RegioneLombardia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMUNE DI DOMASO

PROVINCIA DI COMO

Analisi della pericolosità del conoide del T.Livo

RELAZIONE TECNICA

Recepimento Protocollo Z1.2010.0010328 del 18/05/2010

IL TECNICO INCARICATO:

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE
dott. geol. Claudio Depoli
dott. geol. Cristian Adamoli
Via Villatico 11
23823 Colico (Lc)
tel_fax: 0341.933011
e_mail: tecnico@studiogeoteam.com

DATA:	SCALA:	ALL.:	ELAB.:
Settembre 2009 Agg. Maggio 2010	///	C	C.1

SOMMARIO

1 PREFAZIONE 2

2 INTRODUZIONE 4

2.1 METODOLOGIA OPERATIVA 7

3 ANALISI STORICA 8

4 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO 12

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL BACINO DEL TORRENTE LIVO 12

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DEL TORRENTE LIVO 14

4.2.1 Depositi superficiali 17

4.2.2 Analisi dei processi gravitativi nel bacino del T.Livo 18

5 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ: REVISIONE CRITICA 19

5.1 REVISIONE CRITICA DELLA TAVOLA DI PERICOLOSITÀ 19

6 SINTESI TECNICA: PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEL RISCHIO E DEFINIZIONE DELLA NUOVA FATTIBILITÀ GEOLOGICA 23

1 PREFAZIONE

Il presente documento è l'aggiornamento della documentazione geologica di supporto al PGT del comune di DOMASO (CO) richiesto dalla Regione Lombardia (protocollo Z1.2010.0010328 del 18/05/2010).

In particolare le indicazioni sono relative ad un riallineamento delle tavole nei settori di approfondimento tecnico (aree Fq ed Esondazione T. Livo) e a piccole revisioni nelle norme geologiche e nelle relazioni generali.

Nella presente relazione, la parte integrata concerne:

la norma riportata a pag. 16 dell'allegato "Norme Geologiche" va riformulata specificando che l'eventuale trasformazione e/o cambio d'uso degli edifici singoli ubicati in zone poco accessibili non rilevati nella fase di analisi del presente studio, deve essere preceduta da uno studio geologico (redatto ai sensi della direttiva n. 7374/08) relativo all'ambito di trasformazione ed esteso ad un significativo intorno, che attesti la compatibilità degli interventi con lo stato del dissesto presente e a seguito del cambio di classe di fattibilità geologica da attuarsi con apposita variante urbanistica in conformità alla normativa vigente;

si chiede di attribuire idonea classe di fattibilità alle aree ricadenti all'interno della perimetrazione ex L.267/98 attualmente individuate esclusivamente come zona 1 e zona 2;

si chiede di adeguare la tabella riportata a pag. 20 della relazione generale (correlazione tra classi di pericolosità, fattibilità e voci legenda PAI) sulla base di quanto definito nella d.g.r. n. 7373/2008;

la dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà di cui all'Allegato 15 della D.G.R. n. 7374/2008 deve essere adeguata in merito al riferimento relativo allo studio geologico oggetto del presente aggiornamento;

si chiede di motivare adeguatamente, in relazione, le modifiche apportate alla carta della fattibilità, delle aree riclassificate da 4 a 3 nella zona nord-est del territorio comunale;

per quanto riguarda lo studio di dettaglio "Analisi delle aree in dissesto (ambiti Fq del P.A.I.)" si fa presente quanto segue:

- alla luce delle considerazioni riportate a pag. 12 in merito ai fenomeni di sovralluvionamento dell'area causati da fenomeni di colate detritiche, si chiede di integrare tale studio con la valutazione del volume di materiale detritico rimobilizzabile lungo il corso d'acqua (bacino n. 2);

- le cartografie relative alle aree 1 e 2 dello studio di dettaglio (pericolosità, fattibilità e PAI) devono essere adeguate sulla base di quanto riportato in tabella 2 (correlazione tra classi di pericolosità, fattibilità e voci legenda PAI) della d.g.r. n. 7374/2008 riportando altresì le corrette perimetrazioni (Fa, Fq e Fs); tali modifiche devono essere apportare anche alla cartografia dell'intero studio geologico;

per quanto riguarda lo studio di dettaglio "Analisi di pericolosità del conoide T. Livo" si fa presente quanto segue:

- si prende atto dello studio per la riperimetrazione dell'area, condotto secondo le metodologie di cui all'Allegato 2 della d.g.r. 8/7374/08, riguardanti la valutazione e zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine. Si chiede pertanto di rivedere la perimetrazione dell'area 267 (zona 1 e zona 2) alla luce di quanto riportato nella carta della pericolosità definitiva. Anche in questo caso tali modifiche devono essere apportare anche alla cartografia dell'intero studio geologico.

Per completezza di analisi si riporta di seguito tutta la relazione tecnica (ad eccezione della scheda conoide) a supporto dello studio geologico, con chiarimenti nel merito delle modifiche apportate alla carta della pericolosità.

Lo scopo del presente lavoro consiste nell'approfondimento delle conoscenze circa la pericolosità per esondazione e trasporto solido e/o in massa lungo il conoide del torrente Livo, amministrativamente compreso nel territorio comunale di Domaso (CO).

2 INTRODUZIONE

I primi lavori a carattere specifico nell'ambito del conoide risalgono al 1998 con la realizzazione dello studio geologico a supporto del P.R.G. in attuazione dell'art. 3 della L. R. 41/97 (delibera del 18 Maggio 1993 n. 5/36147 "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale"). La finalità del documento era quella di realizzare uno studio geologico parziale del territorio comunale eseguito ai fini della predisposizione dello strumento urbanistico generale nell'ottica di offrire un valido contributo alla prevenzione del dissesto idrogeologico. Nello studio sopraccitato veniva evidenziato come "in generale i problemi che investono il territorio riguardano essenzialmente l'aspetto idrologico sia nelle aree urbane situate a ridosso dell'area lacustre, ove sussistono possibili problematiche di innalzamento lacustre e di situazione geotecnica scarsa, sia nelle fasce di versante ove sussiste un elevato rischio d'interferenza con le acque di scorrimento superficiale incanalate e non".

