del Cuvignone poco sotto di S. Antonio. Queste pareti formano anche lo spettacolare salto delle Cascate del Froda.

I depositi appartenenti a questa formazione si sono deposti in ambienti di piattaforma carbonatica.

Età
La Dolomia del S. Salvatore è attribuibile al Carnico inferiore – Anisico.

Servino (SR)

Poco a monte di Pira di Sopra è presente un affioramento che è stato associato a questa unità; data l'assenza di altri spaccati non è possibile caratterizzare, a scala locale, il Servino, pertanto la sua descrizione fa riferimento ad altri ambiti esterni al territorio studiato dove l'unità è meglio rappresentata.

Definizione
Associazione di litotipi terrigeni e carbonatici.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
I limiti con le altre formazioni riconosciute non sono visibili sul terreno, data l'abbondante copertura detritica e per l'unicità dell'affioramento. Si ipotizza che il Servino poggi con contatto netto sul basamento metamorfico e presumibilmente anche sulle vulcaniti permiane.

Spessore
Nel comune di Castelveccana il Servino ha uno spessore limitato a pochi metri, probabilmente controllato da una intensa tettonizzazione. Dove l'unità è meglio espressa lo spessore si attesta a 150 metri fino a raggiungere i 300 metri nella zona del Lago di Como.

Litologia
Il Servino si presenta suddiviso in diversi membri con caratteristiche litologiche differenti; nell'area in studio, data l'unicità dell'affioramento presente, non è possibile alcuna attribuzione. L'affioramento presenta caratteri prettamente arenacei in particolare si hanno arenarie

grossolane di colore grigio-bruno o giallastro, molto alterate in livelli decimetrici mal definiti.

Area di affioramento
L'unico affioramento è ubicato sul versante a N della località Pira di Sopra.

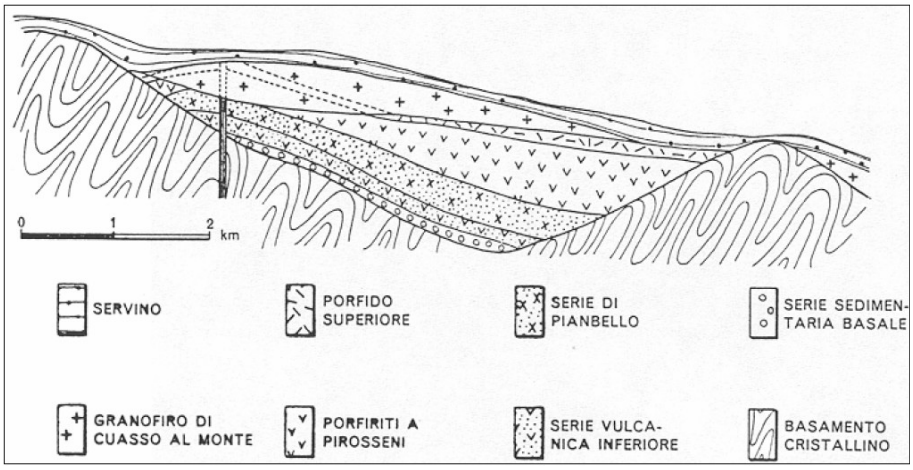
Morfologia e paleogeografia
L'unico affioramento da luogo ad una piccola parete di altezza massima di 2 metri, caratterizzata da intensa fratturazione che da origine a crolli con conseguente formazione di falda detritica. L'interpretazione sedimentologica della successione induce a riconoscere nel Servino l'espressione di un'estesa piana tidale sabbiosa.

Età
Dal punto di vista cronostratigrafico, il Servino coincide in larga misura con il Triassico inferiore (Induano – Olenekiano).

Successione vulcanica permiana (VU)

Definizione
Tufi e tufi cristallini rossastri; tufi brecciati rosso-violacei con frammenti di vulcaniti rosso scuro in massa di fondo vetrosa; tufi conglomeratici.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Il limite inferiore è con il basamento metamorfico, mentre superiormente è ricoperta dalla Dolomia del S. Salvatore; entrambi i limiti sono netti e presumibilmente anche a carattere tettonico. Le estese coperture detritiche presenti alla base della parete in Dolomia del S. Salvatore (E del Pizzo del Cuvignone) e la copertura glaciale non consentono di osservare, sul terreno, tali limiti.



Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità permiane del varesotto (De Sitter L.U., 1939)

Spessore
Non ben definibile causa la discontinuità degli affioramenti, sembra essere molto variabile. Si può ipotizzare uno spessore variabile tra una decina di metri e 40-50 metri.

Litologia
La successione è costituita da tufi cristallini e porfiriti violaceo-rossastre privi di bancatura evidente e spesso alterati e intensamente fratturati e tufi brecciati con frammenti di vulcaniti e clasti litici del basamento metamorfico; localmente si notano piani di strato e/o scivolamento.

Area di affioramento
L'unità affiora in lembi isolati nel bacino del Froda, sul versante a monte di Pira di Sopra.

Morfologia e paleogeografia
L'affioramento più significativo forma una parete subverticale di circa 10 metri di altezza, fortemente alterata e soggetta a franamento, a dare una falda detritica rossastra a granulometria ghiaioso – sabbiosa.

Età
L'unità è attribuibile al Permiano.

Basamento cristallino metamorfico – Serie del Laghi (MP)

Definizione
Micascisti, talora granatiferi, a biotite e muscovite, alternati a gneiss minuti di colore grigio scuro sino a grigio rosato.

Superfici limite e rapporti stratigrafici
Limite superiore netto con la Dolomia del S. Salvatore. L'estesa copertura glaciale non ha permesso di osservare tale limite sul terreno; solo alla testata della valle del Ronè, circa alla quota di 725 m s.l.m., un piccolo affioramento di micascisti è a contatto con la sovrastante Dolomia del S. Salvatore.

Spessore
Non valutabile.

Litologia
Micascisti, talora granatiferi, a biotite e muscovite, alternati a gneiss minuti di colore grigio scuro sino a grigio rosato. I micascisti presentano una grana da media a grossolana ed un fabric tettonico pervasivo, caratterizzato da una scistosità spaziata. I domini di clivaggio, paralleli e talvolta crenulati, sono definiti dalla concentrazione di fillosilicati in letti, mostranti uno spessore

maggiore rispetto ai lithons. La composizione mineralogica è caratterizzata principalmente dalla presenza di miche (biotite e subordinatamente muscovite), che vanno a costituire i domini di clivaggio. I lithons, invece, sono costituiti da plagioclasio e quarzo. Il quarzo è stato osservato sotto forma di lenticelle allungate lungo i piani di scistosità. Disposti sul piano della foliazione si sono raramente osservati porfiroblasti, aventi dimensioni millimetriche, di granato color rosso cupo.

I paragneiss, fittamente intercalati con i micascisti, mostrano una grana media ed una foliazione poco marcata per la prevalenza di minerali quarzoso-feldspatici rispetto ai fillosilicati. Sono di colore grigio in frattura e marroncino in patina; presenza di patine di alterazione color ruggine provocate dalla circolazione di acqua meteorica.

Area di affioramento

L'unità affiora in modo discontinuo lungo la provinciale per il passo del Cuvignone presso la località Biogno e sul versante N della Rocca di Caldè in prossimità del limite comunale. L'unità è meglio esposta nella valle del Ronè, costituendo il versante in sinistra idrografica.

Morfologia e paleogeografia

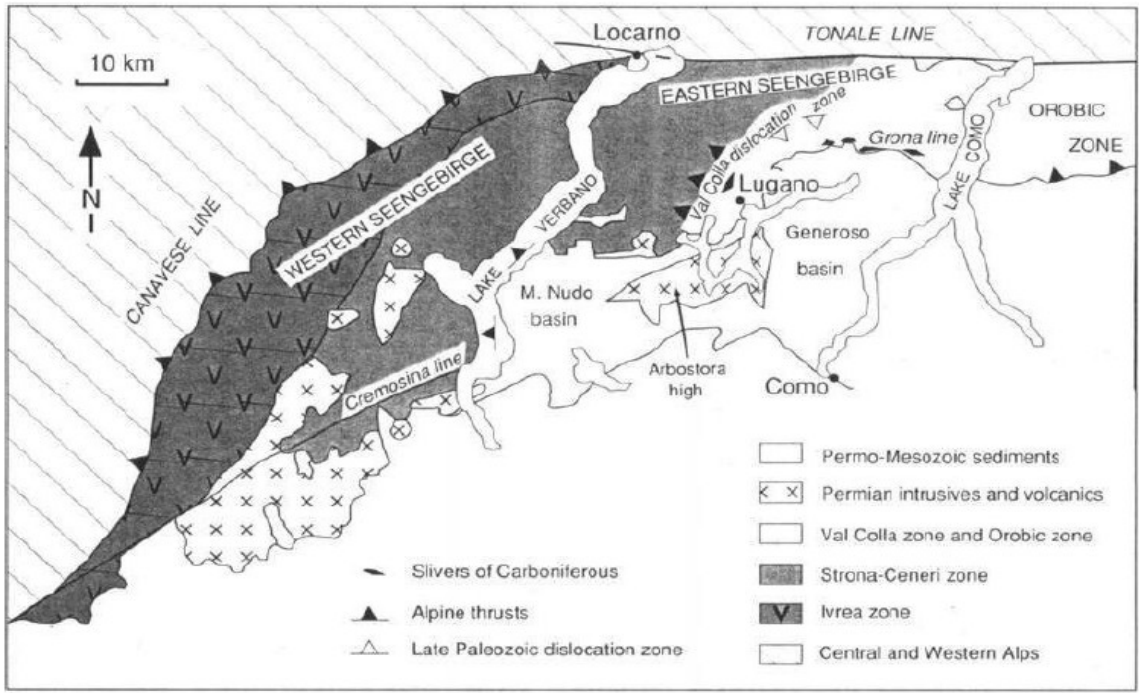
Gli Scisti dei Laghi sono interpretati come il prodotto polimetamorfico di un'originaria sequenza pelitico-arenacea. L'età varisica della scistosità regionale è documentata con certezza dal fatto che essa è da un lato antecedente alla messa in posto dei graniti e dei filoni permiani ed alla deposizione delle coperture tardo paleozoiche e, dall'altro, è successiva all'intrusione dei plutoni ordoviciani, trasformati poi in ortogneiss.

Età

L'unità è attribuita all'Ordoviciano.

4.2 Tettonica

L'assetto strutturale dell'area in esame è dominato da direttrici tettoniche in direzione E-W e NE-SW. Lo stile tettonico è prevalentemente a faglie.



Principali elementi paleotettonici e unità geologico-strutturali della Lombardia centro occidentale (Schumacher,1990)

I principali elementi tettonici che interessano il territorio sono:

Faglia di Ghirla: linea tettonica di importanza regionale; nell'area in esame la Faglia di Ghirla decorre in direzione approssimativamente E-W, da S. Antonio all'impluvio sotto il Casone Pianazze. La faglia interessa per la maggior parte la Dolomia del S. Salvatore e disloca brevemente le unità carniche verso E.

Faglia di Vararo: decorre in direzione NE-SW, interessando in versante NE del Pizzo del Cuvignone, i versanti meridionali del Monte La Teggia e dei Pizzoni di Laveno. La Faglia di Vararo pone a contatto, lungo tutto il suo decorso, le unità del Lias inferiore-medio (Calcare di Moltrasio) con le unità triassiche, dando luogo ad un raddoppiamento tettonico della successione. Tale elemento tettonico risulta ben osservabile lungo la valle che si sviluppa a N di Pira di Sopra, lungo cui il Calcare di Moltrasio viene a contatto con la Dolomia del S. Salvatore.

Faglia del Sasso Galletto: questa faglia interessa la parte inferiore del versante N dei Pizzoni di Laveno, con decorso in parte parallelo alla sponda del lago, immergendosi nello stesso in

corrispondenza dell'imbocco della galleria stradale. La faglia disloca parzialmente le unità del Triassico medio e del Carnico contro la Dolomia Principale.

La sequenza Norico-Liassica è brevemente dislocata da una faglia con decorso circa N-S, a SW del Sasso Galletto.

"*La grande varietà litologica e tettonica determina cime morfologicamente molto varie, ma in generale molto ripide per verticalità degli strati (Sasso del Ferro, Pizzoni di Laveno, Monte Nudo) o per affioramento di testate di strati in sinclinale (Monte San Martino, Monte Pian Nave), separate da alcune insellature scavate in corrispondenza di fratture o rocce scistose (Passo Cuvignone, S. Antonio, S. Michele)*" (Nangeroni G., 1965).

5.0 GEOMORFOLOGIA

5.1 Lineamenti geomorfologici generali

Il territorio comunale di Castelveccana si colloca in un contesto geomorfologico prealpino; a grandi linee il territorio è suddivisibile in due ambiti territoriali: un settore montano a S a morfologia più aspra data dalla presenza predominante del substrato roccioso e un settore collinare a morfologia generalmente più dolce caratterizzata da coperture glaciali.

Settore montano: ulteriormente suddivisibile in:

Settore montano superiore: morfologia rilevata, con pendii acclivi anche con pareti verticali di alcune decine di metri di altezza. Il substrato, carbonatico, è affiorante o subaffiorante; la copertura glaciale è assente e solo raramente limitata a placche discontinue attribuibili alla massima espansione glaciale (versante W del Pizzo del Cuvignone). Più estesa è la copertura detritica postglaciale che copre, in discordanza sull'affiorante, la parte superiore del versante N dei Pizzoni di Laveno e parzialmente quella del Monte Nudo. La forte acclività delle pareti, in associazione alla fratturazione anche marcata (Sasso Galletto, Rocca di Caldè) del litotipi, rendono questo settore altamente instabile soggetto a crolli diffusi, come anche testimoniato dalle falde detriche presenti alla base delle pareti (Sasso Galletto).

Settore montano inferiore: si sviluppa indicativamente a monte di Pira di Sopra e Biogno e a monte delle località Alleggio di Mezzo – La Piana da quota di circa 350 m s.l.m. fino alla base delle pareti rocciose; questo settore è caratterizzato, in linea generale da pendii ad acclività media ad eccezione degli impluvi fortemente incisi, con versanti anche subverticali; rilevante l'incisione valliva del Froda. Il settore montano inferiore è prevalentemente costituito da depositi glaciali dell'Alloformazione di Cantù.

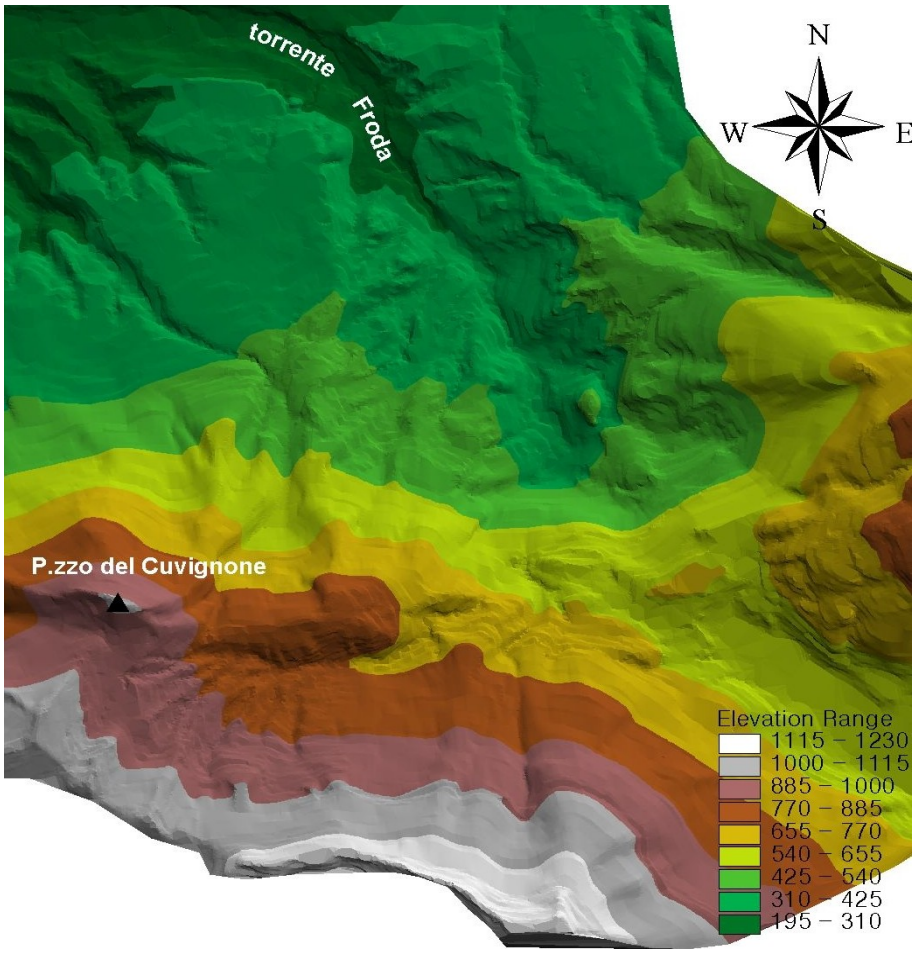
Settore collinare:

A morfologia più dolce con pendenze del rilievo medio-basse mai superiori ai 20°, ad eccezione delle incisioni vallive dove si hanno versanti a pendenze superiori. Si caratterizza per la presenza di depositi sia glaciali (till) che fluvioglaciali (piane da Saltirana-Ronchiano a Caldè) e dei ripiani terrazzati di Pianeggi, Sarigo in depositi di contatto glaciale. Fa parte di questo settore anche l'area alla foce del Froda tra Caldè e Valzola, perimetrata, su base morfologica, come

paleoconoide dell'omonimo torrente, attiva durante l'episodio Cantù.

5.2 Modello digitale del terreno (DTM) ed identificazione delle classi di acclività

Per meglio definire l'assetto geomorfologico del territorio, con lo scopo anche di integrare i dati di terreno riferiti alla dinamica geomorfologica, è stata elaborata, a scala comunale, una carta delle pendenze. Inizialmente è stato predisposto un modello digitale del terreno (DTM) elaborando i dati vettoriali delle curve di livello (principali e secondarie) del fotogrammetrico comunale.



Digital Terrain Model (DTM) del territorio di Castelveccana - stralcio

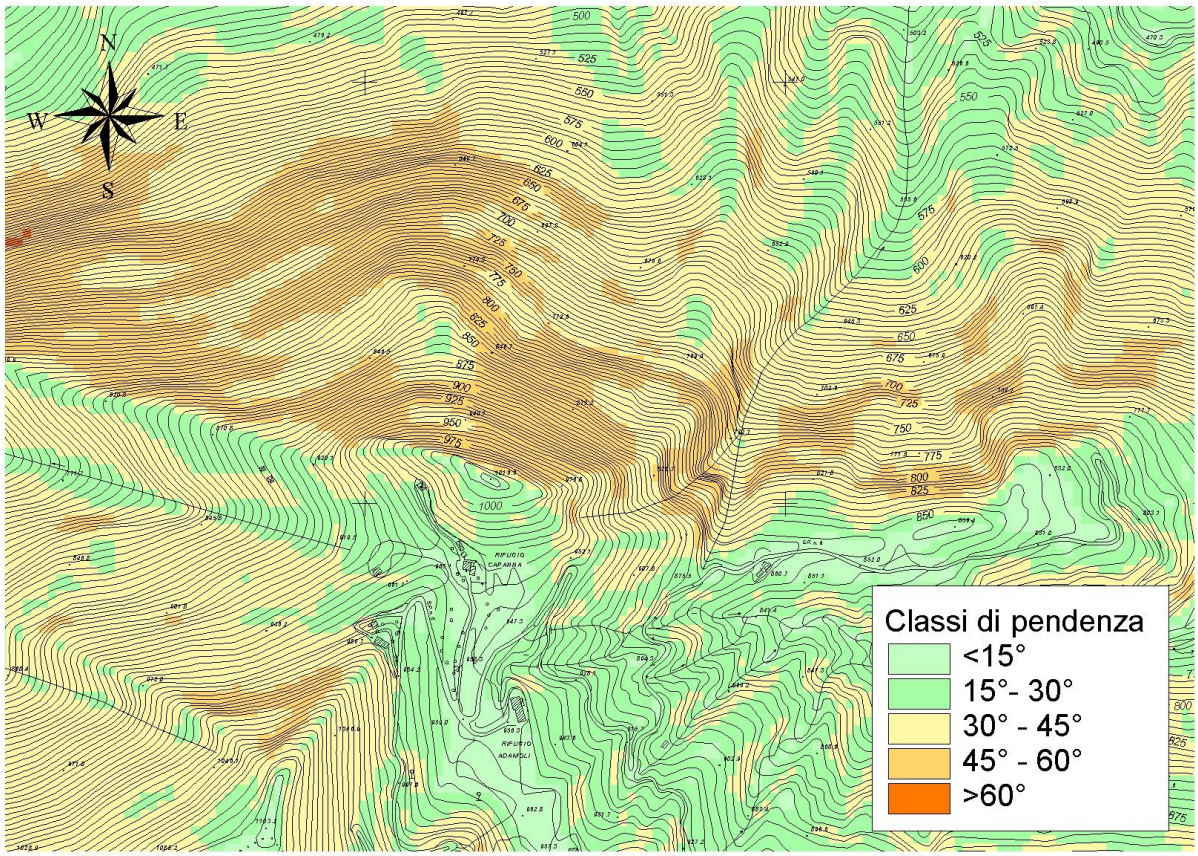
Il DTM consente di fare l'analisi automatizzata dell'andamento orografico del territorio, fornendo la rappresentazione numerica del rilievo. Il modello risulta costituito da una griglia numerica che indica l'andamento delle quote in tutti i punti della superficie terrestre.

Una volta costruito il modello digitale del terreno si è provveduto alla sua elaborazione, con

specifico software, mediante il quale è stata redatta una carta delle pendenze (cfr **Tavola n. 3**). Le operazioni necessarie per realizzare una carta delle pendenze consistono nell'elaborazione dei dati di base utilizzando formule matematiche che calcolano la pendenze dei versanti. In seguito si procede all'unificazione dei dati elaborati in modo da realizzare una singola carta comprensiva dei dati estratti nelle precedenti (carta delle pendenze), la quale può essere ulteriormente elaborata mediante interrogazioni (query) al fine di individuare le aree aventi delle caratteristiche omogenee.

