



Regione Lombardia

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMUNE DI CONSIGLIO DI RUMO

Provincia di Como

Aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio - L.R. 12/05 e successive modifiche.

ANALISI DELLA PERICOLOSITA' DEL CONOIDE DEL TORRENTE LIRO

RELAZIONE TECNICA



Geo ■ Te ■ Am ■

Studio di Geologia Tecnica ed Ambientale

Via Villatico 11 - 23823 Colico (Lc)

☎ +39 0341 933011

www.studiogeoteam.com

✉ tecnico@studiogeoteam.com

Dott. Geol. Claudio Depoli

COLLABORAZIONE *Dott.ssa Valentina Pozzi*

DATA:

Ottobre 2010

SCALA:

""

Sindaco

REV.:

ELAB.:

C.1

Segretario

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	METODOLOGIA OPERATIVA	4
1.1.1	Ambito di conoide.....	4
1.1.2	Ambito di classe 4	4
2	RIPERIMETRAZIONE CLASSE DI FATTIBILITÀ AMBITO DI CONOIDE DISTALE LOC PONCIA.....	5
2.1	LE OSCILLAZIONI LACUSTRI	5
3	REVISIONE AMBITO DI CONOIDE DEFINITO CP.....	7
3.1	ANALISI STORICA	7
3.2	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO	11
3.2.1	Inquadramento geologico - strutturale.....	11
3.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E DEPOSITI QUATERNARI.....	15
3.4	ANALISI DEI PROCESSI GRAVITATIVI.....	16
3.5	ANALISI MORFOMETRICA DEL CONOIDE E FOTOINTERPRETAZIONE (RIF. BIBLIOGRAFICO)	19
3.6	ANALISI DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO DEL CONOIDE	22
3.7	ANALISI DEI LIVELLI DI PIENA DEL LAGO DI COMO.....	24
3.8	SINTESI ANALISI IDRAULICA.....	25
3.8.1	Verifiche idrauliche	25
3.8.2	Verifiche idrauliche del tratto medio- terminale del conoide	25
3.8.3	Verifiche idrauliche del tratto apicale del conoide	26
3.9	VALUTAZIONE DEI VOLUMI MASSIMI MOBILIZZABILI DEL BACINO.....	27
3.10	VALUTAZIONE DELLE AREE ESONDABILI E DELLA PERICOLOSITÀ	33
3.11	STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO	34
3.12	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ: DEFINIZIONE DELLE AREE ESONDABILI	36
3.12.1	Tratto medio - terminale.....	36
3.12.2	Tratto apicale	37
3.13	CORRELAZIONE TRA CLASSI DI PERICOLOSITÀ, CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VOCI DELLA LEGENDA P.A.I.	37
4	CONSIDERAZIONI FINALI.....	38
5	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	39
6	SCHEDA CONOIDE	43
	BIBLIOGRAFIA	46

1 INTRODUZIONE

Lo scopo del presente lavoro consiste nell'approfondire le conoscenze circa la pericolosità per esondazione lacustre (revisione di ambito di classe 4 di fattibilità geologica) e trasporto solido e/o di massa lungo il conoide del torrente Liro (zona Cp del PAI) ricadente in gran parte nel Comune di Gravedona ed in minor parte nel comune di Consiglio di Rumo (CO).

Per quanto riguarda il Comune limitrofo di Gravedona è già stato effettuato in passato (componente geologica di PRG - zonazione della pericolosità del conoide) un approfondimento per la ripermetrazione del conoide a supporto dello studio geologico annesso al P.R.G., redatto da codesto studio "Geologia Tecnica ed Ambientale" (dott. geol. Adamoli Cristian).

La finalità di questo documento è quella di realizzare uno studio geologico esteso all'area di conoide per predisporre lo strumento urbanistico generale nell'ottica di offrire un valido contributo alla prevenzione del dissesto idrogeologico, ovvero analizzare la pericolosità della conoide e definire le quote di esondazione lacustre.