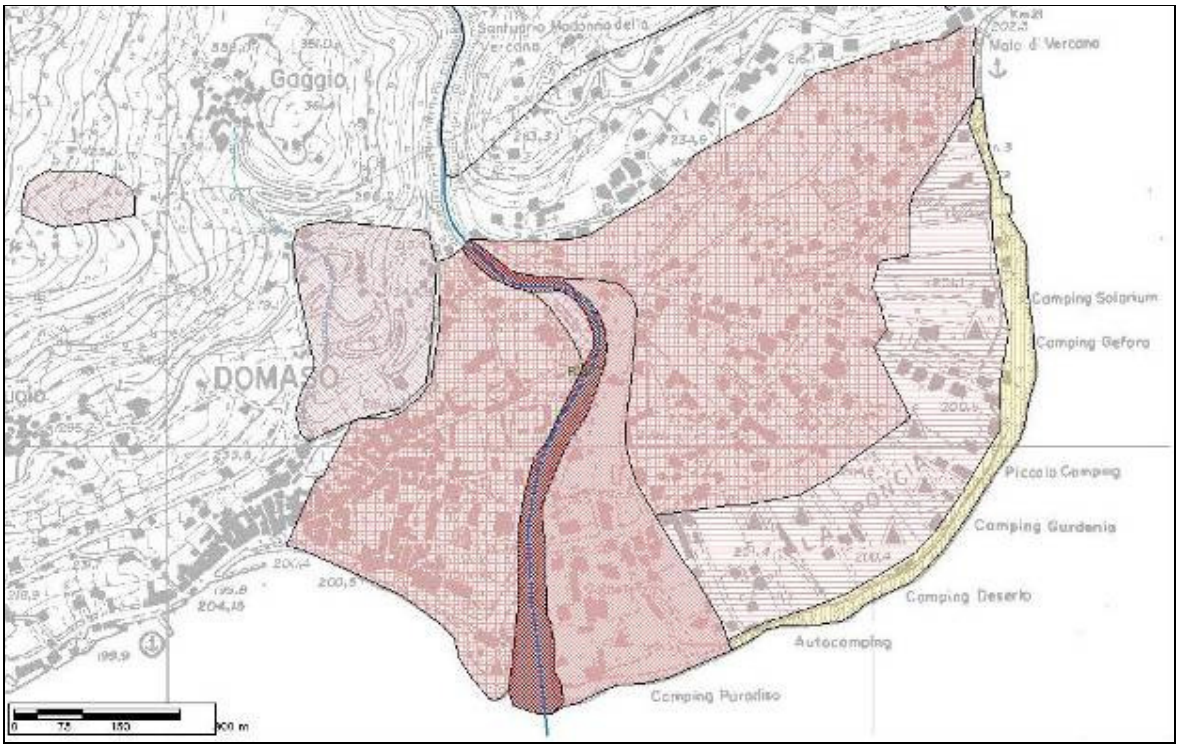
Con la deliberazione n. 18/2001 del 26 aprile 2001 l'Autorità di Bacino del Fiume Po ha adottato il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino idrografico del fiume Po di cui fa parte anche il territorio del comune di Domaso. In base, poi, al DCPM del 24/5/2001 pubblicato sulla G.U. n. 183 dell'8/8/2001 è stato definitivamente approvato il Piano stesso. L'approvazione di tale strumento di pianificazione comporta effetti immediati in termini di indirizzi e limitazioni di uso del suolo in riferimento all'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici (Allegato 4 e 4.1 Foglio 54).

Attualmente le porzioni di territorio del comune di Domaso interessata dal conoide del Torrente Livo, dal punto di vista del dissesto idraulico ed idrogeologico, in base all'art.9 delle Norme di attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico, sono identificate come:

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

Per queste aree in dissesto rappresentate in nero sui fogli a scala 1:25.000 dell'Elaborato n.2 "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici" sono vincolanti le disposizioni di cui all'art. 9 delle

norme di attuazione del P.A.I. fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365. In particolare l'area in oggetto è identificata con il codice 135-LO-CO in parte sul Foglio 054 - sez.I ed in parte sul Foglio 055 - sez.IV.



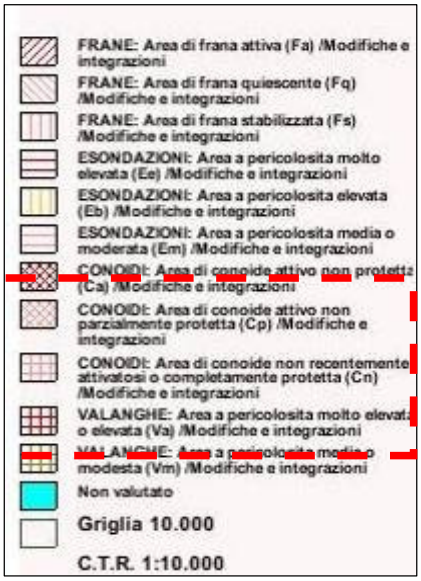
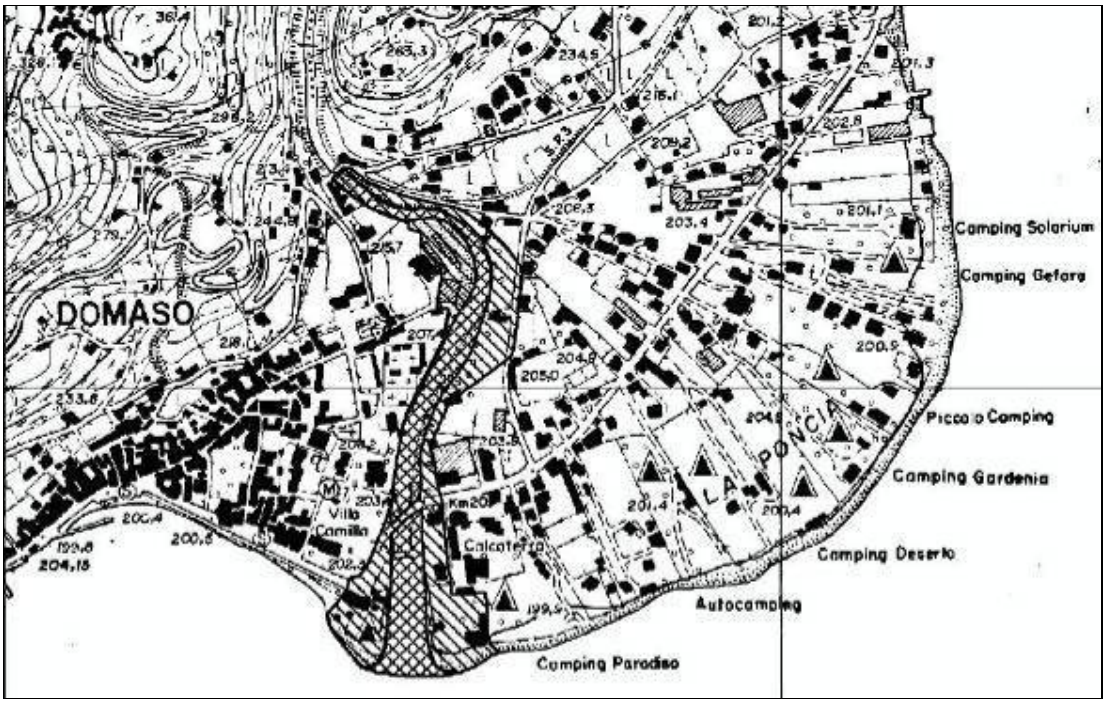


Figura 1 – Stralcio Elaborato n.2 del P.A.I. con classificazione delle aree interessate da fenomeni di dissesto in relazione alla specifica tipologia di fenomeni idrogeologici (in questo caso trasporto di massa sui conoidi).