A seguito quindi dei diversi passaggi di calcolo è stata prodotta una carta definitiva in cui sono state rappresentate cinque classi di pendenza del territorio, in particolare:

- classe di acclività con valori di pendenza inferiori o uguali a 15°
- classe di acclività con valori di pendenza compresi tra 15° e 30°
- classe di acclività con valori di pendenza compresi tra 30° e 45°
- classe di acclività con valori di pendenza compresi tra 45° e 60°
- classe di acclività con valori di pendenza superiori a 60°



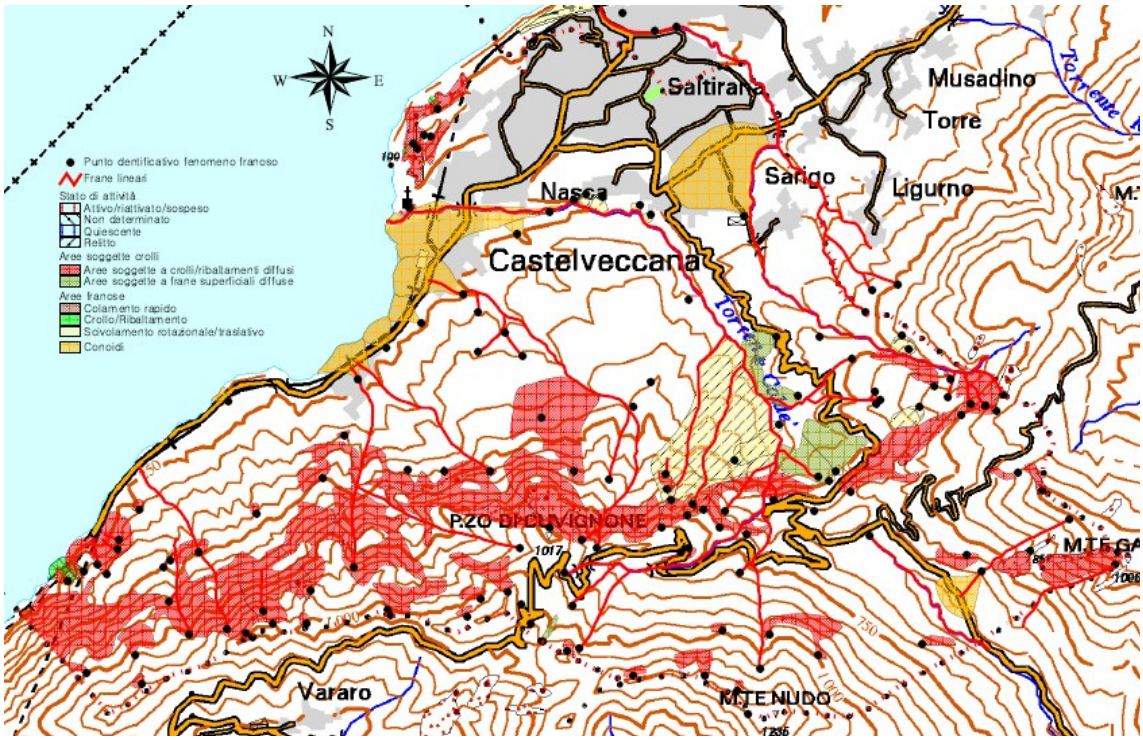
Carte delle classi di pendenza del territorio di Castelveccana - stralcio

5.3 Dinamica geomorfologica

Nel presente paragrafo vengono descritti e caratterizzati i principali elementi del territorio legati alla dinamica geomorfologica.

5.3.1 Dissesti – Progetto IFFI Regione Lombardia

La base di partenza per l'analisi geomorfologica è stata la consultazione delle banche dati regionali in particolare dell'Inventario dei Fenomeni Franosi in Lombardia – Progetto IFFI (anno 2007). Questo database regionale, elaborato quasi esclusivamente su fotointerpretazione, fornisce una prima visione d'insieme sullo stato del dissesto potenziale presente sul territorio, che è stato successivamente verificato, modificato e integrato durante il rilevamento in sito (par. 5.3.2).

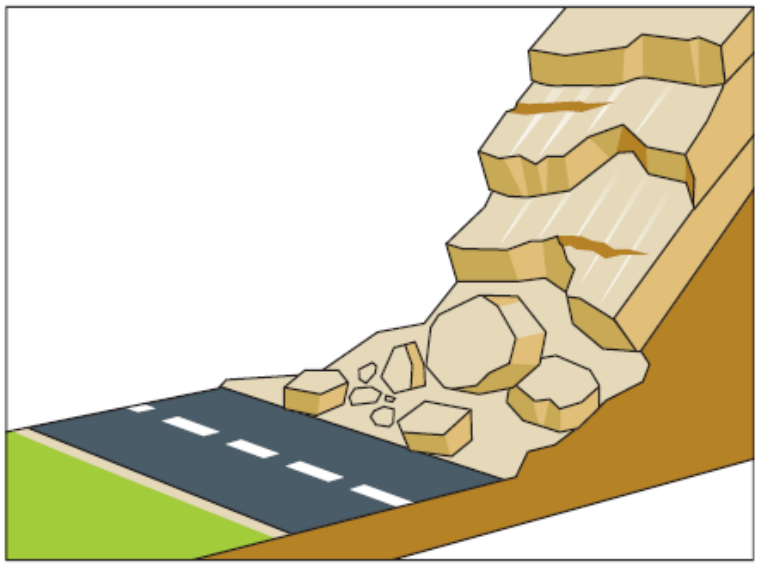


Stato potenziale del dissesto in comune di Castelveccana
(Inventario dei fenomeni franosi in Lombardia - Progetto IFFI, anno 2007)

I dissesti censiti nell'ambito del progetto IFFI, per il comune di Castelveccana, sono cosi classificati:

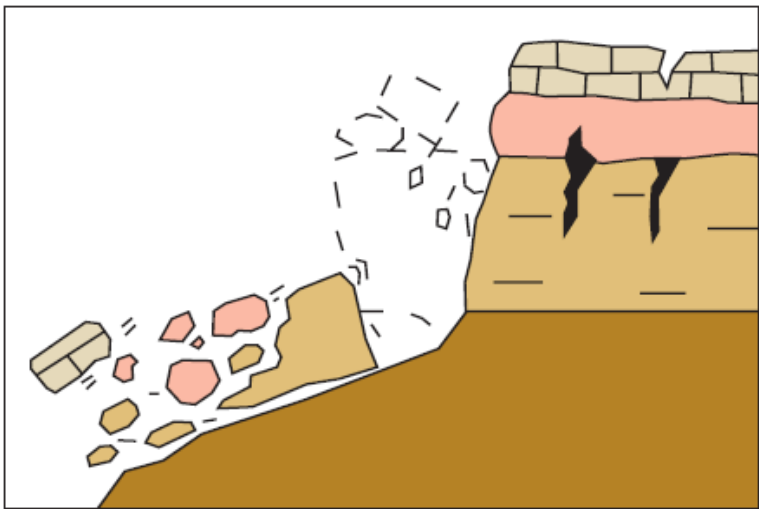
1) Crollo/ribaltamento

Le *frane di crollo* hanno origine da pareti verticali o fortemente inclinate, solitamente con inclinazione non inferiore a 45°-50°. Nelle frane di crollo si ha il distacco di blocchi o di una massa rocciosa di dimensioni variabili. Si può parlare di crolli primari e secondari rispettivamente per distacco diretto da parete rocciosa o per distacco da impatto di corpi già in movimento a seguito della frammentazione degli stessi. Solitamente si distinguono la caduta di singoli elementi di roccia (volume totale minore di 1000 m^3), dai crolli in massa dove si stacca una massa rocciosa di un certo volume (>1000 m^3) la quale si disgrega durante la caduta in frammenti di varie dimensioni.



Il materiale si muove essenzialmente in aria per caduta libera o tramite rotolamento e rimbalzi o talora tramite scivolamento dei blocchi. Il movimento iniziale avviene con un minimo spostamento di taglio che avviene in genere lungo discontinuità strutturali preesistenti o lungo parte di esse.

Il *ribaltamento* si verifica in porzioni di roccia o detrito a forma di parallelepipedo allungato nella direzione dell'altezza. Le frane per ribaltamento hanno origine solitamente in rocce con superfici di discontinuità subverticali e direzione parallela al pendio. Esistono diversi tipi di ribaltamento (per flessione, a blocchi, misto, chevron) secondo il comportamento meccanico della roccia e delle superfici di discontinuità da cui è costituito l'ammasso. Il ribaltamento avviene con la



rotazione di una massa di roccia o di detrito verso l'esterno del pendio attorno a un punto o a un asse poiché la proiezione della forza peso (baricentro della massa) cade al di fuori della base del blocco stesso. Il ribaltamento può evolvere in un'altra tipologia di movimento, è spesso associato, infatti, a crolli, scorrimenti e frammentazione delle masse coinvolte.

Nella carta inventario non viene fatta alcuna distinzione tipologica tra i due tipi di movimento in quanto talvolta il ribaltamento evolve in un crollo non potendo valutare se l'evento stesso sia un originale ribaltamento evoluto in crollo o un crollo tout court.

Questa tipologia di movimento, secondo il database regionale, è stata perimetrata presso la località Sasso Galletto e sul versante occidentale della Rocca di Caldè; i rilevamenti in sito hanno confermato il dissesto al Sasso Galletto (vedi paragrafo successivo), mentre per l'area della Rocca è stata perimetrata un'unica area, corrispondente alle ripide pareti rocciose, potenzialmente soggetta a crolli con le relative falde detritiche e aree di potenziale influenza.

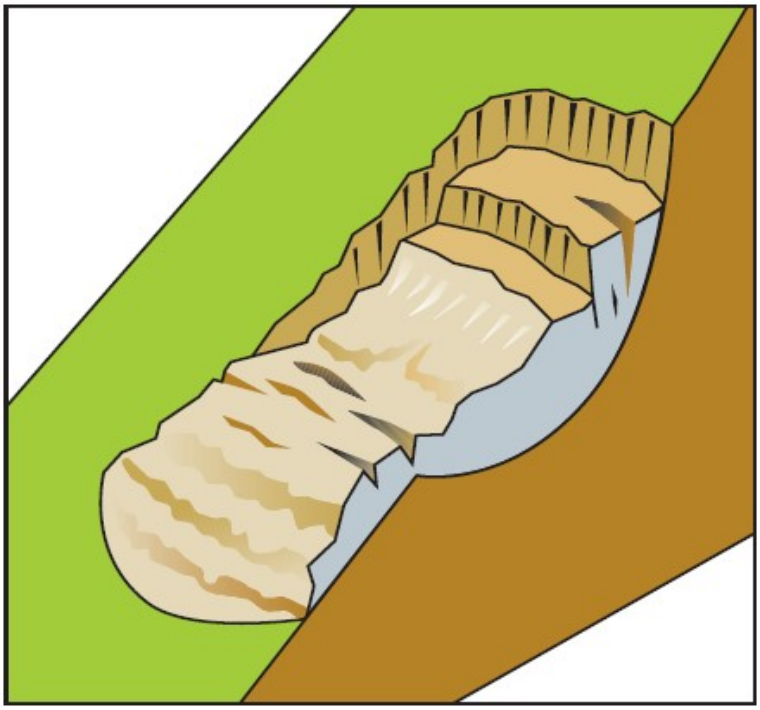
Nella classificazione GeoIFFI è stato introdotto anche il temine "*aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi*". Il fenomeno interessa diffusamente le pareti rocciose verticali e subverticali, principali aree sorgente di crolli, dove si ripetono fenomeni di caduta e scendimento di singoli elementi lapidei o crolli di piccoli ammassi rocciosi, generalmente conseguenti ad uno stato di significativa fratturazione dell'ammasso roccioso e al susseguirsi di cicli stagionali caratterizzati da forte escursione termica. In questa tipologia, nel progetto IFFI, viene mappata generalmente la zona di distacco dei blocchi e più raramente la zona di transito e di accumulo degli stessi.

Crolli e ribaltamenti diffusi interessano principalmente, secondo il database regionale, i versanti settentrionali del Pizzoni di Laveno e del Pizzo del Cuvignone; locali crolli e ribaltamenti interessano il versante N del Monte Nudo, i versanti NW del Monte Ganna e le pareti tra S. Antonio e il Ronè.

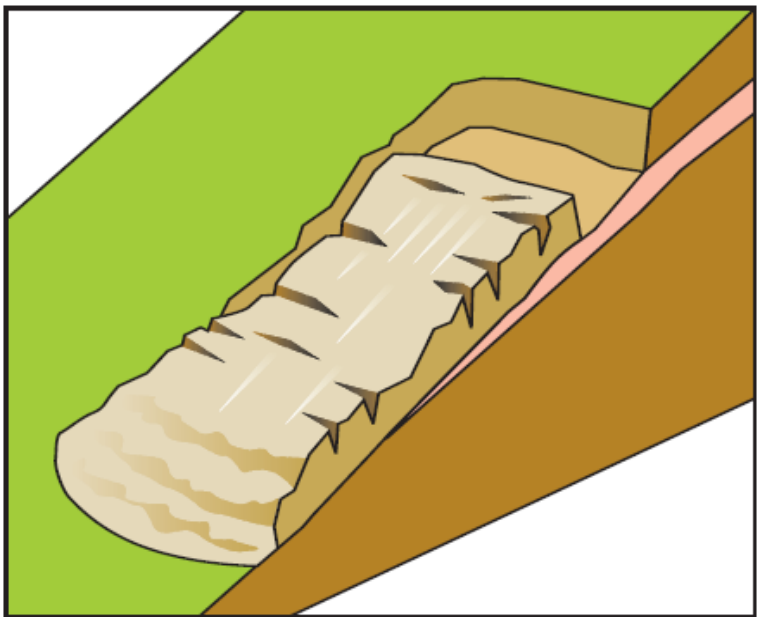
In linea generale i rilevamenti in sito hanno confermato la presenza di questa tipologia di dissesto, anche se spesso ne è stata modificata la perimetrazione. In alcuni ambiti la perimetrazione regionale non ha trovato riscontro sul terreno; la più palese è l'area a crolli diffusi in località Pira di Sopra dove, sopratutto nella porzione di valle, non sono presenti pareti o affioramenti rocciosi ma depositi glaciali e di colata detritica.

2) Scivolamento rotazionale/traslativo

Lo *scivolamento rotazionale* può avvenire lungo una precisa superficie di rottura o lungo una zona di spessore limitato sottoposta a intense deformazioni di taglio. La superficie di scorrimento è concava e in sezione longitudinale può avere forma circolare, arcuata o ellittica. Questa tipologia di frana coinvolge in genere versanti di media o modesta inclinazione. Le dimensioni di questi fenomeni sono estremamente variabili da poche centinaia di metri quadri a diversi ettari. La nicchia di distacco ha forma arcuata o semicircolare, è costituita da una superficie molto inclinata, spesso subverticale, con la concavità verso valle. L'evoluzione di questi fenomeni generalmente avviene per arretramento della nicchia di distacco in seguito alla formazione di nuove fratture che si allargano progressivamente nel tempo e isolano porzioni che collassano.



Lo *scivolamento traslativo* avviene lungo una ben precisa superficie di rottura o lungo una zona di spessore limitato sottoposta a intense deformazioni di taglio. La superficie di scorrimento è piana o debolmente ondulata, sviluppandosi lungo una o più discontinuità preesistenti. Questa tipologia di frana coinvolge in genere versanti di media o modesta inclinazione. Le dimensioni di questi fenomeni sono estremamente variabili da poche centinaia di metri quadri a diversi ettari. La nicchia di distacco si presenta, in genere, subverticale.



Anche in questo caso la rappresentazione cartografica del GeoIFFI non distingue la tipologia del fenomeno. Scivolamenti rotazionali/traslativi sono stati riconosciuti un po ovunque sul territorio. Un'ampia superficie interessa i versanti in sponda idrografica sinistra del Froda, tra Pira di Sopra, Casone Froda fino al greto dell'omonimo torrente. Lo stato di attività è stato classificato come relitto, ad eccezione di una limitata area, quiescente, in prossimità della parte sommitale.

Il rilevamento a terra non ha evidenziato, per quest'area, segni di attività relitta di scivolamento, ma ambiti di dinamica geomorfologica diversi: la parte di monte è caratterizzata da pareti in roccia potenzialmente soggette a crolli con evidenze di falde detritiche, locali tracce di erosione delle acque, colate detritiche quiescenti e potenziali.

In località Pira di Sopra il database regionale riporta due piccole aree di scivolamento attive e una quiescente, ma che non trovano riscontro sul terreno; le aree si presentano boscate e senza evidenza di dissesto (foto).

Un'altra area è presente sul versante idrografico destro del Ronè; il coronamento si trova ad una quota di circa 550 m s.l.m. e il piede arriva a lambire l'alveo. L'attività è classificata come relitta ad eccezione di una porzione al piede che invece è attiva. Il dissesto è stato effettivamente riconosciuto sul terreno anche se con delimitazione differente. Quest'area non è stata rappresentata sulla cartografia tematica (cfr Tavola n. 2), dato che quella porzione di territorio ricade in comune di Porto Valtravaglia; si è rilevato infatti che il limite comunale riportato in CTR non è qui conforme a quello da fotogrammetrico che invece passa in asse con l'alveo, cosi come confermato anche dall'Amministrazione comunale.

A SSE di Biogno, tra circa 700 m s.l.m. e 550 m s.l.m. è perimetrata un'altra frana di scivolamento con attività relitta. Dal rilevamento di terreno invece non sono state riscontrate forme riconducibili ad attività di scivolamento.

Sul versante settentrionale del Pizzo di Cuvignone nella fascia compresa tra i 600 m s.l.m. e i 400 m s.l.m. e lungo la provinciale per Vararo presso la cima del Monte La Teggia sono riportate nel database regionale alcune piccole aree di scivolamento; lo stato di attività di queste è sia quiescente sia attivo. La verifica sul terreno non ha evidenziato questi dissesti, dove invece sono presenti pareti rocciose e falde detritiche.

Infine frane di scivolamento relitte sono state perimetrate sul versante in sponda idrografica destra del Froda sotto l'abitato di Nasca, con effettivo riscontro sul terreno come meglio descritto nel paragrafo successivo.

3) Aree soggette a frane superficiali diffuse

Sono aree soggette a frane di vario tipo ma che coinvolgono sempre spessori limitati di deposito superficiale. Le diverse tipologie possono essere scorrimenti e colate superficiali, aree in erosione regressiva, ecc. Le dimensioni areali dei singoli fenomeni sono spesso limitate, difficili quindi da cartografare singolarmente, venendo pertanto accorpate in un unico poligono. Queste aree sono localizzate sui versanti con poca copertura vegetale e in alcuni tratti spondali lungo la rete idrografica.

Aree soggette a questa tipologia di fenomeno sono state riconosciute, nell'ambito del progetto IFFI, in sponda idrografica destra del Froda, interessando la porzione di versante appena a valle della provinciale per il passo del Cuvignone e il greto del torrente, circa all'altezza di Biogno, verificate anche nel corso del rilevamento di terreno.

Piccole aree sono anche presenti: lungo un impluvio a monte del Rifugio Adamoli, non rilevata e dove in realtà è presente roccia affiorante; in un ramo laterale del rio Asino ad W di Pianeggi e in un impluvio poco a monte di Scirlasca. Anche queste ultime non hanno risconto sul terreno dove invece sono state riconosciuti corpi detritici riconducibili a debris flow.

4) Colamento rapido

Sono movimenti di massa veloci che si sviluppano su versanti acclivi o mediamente acclivi in seguito a piogge brevi e intense e/o prolungate. I fenomeni di colamento rapido, in base alla granulometria del materiale coinvolto, si possono distinguere in colate di detrito, colate di terra, colate di fango ecc.. Nelle zone alpine i fenomeni di colamento rapido sono ascrivibili a fenomeni di debris flow (colate di detrito). In comune di Castelveccana questa tipologia di fenomeno, nell'ambito del progetto IFFI, è stata esclusivamente riportata, con elemento lineare, all'interno dei principali corsi d'acqua. Il rilevamento di terreno ha confermato la presenza di questa tipologia di dissesto, anche se con distribuzione e estensione differente, come meglio spiegato nel paragrafo successivo.

Nella cartografia IFFI sono anche rappresentate aree di *conoide* (5). Per il comune di Castelveccana le conoidi principalmente si trovano lungo la sponda del lago, da Caldè al Sasso Sciseno e a S. Antonio; le più estese sono quelle del Froda e del rio dell'Asino. Un'area di conoide è anche perimetrata tra Sarigo e Nasca, ma che in realtà non esiste trattandosi di un'area con terrazzi di kame di contatto glaciale.

5.3.2 Dissesti – Quadro conoscitivo di dettaglio

Gli ambiti di potenziale dissesto censiti nel progetto IFFI sono stati, come detto in precedenza, verificati nel corso del rilevamento di terreno; il quadro del dissesto è stato pertanto integrato e modificato, arrivando ad elaborare una cartografia tematica (cfr Tavola n. 2) in cui è rappresentato lo stato del dissesto, reale e potenziale, presente sul territorio di Castelveccana. Gli ambiti riconosciuti sono cosi suddivisi:

Forme e processi di versante dovuti alla gravità: frane di scivolamento superficiale

Questa tipologia di fenomeno non è particolarmente diffusa nel territorio, interessando principalmente alcune porzioni di versante, particolarmente acclivi, dei principali corsi d'acqua. Non si riconoscono processi attualmente attivi ma solo stati quiescenti o relitti. Il franamento ha coinvolto le porzioni più superficiali della copertura, da un minimo di circa 10 cm a un massimo di 2 metri, su superfici mai rilevanti.

Frazione Nasca

Sono presenti quattro frane di scivolamento superficiale che interessano parte del versante meridionale della morena di Nasca (foto), in sponda idrografica destra del Froda, cosi come già evidenziato nel GeoIFFI regionale. Litologicamente è presente un deposito sciolto glaciale a granulometria ghiaioso

grossolana con matrice sabbiosa; le pendenze sono rilevanti, anche superiori a 35°. La frana più a monte (foto), per la quale è stato possibile distinguere l'area di distacco e di transito-accumulo, ha la nicchia di frana in prossimità del ciglio superiore della scarpata e il materiale di accumulo arriva a lambire l'alveo del Froda. Lo stato di attività è stato valutato come quiescente. In quest'area sono state perimetrate altre due frane quiescenti, di dimensioni minori della precedente, ma per le quali non si è distinta l'area di distacco. Da ultimo è riconoscibile morfologicamente una quarta porzione di versante che si ipotizza essere una frana relitta; sul terreno si distingue bene quella che è stata l'area di accumulo, ipotizzando l'area di distacco alla sommità del versante dove le pendenze sono dell'ordine dei 30°, in analogia con l'altra frana quiescente sopra descritta.