Nello stralcio sottostante è rappresentata la situazione attuale dei vincoli P.A.I. per entrambi i comuni.

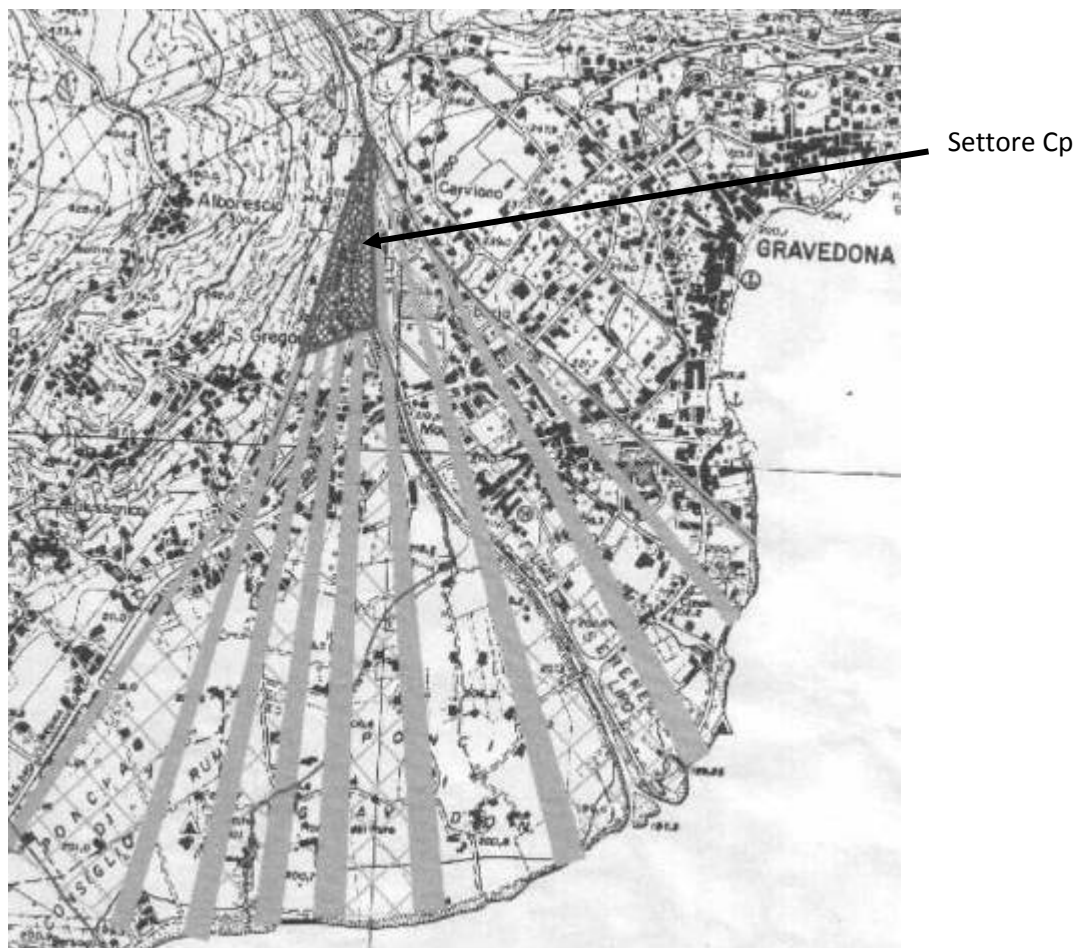


Figura 1: situazione attuale vincoli P.A.I. nell'ambito di conoide.

Il conoide in comune di Consiglio di Rumo risulta essere protetto (Cn) tranne che per la sua porzione apicale dove risulta essere parzialmente protetto (Cp), ovvero ambito in cui è stato attuato l'approfondimento tecnico.

Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

Comma 7: *Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:*

- *gli interventi di demolizione senza ricostruzione;*
- *gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;*
- *gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;*
- *gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;*
- *i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;*
- *gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;*
- *le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;*
- *la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;*
- *l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.*

Comma 8: *Nelle aree Cp oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, 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.*

Comma 9: *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.*

Il fine ultimo del presente lavoro è quello quindi di integrare lo studio geologico di supporto allo strumento urbanistico con lo scopo di aggiornare la carta di fattibilità rendendola coerente al quadro di dissesto reale o potenziale in considerazione della revisione effettuata nel Comune limitrofo.

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 indirizzi 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.

1.1 METODOLOGIA OPERATIVA

1.1.1 Ambito di conoide

La revisione della pericolosità del conoide (porzione apicale destra Cp), attuata con i riferimenti all’allegato 2 della DGR n.8/7374, tiene conto della fase di intervento diffuso di regimazione idraulica (L. 102/90) in atto all’interno del bacino del T. Liro.

Per le verifiche idrauliche è stato utilizzato il rilievo topografico del progetto “Interventi sul Torrente Liro” (Dott. Ing. Sergio Orietti, Dott. Geol. Depoli Claudio et al.).

Lo studio ha quindi permesso di redigere ed aggiornare la carta di pericolosità del conoide nel comune di Consiglio di Rumo, per quanto attiene la porzione apicale dell’area, in quanto la maggior parte del territorio sotteso è già stato ampiamente analizzato (ed approvato) all’interno dello studio di pianificazione geologica del vicino comune di Gravedona.

Infatti, l’analisi effettuata nella presente relazione parte necessariamente dal riferimento bibliografico redatto nel 2002 per il limitrofo comune di Gravedona “Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale - LR 41/97 e successive modifiche”; di cui la parte idrologica ed idraulica è stata a cura di Dott. Ing. Claudia Anselmini, mentre la parte geologica e geomorfologica è stata a cura del Dott. Geol. Cristian Adamoli.

1.1.2 Ambito di classe 4

È rappresentato attualmente in un piccolo settore urbanizzato (loc Poncia) che è stato ricondotto ad una minore classe di fattibilità geologica (da 4 a 3) comparando lo studio “Determinazione dei livelli di piena del lago di Como” redatto contestualmente alla presente dal consulente idraulico, l’Ing. Claudia Anselmini, con l’aggiornata base topografica, e verificando le quote dei tiranti idrici.

2 RIPERIMETRAZIONE CLASSE DI FATTIBILITÀ AMBITO DI CONOIDE DISTALE LOC PONCIA

2.1 LE OSCILLAZIONI LACUSTRI

Vero ed effettivo problema dei settori comunali che ricadono in prossimità del bacino del lago di Como sono i processi, anche se modesti, di potenziale interazione con le oscillazioni lacustri o l'interazioni di quest'ultima con le variazioni di quota della falda.



La dinamica in tale settore, non rientra nella ordinaria/straordinaria dinamica torrentizia, ma può essere considerata decisamente complessa e risulta essenzialmente governata dalla diga di Olginate - Malgrate.

L'elaborazione dei dati storici (vedi allegato C3 "Determinazione dei livelli di piena del lago di Como" redatto dall'Ing. Claudia Anselmini) relativi anche alle recenti alluvioni (1997, 2000 e 2002) ha portato a definire una quota del livello di piena del lago corrispondente al tempo di ritorno di 100 anni pari a 200,52 m.s.l.m, come indicato nella tabella seguente.

TEMPO DI RITORNO (anni)	h (cm)	h (m)	QUOTA (m s.m.)
2	152,31	1,52	198,89
5	195,75	1,96	199,33
10	224,52	2,25	199,62
50	287,83	2,88	200,25
100	314,59	3,15	200,52
200	341,26	3,41	200,78
500	376,44	3,76	201,13
1000	403,03	4,03	201,40

Figura 2 - Tabella con quote del livello del lago di Como per differenti tempi di ritorno (estratto dallo studio "Determinazione dei livelli di piena del lago di Como" redatto dall'Ing. Claudia Anselmini - ottobre 2010)

Sintesi di studio

La revisione si attua definendo la possibile vulnerabilità idraulica e la relativa classe di fattibilità, attuando per lo studio un parziale riferimento all'all. 4 della DGR n.8/7374 con una sintesi contenuta nella tabella riportata a lato.