Attualmente il conoide in esame è inoltre classificato come area a rischio idrogeologico molto elevato ai sensi del Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato, (ex ambito 267).

Le aree a rischio idrogeologico molto elevato sono perimetrate come: aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (ZONA 1 e ZONA 2) ed aree a rischio idrogeologico molto elevato nel reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (ZONA B-Pr e ZONA I).

In questo caso il conoide è interessato da due tipologie di tali aree ad elevata pericolosità definite, in base alla normativa, come ZONA 1 e ZONA 2 (fig.2).



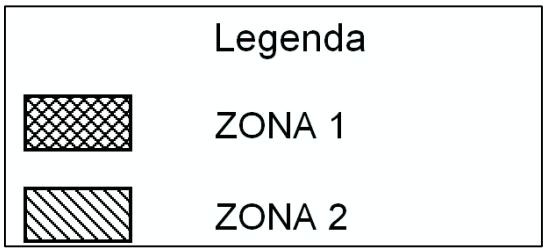


Figura 2 – Stralcio Allegato 4.1 del P.A.I. "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici" – Perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in adempimento alla Legge 267/98

Con la dicitura **ZONA 1** si intende "un'area instabile o che presenta un'elevata probabilità di coinvolgimento, in tempi brevi, direttamente dal fenomeno e dall'evoluzione dello stesso"; mentre con la dicitura **ZONA 2** si intende "un'area potenzialmente interessata dal manifestarsi

di fenomeni di instabilità coinvolgenti settori più ampi di quelli attualmente riconosciuti o in cui l'intensità dei fenomeni è modesta in rapporto ai danni potenziali sui beni esposti".
Il fine ultimo del presente lavoro è quello di integrare lo studio geologico di supporto allo strumento urbanistico con lo scopo di aggiornare la carta di fattibilità rendendola quindi coerente al quadro di dissesto reale o potenziale. A tale fine è d'obbligo fornire una cartografia contenente una nuova perimetrazione delle aree interessate a fenomeni di esondazione e trasporto in massa da parte del Torrente Livo classificate secondo la legenda dell'Elaborato n. 2 "Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici – Delimitazioni delle aree in dissesto" del P.A.I..

Lo studio in oggetto è stato effettuato secondo la Legge Regionale 11 marzo 2005, n.12 "Legge per il governo del territorio", di cui alla Delibera della Giunta Regione Lombardia n.8/1566, del 22 dicembre 2005, "Criteri ed indennizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano del Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della L.R. 11 marzo 2005, n.12" ed il relativo aggiornamento di cui alla Delibera della Giunta Regionale n.8/7374 del 28 maggio 2008.

2.1 METODOLOGIA OPERATIVA

La determinazione della pericolosità e la conseguente zonazione del conoide è stata eseguita basandosi sulle conclusioni derivanti dagli elaborati tecnici denominati: studio idraulico del T. Livo nel tratto di conoide e valutazione del trasporto solido.

Si rimanda quindi alle relazioni specifiche per conoscere le modalità adottate, le elaborazioni effettuate, i risultati ottenuti e le considerazioni conclusive.

Lo studio ha permesso quindi di redigere una carta della pericolosità del conoide.

3 ANALISI STORICA

I dati riferiti alla dinamica antica della Valle del Livo sono soprattutto riferibili agli effetti nell'area di conoide per la presenza del settore urbanizzato di Domaso.

Il torrente Livo è stato, nel corso dei secoli, sede di numerose alluvioni alcune delle quali caratterizzate da grande distruzione.