Località Biogno

In località Biogno sono state riconosciute quattro frane di scivolamento superficiale, per cui si è valutato uno stato quiescente di attività. La più significativa è quella che interessa il versante, subito sotto l'abitato, in sinistra idrografica del Ronè, caratterizzato da pendenze elevate (20°-35°) e litologie sciolte glaciali e probabilmente con orizzonti in depositi fluvioglaciali sabbiosi. Il dissesto ha una superficie totale di circa 5.000 m^2, la zona di nicchia ha un'altezza valutata intorno ai 20 metri e larga circa 70 metri, il cui coronamento arriva a lambire la strada di Biogno.

Il materiale di accumulo arriva fino alla base del versante in prossimità dell'alveo.

Le altre tre frane sono di dimensioni più modeste: una si trova sempre in sinistra idrografica del Ronè, poco più a valle della precedente e le altre due (foto) interessano il versante in sponda idrografica destra del Froda dove il movimento franoso ha interessato litologie sabbiose.

In aggiunta a queste sono state perimetrate due aree potenzialmente soggette a frane superficiali; la delimitazione, in accordo con quanto rappresentato nel GeoIFFI, ha tenuto conto di vari aspetti segnalatori di un potenziale dissesto, quali un diffuso ruscellamento superficiale non incanalato, la presenza di litologie sabbiose e versanti a medio-alta acclività.

Località S. Antonio

Alle pendici N orientali del Monte Nudo è stata riconosciuta un'area in frana di scivolamento non evidenziata nella cartografia IFFI. Questa si sviluppa da quota di 680 m s.l.m. fino a 610 m s.l.m. su una superficie di circa 10.000 m^2. La perimetrazione si riferisce a quella che dovrebbe essere l'accumulo del dissesto, non riconoscendo l'effettiva area di nicchia ma solo un ipotetico coronamento, rappresentato in carta con un simbolo lineare.

Località Rifugio Adamoli

Poco a SE del Rifugio Adamoli, percorrendo la sterrata che taglia a mezzacosta il versante settentrionale del Monte Nudo, è stata riconosciuta una frana di scivolamento di circa 6.000 m^2. Il materiale coinvolto è probabilmente costituito da detrito di falda, che a sua volta va ad alimentare la colata detritica presente nel vicino impluvio (vedi oltre). La perimetrazione si riferisce a quella che dovrebbe essere l'accumulo del dissesto, non riconoscendo l'effettiva area di nicchia.

Questa frana non è presente nella carta inventario, nella quale però, in quest'area, è riportata un'area soggetta a frane superficiali e due piccole frane di scivolamento lungo la provinciale poco prima del passo. Gli elementi di dissesto riportati nel GeoIFFI non hanno però riscontro sul terreno come detto nel paragrafo precedente.

Rocca di Caldè

Sul versante occidentale della Roccà di Caldè sono state riconosciute alcune aree a instabilità quiescente, che coinvolgono principalmente le falde detritiche alle pendici delle ripide pareti in roccia. Le aree sono in genere di piccole dimensioni, ad eccezione di una che occupa una superficie di circa 4.500 m^2, dalla quota di 300 m s.l.m. alla quota di 210 m s.l.m., ciò fino a lambire il piazzale della vecchia cava. Le carte inventario non evidenziano, in questa zona, alcuna frana di scivolamento superficiale ma solo aree di crollo e ribaltamento, sopratutto potenzili.

Forme e processi di versante dovuti alla gravità: aree interessate da soil creep diffuso

Si tratta di lento e diffuso movimento della copertura detritica, in cui i singoli elementi di terreno sono interessati da movimenti individuali dovuti alla sola gravità. Il soil creep è causato da cicli di imbibizione/essiccamento, gelo/disgelo, caldo/freddo.

Diverse porzioni del territorio comunale sono interessate da questo tipo di movimento, principalmente in corrispondenza dei versanti dei corsi d'acqua compresi tra il Froda e la località La Piana. Il fenomeno interessa le porzioni superficiali della copertura glaciale e gli orizzonti eluvio-colluviali, manifestandosi in genere con diffuse scarpatine, decorticazioni e caratteristica curvatura alla base delle piante.

Forme e processi di versante dovuti alla gravità: aree potenzialmente soggette a crolli

La fascia meridionale del territorio di Castelveccana, che comprende i versanti del Monte Ganna, Monte Nudo, Monte la Teggia, Pizzo del Cuvignone, Pizzoni di Laveno, è caratterizzata da pareti in roccia affiorante a giacitura subverticale (a franapoggio) e generalmente fratturate e interessate da lineamenti tettonici anche di importanza regionale, potenzialmente soggette a crolli di massi e ribaltamenti. Il dissesto è spesso testimoniato dalla presenza di falde detritiche e da morfologie riconducibili a nicchie di distacco, individuate a seguito del rilevamento di terreno e da fotointerpretazione per quelle zone inaccessibili.

La porzione di versante potenzialmente più pericolosa è quella presso S. Antonio, dove il possibile distacco di blocchi può interferire con la viabilità lungo la strada (SP n. 7) che porta al passo del Cuvignone. Anche lungo la strada che da S. Antonio sale a S. Michele (Comune di Porto Valtravaglia) sono presenti sparsi affioramenti in roccia, il più pericoloso dei quali è quello in prossimità del punto quotato di 824.7 m s.l.m.

Tutte le pareti in substrato affiorante, soprattutto quelle nella fascia Monte Ganna – Pizzoni di Laveno, sono spesso da considerarsi come aree sorgenti primarie delle colate detritiche che si sviluppano lungo gli impluvi che scendono a lago. Il medesimo ambito di potenziale dissesto interessa anche i versanti in roccia a giacitura verticale e subverticale che formano la Rocca di Caldè; ai piedi del versante prospiciente il lago, è presente una quasi continua falda di detrito con massi anche metrici. Anche in questo caso sono state riconosciute nicchie e orli di distacco concentrate sopratutto nelle porzioni più alte del versante.

Forme e processi di versante dovuti alla gravità: aree soggette a crolli

In località Sasso Galletto è presente una vasta area intensamente fratturata da sempre oggetto di crolli e ribaltamenti attivi; l'ultimo evento importante risale all'aprile 2010. Tutta l'area del Sasso Galletto è costituita da pareti in roccia ad elevata acclività e intensamente fratturata, anche per la presenza di un importante lineamento tettonico (Faglia del Sasso Galletto).

L'area occupa grossomodo una superficie di 40.000 m^2 comprendendo le aree sorgenti, di transito e accumulo; le pareti in roccia hanno dislivelli mediamente di 50 metri e le aree di accumulo si estendono fino dentro il lago.

Tutta l'area è marcatamente pericolosa e costituisce rischio principalmente per escursionisti, bagnanti e per le imbarcazioni che ormeggiano presso la riva.

La salvaguardia per la viabilità lungo la SP n. 394 è garantita dal passaggio in galleria (risalente agli anni settanta) che bypassa l'area di crollo. A monte dell'imbocco della galleria, sia stradale che ferroviaria sono presenti delle reti paramassi, alcune delle quali mostrano evidenti segni di danneggiamneto.

L'area in frana del Sasso Galletto è come detto nel paragrafo precedente già inserita nella perimetrazione regionale GeoIFFI.

Forme e processi di versante dovuti alla gravità: colate di detrito (debris flow)

Le colate di detrito rappresentano il fenomeno più significativo rilevato nel territorio di Castelveccana; interessano principalmente il versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno, ma anche il versante meridionale del Monte Nudo e del Pizzo del Cuvignone e il versante occidentale del Monte Ganna.

Si tratta sostanzialmente di accumuli detritici in alveo, che si mobilizzano durante intensi ma brevi eventi meteorici e che nei tratti di valle possono provocare danni ad infrastrutture antropiche, come già avvenuto in passato con la rottura di ponti ed allagamenti in alcune abitazioni. Lungo l'alveo, nei tratti boscati, sono presenti spesso sbarramenti dati da alberi e rami caduti che formano dighe di detrito che possono cedere durante le intense piogge e a loro volta innescare la colata.

Il detrito che forma i debris flow ha una granulometria e forma eterogenea tipica di depositi di trasporto in massa, dalle ghiaie ai massi con matrice fine. La litologia rilevata è carbonatica indicando che le aree sorgenti di questi accumuli detritici sono esclusivamente le pareti di substrato affiorante alla testata delle valli, costituite appunto dalla successione carbonatica triassica.

Occasionalmente si riconoscono forme tipiche associate alle colate, quali accumuli detritici a formare argini e solchi di erosione dati dal passaggio della colata stessa; si rinvengono sovente nei tratti dove la valle è più ampia.

Forme e processi fluviali e di versante dovuti al dilavamento

In questa categoria sono state inserite tutte quelle forme di erosione riconducibili allo scorrimento delle acque superficiali, sia incanalate che non incanalate. Si riconoscono orli di terrazzo in erosione, occasionali solchi da ruscellamento concentrato, aree in cui si ha un diffuso scorrimento delle acque superficiali, specie in corrispondenza di litologie sabbiose (versanti in località Biogno), gradini in roccia ed erosioni superficiali di limitata estensione.

In questo ultimo caso si inseriscono anche limitati scivolamenti dello strato più superficiale della copertura humica per uno spessore di pochi centimetri (foto); questo comporta un locale denudamento del versante.

Come evidenziato nella carta Inventario dei Fenomeni Franosi della Lombardia sono anche presenti forme riconducibili a conoidi. Durante il rilevamento non è stata riconosciuta la genesi di tali forme anche se è ipotizzabile che nel comune di Castelveccana ci siano conoidi di origine alluvionale, come quella del Froda e del rio Asino, e conoidi originate da trasporto in massa impostate allo sbocco delle valli dove sono presenti le colate detritiche. Le prime hanno forma molto ampia e pendenze di pochi gradi mentre le altre si presentano molto più marcate, a pendenze maggiori e spesso con un l'alveo ben inciso che le attraversa.

Le conoidi del Froda e del rio Asino sono coalescenti e sono state considerate come paleoforme attive durante la fase Cantù (Pleistocene superiore); solo le porzioni più distali, prossime alla riva del lago, sarebbero state attive in epoca postglaciale e più di rado di recente. Il limite tra la conoide "Cantù" e quella "postglaciale" è evidenziato da un terrazzo posto poco a valle della linea ferroviaria.

Le altre conoidi sono tutte di età postglaciale e non sono stati rilevati segni di recente attività, anche in relazione al fatto che su queste sono state costruite abitazioni, da sempre presenti, come possibile osservare anche sulla cartografia IGM di fine '800.

Nella cartografia IFFI è riportata anche una conoide in località Sarigo, ma che in realtà non ha alcun riscontro sul terreno, trattandosi invece di un'area, come buona parte di quel territorio, costituita da terrazzi di kame che sottendono depositi di contatto glaciale (cfr Tavola 1). La porzione più distale di questa conoide è in realtà poi una piana fluvioglaciale.

Altre due conoidi sono presenti in località S. Antonio una delle quali già censita dal progetto IFFI, anche se con estensione maggiore rispetto a quanto riconosciuto sul terreno.

6.0 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA FRANE

Ai sensi degli art. 82 e 84 delle NdA del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Varese (PTCP) sono stati condotti studi, estesi a tutto il territorio di Castelveccana, per la perimetrazione della pericolosità da frane di scivolamento e di crollo, partendo dall'esame delle tavole RIS3 "Carta della pericolosità frane" e RIS4 "Carta della pericolosità frane di crollo", allegate al PTCP.

Gli studi sono stati eseguiti secondo le indicazione riportate nell'Allegato 2 della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*", aggiornata dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

I risultati dello studio sono riportati in apposita cartografia tematica (Tavola n. 4 e Tavola n. 5).

6.1 Pericolosità da frane di scivolamento

La procedura proposta per la zonanzione della pericolosità da frane di scivolamento si struttura in due parti, la prima delle quali prende in considerazione le frane censite, la seconda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane.

6.1.1 Zonazione della pericolosità da frane censite

Le frane di scivolamento esistenti e considerate per la valutazione della pericolosità sono quelle descritte nel paragrafo 5.3.2 (*Forme e processi di versante dovuti alla gravità: frane di scivolamento superficiale*), risultato del controllo sul terreno, prendendo come base di partenza quanto riportato nella cartografia GeoIFFI regionale.

Alle frane censite è stato attribuito uno stato di attività quiescente tranne per un'area (loc. Nasca) per la quale è stato attribuito uno stato di attività relitto.

Secondo le indicazione dell'Allegato 2 l'attribuzione della pericolosità si basa sulla classificazione di attività secondo lo schema seguente:

- attiva pericolosità H5;
- quiescente pericolosità H4 se vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni; pericolosità H3 se non vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni;

- inattiva pericolosità H2;
- relitta pericolosità H1.

Sulla base di ciò alle frane quiescenti riconosciute è stata attribuita una pericolosità H4 (scelta cautelativa dettata dalla mancanza di informazioni storiche di movimento), mentre a quella relitta, contrariamente alle indicazioni dell'Allegato 2, è stata assegnata una pericolosità H3; scelta ritenuta opportuna considerando l'elevata pendenza del versante soprattutto nella sua parte superiore.

6.1.2 Zonazione della pericolosità per altre aree: applicazione del modello SINMAP

Il modello SINMAP (Stability INdex MAPing), utile per definire l'indice di stabilità (SI) del territorio, è basato sulla teoria del pendio infinito che bilancia la componente destabilizzante della gravità con le componenti stabilizzanti di angolo d'attrito e coesione su un piano inclinato, infinitamente esteso, parallelo alla superficie del versante. L'indice di stabilità è definito come la probabilità che una zona sia stabile assumendo come uniforme la distribuzione dei parametri considerati; si ricavano perciò alcuni *ranges* di valori compresi tra 0 (zone più instabili) ed 1 (zone minimamente instabili).

Il valore numerico ottenuto si utilizza per classificare le condizioni di stabilità del versante per ogni cella della griglia che costituisce il DEM.

Per SINMAP, <u>che opera solo valutando frane superficiali</u>, i dati di input per la determinazione dell'indice di stabilità, definito come fattore di sicurezza (FS) probabilistico, sono: fattori topografici (θ), grandezze relative all'area specifica di drenaggio (a) e parametri che caratterizzano le proprietà sia geotecniche (Φ) che idrologiche del terreno (C-coesione, R-pioggia efficace, T-trasmissività).

Il modello di pendio infinito, utilizzato per l'applicazione di SINMAP, è dato dalla seguente formula semplificata (Hammond et al., 1992):

$$FS= [C + \cos\theta \times (1-wr) \times \tan\Phi]/\sin\theta$$

dove: $C = (Cr + Cs) / (h \times \rho s \times g)$ in cui Cr è la coesione delle radici, Cs è quella del suolo, h è la profondità della superficie di rottura (max 1 m), ρs è la densità del suolo, g l'accelerazione di gravità, w il contenuto d'acqua e r è il rapporto della densità dell'acqua su quella del suolo.

Le variabili topografiche sono automaticamente computate dal DEM ed assegnate ad ogni cella,

mentre i parametri T, R, C, sono riconosciuti come incerti e quindi considerati variabili tra un limite superiore ed uno inferiore assumendo per questi una distribuzione normale.

Il concetto di pendio infinito è valido nei casi in cui lo spessore del terreno al di sopra della superficie di scorrimento sia molto minore rispetto alla lunghezza del versante. Su ciascun elemento finito di versante si applica un modello di stabilità del tipo Mohr-Coulomb.

Il principale output di SINMAP è la perimetrazione di regioni con SI>1 se FSmin>1; 0<SI<1 se FS =0; SI=0 se FSmax<1.

E' possibile, quindi, costruire una tabella in cui si differenziano le classi di stabilità in funzione del valore assunto da SI (Tabella 6.1).

Le classi individuate possono essere così interpretate:

- Stabile, Moderatamente Stabile e Quasi-Stabile: regioni nelle quali, in accordo con il modello, non dovrebbero verificarsi fenomeni di instabilità una volta assunti i parametri più conservativi nel range specificato.
- Instabile per Soglia inferiore o Soglia superiore: regioni per cui, in accordo con il *range* di incertezza dei parametri individuati nel modello, esiste una probabilità di rottura che è rispettivamente minore o maggiore del 50%. In queste regioni non sono richiesti fattori esterni per generare instabilità. L'instabilità si può manifestare semplicemente per una specifica combinazione dei valori assunti dai parametri all'interno del loro *range* di variazione.
- Instabile: regione in cui i versanti risultano instabili per qualsiasi valore assunto dai parametri nel *range* specificato.

CONDIZIONE	CLASSE	STATO DI STABILITA'	VARIABILITA' PARAMETRI	POSSIBILE INFLUENZA DI FATTORI NON CONSIDERATI
SI>1,5	1	Zona stabile	La variabilità non influisce sulla instabilità	Sono richiesti significati fattori destabilizzanti per l'attività.
1,5>SI>1,25	2	Zona moderatamente stabile	La variabilità non influisce sulla instabilità	Sono richiesti moderati fattori destabilizzanti per l'instabilità
1,25>SI>1	3	Zona quasi stabile	La variabilità non influisce sulla instabilità	Anche lievi fattori destabilizzanti possono determinare l'instabilità
1>SI>0,5	4	Zona instabile per soglia inferiore	E' richiesta la metà peggiore del *range* dei parametri per la stabilità	Non sono necessari fattori destabilizzanti per l'instabilità
0,5>SI>0	5	Zona instabile per soglia superiore	E' richiesta la metà migliore del *range* dei parametri per la stabilità	Fattori stabilizzanti possono aiutare la stabilità
SI=0	6	Zona instabile	La variabilità non influisce sulla stabilità	Fattori stabilizzanti sono richiesti per la stabilità

Tabella 6.1 - Determinazione delle sei classi di stabilità in relazione ai valori assunti da SI

Le variabili topografiche, come detto, vengono valutate attraverso il modello digitale del terreno, mentre le variabili geotecniche (coesione, angolo di resistenza al taglio, peso di volume) sono state ricavate sulla base delle caratteristiche dei depositi presenti nel territorio e/o assegnati su base formazionale attraverso dati in possesso di questo studio.

Inoltre il modello SINAMP richiede l'inserimento di variabili idrologiche espresse come il rapporto tra la trasmissività (T) e le piogge efficaci (R), ricavate dalla caratteristiche idrogeologiche delle aree e dai dati di pioggia come da capitolo 3.

Da quanto descritto nel paragrafo 4.1 è ragionevole considerare nell'elaborazione, per semplificazione, un'unica unità con caratteristiche omogeneamente distribuite su tutto il territorio, stimando per questa dei *ranges* di parametri geotecnici. Per cui:

Peso di volume (γ) 18 kN/mc

Angolo di resistenza al taglio (φ') 35° - 40°

Coesione (c) 0 - 20kPa

Pertanto dall'intersezione delle variabili topografiche con quelle geotecniche e idrogologiche SINMAP deriva un indice di stabilità (SI) per il territorio, dal cui valore si ricava il grado di pericolosità preliminare secondo il seguente schema:

Fs = 1.40 – 2.00 – pericolosità preliminare H2;

Fs = 1.20 – 1.40 – pericolosità preliminare H3;

Fs = 1.00 – 1.20 – pericolosità preliminare H4.

6.2 Pericolosità da frane di crollo: applicazione del modello Conefall

Per la preliminare definizione dell'area interessata da fenomeni di crollo ci si è basati sul cosidetto metodo del "cono d'ombra", che sottende la zona in cui la maggior parte dei blocchi si dovrebbe arrestare. Il metodo si basa sugli studi di Heim (1932), Lied (1977), Onofri e Candian (1979), Evans e Hungr (1993) e di Meissl (1998).

Questo metodo previsionale empirico si basa sul concetto di linea di energia e di angolo d'attrito equivalente; l'area interessata da un crollo può venire delimitata da un "cono" definito utilizzando l'angolo d'ombra minimo, a partire da una parete o da una porzione di versante possibile origine di crolli, oppure l'angolo di inclinazione del versante.

L'angolo d'ombra minimo è definito dall'inclinazione della retta che congiunge l'apice del talus con il blocco più lontano; secondo Evans e Hungr (1993), il valore medio di tale angolo è di 27,5°. Un'altra possibilità è utilizzare l'angolo di inclinazione del versante (zona di deposito), calcolato partendo dal punto più alto della zona di distacco, congiungendo con il masso che ha raggiunto la massima distanza di espandimento, che in genere fornisce valori tra 28° e 41° (Onofri e Candian, 1979).

La valutazione delle zone di arresto a partire da potenziali zone sorgente di crolli è stata eseguita mediante l'utilizzo del software CONEFALL. Il programma implementa il metodo del cono d'ombra con il DEM (Digital Elevetion Model) attraverso la seguente relazione:

$$0<\Delta x2 + \Delta y2 - \tan(\pi/2 - \Phi_p)^2 \times (z_0 - Z)^2$$

Δx e Δy sono le distanze orizzontali tra i punti sorgente e qualsiasi punto delle topografia; z_0 e z sono rispettivamente le quote dei punti sorgente e della topografia.

Cosi questo programma permette di stimare la massima area di arresto assumendo un dato angolo di apertura del cono, centrato nel punto sorgente.

Il primo passo per la simulazione è stato quello di definire le potenziali aree sorgenti, identificando, attraverso il Modello Digitale del Terreno (maglia 10 metri), i settori di versante in substrato affiorante a pendenza superiore di 45°.

Dopo di che si è proceduto alla scelta dell'angolo del cono d'ombra, optando per il metodo dell'angolo di inclinazione del versante. Il valore che meglio rappresenta le osservazioni effettuate nel corso del rilevamento di terreno è pari a 40°.

Relazionando quindi i dati di input con il Modello Digitale del Terreno CONEFALL ha permesso di delimitare delle aree di influenza suddivise in fasce di diversa velocità, in un range da 0 a 50 m/s.

Il passo successivo, per arrivare a definire una carta della pericolosità per crolli, è stato quello di attribuire ad ogni fascia omogenea di velocità una rispettiva classe di pericolosità, cosi come riportato nella seguente tabella:

Velocità (m/s)	Classe di pericolosità
0 - 12	H2
12 - 25	H3
25 - 38	H4
38 - 50	H5

6.3 Pericolosità su conoide

Nella cartografia GeoIFFI della Regione Lombardia, cosi come ripreso nella carta del censimento dei dissesti (RIS2) del PTCP, sono riportate, in Comune di Castelveccana, delle conoidi lungo la sponda del lago, in località Sarigo e presso S. Antonio.