<i>Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico</i>	
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
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
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezze 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
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
Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
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
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa	4
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3

3 REVISIONE AMBITO DI CONOIDE DEFINITO CP

Nel rispetto dei criteri relativi a questa analisi di pericolosità della conoide, in relazione anche alle recenti opere di regimazione idraulica del T. Liro sia nell'area di conoide che all'interno del bacino (parti alte - L.102/90) è stata attuata un'analisi di approfondimento idraulico a cura dell'Ing. Claudia Anselmini ("Studio idraulico del Torrente Liro nel tratto di conoide in comune di Consiglio di Rumo" riportato nell'elaborato C4).

3.1 ANALISI STORICA

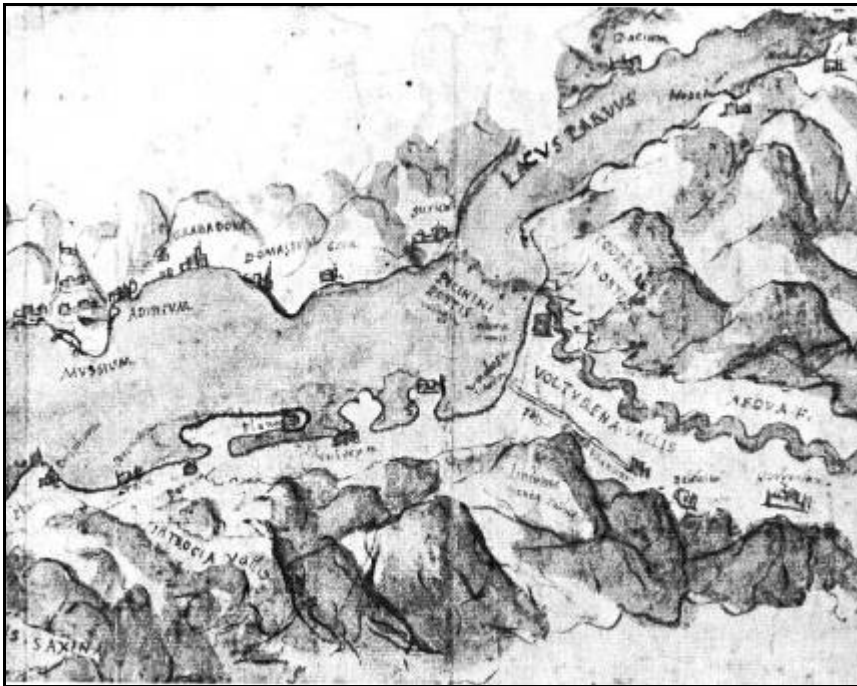


Figura 3: particolare della carta acquarellata annessa al manoscritto Larius di Paolo Giovio del 1538.

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

La bibliografia sostanzialmente si riferisce all'abitato di maggiori dimensioni, ovvero Gravedona, che insiste sulla stessa conoide di Consiglio di Rumo.

La prima notizia è riportata nel testo Annali Gravedonesi a cura di Antonio Maria Stampa del 1715 in cui si narra la devastante piena del 1032 che inondò gran parte del territorio. *"Nel 1032 successe una piena, ed inondazione tale del fiume Liro, che rovinò più della metà di Gravedona con molta stragge de animali ed uomini in modo tale che soli quei pochi, che puoterosi salvare in Castello, ed avevano le case fuori si liberarono dal pericolo"*. Da questa nota si evince come parte del territorio comunale, il castello, si sia salvata dalla distruzione.