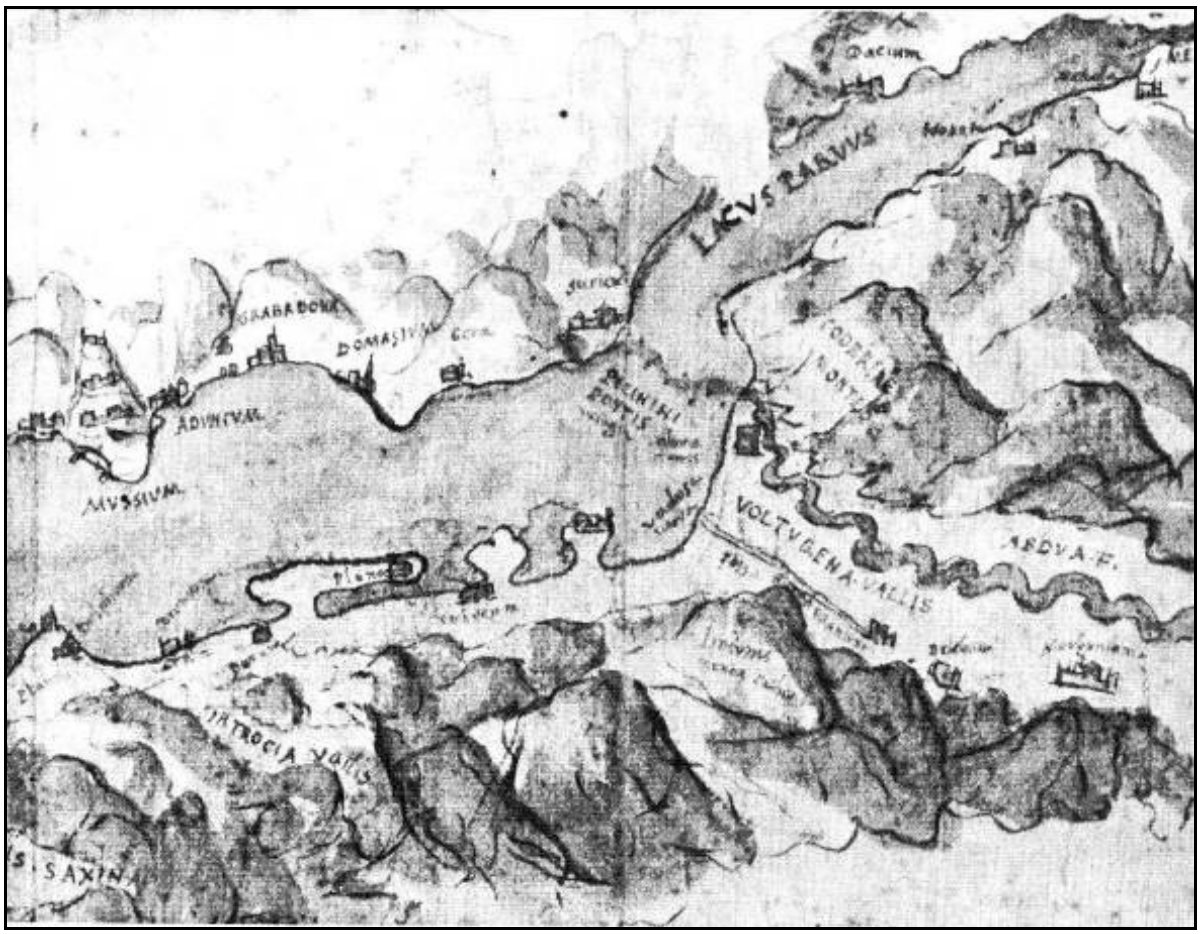


Figura 3 - Particolare della carta acquarellata annessa al manoscritto Larius di Paolo Giovio del 1538

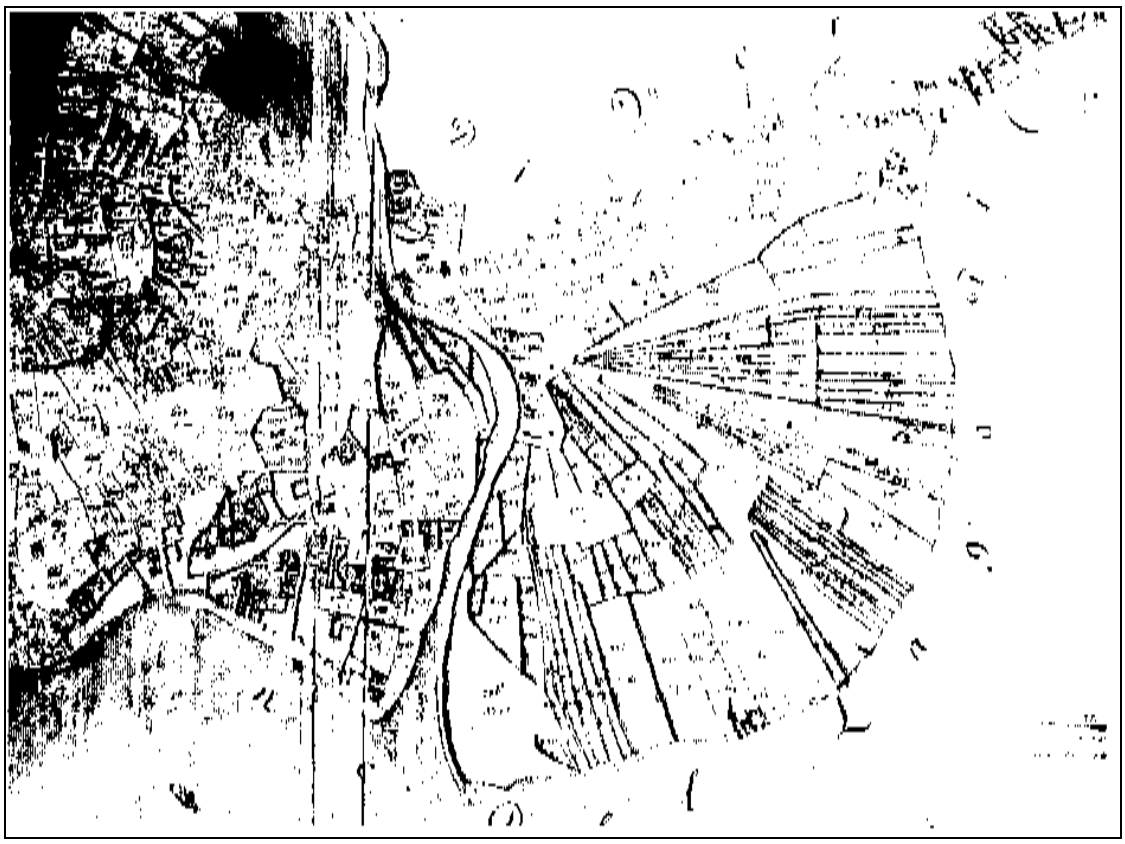


Figura 4 - Conoide del T. Livo a Domaso- Catasto teresiano. Attualmente l'area è stata totalmente antropizzata

Anno 1618 – Domaso termina col palazzo dei Calderara (poi Ghezzi, Sebregondi, ora Comune) lambito dal Torrente Livo; per la difesa dei suoi giardini venne costruito un argine con la spesa di 1200 monete d'oro, poiché il Livo talvolta, precipitando da altissimi monti, ingrossandosi in modo orrendo imperversa. Al di là della sua foce si vede una croce di legno posta a ricordo di un infausti naufragio nel quale una barca venne sommersa con molte persone che si trovavano in essa, l'anno 1762 quando il lago con improvviso franamento inghiottì uno spazio di quaranta pertiche, la cui estensione, come probabile il Livo aveva precedentemente scavato al di sotto. Questo torrente, che scende con un percorso di due giorni attraverso aspre rupi (Santuario di Baggio). Il villaggio è bagnato da un torrente, che dalla vicina chiesa parrocchiale prende il nome di San Vincenzo; questo, emulo del Livo, di tanto in tanto reca agli abitanti di Gera gravi danni, che certamente diminuirebbero per la derivazione delle acque costituenti il vivaio costruito dai bergamaschi Omboni… la medesima acqua serve alla purificazione del sale e per una via particolare potrebbe essere scaricata nel Lario (Giovio B., - Historiae Patriae – Libri Duo).

Anno 1750 – un promontorio di ghiaie che il fiume dio Domaso aveva accumulato alla sua foce, precipitarono nel lago con tal tonfo, che sorse una burrasca e perì qualche barca (Giovio B., - Historiae Patriae – Libri Duo).

Fra le segnalazioni di Domaso è da rilevare la frana "costiera" che nel 1762, interessò la foce del torrente.

Anno 1762 - Così recita una cronaca dell'epoca scritta dal fisico Francesco Pessallo:

"*Dalle annotazioni lasciate da mio padre Giovanpietro ricavo che il giorno 27 settembre 1760 alle ore 21 circa fu sprofondato il terrapieno che formava la piazza passeggio alla punta del fiume Domaso mentre cadeva gran pioggia accompagnata da tuoni straordinari e lampi. Crebbe all'improvviso il lago per tre volte e nel retrocedere faceva rumore tanto da spaventare gli abitanti che cedettero venuto il momento non del rovesciamento totale del borgo ma ben del mondo*".