Nel corso dei rilevamenti di terreno è stato possibile riperimetrare tali morfologie, valutando per ciascuna un potenziale stato di attività. La conoide del Froda e buona parte di quella del rio Asino sono state classificate come relitte o paleoforme, cosi come quella poco a S del rio Asino; solo alla conoide più recente del rio Asino, prossima al lago, è stato attribuito uno stato quiescente. Quiescenti sono anche le conoidi in località Vanzola, Aleggio di Mezzo e presso S. Antonio. La conoide riportata presso Sarigo invece non ha alcun riscontro sul terreno, trattandosi invece di un'area caratterizzata da morfologie riconducibili a terrazzi di kame di contatto glaciale.

In base a quanto detto si è provveduto a valutare per ogni conoide lo stato di potenziale pericolosità secondo le indicazioni contenute nell'Allegato 2 della D.G.R. 8/1566 del 22 dicembre 2005 "*Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n. 12*", aggiornata dalla D.G.R. n. 8/7374 del 28 maggio 2008.

Si ricorda che in una valutazione preliminare della pericolosità per conoidi piccole (<0,1 km^2) possono essere utilizzate tre classi di pericolosità cosi accorpate: pericolosità bassa (H1+H2), pericolosità media (H3), pericolosità alta (H4+H5).

E' da premettere che, date le ridotte dimensioni di queste strutture e la mancanza di dati storici riferibili ad eventuali danni a manufatti, la perimetrazione della pericolosità delle conoidi è stata effettuata principalmente su base morfologica.

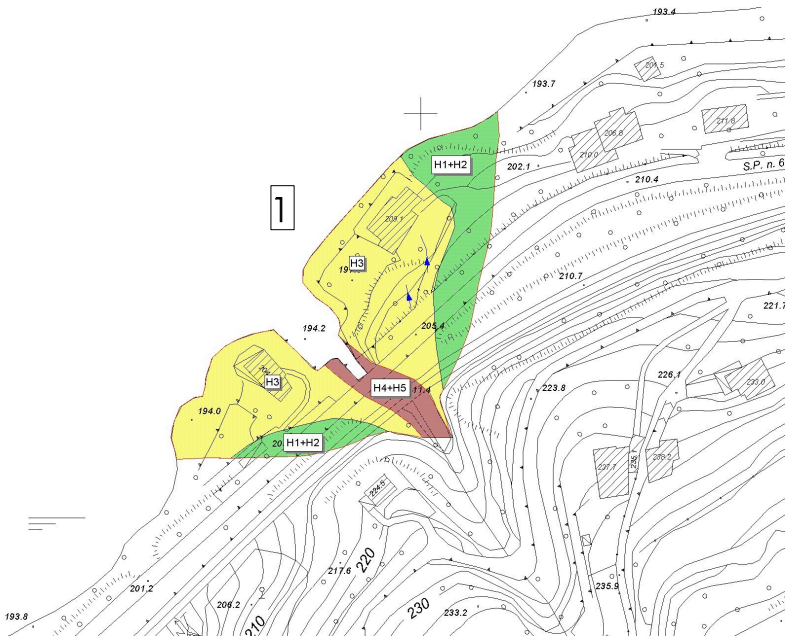
Per quelle conoidi classificate come relitte o paleoforme è stata attribuita una pericolosità bassa (H1+H2).

Conoide in località Aleggio di Mezzo (1)

Trattasi di una piccola conoide di poco più di 14.000 m^2 con differenza di quota dall'apice alla base (sponda del lago) di 7 metri, distribuito su una distanza di circa 40 metri. Il bacino sotteso alla conoide ha una superficie di 0,26 km^2 caratterizzato dalla presenza del substrato carbonatico affiorante e subaffiorante sotto coperture detritiche; solo nella porzione di valle sono presenti coperture glaciali dell'Alloformazione di Cantù. L'alveo principale è interessato da accumulo detritico che però attualmente non raggiunge la conoide; i versanti della valle sono invece interessati da soil creep diffuso. I volumi massimi rimobilizzabili nel bacino sono stati stimati con metodi empirici e variano da 14567 m^3 (Bottino, Crivellari & Mandrone – 1996) a 30196 m^3 (Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini – 2000).

Il tratto di alveo sulla conoide si presenta rettilineo e ben inciso, attraversato dalla SP 69 e dalla linea ferroviaria, che però non costituiscono ostacolo al deflusso. Sulla conoide, nella parte idrografica destra si riconoscono brevi tratti di paleoalvei e una strada interna di accesso alle abitazioni che potenzialmente possono modificare e/o deviare il deflusso.

In base ai dati esposti, considerando la mancanza di informazioni storiche su eventuali eventi alluvionali sulla conoide e danni, è stata zonata la pericolosità della conoide:



- pericolosità bassa (H1+H2). Porzioni di conoide più esterne e a quota rilevata rispetto all'alveo;
- pericolosità media (H3). È cosi classificata la maggior parte della conoide, considerando soprattutto aspetti morfologici (paleolavei) ed antropici;
- Pericolosità alta (H4+H5). Corrisponde all'alveo attuale.

Conoide in località Vanzola (2)

La prima delle conoidi in località Vanzola ha una superficie di poco più di 13.000 m^2 con differenza di quota dall'apice alla piede (sponda del lago) di 20 metri, distribuito su una distanza di circa 120 metri. Il bacino sotteso alla conoide ha una superficie di 0,90 km^2 caratterizzato dalla presenza del substrato calcareo appartenente al Calcare di Moltrasio sia affiorante sia subaffiorante sotto una irregolare copertura detritica postglaciale; la parte più di valle è invece occupata da depositi glaciali dell'Alloformazione di Cantù e un lembo (settore SE) appartenente all'Allogruppo della Colma del Piano. L'alveo principale è interessato da accumulo detritico che però attualmente raggiunge la zona apicale della conoide; i dissesti che caratterizzano l'area del bacino sono principalmente riconducibili a crolli, data la presenza di pareti in roccia con pendenze elevate superiori a 45°. I volumi massimi rimobilizzabili nel bacino sono stati stimati con metodi empirici e variano da 20624 m^3 (Bottino, Crivellari & Mandrone – 1996) a 23394 m^3 (Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini – 2000). Il tratto di alveo sulla conoide si presenta rettilineo e ben inciso nel tratto apicale e mediano, attraversato dalla linea ferroviaria, che però non costituisce ostacolo al deflusso.

In base ai dati esposti, considerando la mancanza di informazioni storiche riguardanti eventuali eventi alluvionali sulla conoide e danni, è stata zonata la pericolosità della conoide:

- pericolosità bassa (H1+H2). Porzione di conoide, in sponda idrografica sinistra, più rilevata rispetto all'alveo;
- pericolosità media (H3). È cosi classificata la maggior parte della conoide, in parte coalescente con la conoide (3);
- Pericolosità alta (H4+H5). Corrisponde all'alveo attuale.

Conoide in località Vanzola (3)

Questa conoide è antecedente alla conoide (2) e alla conoide (4) risultando quindi da queste erosa. La porzione rimasta ha una superficie di circa 13.000 m^2 con differenza di quota dall'apice alla piede (sponda del lago) di 20 metri, distribuito su una distanza di 124 metri. Il bacino sotteso alla conoide ha una superficie di 0,26 km^2; due terzi della superficie è caratterizzata da depositi glaciali s.l. e la restante parte da ripide pareti in substrato (Calcare di Moltrasio) affiorante.

L'asta principale e i relativi affluenti hanno andamento rettilineo e il tratto di monte dell'alveo è interessato da una colata detritica (debris flow) che si arresta alla quota di 335 m s.l.m. in corrispondenza di un tratto a pendenza minore. I versanti, nella porzione di valle, sono interessati da soil creep diffuso, mentre la parte di monte del bacino è interessata da pareti in roccia ad elevata acclività potenzialmente origine di crolli. I volumi massimi rimobilizzabili nel bacino sono stati stimati con metodi empirici e variano da 14567 m^3 (Bottino, Crivellari & Mandrone – 1996) a 10400 m^3 (Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini – 2000). Il tratto di alveo sulla conoide si presenta rettilineo e ben inciso nel tratto apicale e mediano, attraversato dalla SP 69 e dalla linea ferroviaria, che però non costituiscono ostacolo al deflusso. Si riconoscono sulla conoide brevi tratti riconducibuli a paleoalvei sopratutto nella zona di contatto con la conoide (2).

In base ai dati esposti, considerando la mancanza di informazioni storiche su eventuali eventi alluvionali sulla conoide e danni, è stata zonata la pericolosità della conoide:

- pericolosità bassa (H1+H2). Porzione di conoide, in sponda idrografica destra, a morfologia rilevata;
- pericolosità media (H3). È cosi classificata la maggior parte della fascia centrale della conoide;
- Pericolosità alta (H4+H5). Corrisponde all'alveo attuale.

Conoide in località Vanzola (4)

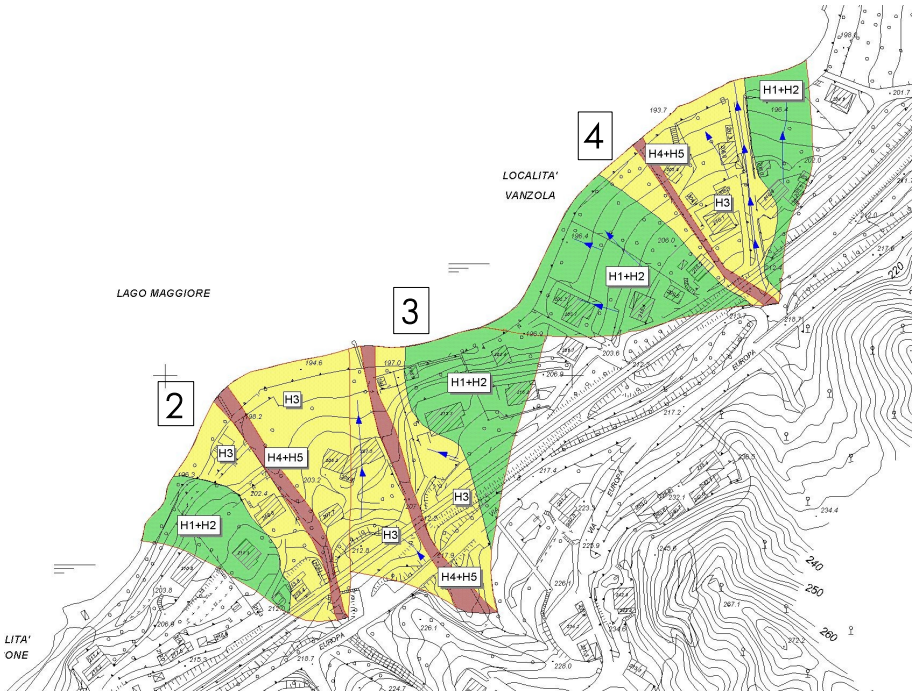
La conoide (4) ha una superficie di circa 22000 m^2 con morfologia tipica a ventaglio regolarmente progradante verso il lago. La differenza di quota dall'apice alla piede (sponda del lago) è di 22 metri, distribuito su una distanza di 120 metri. Il bacino sotteso alla conoide ha una

superficie di 0,06 km^2 caratterizzato, dal punto di vista geologico, dalla presenza di depositi glaciali; buona parte della superficie del bacino è caratterizzata da dinamica di versante riconducibile a soil creep diffuso. I volumi massimi rimobilizzabili nel bacino sono stati stimati con metodi empirici e variano da 9662 m^3 (Bottino, Crivellari & Mandrone – 1996) a 1374 m^3 (Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini – 2000).

Il tratto di alveo sulla conoide presenta nel tratto apicale una leggera curva verso sinistra, per poi proseguire ad andamento rettilineo fino alla foce a lago; si presenta poco o nulla inciso. Sulla porzione di destra (idrografica) della conoide è presente una strada posta in senso longitudinale alla conoide, probabilmente realizzata in corrispondenza di un paleovalle, che potenzialmente potrebbe incanalare gli eventuali deflussi alluvionali. La linea ferroviaria attraversa l'alveo nella parte apicale della conoide ma senza costituire ostacolo al deflusso.

In base ai dati esposti, considerando la mancanza di informazioni storiche su eventuali eventi alluvionali sulla conoide e danni, è stata zonata la pericolosità della conoide:

- pericolosità bassa (H1+H2). Porzioni di conoide più distali rispetto all'alveo;
- pericolosità media (H3). È cosi classificata la centrale della conoide, comprendendo il presumibile paleoalveo lungo cui è stata realizzata una strada;
- Pericolosità alta (H4+H5). Corrisponde all'alveo attuale.

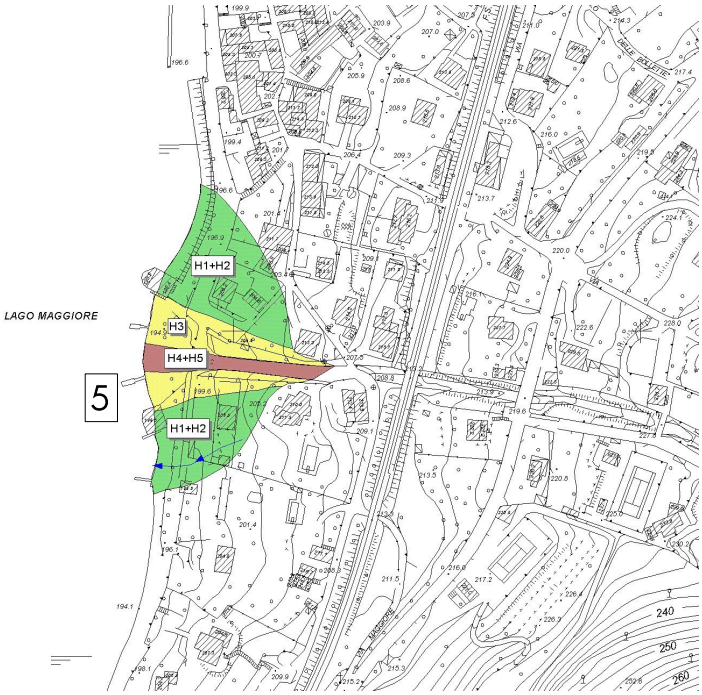


Conoide in località rio Asino (5)

Piccola conoide di circa 14000 m^2 di superficie, con differenza di quota dall'apice alla piede (sponda del lago) di 12 metri, distribuito su una distanza di 88 metri. Il bacino sotteso alla conoide ha una superficie di 1,12 km^2 caratterizzato in buona parte dalla presenza di depositi glaciali e localmente detritici postglaciali; nella sua parte di monte invece, da circa 400 m s.l.m., dalla presenza del substrato roccioso carbonatico sia affiorante che subaffiorante. L'asta principale, nel suo tratto di monte si imposta lungo faglia. I volumi massimi rimobilizzabili nel bacino sono stati stimati con metodi empirici e variano da 21926 m^3 (Bottino, Crivellari & Mandrone – 1996) a 18591 m^3 (Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini – 2000). L'alveo sulla conoide, ad andamento rettilineo, corrisponde attualmente ad una strada.

In base ai dati esposti, considerando la mancanza di informazioni storiche su eventuali eventi alluvionali sulla conoide e danni, è stata zonata la pericolosità della conoide:

- pericolosità bassa (H1+H2). Porzioni di conoide più distali rispetto all'alveo;
- pericolosità media (H3). È cosi classificata la centrale della conoide;
- Pericolosità alta (H4+H5). Corrisponde all'alveo attuale (ora trasformato in strada).



7.0 IDROGEOLOGIA

7.1 Caratteri idrogeologici del territorio

Il territorio di Castelveccana è geologicamente caratterizzato dalla presenza di un complesso calcareo-dolomitico tettonizzato e contraddistinto da una giacitura degli strati prossima alla verticale; questo sormonta le unità di basamento costituite da vulcaniti e successioni metamorfiche. Le unità di substrato sono, a loro volta, ricoperte da spessori variabili di depositi neogenico-quaternari, glaciali e fluvioglaciali e da coltri detritiche postglaciali.

Questo si traduce in un territorio caratterizzato, dal punto di vista idrogeologico, da sistemi acquiferi sufficientemente produttivi, che danno luogo ad una serie di sorgenti anche captate per uso potabile per l'approvvigionamento idrico comunale.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono riferibili essenzialmente ad acquiferi ed idrostrutture diversamente sviluppate nelle formazioni geologiche costituenti il substrato carbonatico delle zone più rilevate ed un acquifero di fondovalle che raccoglie gli apporti idrici dai versanti montuosi, di cui però non si hanno informazioni perchè non interessato da approvvigionamento idrico se non per la presenza di due pozzi prossimi alla riva del lago e quindi non significativi per la caratterizzazione dell'intero acquifero e uno nella piana di S. Antonio.

7.2 Classificazione delle unità di sottosuolo e stima della vulnerabilità intrinseca

Sulla base dei caratteri litologici delle unità sopracitate e ampiamente descritte nel capitolo 4, l'assetto idrogeologico di Castelveccana può essere ricondotto a due domini principali quali quello del substrato roccioso e delle coperture superficiali, unitamente connessi in modo tale da consentire trasferimento di acqua da uno all'altro.

Questi due domini, detti anche "serie idrogeologiche" sono a loro volta suddivisi in "complessi idrogeologici", ossia litotipi o gruppi di litotipi stratigraficamente giustapposti, all'interno dei quali le caratteristiche idrogeologiche (es. permeabilità, circolazione idrica, ecc.) sono da considerarsi omogenee.

7.2.1 Serie idrogeologica del substrato roccioso

La serie idrogeologica del substrato roccioso costituisce il bacino di alimentazione e ricarica del sistema sorgentizio, costituito dalle sorgenti di Pira alta, Rionale, Nass, Rovedera, San Michele, Motta e Cuvignone.

La permeabilità primaria dei termini della serie è generalmente bassa, quella secondaria (dipendente dal grado e dal tipo di fratturazione, dalla stratificazione, dal grado di alterazione, dalla presenza o meno di carsismo, etc.) è ovviamente variabile e maggiore nei termini calcareo-dolomitici.

La suddetta serie si compone di diversi complessi che, partendo dal basso stratigrafico, sono cosi denominati:

Complesso metamorfico

E' costituito da metamorfiti appartenenti alla Serie dei Laghi, con permeabilità primaria molto bassa e quella secondaria è variabile a seconda dello stato di fratturazione. In corrispondenza del complesso metamorfico e in prossimità del limite con i complessi carbonatici sovrastanti si hanno varie venute idriche e il sistema delle sorgenti Motta e San Michele.

Il grado di vulnerabilità stimato è basso.

Complesso vulcanitico

E' costituita da tufi e tufi cristallini rossastri; tufi brecciati rosso-violacei con frammenti di vulcaniti rosso scuro in massa di fondo vetrosa; tufi conglomeratici. La permeabilità primaria è molto bassa e quella secondaria è variabile a seconda dello stato di fratturazione.

Il grado di vulnerabilità stimato è basso.

Complesso carbonatico inferiore

E' costituito dalla Dolomia del S. Salvatore, dalla Formazione di Cunardo e dalle Marne del Pizzella che costituiscono il limite con il complesso sovrastante.

Litologicamente il complesso è a dominanza dolomitica e calcareo dolomitica; componenti marnose diventano predominanti nelle parti alte della Formazione di Cunardo e nelle sovrastanti Marne del Pizzella.

La permeabilità primaria è generalmente bassa, mentre quella secondaria è media data principalmente per fratturazione e meno per carsismo dove in queste unità risulta poco

sviluppato, interessando soprattutto la Dolomia del S. Salvatore. La circolazione idrica avviene quindi prevalentemente tra le discontinuità di interstrato e le loro intersezioni con i piani di frattura risultando piuttosto limitata o comunque tale da mantenere una cospicua parte dell'acquifero costantemente saturato dalle acque.

Le sorgenti denominate Rionale, Nass e Rovedera sono con buona probabilità attribuibili a questo complesso.

Il grado di vulnerabilità stimato è pertanto medio-basso.

Complesso carbonatico intermedio

E' costituito dalla Dolomia Principale, dalla Dolomia del Campo dei Fiori, dalla Dolomia Conchodon e dal Calcare di Moltrasio; litologicamente è pertanto costituito da dolomie calcaree a stratificazione massiccia e distinta e calcari selciferi.

Si tratta di litotipi generalmente interessati da fenomeni carsici sia profondi sia superficiali, quindi caratterizzati da diffusa circolazione idrica. Solo nella Dolomia Principale il fenomeno carsico è più limitato e la circolazione idrica avviene in prevalenza per fessurazione.

La permeabilità secondaria risulta quindi medio-alta, mentre quella primaria è bassa.

A questo complesso appartengono le sorgenti di Pira alta e del Cuvignone e tutte le venute idriche non captate presenti ad W di S. Antonio.

Il grado di vulnerabilità stimato è pertanto molto alto.

7.2.2 Serie idrogeologica dei depositi superficiali

La circolazione idrica sotterranea è data da permeabilità primaria per porosità: i fluidi cioè si muovono attraverso i vuoti presenti all'interno del sedimento che risultano in genere intercomunicanti tra loro.

I complessi che la costituiscono sono:

Complesso glaciale

Fanno parte del complesso glaciale l'Alloformazione di Cantù e l'Allogruppo della Colma del Piano; è costituito da varietà litologiche tipiche dei depositi di origine glaciale, dalle ghiaie alle sabbie ai limi, anche alterati e con presenza di lembi di coperture loessiche (per il solo Allogruppo della Colma del Piano).

La circolazione idrica è disomogenea, da buona a scarsa, dipendendo fortemente dalla granulometria locale del deposito e dalla geometria degli orizzonti a differente granulometria.
Dell'acquifero che caratterizza il complesso glaciale non si hanno informazioni, anche se questo è sfruttato in una sua parte dal pozzo S. Antonio e da una serie di pozzi privati.
Il grado di vulnerabilità stimato è pertanto medio.

Complesso alluvionale

Comprende depositi sciolti postglaciali costituiti principalmente dalle falde detritiche, ma anche dai depositi di conoide, di fondovalle dei principali corsi d'acqua e di versante. Le litologie variano dalle ghiaie ai massi prevalenti alle sabbie limose. Il complesso alluvionale non presenta spessori rilevanti ed è sparso sul territorio; la circolazione idrica è generalmente buona anche se può sensibilmente diminuire in corrispondenza di litologie più fini (depositi di versante). Anche per questo complesso non si hanno informazioni sull'acquifero, sia per la scarsa e limitata distribuzione sia perchè poco sfruttato; due pozzi probabilmente sfruttavano le acque del complesso alluvionale e sono quelli denominati foce Froda e torrente Asino. Il primo è chiuso, il secondo è abbandonato.
Il grado di vulnerabilità stimato è pertanto elevato.