Sempre nel sopracitato testo si legge della grave inondazione che colpì Gravedona nel 1313:

"Nel 1313 sicome avvennero all'Italia molte disgrazie, Gravedona senti e pati le maggiori, mentre dalli 4 del mese di marzo sino alli 25 d'agosto, ciovè per cinque mesi e giornate 20, essendo quasi sempre così fieremente piovuto, che rassembraa alle volte rinnovarsi il diluvio, benchè, quasi per tutta l'Italia regnasse una siccità così grande, che proibì la raccolta de grani, ed altri frutti, non solo il fiume Liro portò seco, e

rovinò li parapetti di muraglia a pietre vive, che dal principio de' monti ove sbocca sino all'ingresso del Lago formavano il suo alveo, ed il rinserravano, ma con le rovine di questi ed altre materie portate dalli monti, fece una chiusa così terribile, che invece di proseguire il suo corso, sboccando nel luogo di Velmina, non solo entrò con grandissimo danno, e terrore la notte del 6 Giugno in Gravedona nell'habitato col distruggere, ed atterrare le abitazioni, oltre la morte di 1000 persoma, ma portò tanta materia che coperse con quelle tutto quel tratto di luogo che era compreso nella Stappa, Pianezza e Velmina suddetta, rimanendo il tutto sottoterra, arrivava il terrapieno fatto vicino al Lago sino a mezza torre di S. Gio. Battista (Vale a dire S. Maria del Tiglio, anticamente dedicato a S. Giovanni Battista) con un danno immenso, oltre di ciò sgorgò nel luogo detto Cerviano una acqua così impetuosa, ne mai vista, che sboccando nella Contrata de' Modesti nel mezzo di Gravedona, ed un'altra sopra la chiesa della Sovrana delle Grazie per due luoghi, distrussero tutte quelle case, che gli si opposero, durando quest'ultima per tre mesi, nel fine de' quali ridussesesi nel sito delle Caralle, solo con sforzare tutti li habiytanti ritirarsi a' monti per loro salvezza: tanto più che crebbe il Lago, che tutto l'habitato vicino alle spiagge per 90 passi fu inondato".

A recare danno nell'area della antica conoide, quindi, non sono solo le inondazioni del fiume Liro ma anche quelle dei torrenti minori che drenano le acque del Sasso Pelo (V. Fig 3 e 4). L'ondata di fango, di detriti, aveva colmato l'intera piana giungendo fino all'altezza del campanile di S. Maria del tiglio (comune di Gravedona), la cui abside distava a quei tempi circa 5 metri dal lago. L'ultima porzione di questi relitti alluvionali venne smossa nel 1875, avendo provveduto ad abbassare il terreno di circa 85-100 cm nell'area adiacente a Santa Maria per liberarne la base. Il materiale di risulta venne utilizzato per guadagnare una trentina di metri di riva a lago dietro l'abside della chiesa (Ricci, 2001, v. Fig.5).

La narrazione degli eventi calamitosi del 1313 viene arricchita da Stampa citando, in aggiunta, il crollo del vecchio ponte sulla Regina "ve n'erano ancora alcune tracce al tempo in cui la strada passava nella località 'il Guasto' a ricordo delle innumerevoli distruzioni" (Ricci 2001). In figura n. 3 è rappresentata una tavola del catasto teresiano in cui si evidenzia l'area dell'alluvione del 1313.