Già in precedenza (catasto teresiano – 1034), iniziarono le arginature del T. Livo nell'area di fondovalle a seguito degli episodi frequenti di piena del torrente.

Anno 1763 – Fui al piccolo villaggio di Gera di Como alla riva del lago ove i Fermieri (appaltatori delle imposte) hanno rifanatojo di sale comune, e sega d'acqua per i legni d'abete, larice ecc. che nel bosco del Vallassone al di là del lago del Monte Lignone si prendono. Gera è paese disabitato nell'estate a cagione delle putride esalazioni che provengono dalle paludi, che si sono all'imboccatura dell'Adda nel lago; i pescatori però vi dimorano sempre, a repentaglio della salute e vita, perché qui fanno copiose pescagioni. Presso Gera per ire a Sorico vi è il palazzo del signor conte Giulini di Gravedona, di cui il giardino che era delizioso, fu rovinato da precipitoso torrente. A Settembre del monte di Sorico esce precipitoso torrente di Sorico che rovinò come dissi, il Giardino Giulini, e discesi per folti castagneti nella'ampia e rovinosa valle di Livo nel torrente che grossissimi massi di pietre conduce nelle piene d'acqua altro non trovai che pietre granatiformi (Vandelli D., 1763 – Saggio d'istoria naturale del Lago di Como della Valsasina e altri luoghi lombardi).

Anno 1951, 8 Agosto – Il giorno 8 agosto scorso, nelle prime ore del pomeriggio un'eccezionale alluvione si è abbattuta sull'Alto Lago di Como provocando lo straripamento dei vari torrenti della zona. Gli ingenti danni che ne sono derivati nei vari Comuni consistono oltre alla perdita di vite umane, nel deposito di rilevanti masse di materiali su terreni coltivati e nelle vie dei centri abitati, nella demolizione di case di abitazione e di ponti stradali con conseguente interruzione della viabilità. "Alle prime luci dell'alba del 9 corrente si poté constatare che il paese

di Gera lario era stato il più colpito, danni erano stati pure arrecati da staripamenti a Dongo, Gravedona, Domaso e Sorico…"

Anno 1997, 28 e 29 giugno – L'alto Lario occidentale, in quei giorni, fu investito da rilevanti precipitazioni, di cui purtroppo non è dato conoscere parametri utili per l'assenza pressoché totale in zona di stazioni di registrazione: al pluviometro ENEL sito in località Pian del Gorghiglio, in Comune di Livo (quota 650 m) fu osservata tra i giorni 26 e 30, la caduta di 351 mm complessivi, di cui 210 nella sola giornata del 28 (Tropeano D., Turconi L., 1999 – Valutazione del potenziale detritico in piccoli bacini delle Alpi Occidentali e Centrali, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pubblicazione n. 2058 del GNDCI. Pp. 73-77); riattivazione di una frana nel bacino del Torrente Livo, a circa 5 km ad ovest e alla stessa quota della frana della Canavella (compresa tra 1600 e 1450 m s.l.m.) (Tropeano D. e Curtarello M., 1998 – A short Report on Debris Flow in Nothernwestern Italy Durino 1997, Managing Hydro – Geological Disasters in a Vulnerable Environment, CNR – GNDCI, Pubblicazione n. 1900, pp. 203-220, Perugia).

Nel periodo 1960-1997 l'innalzamento del lago ha provocato più volte (settembre 1960, ottobre 1966, novembre 1979, luglio 1987, ottobre 1993, giugno 1997) l'allagamento della zona spondale del conoide con conseguente accumulo di materiale litoide in alveo, immediatamente svasato.

4 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO IDROGRAFICO

Da un punto di vista geologico strutturale il territorio in cui si sviluppa il bacino idrografico del Torrente Livo viene separato dal Lineamento Peradriatico in due parti:

- a Nord: le Alpi, propriamente dette, originatesi durante l'orogenesi Alpina;
- a Sud: il Sudalpino.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO DEL BACINO DEL TORRENTE LIVO

Nella porzione meridionale del bacino del Torrente Livo, dove è presente il conoide dello stesso, affiorano rocce appartenenti all'unità tettono - metamorfica Domaso – Cortafò. Quest'unità è dominata da micascisti, micascisti quarzosi con metabasiti intercalate (anfiboliti, anfiboliti a biotite e granato, gneiss leucocrati a granato e gneiss ad anfibolo). Spostandoci di poco verso Nord è presente una scaglia tettonica di dolomie massicce (Monte Sasso Pelo) con grana da media a fine di colore grigio chiaro che rappresenta una porzione isolata di copertura sedimentaria. In contatto tra questa scaglia e il basamento cristallino (micascisti della Zona Domaso Cortafò) sono presenti brecce carbonatiche.

Il passaggio tra il dominio sudalpino e quello alpino propriamente detto è sottolineato dalla Linea Insubrica che è costituita da una serie di faglie caratterizzate da due orientazioni preferenziali, le faglie est-ovest, tra cui le principali sono la linea del Tonale e la linea della Pusteria, e le faglie a direzione NNE-SSW che costituiscono delle interruzioni a gradino rispetto al prevalente sviluppo meridiano dell'allineamento stesso. Nell'area di studio la linea del Tonale decorre con andamento E-W.