7.2.3 Ubicazione dei centri di pericolo utili alla definizione della vulnerabilità dell'acquifero

L'identificazione sul territorio degli insediamenti definibili quali "centri di pericolo" costituisce un utile riferimento per effettuare valutazioni di vulnerabilità specifica della falda.
La definizione di "centri di pericolo" è stata applicata con accezione piuttosto ampia rispetto alle attività ed azioni non compatibili nelle Zone di Rispetto (ZR) ai sensi dell'Art. 94 del D. Lgs. n. 152/06.
Pertanto nella Tavola 6 sono stati riportati i seguenti elementi di interesse ambientale:

- attività produttive di varia natura: officine meccaniche, stabilimenti in genere;
- aziende agricole e di allevamento;
- aree cimiteriali;
- centro di raccolta rifiuti e depuratore.

7.3 Opere di captazione ed individuazione delle aree di salvaguardia

L'approvvigionamento potabile del comune di Castelveccana è garantito principalmente dallo sfruttamento di un sistema di sorgenti, ubicate nel settore centro orientale del territorio, e da due pozzi, uno alla foce del rio Asino e uno in località S. Antonio; sono poi presenti, distribuiti sul territorio, altri pozzi e sorgenti ad uso privato.

I dati su pozzi e sorgenti sono stati inizialmente ricavati dalle banche dati provinciali (*Piano Cave della Provincia di Varese-Carta idrogeologica; ATO Provincia di Varese-Studio idrogeologico ed idrochimico della Provincia di Varese a supporto delle scelte di gestione delle risorse idropotabili*) e successivamente modificati ed integrati con quanto in possesso dell'amministrazione comunale e a seguito del rilevamento di terreno.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le captazioni presenti sul territorio sia pubbliche sia private:

Tipo di captazione	Stato di attività	Uso	Nome	Località	Quota (m slm)	Coordinate
sorgente	attiva	potabile	Motta 46	Salvetta	475	1476479 5087764
sorgente	attiva	potabile	Motta 47	Salvetta	478	1476486 5087763
sorgente	attiva	potabile	Motta (in alto)	Salvetta	485	1476503 5087739
sorgente	attiva	potabile	S.Michele (a salire) 1.5	valle Ronè	510	1476677 5087557
sorgente	attiva	potabile	S.Michele (a salire) 1.6	valle Ronè	515	1476683 5087536
sorgente	attiva	potabile	S.Michele (a salire) 1.3	valle Ronè	545	1476831 5087499
sorgente	attiva	potabile	S.Michele (a salire) 1.4	valle Ronè	550	1476849 5087495
sorgente	attiva	potabile	S.Michele (in alto)	valle Ronè	635	1477133 5087495
sorgente	attiva	potabile	Rovedera	S.Antonio	475	1476398 5087015
sorgente	attiva	potabile	Nass	C.ne Froda	455	1475788 5086865
sorgente	attiva	potabile	Rionale	C.ne Froda	500	1475670 5086891

sorgente	attiva	potabile	Pira alta	Pira di sopra	490	1475058 5087097
sorgente	attiva	potabile	Cuvignone	Alpe Cuvignone	830	1475099 5086232
pozzo	attivo	potabile	S.Antonio	S.Antonio	594	1476901 5086054
pozzo	attivo	potabile	torrente Asino	Caldè	195	1473804 5087989
pozzo	chiuso	potabile	Foce Froda	Caldè	195	1473754 5088256

Tabella 7.1 – Elenco sorgenti e pozzi pubblici di proprietà del Comune di Castelveccana

Tipo di captazione	Stato di attività	Uso	Nome	Località	Quota (m slm)	Coordinate
sorgente	-	potabile	Villa Torusi 22	Virasca	330	1474083 5087560
sorgente	-	potabile	Val Giovera 23	Virasca	290	1473894 5087392
sorgente	-	potabile	Cuvignone 24	Alpe Cuvignone	1030	1474460 5086275
sorgente	-	potabile	Biogno 21	Biogno	490	1476355 5087507
pozzo	-	potabile	22	Via Buresso, 1	254	1474832 5089046
pozzo	-	potabile	23	Villa Torrusio	224	1473883 5087795
pozzo	-	potabile	21	Via Europa,42	210	1473616 5087641

Tabella 7.2 – Elenco sorgenti e pozzi privati

Una volta individuati i punti di prelievo delle acque per il consumo potabile, di proprietà comunale, si è provveduto alla perimetrazione delle aree di salvaguardia. Le aree di salvaguardia, in questa fase di studio tracciate con criterio geometrico, si dividono in zona di tutela assoluta e zona di rispetto (cfr Tavola n. 6).

La zona di tutela assoluta è costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione; deve essere adeguatamente protetta, adibita esclusivamente a opere di captazione o presa ed ad infrastrutture di servizio.

La zona di rispetto è costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta definita secondo il criterio geometrico; per le sorgenti è definita da una porzione di cerchio di raggio non inferiore a 200 metri, con centro nel punto di captazione, che si estende idrogeologicamente a monte dell'opera di presa ed è delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione. Per il pozzo invece la fascia di rispetto, delimitata sempre con criterio geometrico, si estende su una superficie di 200 metri intorno alla captazione.

8.0 IDROGRAFIA

8.1 Assetto idrografico

La rete idrografica, nel territorio di Castelveccana, risulta ben sviluppata e distinguibile in due ambiti: un sistema idrografico di tipo subdendritico e un sistema idrografico ad andamento rettilineo. Il primo si caratterizza per un reticolo di corsi d'acqua ramificato che confluiscono in un unico collettore principale, con alvei che verso monte diminuiscono via via di lunghezza.

Il settore occidentale del territorio è invece caratterizzato da corsi d'acqua ad andamento rettilineo, a carattere torrentizio con regime periodico e discontinuo, costituenti il percorso di colate detritiche; l'assetto è controllato dalle caratteristiche litologiche-stratigrafiche del substrato e dalla tettonica del territorio.

L'asta principale di drenaggio è data dal Froda, che principalmente recepisce le acque provenienti dal versante settentrionale del Monte Nudo e dal versante occidentale del Monte Ganna. Apporti arrivano, nella parte terminale, anche da corsi d'acqua provenienti da Pira Pianeggi e dalla piana di Saltirana.

Altre aste principali ma di minore importanza rispetto al Froda sono quelle della valle del Ronè (il cui sistema di corsi d'acqua in parte è in territorio di Porto Valtravaglia) e del rio Asino.

8.2 Bacini idrografici

Sono stati riconosciuti e perimetrati 13 (cfr **Tavola n. 6**) bacini idrografici che variano sia nell'estensione che nella forma; tutti tranne il bacino idrografico del Ronè sono interamente nel territorio di Castelveccana. Il più esteso è quello del Froda, seguito dal bacino idrografico del rio Asino e della valle del Sasso – Spiancarina.

Di seguito si descrivono i caratteri topografici, morfologici e geologici dei principali bacini riconosciuti e di quelli interessati da debris flow, caratterizzando la struttura di drenaggio superficiale mediante alcuni fondamentali parametri morfometrici:

- **densità di drenaggio "D"**. Rapporto tra la lunghezza totale dei corsi d'acqua presenti nel bacino e la superficie del bacino stesso; la densità di drenaggio dipende da diversi fattori esogeni tra i quali: la tipologia del substrato – se si tratta di rocce resistenti all'erosione si avrà una D bassa (compresa tra 1 e 3) con un reticolo idrografico

grossolano. Più le rocce sono erodibili più il grado di D aumenta (D compreso tra 3 e 6 reticolo idrografico mediamente sviluppato; D superiore a 6 reticolo idrografico fitto e/o fittissimo;

- costante di canale "C". corrispondente all'inverso di "D" e indica la superficie minima necessaria affinchè si possa mantenere l'unità di lunghezza del canale; valori alti indica scarso sviluppo lineare dei corsi d'acqua, stadio giovanile del bacino e alta potenzialità erosiva;
- diametro equivalente "De". Diametro del cerchio con circonferenza pari al perimetro del bacino;
- area equivalente "Ae". Area del cerchio con circonferenza pari al perimetro del bacino;
- rapporto di circolarità "Rc". Rapporto tra l'area del bacino e l'area del cerchio avente lo stesso perimetro del bacino; valori prossimi a 1 indicano forme regolari tendenti a quella circolare;
- indice di forma "If". Rapporto tra il perimetro totale e il perimetro del cerchio equivalente; quanto più alto è il suo valore tanto più è allungata la forma del bacino.

Per l'identificazione dei bacini idrografici descritti di seguito si fa riferimento al nome dell'asta principale; per quelli privi di denominazione è stato attribuita una sigla alfanumerica.

Bacino del Froda

Il bacino idrografico del Froda occupa una superficie di 5,26 km^2 dalle pendici settentrionali del Monte Nudo allo sbocca a lago; la quota massima è di 1233,7 m s.l.m. (Monte Nudo), la quota minima è di 195,0 m s.l.m. La maggior parte della sua area è caratterizzata da depositi glaciali s.l. con granulometrie eterogenee dalla ghiaia e massi alle sabbie e limi; le parti alte del bacino sono invece caratterizzate dalla presenza di substrato roccioso affiorante dato principalmente dalle successione carbonatiche e in minima parte da quelle di basamento metamorfico (località Biogno). La parte alta del bacino è principalmente occupata da copertura boschiva e occasionalmente da prati, mentre la parte di valle è urbanizzata.

L'asta principale ha un andamento debolmente meandriforme, mentre tutte le aste secondarie hanno andamento rettilineo. Tutti i corsi d'acqua che formano il bacino del Froda risultano

sempre profondamente incise in valli anche con versanti ripidi, scavate in depositi sciolti glaciali. Gli apporti idrici al sistema di drenaggio sono anche dati da una serie di sorgenti (spesso captate) e piccole venute d'acqua.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con principalmente corsi d'acqua del I ordine, sette alvei del II ordine e un solo alveo (principale) del III ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico del Froda:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
5,26	14,12	22,9	4,35	0,23	4,49	15,87	0,33	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Il bacino del Froda si presenta pertanto di forma poco regolare e allungata, con una densità di drenaggio di 4,35 km di aste fluviali per chilometro quadrato, indicando un reticolo idrografico mediamente sviluppato.

Bacino del rio Asino

Il bacino idrografico del rio Asino occupa una superficie di 1,13 km^2 dalle pendici settentrionali del Pizzo del Cuvignone fino allo sbocca a lago; la quota massima è di 1016,6 m s.l.m. (Pizzo del Cuvignone) e la quota minima è di 195,0 m s.l.m. Dal punto di vista geologico il bacino è caratterizzato in buona parte dalla presenza di depositi glaciali e localmente detritici postglaciali; nella sua parte di monte invece, da circa 400,0 m s.l.m., dalla presenza del substrato roccioso carbonatico sai affiorante che subaffiorante. L'asta principale, nel suo tratto di monte si imposta lungo faglia.

Il bacino è per buona parte occupato da vegetazione boschiva, localmente prati (località Pianeggi) e sono nella sua parte di valle, prossima al lago, si presenta urbanizzato.

Gli alvei hanno un andamento rettilineo, dovuto, come visto, dall'influenza tettonica e probabilmente del tipo litologico su versanti da mediamente a fortemente acclivi; solo nel tratto terminale dell'asta principale l'andamento è debolmente meandriforme.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con aste principalmente del I ordine, quattro del II ordine e una (la principale) del III ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico del rio Asino:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
1,13	5,21	4,37	3,87	0,26	1,66	2,16	0,52	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Il bacino idrografico del rio Asino ha una forma mediamente regolare e allungata, con densità di drenaggio pari a 3,87 km di corsi d'acqua per chilometro quadrato, indicando un reticolo idrografico mediamente sviluppato.

Bacino CVB01

Il bacino idrografico denominato *CVB01* occupa una superficie di 0,28 km^2 dal versante del Pizzo del Cuvignone allo sbocco a lago; la quota massima del bacino è di 970,0 m s.l.m., mentre la minima è di 195,0 m s.l.m. Due terzi della superficie è caratterizzata da depositi glaciali s.l. e la restante parte dalle ripide pareti in substrato (Calcare di Moltrasio) affiorante.

L'uso del suolo è principalmente dato da copertura boschiva; solo la parte più di valle è a prato e urbanizzata.

L'asta principale e i relativi affluenti hanno andamento rettilineo e il tratto di monte dell'alveo è interessato da una colata detritica (debris flow) che si arresta alla quota di 335,0 m s.l.m. in corrispondenza di un tratto a pendenza minore.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con quattro aste del I ordine e una del II ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,28	3,29	1,58	5,64	0,18	1,05	0,86	0,33	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Il bacino ha una forma allungata, poco regolare, con una densità di drenaggio alta rispetto alla superficie totale del bacino, indicando un reticolo idrografico mediamente sviluppato.

Bacino della valle del Sasso-Spiancarina

Il bacino idrografico occupa una superficie di 0,94 km^2 estendendosi dal versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno fino alla chiusura a lago; la quota massima è di 1105,0 m s.l.m. mentre la quota minima corrisponde alla foce a lago. Buona parte del bacino è caratterizzato dalla presenza del substrato calcareo appartenente al Calcare di Moltrasio sia affiorante sia subaffiorante sotto una irregolare copertura detritica postglaciale; la parte più di valle è invece occupata da depositi glaciale dell'Alloformazione di Cantù e un lembo (settore SE) appartenente all'Allogruppo della Colma del Piano. Il substrato roccioso forma pareti subverticali.

Anche per il bacino idrografico della valle del Sasso-Spiancarina la copertura del suolo è quasi esclusivamente boschiva, con solo il settore prossimo alla foce sporadicamente urbanizzato.

Il reticolo di corsi d'acqua è composto da alvei rettilinei impostati lungo faglie, profondamente incisi in valli a versanti ripidi; il brusco piegamento della valle Spiancarina, che assume andamento NNW-SSE, è dovuto all'impostazione della valle stessa lungo un lineamento tettonico di importanza regionale. Gli alvei sono occupati da materiale detritico, attribuito a debris flow quiescenti, che si spingono fino quasi la foce a lago.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con dieci aste del I ordine, due del II ordine e una del III ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,94	4,86	5,19	5,3	0,19	1,55	1,88	0,5	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Il bacino idrografico della valle del Sasso-Spiancarina ha pertanto una forma mediamente allungata e abbastanza regolare; il valore della densità di drenaggio indica un reticolo idrografico mediamente sviluppato.

Bacino CVB02

Il bacino idrografico denominato *CVB02* ha una superficie di 0,16 km^2 con forma ben allungata, estendendosi da quota di 825,0 m s.l.m. alla chiusura a lago. La parte di monte del bacino è occupata da litotipi carbonatici appartenenti alla Dolomia Principale e al Calcare di Moltrasio, mentre più a valle sono presenti depositi dell'Alloformazione di Cantù. Alla base delle pareti in substrato parte il reticolo di corsi d'acqua che in realtà costituiscono percorsi di colata detritica, cosi come tutti gli alvei di questo settore di territorio.

La copertura del suolo del bacino è data principalmente da boschi, solo sporadicamente, a valle, si hanno prati e abitazioni.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con cinque aste del I ordine, due brevi aste del II ordine e un asta del III ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,16	2,32	1,02	5,94	0,17	0,74	0,43	0,37	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB03

Si tratta di uno stretto bacino allungato lungo l'asta principale; occupa una fascia del versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno da quota massima di 1033,9 m s.l.m. a quota di 195,0 m s.l.m. (foce a lago).

La maggior parte del bacino è caratterizzata dalla presenza del substrato carbonatico affiorante e subaffiorante sotto coperture detritiche; solo nella porzione di valle sono presenti coperture glaciali dell'Alloformazione di Cantù.

È presente un'unica asta ad andamento rettilineo di I ordine (classificazione di Strahler, 1958), con alveo a discreta pendenza profondamente inciso, a regime stagionale. Questo corso d'acqua costituisce il percorso di colate detritiche.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,26	3,44	1,11	4,27	0,23	1,09	0,94	0,28	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB04

Questo bacino idrografico occupa una superficie di 0,33 km^2 del versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno, dalla quota di 1019,7 m s.l.m. a quota di 194,0 m s.l.m. La parte di monte del bacino è caratterizzata dalla presenza del substrato carbonatico affiorante a dare ripide pareti e falde detritiche postglaciali, costituenti le aree sorgenti delle colate detritiche impostate lungo l'alveo. La restante area è invece caratterizzata della presenza di depositi glaciali.

La copertura del suolo è data principalmente da boschi, con solo una minima parte di valle sporadicamente urbanizzata.

Le aste fluviali hanno un andamento rettilineo a discreta pendenza, probabilmente impostate lungo discontinuità tettoniche; per i tratti di alveo a monte si riconosce sicuramente un controllo tettonico. Lungo l'alveo è presente una importante colata detritica estesa fino a quasi la foce a lago.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con quattro aste del I ordine, due aste del II ordine e una del III ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,33	3,12	2,31	7,00	0,14	0,99	0,77	0,43	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB05

Stretto bacino idrografico che occupa una superficie di 0,13 km^2 del versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno, dalla quota massima di 1019,2 m s.l.m. a quota di 194,0 m s.l.m. Il substrato carbonatico e falde detritiche postglaciali sono presenti nella parte di monte del bacino, mentre la maggior parte della valle è caratterizzata da coperture glaciali non molto spesse tanto è che intorno ai 300,0 m s.l.m. affiora la Dolomia Principale; affioramenti di substrato sono presenti anche lungo la riva del lago.

La copertura è principalmente boschiva, con solo la porzione di valle occupata da prati e abitazioni.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con tre aste del I ordine e una del II ordine. La forma del bacino è regolare e ben allungata.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,13	2,6	0,84	6,46	0,15	0,83	0,54	0,24	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB06

Stretto e allungato bacino idrografico che occupa una superficie di 0,15 km^2 di forma regolare; la quota massima è di 1019,0 m s.l.m., quella minima di 194,0 m s.l.m.

Il reticolo idrografico è formato da un'unica asta principale ad andamento rettilineo su versanti da mediamente acclivi ad acclivi; l'asta torrentizia costituisce percorso di colata detritica che si estende fino a quota di circa 300,0 m s.l.m. Dal punto di vista geologico l'area occupata dal bacino in oggetto è caratterizzata dalla presenza, a monte, di substrato appartenente al Calcare di Moltrasio e da coperture di falda detritica postglaciale costituenti le aree sorgenti delle colate detritiche. La restante superficie è invece caratterizzata dalla presenza di depositi dell'Alloformazione di Cantù.

La copertura del suolo è quasi esclusivamente boschiva, con solo una piccola superficie, verso valle, occupata da prati.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con due aste del I ordine e una del II ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,15	2,62	1,28	8,60	0,12	0,83	0,55	0,27	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB07

Bacino idrografico allungato di forma regolare che occupa una superficie di 0,25 km^2 del versante settentrionale dei Pizzoni Laveno, dalla quota massima 985,0 m s.l.m. alla quota minima di 194,0 m s.l.m. Come per i bacini limitrofi la porzione di monte è caratterizzata dalla presenza di substrato carbonatico (Calcare di Moltrasio) sia affiorante sia subaffiorante e da falde detritiche che costituiscono le aree sorgenti delle colate detritiche impostate lungo gli alvei; substrato carbonatico della Dolomia Principale affiora anche della porzione di valle del bacino. La restante superficie è invece occupata da depositi glaciali dell'Alloformazione di Cantù. La copertura del suolo è esclusivamente boschiva.

Il reticolo idrografico è dato da aste ad andamento rettilineo a regime temporaneo, impostate su versanti da mediamente acclivi ad acclivi. Lungo le aste sono presenti depositi di debris flow che si estendono fino allo sbocco a lago.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con sei aste del I ordine e una del II ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,25	2,68	1,78	7,12	0,14	0,85	0,57	0,44	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB08

Bacino idrografico che occupa una superficie di 0,17 km^2 del versante settentrionale dei Pizzoni di Laveno dalla quota massima di 918,7 m s.l.m. a quota minima di 194,0 m s.l.m.; forma regolare, stretta e allungata lungo l'asta principale.

I corsi d'acqua hanno andamento rettilineo a carattere torrentizio con regime periodico, lungo cui si impostano colate detritiche alimentate dalle falde detritiche presenti alla base dei versanti in Calcare di Moltrasio presenti nella parte di monte del bacino. Substrato roccioso (Dolomia Principale) è anche presente nella porzione di valle dove forma ripide pareti a picco sul lago; solo in un lembo del bacino, intorno alla quota di circa 430,0 m s.l.m., è presente la copertura glaciale dell'Alloformazione di Cantù. La copertura del suolo è esclusivamente boschiva.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con tre aste del I ordine e una del II ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,17	2,46	1,38	8,18	0,12	0,78	0,48	0,35	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB09

Il bacino idrografico denominato *CVB09* si estende dal crinale dei Pizzoni di Laveno alla chiusura presso la foce a lago, cosi come tutti i bacini idrografici precedentemente descritti. Il bacino occupa una superficie di 0,24 km^2 dalla quota massima di 919,5 m s.l.m. alla quota minima di 194,0 m s.l.m.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da un regime stagionale ad andamento rettilineo impostato su pendii acclivi, di chiaro controllo tettonico. Lungo gli alvei si riconoscono depositi di colata detritica alimentati dalle falde detritiche e dalla disgregazione del substrato carbonatico (Calcare di Moltrasio). Nell'area di bacino non sono presenti depositi glaciali.

La copertura del suolo è data esclusivamente da boschi.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è basso con due aste del I ordine e una del II ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,24	2,21	0,9	3,75	0,27	0,7	0,39	0,62	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

Bacino CVB10

Il bacino idrografico denominato *CVB10* occupa parte del versante SW del Monte Ganna. Il bacino occupa una superficie di 0,11 km^2 dalla quota massima di 1020,7 m s.l.m. alla quota minima di 620,0 m s.l.m., quasi in prossimità della piana fluvioglaciale di S. Antonio.

Il reticolo idrografico, costituito da un'unica asta, è caratterizzato da un regime stagionale ad andamento rettilineo impostato su pendii acclivi, di chiaro controllo tettonico. Lungo l'alvei si riconoscono depositi di colata detritica alimentati dalle falde detritiche e dalla disgregazione del substrato carbonatico (Dolomia Principale, Dolomia del Campo del Fiori).