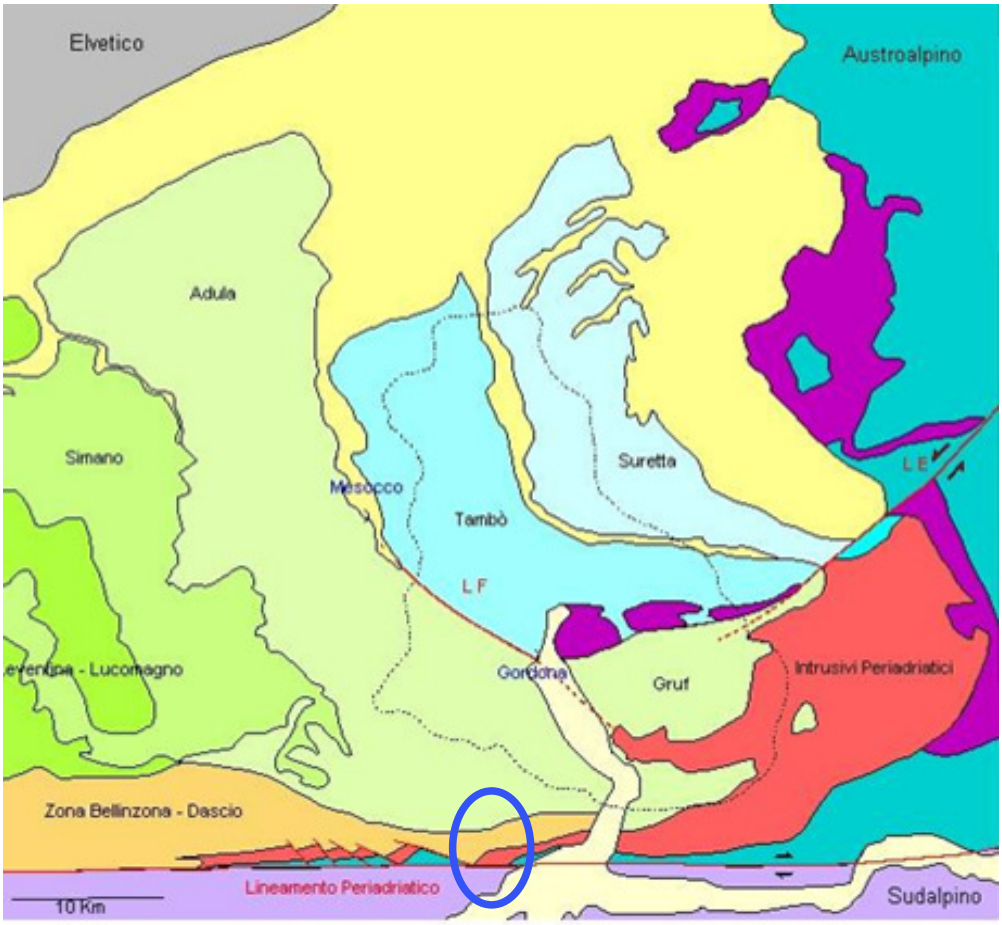
A nord di questo importante lineamento s'inseriscono corpi intrusivi periadriatici di età oligocenica. Litologicamente si tratta di una quarzodiorite epidotica lineata passante a facies porfirica a K-feldspato.

Nella porzione settentrionale affiorano, invece, gneiss migmatitici con differenti caratteristiche appartenenti alla zona Bellinzona - Dascio e alla Falda Adula entrambe appartenenti al dominio Pennidico e separate da un importante sovrascorrimento.

Al dominio Pennidico appartengono rocce intensamente deformate e metamorfosate (a partire dal Cretaceo, circa 100 Ma) appartenenti ad unità tradizionalmente riferite all'estremo margine

meridionale europeo (basamento e coperture continentali) e all'oceano della Tetide (ofioliti e serpentiniti).

Nella figura sottostante è evidenziato il bacino del Torrente Livo inserito nel suo contesto geologico-strutturale.



LEGENDA

- ELVETICO
- UNITÀ DI COPERTURE METASEDIMENTARIE
- ***PENNIDICO:***
- FALDA LEVENTINA-LUCOMAGNO
- FALDA SIMANO
- ZONA BELLINZONA-DASCIO
- FALDA ADULA E COMPLESSO DEL GRUF
- FALDA TAMBÒ
- FALDA SURETTA
- COMPLESSO ULTRAMAFICO
- AUSTROALPINO- FALDA MARGNA E FALDA SELLA
- SUDALPINO
- INTRUSIVI PERIADRATICI
- DEPOSITI QUATERNARI E DI FONDOVALLE
- LF LINEA DELLA FORCOLA
- LE LINEA DELL'ENGADINA

Figura 5 – Contesto geologico-strutturale in cui si inserisce il bacino idrografico del torrente Livo

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DEL BACINO DEL TORRENTE LIVO

Il bacino del torrente Livo occupa una superficie di circa 47 km^2 distribuita nei comuni di Domaso, Vercana, Peglio, Livo e Montemezzo, nella parte più alta si ha lo spartiacque con la Valchiavenna; le quote sono comprese tra i 2535 m del pizzo Cavregasco ed i 197 m del lago.

La valle principale, valle di Darengo, ha un andamento prevalente NNW-SSE, su di essa si innestano un gran numero di valli minori, tra cui le più importanti sono la Valle di Bares in sinistra idrografica con andamento circa N-S e la Val Piana in destra con decorso NW-SE, che si innestano lungo i principali lineamenti tettonici regionali.

Dal punto di vista geomorfologico il torrente scorre in una valle con versanti asimmetrici, con pareti rocciose subverticali in sinistra idrografica e con pendenze inferiori in destra (circa 30°); questa porzione di territorio è caratterizzata dalla presenza di numerose valli minori impostate lungo i principali lineamenti tettonici regionali.

I versanti sono scoscesi e in condizione al limite della stabilità. È inoltre attiva una forte azione erosiva e di trasporto delle acque superficiali, che determina fenomeni di sovralluvionamento di detriti ubicati nella parte terminale del bacino. Nelle aree caratterizzate da rocce intensamente fratturate si verificano, perciò, fenomeni di dissesto e instabilità.

I numerosi dissesti provocano un continuo e abbondante apporto detritico al torrente, determinando un incremento del trasporto solido ed il rischio di occlusione della sezione di deflusso in quei tratti dove l'alveo ha un'ampiezza minore (es. località Molino della Valle).

Figura 6 - Foto aerea del bacino del Fiume Livo (Volo GAI 1954)

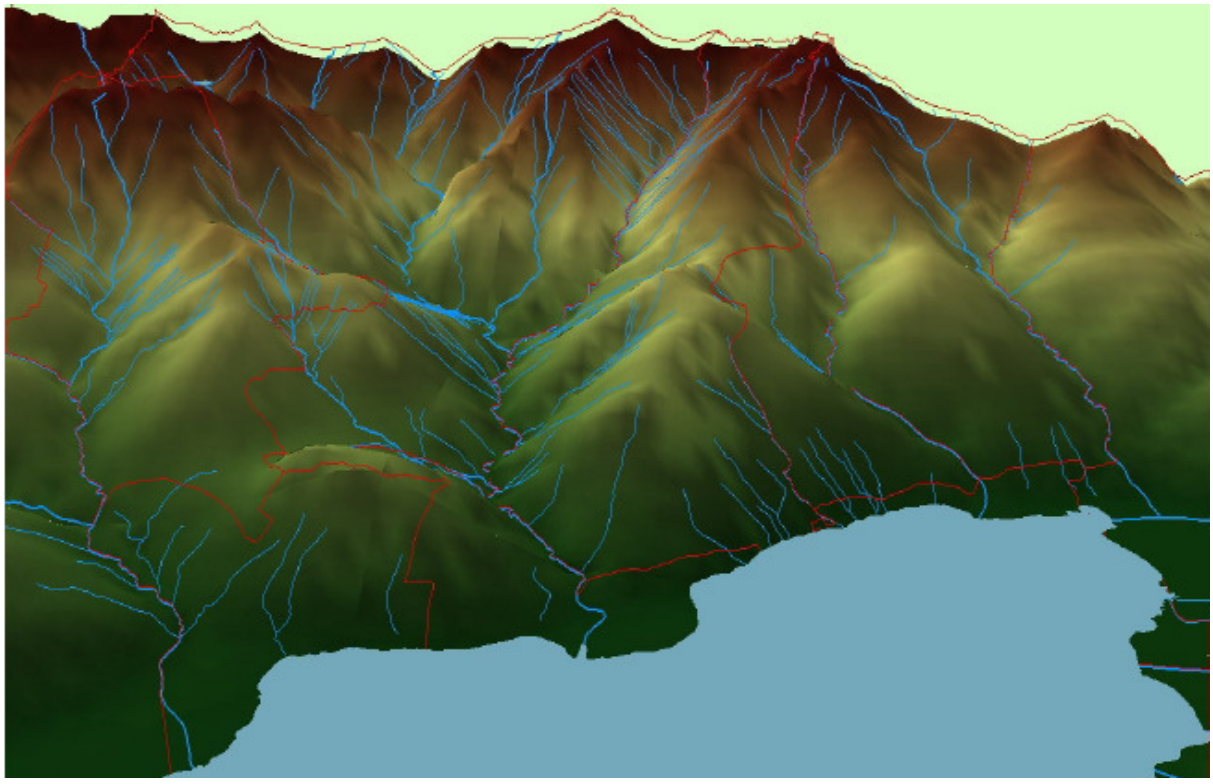


Figura 7 - Idrologia superficiale con, in posizione centrale, il bacino del torrente Livo.

Rilievi di terreno coadiuvati dall'analisi dei dati bibliografici hanno permesso di individuare le forme principali, i depositi superficiali e di comprendere i processi geomorfologici in atto.

Particolare attenzione è stata posta nell'individuazione delle forme connesse alla presenza dei fenomeni di instabilità gravitativa che, a partire dalle prime fasi di ritiro degli apparati glaciali, hanno interessato l'area in questione.

La morfologia del territorio in esame è il risultato di sistemi morfogenetici differenti attivi a partire dalla fine del Terziario. La fisionomia attuale della valle è dovuta sostanzialmente all'azione diretta dei ghiacciai: questo settore delle Alpi Lombarde è stato glacializzato più volte durante il Plio-Quaternario.

Non va tuttavia trascurata l'azione periglaciale e fluviale. Quest'ultima, manifestatasi con diversa intensità in tempi diversi, ha inciso alcuni tratti della valle soprattutto in corrispondenza dei gradini morfologici alluvionando le zone di fondovalle.

Le forme scolpite in roccia dall'azione diretta dei ghiacciai in regressione fin dal Tardiglaciale (fine del Würm, circa 11000 anni fa), sono espresse dal profilo trasversale ad U con la presenza di terrazzi in roccia ad andamento longitudinale ben visibili alle quote più elevate del bacino e dalla presenza di valli secondarie sospese. Circhi glaciali sono presenti in testa della Valle del Dosso a testimoniare la presenza in passato di apparati glaciali secondari confluenti nell'apparato principale del ghiacciaio dell'Adda.

La ricerca del limite superiore dell'ultimo evento glaciale (LGM) è stata condotta attraverso l'individuazione della quota massima a cui sono presenti i depositi glaciali. Nelle zone di ablazione dei grandi apparati glaciali pleistocenici, in cui rientra anche la zona dell'Alto Lario, il limite LGM è facilmente riconoscibile poiché spesso la morena che rappresenta la massima estensione è per lunghi tratti molto ben riconoscibile. Sui versanti S della catena dell'Alto Lario Occidentale, la morena LGM è individuabile in prossimità dei terrazzi morfologici presenti a quote comprese tra i 1250 m e i 1300 m circa. La sua continuità laterale è interrotta dalla presenza delle valli principali tra cui la valle del Liro sede di apparati glaciali minori. L'individuazione della massima espansione delle lingue glaciali è di primaria importanza per le conseguenze che comporta sulla dinamica e cinematica dei movimenti di versante.

I depositi presenti sul territorio comunale sono sia legati alla passata attività glaciale con depositi glaciali ben definiti ed estesi e rappresentati. Ai depositi glaciali che interessano dal fondovalle, ai versanti sino alle creste delle si passa a depositi detritici.

4.2.1 Depositi superficiali

4.2.1.1 Terreni di origine glaciale

Il quaternario è ben rappresentato da una continua e poco potente coltre terrigena.

I depositi glaciali, rappresentati essenzialmente da morene di fondo e depositi fluvioglaciali, sono caratterizzati da un'abbondante presenza di matrice fine limoso argillosa, con veri e propri banchi, caratterizzati da uniformità granulometrica (sabbie fini e limi argillosi).L'abbondante matrice fine garantisce la stabilità a breve termine di scarpate subverticali anche di altezza elevata; di contro in caso di abbondanti infiltrazioni, oltre a poter rappresentare un potenziale livello di scorrimento di acqua, presenta un'instabilità dovuta alla perdita delle caratteristiche di resistenza meccanica.

Una caratteristica tipica dei depositi è quella di offrire, su spaccati di scavo, la visione della abbondante matrice a cui si intercalano diffusi, ma sparsi, ciottoli, di forma sferica e ben arrotondati.

4.2.1.2 Terreni residuali

L'alterazione del substrato, nei settori di culmine o di ambiente morfologico più acclive, consente la formazione di accumuli dei terreni di alterazione.

Si tratta di terreni eluviali e/o colluviali, fini, privi di scheletro solido o limitato a scarse scaglie poco arrotondate. Presentano uno spessore limitato, massimo dell'ordine di 1 - 2 m che può divenire decisamente più elevato all'interno delle cavità e/o depressioni.

4.2.1.3 Accumuli detritici

La disgregazione meccanica del substrato consente la formazione di fasce di falde detritiche; si tratta di accumuli eterometrici, con blocchi e massi a spigoli vivi, irregolari. Presenti lungo le incisioni vallive o alla base delle estese pareti rocciose che dominano la parte settentrionale del territorio.

Lo spessore è notevole vista la considerevole estensione delle pareti rocciose.