La copertura del suolo è data esclusivamente da boschi.

L'ordine gerarchico (classificazione di Strahler, 1958) è dato da un'unica asta del I ordine.

Nella tabella seguente sono riportati i principali parametri morfometrici identificativi del bacino idrografico:

Sb (km^2)	P (km)	Rd (km)	D (km^{-1})	C (km)	De	Ae	Rc	If
0,11	1,71	0,61	5,55	0,18	0,54	0,23	0,47	3,14

N.B.: Sb=superficie bacino idrografico, P=perimetro bacino idrografico; Rd=lunghezza totale della rete di drenaggio

8.3 Individuazione del reticolo principale e minore

Con la D.G.R. 01 Agosto 2003 n. 7/13950 di modifica alla D.G.R. 25 Gennaio 2002 n. 7/7868 la Regione Lombardia disciplina le modalità di individuazione del reticolo idrografico minore e principale e stabilisce il trasferimento ai Comuni, alle Comunità Montane e ai consorzi di bonifica delle funzioni concernenti la manutenzione, la polizia idraulica e l'amministrazione dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore.

Si definisce reticolo idrico minore qualsiasi corso d'acqua, scorrente sul territorio comunale, che non appartenga al reticolo idrico principale definito nella DGR n. 7/13950 del 01/08/2003 Allegato A.

Dalla tabella seguente si rileva, alla data odierna, che il reticolo idrico principale in Comune di Castelveccana è individuato nei seguenti corsi d'acqua:

Num. Progr.	Denominazione	Comuni interessati	Foce o sbocco	Tratto classificato come principale	N. iscr. el. AAPP
VA018	Torrente Ronè	Porto Valtravaglia, Castelveccana	Lago Maggiore	Dallo sbocco alla provinciale n.31	162 /C
VA019	Torrente Caldè o Froda	Castelveccana	Lago Maggiore	Dallo sbocco alla confluenza dei vari rami in cui si divide sotto cascine Froda	165 /C

Il reticolo idrico minore è stato definito quindi per sottrazione del reticolo principale, confrontando la cartografia ufficiale (C.T.R., I.G.M), l'aerofotogrammetrico comunale e le mappe catastali storiche ed attuali, il tutto verificato da sopralluoghi in sito. E' comunque considerato reticolo idrico minore tutto ciò che per Legge ordinaria o speciale appartiene al demanio idrico.

In tabella seguente sono pertanto elencati i corsi d'acqua classificati come reticolo idrografico minore:

Denominazione o codice identificativo	Fonte del dato
RM1	Cartografia ufficiale (CTR, IGM)
RM2	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); verifica in sito
RM3	Mappa catastale
RM4	Mappa catastale
RM5 e suoi affluenti	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Sciriasca	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Lepeclan	Mappa catastale
valle Bazzeroni	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Bagnola	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valleggio di Mezzo	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valleggio Fuori	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
RM6	Mappa catastale
valle Lunga	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
RM7	Cartografia ufficiale (CTR, IGM)
RM8	Cartografia ufficiale (CTR, IGM)
valle del Sasso	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Povrè	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Spiancarina	Cartografia ufficiale (CTR, IGM)
valle Rescone	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Virasca	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
RM9	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
rio dell'Asino e suoi affluenti	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Lungone	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale; verifica in sito
RM10	Cartografia ufficiale (CTR, IGM)
Froda e suoi affluenti	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale; verifica in sito
valle Orile	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Novella	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
Ronè/valle di S. Michele	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle Genesio	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale

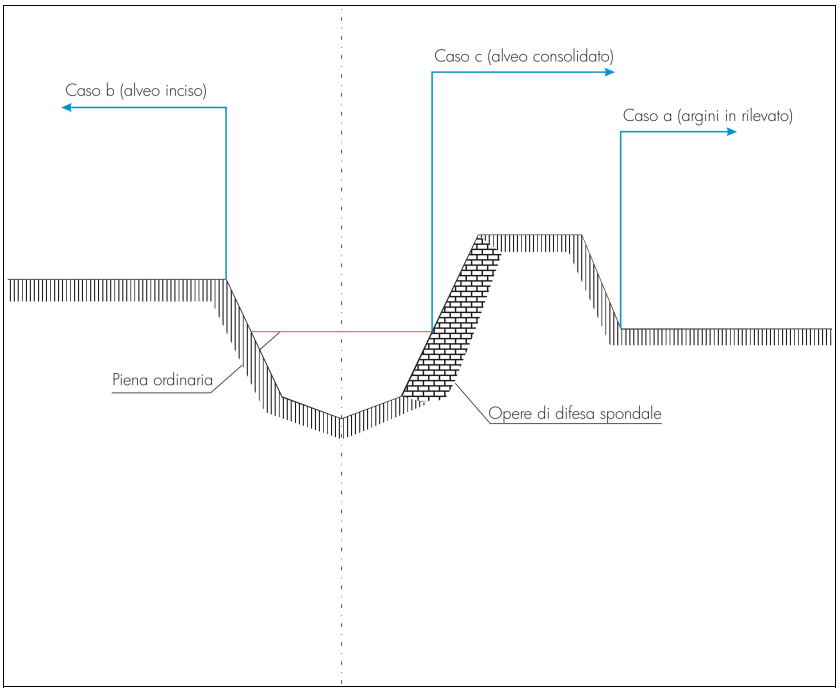
roggia Prada	Cartografia ufficiale (CTR, IGM); mappa catastale
valle del Moncucco	Mappa catastale

8.3.1 Fasce di rispetto

La normativa regionale, inoltre, delega alle amministrazioni locali l'individuazione delle fasce di rispetto dei corsi d'acqua, nonché le relative attività vietate o soggette ad autorizzazione.

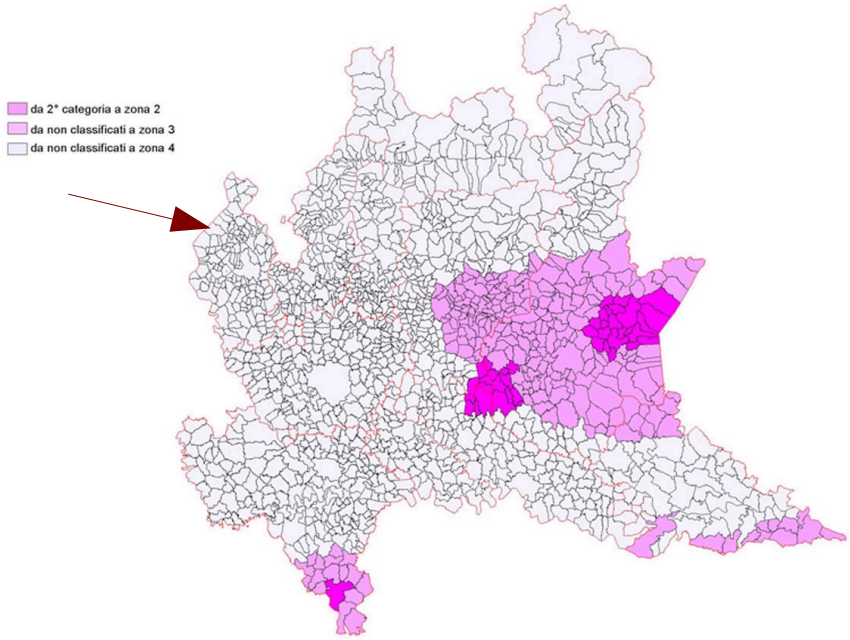
Lungo i corsi d'acqua classificati come Reticolo Idrico Minore si è provveduto alla delimitazione delle fasce di rispetto secondo quanto prescritto nella normativa vigente (R.D. 523/1904 e seguenti), nonché da quanto indicato dalla DGR 01 agosto 2003 n° 7/13950.

Verificata l'eventuale presenza (peraltro non riscontrata) di altre fasce di rispetto fluviale conseguenti ad altre disposizioni normative ed in particolare quelle contenute nei Piani Stralcio di Bacino approvati ai sensi della L183/89, è stata tracciata un unica fascia di rispetto di ampiezza pari a 10 metri, da intendersi misurata orizzontalmente in situ dal piede arginale esterno (a) o in assenza di rilevato arginale, dalla sommità della sponda fluviale incisa (b). Nel caso di sponde stabili o protette le distanze possono essere calcolate con riferimento alla linea individuata dalla piena ordinaria (c).



9.0 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

9.1 Aspetti normativi e metedologici



Proposta di riclassificazione sismica
(Comune di Castelveccana indicato dalla freccia)

Il Comune di Castelveccana, secondo la riclassificazione sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", adottata con D.G.R. n.14964 del 7 novembre 2003), ricade in zona sismica 4 (bassa sismicità).

Tale classificazione costituisce la pericolosità sismica di base (previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo) che deve essere verificata e approfondita, in base ai criteri dettati dalla L.R. 12/2005, in fase di pianificazione territoriale e geologica.

La metodologia per l'approfondimento e la valutazione dell'amplificazione sismica locale, riportata in Allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "*Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.*", in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*",

dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, prevede 3 livelli di analisi da applicarsi in funzione della zonazione sismica di appartenenza.

L'elaborazione della carta della pericolosità sismica locale è il prodotto del completamento del primo dei tre livelli di approfondimento previsti, obbligatorio per tutti i comuni della Lombardia, ed esteso a tutto il territorio comunale; tale elaborato costituisce, unitamente alle prescrizioni riportate nell'analisi della Fattibilità Geologica per le azioni di Piano, la base fondamentale per gli indirizzi di pianificazione urbanistica, identificando per ciascuna zona gli studi richiesti per valutare in dettaglio la risposta delle strutture alle sollecitazioni dinamiche di tipo sismico. In questo senso, essendo il Comune di Castelveccana in Zona 4 ed in base all'Allegato 5 dei Criteri attuativi della L.R. 12/05, in fase progettuale gli approfondimenti di II e III livello sono obbligatori unicamente per gli edifici strategici e rilevanti di cui all'elenco in Allegato A al d.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904; è comunque discrezione dell'amministrazione richiedere l'approfondimento in fase d'istruttoria nei casi che si ritengano opportuni non rientranti nell'elenco.

9.2 Approfondimento di I livello

L'analisi consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; si tratta di un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte.

La suddivisione in zone è avvenuta seguendo una suddivisione in situazioni tipo denominate **scenario di pericolosità sismica locale**, contenute in Allegato 5 e riportate nella tabella successiva.

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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle 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

9.2.1 Zonazione sismica preliminare

Sulla base di quanto detto nel paragrafo precedente è stata redatta una analisi di I livello che ha portato alla perimetrazione, per l'intero territorio comunale di aree omogenee per ambiti di pericolosità sismica (cfr **Tavola n. 7**).

L'analisi si è avvalsa delle considerazioni di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico esposte nei capitoli precedenti; questo ha portato all'identificazione di situazioni tipo, corrispondenti a diversi scenari di pericolosità sismica ed effetti di amplificazione prevedibili.

La suddivisione emersa per il territorio di Castelveccana è riportata nella tabella seguente, cui segue una descrizione di ciascuno scenario.

ELEMENTI MORFOLOGICI POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE		
Sigla dello scenario	Scenario di pericolosità sismica locale	Effetti prevedibili
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	Instabilità
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	Instabilità
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	Amplificazioni topografiche
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

DEPOSITI DI COPERTURA POTENZIALMENTE SOGGETTI AD AMPLIFICAZIONI SISMICHE		
Sigla dello scenario	Scenario di pericolosità sismica locale	Effetti prevedibili
Z4a	Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	Amplificazioni litologiche
Z4c	Zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	Amplificazioni litologiche

Z1a - Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

A tale scenario appartiene l'area del Sasso Galletto (cfr cap. 5, Tavola n. 2) individuata come soggetta a franamento attivo per crolli, anche di recente attivazione (aprile 2010), potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità a cui corrisponde una classe di pericolosità sismica H3.

Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il III solo per edifici strategici e rilevanti di nuova edificazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di Fattibilità Geologica.

Z1b - Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti

Nel territorio di Castelveccana sono localizzate alcune aree a cui è stato attribuito uno stato di attività quiescente (cfr cap. 5, Tavola n. 2) potenzialmente instabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, quali quelle sul versante occidentale della Rocca di Caldè, quelle presso la frazione di Nasca sul versante idrografico destro del Froda, aree in località Biogno e sul versante settentrionale del Monte Nudo.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità a cui corrisponde una classe di pericolosità sismica H2.

Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il III solo per edifici strategici e rilevanti di nuova edificazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di Fattibilità Geologica.

Z1c – Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di franamento

In base a quanto emerso nel corso dei rilevamenti in sito e dalle risultanze delle analisi per la delimitazione della pericolosità da frane (cfr cap. 5 e 6, Tavole n. 2 e 4), in tale ambito sono state inserite:

- le pareti rocciose con pendenza superiore di 45° potenzialmente origine di crolli;
- le aree interessate da soil creep diffuso;

- le aree di transito e accumulo di colate di detrito;
- le aree di versante potenzialmente franose con grado di pericolosità medio – alto;
- le aree interessate da movimenti franosi relitti o stabilizzati.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di instabilità a cui corrisponde una classe di pericolosità sismica H2.

Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il III solo per edifici strategici e rilevanti di nuova edificazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03, qualora non sussistano già prescrizioni di inedificabilità relativi alla Classe IV di Fattibilità Geologica.

Z3a - Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)

A questa categoria si è inteso attribuire elementi lineari, quali orli di terrazzo fluviale e/o fluvioglaciale e orli di scarpata, che sottendono un pendio con inclinazione maggiore o uguale a 10° e dislivello minimo di 10 metri.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni topografiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il II solo per edifici strategici e rilevanti di nuova edificazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

Z3b - Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate

A questa categoria si è inteso attribuire elementi lineari con pendio ad inclinazione superiore o pari a 10°, quali le creste rocciose dei Pizzoni di Laveno, Pizzo del Cuvignone, Monte Nudo e Monte Ganna e della Rocca di Caldè.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni topografiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Il livello di approfondimento richiesto in fase progettuale per tali aree è il II solo per edifici

strategici e rilevanti di nuova edificazione (o anche in caso di ampliamento di tali strutture se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore del valore soglia comunale.

Z4a - Zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi

Sono state attribuite a questa categorie le aree corrispondenti alle piane fluviali dei principali corsi d'acqua quali il Froda, il Ronè e il rio Asino, nonché quelle più limitate degli altri corsi d'acqua. Inoltre rientra in questa categoria la piana fluvioglaciale riconosciuta tra le frazioni di Ronchiano e Castello.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni litologiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z4a è richiesto l'approfondimento di II livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova costruzione (o anche in caso di ampliamento degli stessi se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore al valore soglia comunale.

Z3b - Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre

Sono state attribuite a tale categoria principalmente le aree morfologicamente identificate come conoidi, distribuite tra la foce del Froda e la località Rescone e le due piccole conoidi poste a SE di S. Antonio.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni litologiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z4b è richiesto l'approfondimento di II livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova costruzione (o anche in caso di ampliamento degli stessi se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore al valore soglia comunale.

Z3c - Zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)

Rientrano in questa categoria le aree in cui sono presenti depositi glaciali e di contatto glaciale, sia morfologicamente rappresentati da morene (Ronchiano, Nasca, etc) sia privi di espressione morfologica presenti sui versanti di Pianeggi, S. Antonio, passo del Cuvignone e nella fascia lungo lago tra Sasso Galletto e Caldè.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di amplificazioni litologiche e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z4c è richiesto l'approfondimento di II livello solo per edifici strategici e rilevanti di nuova costruzione (o anche in caso di ampliamento degli stessi se già esistenti) di cui all'elenco tipologico secondo la d.d.u.o. n. 19904/03 e l'approfondimento di III livello nelle aree indagate con il II livello qualora il fattore di amplificazione (Fa) calcolato risultasse superiore al valore soglia comunale.

Z5 - Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse

A questa categoria si è inteso attribuire elementi lineari che identificano i principali lineamenti tettonici, anche di importanza regionale, riconosciuti e ampliamente descritti nel capitolo 4.

In caso di evento sismico l'effetto prevedibile è quello di comportamenti differenziali e la classe di pericolosità sismica corrispondente è H2.

Nelle zone Z5 non è necessaria la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore, in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

9.3 Edifici ed opere infrastrutturali rilevanti

Per completezza viene riportato l'elenco delle tipologie di edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. del 21 novembre 2003 n. 19904 Allegato A che, per i comuni ricadenti in Zona 4, come il caso di Castelveccana, devono essere sottoposti ai successivi livelli di approfondimento II e III in fase progettuale.

EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE – categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

EDIFICI

- edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale (prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni /attività connesse con la gestione dell'emergenza);
- edifici destinati a sedi dell'Amministrazione provinciale (prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni /attività connesse con la gestione dell'emergenza);
- edifici destinati a sedi di Amministrazioni comunali (prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni /attività connesse con la gestione dell'emergenza);
- edifici destinati a sedi di Comunità Montane (prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni /attività connesse con la gestione dell'emergenza);
- strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc);
- centri funzionali di Protezione Civile;
- edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;
- ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione;
- sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (limitatamente gli edifici ospitanti funzioni /attività connesse con la gestione dell'emergenza);
- centrali operative 118.

EDIFICI ED OPERE RILEVANTI – categorie di edifici e opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alla conseguenza di un eventuale collasso

EDIFICI

- asili nido e scuole, dalle materne alle superiori;
- strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere;
- edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n. 3685 del 21 ottobre 2003;
- strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc);
- edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento.

OPERE INFRASTRUTTURALI

- punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade "strategiche" provinciali e comunali non comprese tra la "grande viabilità" di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate "strategiche" nei piani d'emergenza provinciali e comunali;
- stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane);
- porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza;
- strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica;
- strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.);
- strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali;
- strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e mobile, televisione);
- strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi;
- opere di ritenuta di competenza regionale.

9.4 Modalità di approfondimento

9.4.1 II e III livello di approfondimento

Il **II livello** si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni riportate nel paragrafo precedente.

La procedura 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, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di *Fa*.

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 II 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: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

Il **III livello** si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di *Fa* superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del II livello.

I risultati delle analisi di III livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

9.4.2 Procedura semplificata di II livello per amplificazioni litologiche: scenari Z4

Per gli scenari Z4a Z4b e Z4c individuati in questo studio, relativi a potenziali amplificazioni sismiche legate alla litologia, è da prevedere un approfondimento di II livello.

La procedura semplificata di II livello, basata sull'utilizzo per confronto di cinque schede tipo redatte dalla Regione Lombardia riportate in Allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05, richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle *Vs* con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2).

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di *Vs* con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle *Vs* con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di *Vs* inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di *Vs* con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità *Vs* dello strato superficiale, la curva più appropriata per la valutazione del valore di *Fa*

nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito *T*.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^{n} h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^{n} Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^{n} h_i} \right)}$$

ove h_i e Vs_i sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Il valore di *Fa* determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di *Fa* ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di *Fa* con le schede 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 o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa

(classe di pericolosità H1);

- il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di *Vs*, utilizzati nella procedura di II livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità.

9.4.3 Procedura semplificata di II livello per amplificazioni morfologiche: scenari Z3

La procedura semplificata di II livello per amplificazioni morfologiche (scenario Z3a) è valida per pendii con fronti di altezza (H) maggiori o uguali a 10 metri ed inclinazioni (a) medie del fronte uguali o superiori a 10°.

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una *Vs* maggiore o uguale ad 800 m/s.

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

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

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

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore a 15-20 metri;
- l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (a) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza;

- il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropedenza.

Sulla base delle diverse situazioni di scarpata esistono in Allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 (e successivi aggiornamenti) modelli caratterizzati da diverse altezze H, diverse inclinazioni a del fronte principale e diversa tipologia del fronte superiore dei quali è stato pre calcolato l'andamento del valore del Fattore di amplificazione per l'intervallo di periodo tra 0.1-0.5 s 0.5-1.5 s lungo il fronte superiore, identificando anche l'area influenza (Ai) dei fenomeni di amplificazione sismica.

La procedura semplificata di II livello per amplificazioni morfologiche (scenario Z3b) è valida per pendii con inclinazione maggiore o uguale a 10°; il rilievo è identificato su base cartografica e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di eventuali rotture morfologiche: sono da considerarsi creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H) (scheda di valutazione).
Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una *Vs* maggiore o uguale a 800 m/s.
Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno 1/3 della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazione inferiore a 10° (cresta arrotondata)

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- larghezza alla base del rilievo L;
- larghezza in cresta del rilievo l;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appiattita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la

curva più appropriata per la valutazione del fattore Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L.

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l, mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. I valori di Fa cosi ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari, viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di *Fa* ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A (*Vs* > 800 m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

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 o uguale 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 (classe di pericolosità H1);
- 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 effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

9.4.4 Procedura approfondita di III livello per instabilità: scenari Z1b, Z1c

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali), individuati in territorio comunale, possono essere così schematizzate:

- individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr-Coulomb);
- individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (Fs) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (Kc) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri

quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni sull'area di influenza del movimento franoso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

FASE DI SINTESI – VALUTAZIONE – PROPOSTA

10.0 QUADRO DEI DISSESTI CON LEGENDA PAI

Sul territorio di Castelveccana sono state individuate le principali situazioni di dissesto classificabili conformemente alle tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI (Elaborato 2 – Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici).

In particolare (cfr **Tavola n. 8**)sono state individuate le seguenti tipologie di fenomeni idrogeologici:

- frane;
- esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua;
- Trasporto in massa su conoidi.

10.1 Ambito frane

L'identificazione dei movimenti franosi presenti nel territorio di Castelveccana è stata effettuata partendo dai dati pubblicati nell'Inventario frane e dissesti della Regione Lombardia (GeoIFFI), integrandoli e modificandoli nel corso dei rilievi di terreno cosi come ampiamente esposto nel capitolo 5.

A seguito di questa fase di analisi sono stati riconosciuti movimenti franosi principalmente di scivolamento e un dissesto di crollo reale, a diverso grado di attività (attivo, quiescente e relitto). Lo stato di attività dei dissesti censiti è stato valutato direttamente sul terreno dall'analisi di elementi morfologici e solo occasionalmente ci si è avvalsi di dati storici.