4.2.1.4 Depositi alluvionali

Ad eccezione degli accumuli attuali d'alveo, sono caratterizzati da conoidi inattivi più o meno estesi, in parte urbanizzati. Granulometrie eterometriche con ghiaie e ciottoli e matrice sabbiosa sono il possibile riscontro diretto in scavi.

4.2.2 Analisi dei processi gravitativi nel bacino del T.Livo

Sono stati riconosciuti per lo più scivolamenti in roccia uniformemente diffusi nell'area di studio alcuni dei quali profondamente controllati dall'assetto geologico-strutturale dell'area.

Il bacino della Valle del Livo presenta una situazione di elevato dissesto idrogeologico, con versanti asimmetrici interessati da coltri rocciose estremamente fratturate con processi diffusi di instabilità areale.

Il collasso gravitativo delle parti genera un continuo apporto detritico in alveo che, in concomitanza di piene, è repentinamente trasportato a valle, mettendo a rischio le aree di conoide.

Le opere idrauliche presenti interessano per gran parte la zona di fondovalle prima di raggiungere il lago.

Sono inoltre presenti nel bacino numerose valli minori con aste fluviali, anche di notevoli dimensioni, e piccoli ruscelli che per gran parte dell'anno sono privi di acqua ed adibiti essenzialmente a recettori delle acque di scolo provenienti dal versante.

Si tratta di vallecole che per gran parte nascono e muoiono senza alvei ben precisi, con effetti improvvisamente "eccezionali" durante i periodi di forte precipitazione, con piccole esondazioni, erosioni e, seppur lievi, danni alle aree urbane. Gli ultimi, in ordine temporale quello del giugno 97 con diffusi processi di erosione nell'area territoriale dell'alto Lario, dovuti sia ad un evento particolarmente intenso sia allo stato di abbandono delle aree di versante (con particolare riferimento ai terrazzamenti) ed al non corretto deflusso delle acque nelle aree di raccolta.

5 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ: REVISIONE CRITICA

5.1 REVISIONE CRITICA DELLA TAVOLA DI PERICOLOSITÀ

Nel contesto di attuazione delle prescrizioni regionali, ci si è accorti di un'errata trasposizione cartografica di un limite fra pericolosità H2 e pericolosità H3, in sinistra idrografica del torrente, a valle della strada statale regina.

Nella nuova trasposizione tale limite è stato ricondotto alla effettiva morfologia locale, caratterizzata da "ostacoli" di natura esclusivamente antropica (strade, muri di confine, recinzioni e differente morfologia), e non come erroneamente prima definito, con un limite non consono allo stato effettivo dei luoghi

Area in esame

Procedure attuate

Al fine di redigere una carta di pericolosità definitiva del conoide è stata adottata la procedura di analisi prevista dalle norme della Regione Lombardia utilizzando inoltre gli studi idraulici e di valutazione del trasporto solido, con rilievo topografico del tratto di corso d'acqua del conoide.

La verifica, annessa allo studio idraulico, è stata eseguita in riferimento alla portata di piena del corso d'acqua stimata per un tempo di ritorno pari a 100 anni e mediante il tracciamento del profilo idrico in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

I risultati ottenuti dalle elaborazioni idrauliche hanno evidenziato come la piena del Torrente Livo è sempre contenuta all'interno degli argini sia in termini di portata liquida sia solida in riferimento allo stato di fatto attuale e in quelle particolari condizioni di manutenzione.

In una valutazione iniziale è stata redatta una carta di pericolosità preliminare che ha tenuto in considerazione esclusivamente i risultati degli studi citati in precedenza.

Per quanto riguarda la redazione della carta di pericolosità definitiva sono stati presi considerazione ulteriori fattori quali la possibile espansione della colata detritica in eventi eccezionali del Torrente Livo, la fuoriuscita dei valletti che interessano parte dell'area di conoide e le aree soggette ad esondazione lacustre.

La delimitazione delle possibili aree di espansione ha tenuto conto della morfologia del conoide e in particolare delle "vie di fuga" rappresentate da strade.

Particolare attenzione nelle redazioni delle carte di pericolosità è stata data all'area che circonda il tratto terminale del torrente Livo dove è presente il ponte della strada statale regina.

Tutte le informazioni raccolte hanno portato alla redazione della carta di pericolosità definitiva (scala 1:2.000), comprendente le seguenti classi:

- **CLASSE H1, Pericolosità molto bassa:** area che per caratteristiche morfologiche a basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
- **CLASSE H2, Pericolosità bassa:** area mai interessata in passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
- **CLASSE H3, Pericolosità media:** area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di

essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.

- **CLASSE H4, Pericolosità alta:** area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.
- **CLASSE H5, Pericolosità molto alta:** comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

Le pericolosità H4 e H5 sono state unite in un'unica classe nella redazione delle carte.

Per quanto riguarda la valutazione della pericolosità delle aree soggette ad esondazione lacustre è stato preso in considerazione il livello di piena per eventi con tempi di ritorno di 50 anni pari a 200.25 m s.l.m.. All'area compresa tra questo livello e la linea costiera è stata attribuita la definizione di rischio R3 (erronea pregressa definizione di pericolosità H3) che consente un'urbanizzazione nel rispetto delle NdA del PAI.

In conclusione il conoide è stato suddiviso in quattro classi di pericolosità H1, H2, H3 e H4-H5 e ad esse si sono fatte corrispondere le relative classi di fattibilità.

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI

Pericolosità/rischio	*Classi di fattibilità*	*Voci legenda PAI*
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta [1] Cn – conoide protetta...
H4 – H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta

R1-R2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione
R3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
R4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata

Note alla tabella 2:

1 – Per le zone ricadenti in H3 – classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.

2 – Come previsto dall'art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico.

Nella carta di pericolosità del conoide NON è stata volutamente rappresentata la delimitazione P.A.I. delle aree ad elevato rischio idrogeologico (zona 1 e zona 2).

6 SINTESI TECNICA: PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DEL RISCHIO E DEFINIZIONE DELLA NUOVA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

La sintesi finale dello studio (nuova carta P.A.I. con revisione ambito ex L. 267/98 e di fattibilità) è contenuta nelle tavole di aggiornamento della fattibilità geologica annessa allo studio del Piano di Governo del Territorio di cui il presente elaborato è parte integrante.

Gli elaborati prodotti hanno consentito di definire pertanto un quadro attuale della situazione territoriale alla luce delle ultime vicissitudini territoriali intese sia come processi di esondazione/dissesto sia come interventi di regimazione.

Colico, settembre 2009

Agg. Maggio 2010

I tecnici incaricati

Dott. Geol.

Cristian Adamoli

Dott. Geol.

Claudio Depoli

Collaborazione.

Dott.ssa. Pozzi Valentina