I fenomeni sono cosi stati classificati:

- Classe **Fa** – Aree interessate da frane attive: area di frana di crollo presso la località Sasso Galletto;
- Classe **Fq** – Aree di frane quiescenti: frane sul versante occidentale della Rocca di Calde, sul versante idrografico destro del Froda presso la frazione di Nasca, frane quiescenti presso la località di Biogno e frane sul versante settentrionale del Monte Nudo.

- Classe **Fs** – Aree interessate da frane stabilizzate: area di frana classificata come relitta presente in sponda idrografica destra del Froda presso la frazione di Nasca.

10.2 Ambito dei torrenti

I corsi d'acqua presenti nel territorio di Castelveccana hanno principalmente carattere torrentizio e sono attivi quasi esclusivamente in concomitanza di intensi eventi meteorici. A questi fanno eccezione il Froda e il Ronè.

Le problematiche di maggior rilievo riscontrate lungo le aste torrentizie sono legate alla presenza di accumuli detritici in alveo testimonianza di colate di detrito attivatesi durante forti precipitazioni, alimentate dall'erosione delle pareti rocciose a tergo.

Per questo si è deciso di inserire queste aree in una classificazione PAI, cosi come riportato di seguito:

- Classe **Eb** – Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata: sono tutti quei tratti di alveo in cui è stato riconosciuto un accumulo detritico, con potenzialità elevata di rimobilizzazione;
- Classe **Em** – Aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata: sono quei tratti di corso d'acqua in cui non è presente una accumulo detritico da debris flow, ma che potenzialmente possono essere raggiunti e attraversati dalle colate detritiche nel caso di intensi eventi piovosi. Rientrano anche in questa classe quei corsi d'acqua privi di accumuli detritici in alveo ma che possono diventare sede di scorrimento di colate, valutati in sede di rilevamento dall'assetto del corso d'acqua stesso e dalle caratteristiche litologiche e di dinamica geomorfologica che caratterizzano la valle.

10.1 Ambito delle conoidi

In territorio di Castelveccana sono presenti alcune conoidi cosi come già in parte riportate nell'Inventario dei fenomeni franosi GeoIFFI della Regione Lombardia e riprese nell'ambito del PTCP di Varese. I rilievi di terreno hanno consentito di delimitare meglio quanto riportato in bibliografia e di definire il potenziale stato di attività di queste strutture.

Per tali strutture si è provveduto a definire un potenziale stato di pericolosità (cfr par. 6.3), basandosi principalmente su osservazioni di carattere geomorfologico e di incidenza

antropica; sono state definite aree a pericolosità bassa (H1+H2), a pericolosità media (H3) e a pericolosità alta (H4-H5).

In accordo con le definizioni del PAI è stata quindi stabilità la seguente classificazione:

- Classe Cn – aree di conoide non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa (pericolosità media o moderata).

Le aree classificate come Cn corrispondono alle porzioni di conoide a pericolosità H1+H2, sia per le conoide quiescenti che per le conoidi definite come relitte.

- Classe Cp – aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi potenzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (pericolosità elevata).

Sono quelle porzioni di conoide che per aspetti morfologici (paleoalvei) e antropici (strade) sono state classificate come pericolosità H3.

- Classe Ca – aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte (pericolosità molto elevata).

Rientrano in questa categoria quelle aree di conoide coincidente con l'alveo principale, a cui è stata attribuita una classe di pericolosità H4+H5.

11.0 VINCOLI

Nella cartografia dei vincoli (cfr **Tavola n. 9**) si individuano, per tutto il territorio comunale, quelle aree soggette a limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di carattere prettamente geologico.

Sulla base dei criteri attuativi e successive modifiche alla L.R. 12/05 i principali elementi di vincolo alla pianificazione urbanistica locale sono:

- vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89;
- vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002 n. 7/7868 e successive modificazioni;
- aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile;
- geositi.

Il territorio di Castelveccana è soggetto a vincoli derivati dalla pianificazione di bacino, di polizia idraulica e ad aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile.

11.1 Vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della Legge 183/89

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po (PAI), entrato in vigore l'8 agosto 2001, attraverso le sue disposizioni *"persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino del Fiume Po un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico e idrogeologico, attraverso il ripristino degli equilibri idrogeologici e ambientali, il recupero degli ambiti fluviali e del sistema delle acque, la programmazione degli usi del suolo ai fini della difesa, della stabilizzazione e del consolidamento dei terreni, il recupero delle aree fluviali, con particolare attenzione a quelle degradate, anche attraverso usi ricreativi".*

Esso *"ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto idraulico e idrogeologico del bacino idrografico".*

In base a questa considerazione ed alle modalità indicate nella Parte 2 dei Criteri di cui alla D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566 (Raccordi con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) sono stati riportati i vincoli esistenti ai sensi del progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001.

In merito alle aree in vincolo, il PAI prevede la classificazione in aree interessate da fenomeni di dissesto: per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

Frane

- Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata);
- Fq, aree interessate da frane quiescenti – (pericolosità elevata);
- Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata).

Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua

- Eb, aree di esondazione a pericolosità elevata;
- Em, aree di esondazione a pericolosità media o moderata.

Trasporto in massa su conoidi

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

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 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 e di sistemazione dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee.

Nelle aree **Fq**, oltre agli interventi di cui al precedente punto, 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, purchè 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. E' 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.

Nelle aree Fs compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225.

Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al comma 5 delle NdA del PAI, 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.

Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

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 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 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;
- le opere di difesa e di sistemazione idraulica.

Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente punto, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, restauro, 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 adeguamento igienico-funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto della legislazione in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto senza ampliamento di volume;
- 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.

Nelle aree Cn compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

11.2 Vincoli di Polizia Idraulica

Con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale del 25 gennaio 2002 n. 7/7868 *«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"* e le successive modifiche apportate dalla Deliberazione della Giunta Regionale del 1 agosto 2003, n. 7/13950, viene demandata ai Comuni la funzione di definire il reticolo idrografico superficiale facente parte del Reticolo Idrico Minore, di propria competenza, per il quale si dovrà provvedere allo svolgimento delle funzioni di manutenzione ed alla adozione dei provvedimenti di polizia idraulica; parimenti, i Comuni divengono peraltro beneficiari dei proventi derivanti dall'applicazione dei canoni di polizia idraulica.

In questo senso, riprendendo nei suoi termini essenziali lo studio redatto da questo studio (*"Determinazione del Reticolo Idrico Principale e Minore ai sensi della D.G.R.25.01.2002 n. 7/7868 e s.m."),* si è proceduto nella *carta dei vincoli* all'individuazione del Reticolo Idrico Principale e Minore persistente sul territorio di Castelveccana, con conseguente delimitazione delle relative fasce di rispetto ai fini della attività di polizia idraulica.

Tali vincoli rappresentano una norma transitoria in attesa della conclusione dell'iter di validazione da parte della Regione Lombardia dello studio di individuazione del reticolo idrografico minore, ai sensi della D.G.R. 7/7868 del 25 gennaio 2002 e succ. mod. Pertanto, fino all'approvazione regionale dello studio e al recepimento dello stesso mediante apposita variante urbanistica, valgono le disposizioni di cui al r.d. 523/1904.

11.3 Salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

L'approvvigionamento idropotabile del comune di Castelveccana è garantito principalmente dallo sfruttamento di un sistema di sorgenti, ubicate nel settore centro orientale del territorio, e da due pozzi, uno alla foce del rio Asino e uno in località S. Antonio, cosi come riportato nel par. 7.3 e relativa tavola di analisi (cfr Tavola n. 6).

Relativamente a questo sistema di sorgenti e pozzi comunali, sono state perimetrate:

Zona di tutela assoluta: costituita dall'area immediatamente circostante le captazioni; deve avere un'estensione di almeno dieci metri di raggio dal punto di captazione. Deve essere adeguatamente protetta e deve essere adibita esclusivamente a opere di captazione o presa e ad infrastrutture di servizio.

Zona di rispetto: costituita dalla porzione di territorio circostante la zona di tutela assoluta definita secondo il criterio geometrico; per le sorgenti è definita da una porzione di cerchio di raggio non inferiore a 200 metri, con centro nel punto di captazione, che si estende idrogeologicamente a monte dell'opera di presa ed è delimitata verso valle dall'isoipsa passante per la captazione. Per i pozzi invece la fascia di rispetto, delimitata sempre con criterio geometrico, si estende su una superficie di 200 metri di raggio intorno alla captazione.

Le norme relative alle aree di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla D.G.R. 10 aprile 2003, n. 7/12693 "*Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle zone di rispetto*" e dal D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 "Norme in materia ambientale" Art. 94. "*Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano*".

In particolare, nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività (comma 4):

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 provenienti 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. È 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.

Nella direttiva D.G.R. 10/04/2003 n. 7/12693 sono descritti i criteri e gli indirizzi in merito alla realizzazione di strutture e all'esecuzione di attività ex novo nelle zone di rispetto delle opere di captazione esistenti; in particolare, all'interno dell'All. 1 – punto 3 della detta delibera, sono elencate le direttive per la disciplina delle seguenti attività all'interno delle zone di rispetto:

- realizzazione di fognature;
- realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione;
- realizzazione di infrastrutture viarie, ferroviarie ed in genere infrastrutture di servizio;
- pratiche agronomiche e contenuti dei piani di utilizzazione.

Per quanto riguarda la realizzazione di fognature (punto 3.1) la delibera cita le seguenti disposizioni:

i nuovi tratti di fognatura da situare nelle zone di rispetto devono:

- costituire un sistema a tenuta bidirezionale, cioè dall'interno verso l'esterno e viceversa, e recapitare esternamente all'area medesima;
- essere realizzati evitando, ove possibile, la presenza di manufatti che possano costituire elemento di discontinuità, quali i sifoni e opere di sollevamento.

nella Zona di Rispetto di una captazione da acquifero non protetto:

- non è consentita la realizzazione di fosse settiche, pozzi perdenti, bacini di accumulo di liquami e impianti di depurazione;
- è in generale opportuno evitare la dispersione di acque meteoriche, anche provenienti da tetti, nel sottosuolo e la realizzazione di vasche di laminazione e di prima pioggia.

per tutte le fognature nuove (principali, secondarie, allacciamenti) insediate nella Zona di Rispetto sono richieste le verifiche di collaudo.

Per quanto riguarda la realizzazione di opere e infrastrutture di edilizia residenziale e relativa urbanizzazione (punto 3.2), nelle zone di rispetto la delibera dispone:

- per la progettazione e la costruzione degli edifici e delle infrastrutture di pertinenza non possono essere eseguiti sondaggi e indagini di sottosuolo che comportino la creazione di vie preferenziali di possibile inquinamento della falda;
- le nuove edificazioni possono prevedere volumi interrati che non dovranno interferire con la falda captata [...].

In tali zone, inoltre, non è consentito:

- la realizzazione, a servizio delle nuove abitazioni, di depositi di materiali pericolosi non gassosi, anche in serbatoi di piccolo volume a tenuta, sia sul suolo sia nel sottosuolo;
- l'insediamento di condotte per il trasporto di sostanze pericolose non gassose;
- l'utilizzo di diserbanti e fertilizzanti all'interno di parchi e giardini [...].

Nelle zone di rispetto è consentito l'insediamento di nuove infrastrutture viarie e ferroviarie, fermo restando che:

- le infrastrutture viarie a elevata densità di traffico (autostrade, strade statali, provinciali, urbane a forte transito) devono essere progettate e realizzate in modo da garantire condizioni di sicurezza dallo sversamento ed infiltrazione di sostanze pericolose in falda […];
- lungo tali infrastrutture non possono essere previsti piazzali per la sosta, per il lavaggio di mezzi di trasporto o per il deposito, sia sul suolo sia nel sottosuolo, di sostanze pericolose non gassose;
- lungo gli assi ferroviari non possono essere realizzati binari morti adibiti alla sosta di convogli che trasportano sostanze pericolose.

Nei tratti viari o ferroviari che attraversano la Zona di Rispetto è vietato il deposito e lo spandimento di sostanze pericolose, quali fondenti stradali, prodotti antiparassitari ed erbicidi, a meno di non utilizzare sostanze che presentino una ridotta mobilità nei suoli.

Per le opere viarie o ferroviarie da realizzare in sottosuolo deve essere garantita la perfetta impermeabilizzazione delle strutture di rivestimento e le stesse non dovranno interferire con l'acquifero captato.

Nelle zone di rispetto è inoltre vietato lo spandimento di liquami e la stabulazione, l'utilizzo di fertilizzanti di sintesi e di fanghi di origine urbana o industriale.

12.0 SINTESI DELLE CONOSCENZE ACQUISITE

La carta di sintesi (cfr **Tavola n. 10**) è stata redatta attraverso l'elaborazione di tutti gli elementi individuati nelle precedenti fasi di analisi. L'obiettivo è quello di fornire un quadro riassuntivo dello stato del territorio al fine di procedere a valutazioni diagnostiche ed in particolare, citando i *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12"*- D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566, *"la carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera"* e come tale *"deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee"*.

Gli elementi geo-ambientali riportati nella cartografia di dettaglio sono stati raggruppati secondo tematiche simili tenendo conto dei fattori prevalenti, sia in senso qualitativo sia quantitativo, al fine di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio.
Per rendere più agevole la lettura, le categorie riportate nella delibera (Parte 1, par. 3.2 Tabella 1) sono state suddivise in classi e numerate progressivamente, cosi come riportato nella tabella seguente. Nella fase di analisi sono stati riconosciuti anche elementi di pericolosità/vulnerabilità non presenti in delibera; pertanto si è provveduto ad aggiungerli (in corsivo) a quelli proposti.

A)	AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI	Classe di fattibilità
A.1	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
A.2	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali	4
A.3	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.4	Aree in frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
A.5	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
A.5a	*Aree potenzialmente soggette a franosità superficiale diffusa (scivolamenti, soliflusso)*	4
A.6	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprensive di aree di distacco e di accumulo)	4
A.7	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
A.8	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
A.9	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
A.9a	*Aree di potenziale influenza per crolli con pericolosità alta-molto alta*	*4*
A.9b	*Aree di potenziale influenza per crolli con pericolosità media-bassa*	*3*
A.10	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
A.11	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3
A.12	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terrreno	4*
A.12a	*Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno*	*4*
A.13	Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo	3
A.14	Aree interessate da valanghe già avvenute	4
A.15	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
A.16	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
A.17	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3
A.18	*Aree di frana relitta o stabilizzata*	*4*
A.19	*Aree a pericolosità medio-alta per frane superficiali con versanti ad acclività compresa tra 30° e 45°*	*4*
A.20	*Aree a pericolosità bassa-molto bassa per frane superficiali con versanti ad acclività compresa tra 15° e 30°*	*3*
A.21	*Aree a pericolosità molto bassa-nulla per frane superficiali con versanti ad acclività inferiore a 15°*	*2*
A.22	*Substrato roccioso affiorante ad acclività inferiore a 45°, con bassa probabilità nel generare crolli e ribaltamenti*	*4*

B)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO	Classe di fattibilità
B.1	Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3
B.2	Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate)	4
B.3	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
B.4	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline	4

C)	AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	Classe di fattibilità
C.1	aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
C.2	aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
C.3	aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
C.4	aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
C.5	aree soggette ad esondazioni lacuali	3
C.6	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
C.7	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
C.8	Aree adiacenti ai corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
C.9	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3
C.9a	*Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità bassa (H1+H2)*	*2*
C.9b	*Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità media (H3)*	*3*
C.9c	*Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità alta (H4+H5)*	*4*
C.10	*Aree di pertinenza morfologica dei corsi d'acqua, comprendente le sponde e le aree di pertinenza del corso d'acqua stesso, potenzialmente soggette a fenomeni erosivi*	*4*

D)	AREE CHE PRESENTANO SCADENTI CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	Classe di fattibilità
D.1	aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
D.2	aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
D.3	aree con consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
D.4	aree con riporti di materiale, aree colmate	3

12.1 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio

A – Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

- A.1 - Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli);
- A.4 - Aree in frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- A.5 - Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso);
  - A.5a - Aree potenzialmente soggette a franosità superficiale diffusa (scivolamenti, soliflusso);
- A.9 - Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza;
  - A.9a - Aree di potenziale influenza per crolli con pericolosità alta-molto alta;
  - A.9b - Aree di potenziale influenza per crolli con pericolosità media-bassa;
- A.12 - Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terrreno;
  - A.12a - Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno;
- A.17 - Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area;
- A.18 - Aree di frana relitta o stabilizzata;
- A.19 - Aree a pericolosità medio-alta per frane superficiali con versanti ad acclività compresa tra 30° e 45°;
- A.20 - Aree a pericolosità bassa-molto bassa per frane superficiali con versanti ad acclività compresa tra 15° e 30°;

- A.21 - Aree a pericolosità molto bassa-nulla per frane superficiali con versanti ad acclività inferiore a 15°;
- A.22 - Substrato roccioso affiorante ad acclività inferiore a 45°, con bassa probabilità nel generare crolli e ribaltamenti.

B – Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- B.1 - Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero.

C – Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- C.5 - Aree soggette ad esondazioni lacuali;
- C.9a - Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità bassa (H1+H2);
- C.9b - Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità media (H3);
- C.9c - Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura – pericolosità alta (H4+H5);
- C.10 - Aree di pertinenza morfologica dei corsi d'acqua, comprendente le sponde e le aree di pertinenza del corso d'acqua stesso, potenzialmente soggette a fenomeni erosivi.

13.0 FATTIBILITA' GEOLOGICA E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

La Carta di Fattibilità geologica delle azioni di piano (cfr Tavola n. 11) è l'elaborato finale che viene desunto dalla Carta di Sintesi e dalle considerazioni tecniche svolte nella fase di analisi, essendo di fatto una carta che fornisce indicazioni circa le limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi e le indagini necessarie per gli approfondimenti richiesti e gli interventi di ripristino e di mitigazione del rischio reale o potenziale.

Tutte le analisi condotte permettono la definizione di questo elaborato, redatto alla scala di piano, che mediante la valutazione incrociata degli elementi cartografati, individua e formula una proposta di suddivisione dell'ambito territoriale d'interesse in differenti aree, che rappresentano una serie di "classi di fattibilità geologica".

Viene proposta una classificazione costituita da quattro differenti classi, in ordine alle possibili destinazioni d'uso del territorio; sono zone per le quali sono indicate sia informazioni e cautele generali da adottare per gli interventi, sia gli studi e le indagini di approfondimento eventuali.

In base alle valutazioni effettuate, considerando gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici riconosciuti, nel territorio in esame sono state individuate le seguenti classi di idoneità all'utilizzazione urbanistica:

Classe 2	Fattibilità con modeste limitazioni
Classe 3	Fattibilità con consistenti limitazioni
Classe 4	Fattibilità con gravi limitazioni

Si sottolinea che la suddivisione territoriale in classi, trattandosi di una pianificazione generale, non sopperisce alla necessità di attuare le prescrizioni operative previste da leggi e decreti vigenti, così come l'individuazione di una zona di possibile edificazione deve rispettare la necessità di redigere un progetto rispettoso delle norme di attuazione.

Alle classi di fattibilità individuate devono essere inoltre sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

13.1 CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

Principali caratteristiche

Appartengono a questa classe di fattibilità quelle aree collinari a bassa pendenza, generalmente inferiore a 15°, e subpianeggianti in cui non sono state individuate particolari problematiche geologiche e la pericolosità per frane di scivolamento è molto bassa o nulla. I terreni presenti sono di origine glaciale e fluvioglaciale. Sono quelle aree dove sorgono i principali centri abitati della parte N del territorio: Caldè, Rasate, Castello, Nasca, Pessina, Sarigo, Ronchiano, Biogno e Pira Pianeggi. Rientrano in questa categoria anche le porzioni di conoide classificate a pericolosità bassa (H1+H2).

Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi

Per le aree poste in questa classe l'idoneità all'utilizzazione urbanistica è subordinata all'azione di modesti accorgimenti tecnici.

Per l'utilizzo edificatorio deve essere affrontato in modo approfondito il problema fondazionale, con la realizzazione di indagini geognostiche volte a definire in modo preciso, puntuale e dettagliato le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta e le soluzione più idonee da adottarsi. Gli interventi edificatori dovranno inoltre prevedere, attraverso adeguati studi, l'interazione con la circolazione idrica sotterranea e superficiale e lo smaltimento delle acque meteoriche e degli scarichi delle acque reflue. È altresì da evitare la realizzazione di pozzi perdenti e/o di sistemi di subirrigazione se non a seguito di specifici studi volti ad una corretta regimazione dei reflui. A tale scopo è auspicabile la realizzazione di collettori fognari a servizio di aree edificate che ne risultino sprovviste.

Norme tecniche di attuazione

Oltre al rispetto delle vigenti norme di legge il progetto dovrà contenere l'analisi relativa a:

- *determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, che andranno attentamente valutate, sulla base di puntuali indagini geologiche e geotecniche che si renderanno necessarie, finalizzate alla definizione dei parametri di interazione struttura-terreno (D.M. 14/01/08);*
- *possibile interazione della proposta d'intervento con l'assetto idrologico ed idrogeologico del sito;*

- *grado di stabilità degli scavi con riguardo anche alle costruzioni adiacenti sia in corso d'opera che a fine intervento.*

13.2 CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

Principali caratteristiche:

Questa classe comprende le zone nelle quali si sono riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per l'entità e la natura delle condizioni di pericolosità nelle aree. Queste condizioni possono essere per lo più rimosse con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo. L'utilizzo delle zone, ai fini urbanistici **è subordinato alla realizzazione** di supplementi d'indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di difesa. Nel caso in esame sono state individuate una serie di aree in classe tre che presentano problematiche geologiche variabili; si tratta in genere di ambiti, sia di pianura sia di versante, che coincidono con aree, caratterizzate da condizioni morfologiche sfavorevoli (pendenze-medio elevate), pericolose e/o vulnerabili cosi definite:

- aree di versante a pendenza compresa tra 15° e 30° a pericolosità bassa-molto bassa per frane superficiali;
- aree di potenziale influenza di crolli con pericolosità medio-bassa;
- aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico per la presenza dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile;
- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, soggette a storiche esondazioni lacuali e potenzialmente interessate da flussi di detrito su conoide di raccordo collina-pianura con pericolosità media (H3).

In generale quindi in tale classe sono indicati i territori mediamente acclivi, potenzialmente interessabili da fenomeni di dissesto idrogeologico diretto o dalla potenzialità di fenomeni alluvionali e interazione con la falda freatica, comprendendo fenomenologie più marcate e/o dirette che spesso richiedono la necessità di realizzare opere di difesa e mitigazione.

Idoneità all'utilizzazione urbanistica e principali aspetti prescrittivi

Si tratta di aree idonee all'utilizzazione urbanistica a condizione che, per le nuove edificazioni, vengano realizzate scelte progettuali ed interventi tecnici in riferimento alle situazioni di rischio, reale e/o potenziale, presenti.

In generale l'edificazione deve essere subordinata all'esecuzione di relazioni idrogeologiche geologico-tecniche supportate da indagini e prove geognostiche specifiche e puntuali atte ad accertare, nel dettaglio del singolo lotto edificatorio, le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta delle fondazioni.

Nel dettaglio: negli atti progettuali, funzionali alle nuove edificazioni, nelle aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani dovranno essere chiaramente indicate, mediante uno studio idrologico ed idrogeologico specifico, la quota di inondabilità del lotto edificabile in relazione alla piena di riferimento e l'interazione tra l'intervento e la circolazione idrica sotterranea, le metodologie per la messa in sicurezza delle opere previste.

Nelle aree ad elevata vulnerabilità della falda è ammissibile qualunque opera edificatoria, escluse le opere di edilizia produttiva e commerciale di significativa estensione areale (>500 mq) per via delle consistenti limitazioni di carattere idrogeologico indotte dall'alto grado di vulnerabilità della falda. Per tutte le azioni edificatorie è sempre necessaria un'indagine geognostica commisurata all'entità e tipologia dell'intervento; inoltre si rendono necessarie valutazioni della compatibilità ambientale secondo gli indirizzi del D.Lgs 152/06 e successive modifiche.

In aree di pendio si richiede una relazione geologico-geomorfologica supportata da rilievi geologico-tecnici atti a verificare la stabilità dei versanti interessati dall'intervento progettuale. Eventuali tagli di versante dovranno essere adeguatamente protetti da opere di sostegno.

Norme tecniche di attuazione

In tali settori gli interventi, dovranno essere preventivamente valutati previa analisi puntuale ed areale della proposta, in riferimento alle situazioni di rischio presenti.

In particolare dovranno essere definite sia le caratteristiche meccaniche dei terreni, sia le condizioni di pericolosità dell'area, in riferimento allo stato attuale e a quello di progetto.

In generale l'analisi dovrà prevedere l'esecuzione di relazioni geologico-tecniche supportate da indagini e prove geognostiche specifiche e puntuali atte ad accertare, nel dettaglio del singolo lotto edificatorio, le caratteristiche geotecniche dei terreni e dovrà comprendere anche una valutazione idrologica ed idrogeologica che valuti la possibile interazione della proposta progettuale con l'assetto idrogeologico generale. Oltre al rispetto delle vigenti norme di legge, che qui s'intendono integralmente riportate, le verifiche geologiche e geotecniche dovranno in particolare:

1. definire nelle aree di pendio:
   A. *la caratterizzazione geotecnica delle terre e/o ammassi rocciosi mediante indagini in sito e/o laboratorio;*
   B. *l'analisi di stabilità globale opera-versante con verifica di un settore areale di pendio, soprastante l'intervento, ritenuto adeguato;*
   C. *la verifica dell'assetto di evoluzione morfologica delle aree;*
   D. *interazione con la dinamica territoriale relativa allo stato di degrado degli ammassi rocciosi e dei versanti;*
   E. *definizione dei presidi temporanei e/o definitivi attinenti sia alla fase di cantiere sia all'opera finita;*
2. definire nelle aree interagenti con la dinamica idrografica superficiale:
   A. *l'analisi dell'assetto idrologico ed idrogeologico sia del sito di costruzione e/o intervento di modifica/trasformazione sia delle aree potenzialmente interagenti con il settore e definizione delle metodologie e soluzioni tecniche da adottare, comprendendo nell'analisi sia quanto attuabile come soluzione tecnica direttamente nell'opera sia quanto necessario realizzare a difesa del sito con eventuali interventi esterni;*
   B. *le portate di piena del reticolo idrografico presente, l'individuazione di eventuali punti critici e definizione del grado di deflusso delle sezioni esistenti;*
   C. *la valutazione della possibile evoluzione territoriale e degli interventi attivi e/o passivi proponibili al fine di mitigare il rischio;*

ed inoltre:

- *progettare la disposizione di fabbricati in modo da limitare l'apertura di ingressi e/o finestre perpendicolarmente al flusso principale della corrente;*
- *la realizzazione di locali interrati dovrà essere vietata nelle zone prospicienti i corsi d'acqua;*
- *devono essere consentiti solo interventi che non comportino l'accumulo delle acque di esondazione;*
- *ogni tipo di superficie abitabile e sede di processi industriali e di impianto tecnologico dovrà preferibilmente essere progettato considerando la massima quota di esondazione valutata almeno con tempi di ritorno centennali;*
- *divieto di deposito e stoccaggio materiale, se non in adeguate strutture sopraelevate rispetto alla piena di riferimento;*
- *i progetti, correlati da relazioni idrogeologiche e geotecniche, dovranno prevedere opere drenanti per evitare sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione.*

3. definire in ambito di vulnerabilità idrogeologica:
   A. *la possibile interferenza tra le opere fondazionali e la falda idrica sotterranea;*
   B. *realizzazione di piani interrati impostati ad una quota inferiore a quella piezometrica (considerando un intervallo di oscillazione adeguato) dovrà essere supportata da un idonea progettazione dei sistemi di impermeabilizzazione, drenaggio ed allontanamento delle acque;*
   C. *la stabilità dei fronti di scavo.*

Sono da prevedere inoltre:

D. *Opere di regimazione idraulica, impermeabilizzazione e di smaltimento delle acque superficiali e di eventuali acque sotterranee;*
E. *Opere per la difesa del suolo, contenimento e stabilizzazione dei versanti;*
F. *Interventi di recupero morfologico e di funzione e/o paesistico ambientale.*

Dovrà infine essere assolutamente evitato l'instaurarsi di fenomeni di ruscellamento incontrollato (concentrato o diffuso) delle acque meteoriche.

Nel caso sia impossibile il collettamento delle acque reflue e meteoriche in apposita rete comunale le proposte alternative dovranno contenere una valutazione e un dimensionamento delle soluzioni tecniche adottate, con particolare riferimento alla stabilità dei luoghi ed alle interferenze con il regime idrogeologico ed idrologico.

13.3 CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni

In questa classe sono individuati i territori ove l'alto rischio geologico comporta gravi limitazioni per la modifica alla destinazione d'uso del territorio.

In tale ambito **è esclusa qualsiasi** nuova edificazione, se non interventi volti al consolidamento e/o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente:

- gli interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo così come previsti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L. R. 12/05 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica;
- modesti interventi relativi alla sistemazione delle superfici scoperte di pertinenza di edifici preesistenti (quali rampe, recinzioni, muretti, opere a verde, ecc.), purché non comportino modifiche all'assetto idrogeologico del territorio e purché si configurino come interventi edificatori di cui alle lettere a) b) e c) dell'art. 27 della L.R. 12/2005.

Inoltre sono consentiti:

- sottoservizi a rete che interessano tracciati stradali esistenti ed altre opere di urbanizzazione primaria che non comportano modifiche all'assetto idrogeologico del territorio;
- l'ampliamento e la ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, parimenti essenziali e non delocalizzabili, purché non precludano la possibilità di attenuare o eliminare le cause che determinano le condizioni di rischio e risultino comunque coerenti con la pianificazione degli interventi

di emergenza di protezione civile. Le opere pubbliche potranno essere realizzate a condizione che l'intervento non modifichi in senso peggiorativo gli equilibri idrogeologici esistenti.

A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità comunale, dovrà essere allegata apposita *relazione geologica e geotecnica* che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nei territori individuati in questa classe è pertanto necessario impedire la realizzazione di nuove costruzioni che prevedano la presenza continuativa di persone; per le popolazioni residenti dovranno essere previsti idonei piani di protezione civile e potranno essere individuati sistemi di monitoraggio geologico a salvaguardia della pubblica incolumità.

Le aree ricadenti nella classe quattro comprendono principalmente le aree di versante soggette o potenzialmente soggette (con pericolosità alta) a dinamica di versante, sia per quanto riguarda movimenti delle coperture superficiali sia fenomeni di crollo. Sono inoltre comprese quelle aree interessate o potenzialmente interessabili dalla dinamica torrentizia come trasporto di materiale detritico tipo debris flow.

13.4 Norme antisismiche

13.4.1Norme di carattere generale

Su tutto il territorio comunale gli interventi di nuova costruzione, di ristrutturazione edilizia, di restauro e risanamento conservativo e di manutenzione ordinaria/straordinaria così come definiti all'Art. 27 comma 1 della L.R. n. 12 dell'11/03/2005 *"legge per il Governo del Territorio"* dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 14/01/2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*".

Tale decreto indica che per qualsiasi opera/intervento interagente con i terreni e le rocce deve essere prevista la caratterizzazione geologica e la modellazione geotecnica dei terreni ottenuta per mezzo di studi, rilievi, indagini e prove commisurate all'importanza ed estensione dell'opera in progetto e alle conseguenze che gli interventi possono produrre sull'ambiente circostante.

Le relazioni geologiche e geotecniche previste dal D.M. 14/01/2008 hanno lo scopo di valutare la fattibilità delle opere, garantire la stabilità e la sicurezza dei manufatti limitrofi e l'idoneità delle scelte progettuali ed esecutive. Pertanto esse dovranno comprendere:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni delle opere da realizzare;
- definizione della categoria del suolo di fondazione sulla base valore di V_S30 calcolato sulla base del profilo di V_S ottenuto a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole), indagini geofisiche di superficie (SASW – *Spectral Analysis of Surface Wawes* -, MASW - *Multichannel Analysis of Surface Wawes* - o REMI – *Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity)* o attraverso correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica e, responsabilmente, attraverso la correlazione e l'estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo e definizione dello spettro di risposta elastico di progetto.

La scelta della metodologia di indagine dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e in ogni caso dovrà essere adeguatamente motivata.

A tale proposito, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, il D.M. 14/01/2008 suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso così definite:

Classe I: costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

13.4.2Indagini per la caratterizzazione sismica locale

A titolo orientativo, fatte salve le condizioni per cui il D.M. 14/01/2008 ammette l'applicazione di metodi di progetto – verifica semplificati, la tipologia di indagine minima da adottare per la caratterizzazione sismica locale è definibile in base alla suddivisione in classi d'uso del D.M. 14/01/2008 ed è riassunta nella seguente tabella:

<table>
<tr><th>Tipologia di opera</th><th>Indagine minima</th></tr>
<tr><td>Classe I</td><td rowspan="2">Correlazioni empiriche di comprovata validità con prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica integrate in profondità con estrapolazione di dati litostratigrafici di sottosuolo.</td></tr>
<tr><td>Classe II
(edifici residenziali di piccole dimensioni, singoli edifici industriali e opere infrastrutturali di minore importanza)</td></tr>
<tr><td>Classe II
(complessi residenziali ed industriali strutturalmente consistenti e opere infrastrutturali di maggiore importanza, anche se non ricadenti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904)</td><td>Indagini geofisiche di superficie: SASW – Spectral Analysis of Surface Wawes -, MASW - Multichannel Analysis of Surface Wawes - o REMI – Refraction Microtremor for Shallow Shear Velocity.</td></tr>
<tr><td>Classe III</td><td rowspan="2">Indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole).</td></tr>
<tr><td>Classe IV</td></tr>
</table>

13.4.3Norme relative agli ambiti di amplificazione sismica locale

L'analisi della sismicità effettuata nel comune di Castelveccana ha permesso di riconoscere diversi scenari di Pericolosità Sismica Locale (cap. 9, Tavola n. 7):

- Z1 Zone con possibili effetti in instabilità;
- Z3 Zone con possibili effetti di amplificazione topografica;
- Z4 Zone con possibili effetti di amplificazione litologica;
- Z5 Zone con possibili effetti di comportamento differenziale.

Fermo restando l'applicazione del D.M. 14/01/2008, all'interno dei suddetti ambiti di amplificazione sismica, la documentazione di progetto delle opere rientranti nelle classi d'uso II (in parte) III e IV, anche se non comprese nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904, dovrà comprendere la definizione degli effetti di amplificazione sismica attesi per i singoli scenari. In particolare, la documentazione di progetto dovrà comprendere:

- la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 2 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) nell'ambito degli scenari di Pericolosità Sismica Locale Z3 e Z4;
- la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) nell'ambito degli scenari di Pericolosità Sismica Locale Z1.

Inoltre, in corrispondenza degli ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z3, dovranno essere eseguite analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto.

13.4.4 Norme specifiche per gli edifici ed opere infrastrutturali di cui alla D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere ed edifici strategici e rilevanti)

Su tutto il territorio comunale, per le opere e gli edifici strategici e rilevanti, così come definiti nel D.D.U.O. 21/11/2003 n. 19904 (opere il cui uso prevede affollamenti significativi, edifici industriali con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti e con funzioni sociali essenziali), la documentazione di progetto degli interventi edilizi dovrà comprendere la definizione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi (livello 3 dell'Allegato 5 della D.G.R. 8/7374/08) e dovrà perciò comprendere i seguenti elementi:

- indagini geognostiche per la determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in termini di caratteristiche granulometriche e di plasticità e di parametri di resistenza e deformabilità, spinte sino a profondità significative in relazione alla tipologia di fondazione da adottare e alle dimensioni dell'opera da realizzare;
- determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità al di sotto del prescelto piano di posa delle fondazioni ottenibile a mezzo di indagini geofisiche in foro (down-hole o cross-hole);
- definizione del modulo di taglio G e del fattore di smorzamento D dei terreni di ciascuna unità geotecnica individuata e delle relative curve di decadimento al progredire della deformazione di taglio φ;
- definizione del modello geologico-geotecnico di sottosuolo a mezzo di un congruo numero di sezioni geologico-geotecniche atte a definire compiutamente l'assetto morfologico superficiale, l'andamento dei limiti tra i diversi corpi geologici sepolti, i loro parametri geotecnici, l'assetto idrogeologico e l'andamento della superficie piezometrica;
- individuazione di almeno tre diversi input sismici relativi al sito, sotto forma di accelerogrammi attesi al bedrock;
- valutazione della risposta sismica locale consistente nel calcolo degli accelerogrammi attesi al suolo mediante codici di calcolo bidimensionali o tridimensionali in grado di tenere adeguatamente conto della non linearità del comportamento dinamico del terreno e

degli effetti di amplificazione topografica di sito; codici di calcolo monodimensionali possono essere impiegati solo nel caso in cui siano prevedibili unicamente amplificazioni litologiche e si possano escludere amplificazioni di tipo topografico;

- definizione dello spettro di risposta elastico al sito ossia della legge di variazione della accelerazione massima al suolo al variare del periodo naturale;
- valutazione degli indici di stabilità dei singoli movimenti franosi in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche all'interno degli ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z1;
- esecuzione di analisi di stabilità del complesso opere/pendio nelle condizioni finali di progetto comprensive delle azioni sismiche di progetto determinate ai sensi del D.M. 14/01/2008, in corrispondenza degli ambiti suscettibili di amplificazione sismica locale Z3.

13.5 Norme generali per l'accertamento della salubrità dei terreni nell'ambito della riconversione di attività industriali dismesse

Sulla base dei contenuti della Delibera Regionale D.G.R. n. 6/17252 del 01 Agosto 1996 "standard di qualità dei suoli" vanno sottoposte a verifica per la tutela ambientale del territorio:

- le discariche incontrollate di rifiuti speciali e/o tossico-nocivi e/o rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- le attività industriali dismesse;
- le aree su cui si abbia fondata ragione di ritenere che vi sia un'alterazione della qualità del suolo in seguito a sversamenti o spandimenti incidentali o volontari, ricadute da emissioni in atmosfera o a seguito dell'attività mineraria condotta sull'area.

Per tali aree, l'accertamento delle condizioni di salubrità del suolo deve seguire i criteri tecnici dettati dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i. (e relativi allegati tecnici) e pertanto si dovranno prevedere opportune indagini ambientali "preliminari" e/o di "caratterizzazione" e successivamente, nel caso si ravvisassero superamenti delle concentrazioni soglia di contaminazione, i necessari interventi di "bonifica" o "messa in sicurezza" opportunamente progettati e supportati con "analisi di rischio".

Sempre secondo il citato decreto, ognuno dei suddetti passaggi tecnico amministrativi necessita di

approvazione da parte del Comune che dovrà acquisire parere della Conferenza di Servizi (Regione, Provincia, ARPA).

In particolare, per le attività industriali dismesse, l'accertamento della salubrità del suolo deve essere condotta in previsione di un riutilizzo futuro dell'area, sia esso ancora di tipo produttivo/commerciale che di tipo residenziale, facendo riferimento alle rispettive concentrazioni soglia di contaminazione imposte dal decreto.

Luino, settembre 2010

Dott. Geologo
Fabio Meloni

Dott. Geol.
Ferruccio Tomasi

BIBLIOGRAFIA

Bini A. (1987) – *L'Apparato Glaciale Würmiano di Como.* Tesi di dottorato di ricerca, Università degli studi di Milano: 1-569.

Da Rold O. (1990) – *L'Apparato glaciale del Lago Maggiore, settore orientale.* Tesi di dottorato di ricerca. Università degli Studi di Milano: 1-122.

Derron M.-H., Jaboyedoff M., Blikra L.H. (2005) – *Preliminary assessment of rockslide and rockfall hazards using a DEM (Oppstadhornet, Norway).* Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 285-292.

De Sitter L.U. (1939) – *Les porphyres Luganois et leurs enveloppes.* Leid. Geol. Med., 2, 1-61, Leiden.

Evans S., Hungr O. (1993) - *The assessment of rockfall hazard at the base of talus slopes.* Canadian Geotechnical Journal, 30, 620-636.

Felber M. (1993) – *La storia geologica del Tardo Terziario e del Quaternario nel Mendrisiotto (Ticino meridionale, Svizzera).* Diss. ETH 10125: 617.

Hammond, C., D. Hall, S. Miller and P. Swetik (1992) - *Level I Stability Analysis (LISA) Documentation for Version 2.0.* General Technical Report INT-285, USDA Forest Service Intermountain Research Station.

Heim A. (1932) – *Bergsturz und Menschenleben.* Beiblatt zur Viertljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zurich v. 77. pp 1-218.

Lied K. (1977) - *Rockfall problems in Norway.* Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), Bergamo, 90, pp. 51-53.

Jaboyedoff M., Dudt J.P., Labiouse V. (2005) – *An attempt to refine rockfall hazard zoning based on the kinetic energy, frequncy and fragmentation degree.* Natural Hazards and Earth System Sciences, 5, 621-632.

Jaboyedoff M., Labiouse V., LMR-EPFL-Rock Mechanics Laboratory (2003) – *Preliminary assessment of rockfall hazard based on GIS data.* ISRM 2003-Technology roadmap for rock mechanics, South African Istitute of Mining and Metallurgy.

Loye A., Pedrazzini A., Jaboyedoff M. (2008) – *Preliminary regional rockfall hazard mapping using lidarbased slope frequency distribution and conefall modelling*. Comptes rendus del la 4e Conference sul les georisques: des causes à la gestion. Universitè Laval, Quèbec, 594 pp.

Meissl G. (1998) - *Modellierung der Reichweite von Felsstürzen. Fallbeispeile zur GIS-gestützten Gefahrenbeurteilung aus dem Beierischen und Tiroler Alpenraum.* Innsbrucker Geografischen Studien 28. Ph.D. Thesis, Universität Innsbruck, Innsbruck, 249 pp.

Morandi M.C. (2009) – *Caratterizzazione geologic-geotecnica del suolo e soprasuolo in alta val di Fassa (TN).* Laurea in Scienze Geologiche, Università di Bologna.

Nangeroni G. (1965) – *Appunti sulla struttura e morfologia del territorio varesino.* Atti XIX Congr. Geogr. Ital. Como (Villa Olmo), maggio 1964 Escursioni 3, 1-31.

Nangeroni G. (1969) – *Note geomorfologiche sui monti ad occidente del Lario Comasco.* Atti Soc. It. Sc. Nat., 109(2): 97-184, Milano.

Nangeroni G. (1969) – *I monti dell'Alto Lario occidentale.* L'universo 3.

Nangeroni G. (1974) – *La geomorfologia delle montagne lariane.* Atti Soc. It. Sc. Nat. 115(1): 5-116, Milano.

Onofri R. & Candian C. (1979) - *Indagine sui limiti di massima invasione dei blocchi franati durante il sisma del Friuli del 1976. Considerazioni sulle opere di difesa.* Regione Autonoma Friuli-Venzia Giulia & Università degli Studi di Trieste. Cluet Publisher, Trieste, 41 pp.

Pracchi R. (1938) – *Il morenico della conca di Rezzago in Valsassina.* Boll. Comit. Glac. It. 18: 119-128, Torino.

Pracchi R. (1939) – *Geomorfologia dell'Alta Brianza.* Contributi studi geografia Univ. Cattolica ser 10, 1: 183-241, Milano.

Pracchi R. (1954) – *Il Quaternario del Lario occidentale.* Atti Soc. It. Sc. Nat., 39(1/2): 101-179, Milano.

Riva A. (1957) – *Gli anfiteatri morenici a Sud del Lario e le pianure diluviali tra Adda e Olona.* Atti Ist. Geol. Univ. Pavia 7: 93.

Rogate P. (1993) – Rilevamento del quaternario della sponda orientale del Lago Maggiore nella zona tra Laveno e Luino. Tesi di laurea inedita. Università degli Studi di Milano.

Schumacher M.E. (1990) – *Alpine basement thrusts in the eastern Seengebirge, Southern Alps (Italy/Switzerland).* Eclogae Geol. Helv. 83/3: 645-663, Basel.

Strahler A. N. (1958) – *Dimensional Analysis applied to fluvially eroded Landforms.* Bull. Geol. Soc. America, vol. 69 pp 279-300, New York.

Regione Lombardia-Protezione civile - *Sviluppo di un sistema di gestione dei rischi idrogeologici nell'area del Lago Maggiore.* Azione 2-Pianificazione di emergenze sull'area del Lago Maggiore con particolare riguardo al rischio idrogeologico. P.I.C. Interreg IIIA Italia/Svizzera 2000-2006.

Witt A.C. (2005) – *Using a GIS (Geographic Information System) to model slope instability and debris flow hazards in the French broad river watershed, North Carolina.* Marine, Earth and Atmospheric Sciences, North Carolina State University.