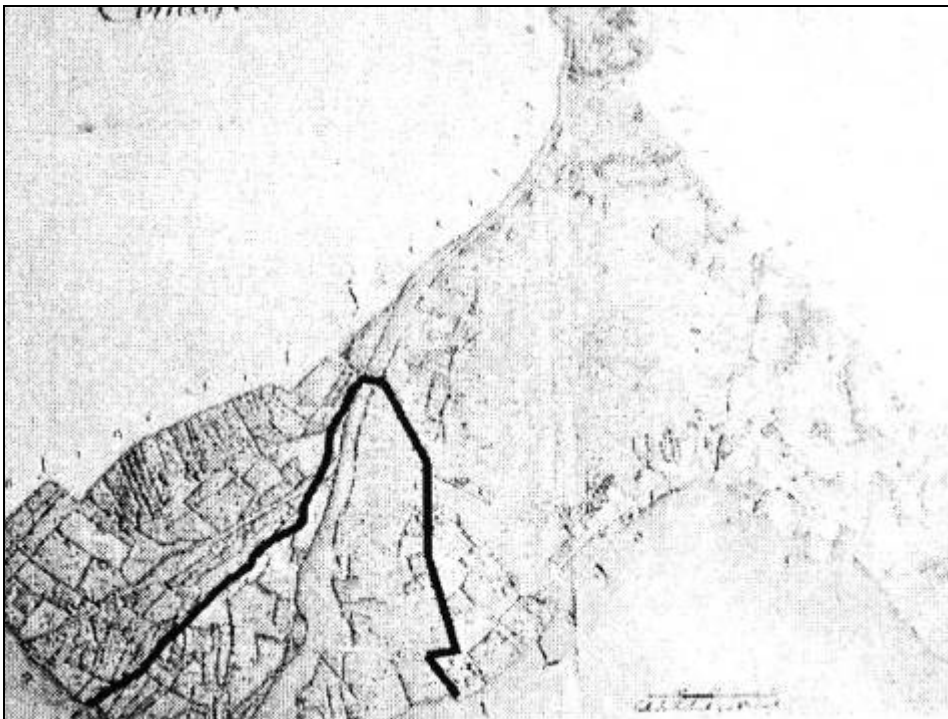


Figura 4: l'area di esondazione durante l'evento del 1313 (Catasto teresiano).

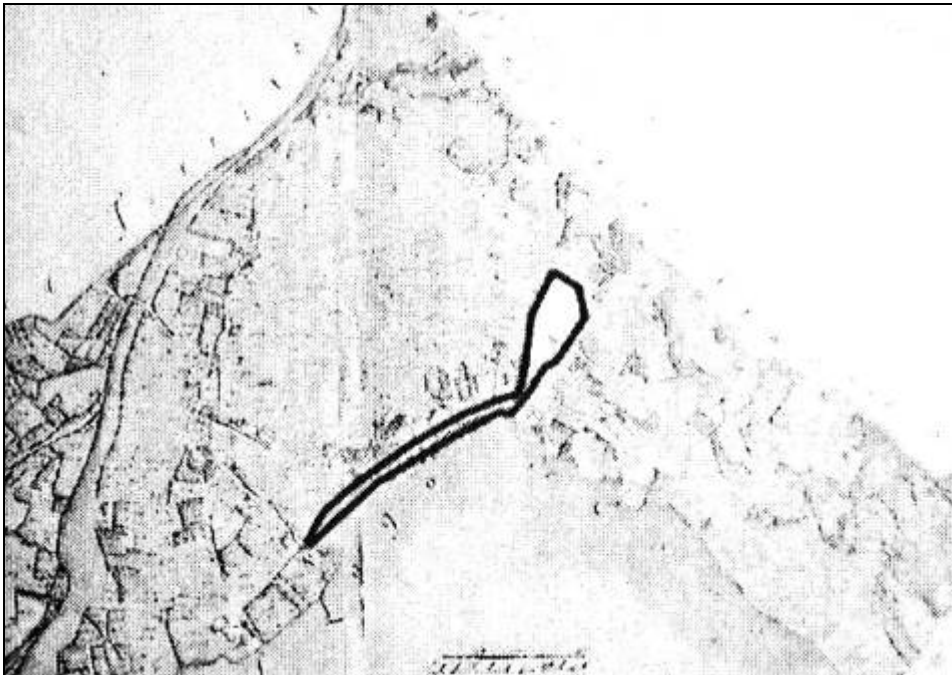


Figura 5: l'area di frana ed esondazione durante l'evento del 1313 (Catasto teresiano).

Come si osserva l'area interessata dall'esondazione è riferibile attualmente, ad un prevalente territorio del limitrofo comune di Gravedona.



Figura 6: stampa degli inizi dell'Ottocento che illustra S. Maria del Tiglio.

In una guida artistica della provincia di Como del 1877 si racconta la fragilità dal punto di vista idrogeologico dei territori delle Tre Pievi (ossia della zona compresa tra Sorico e Dongo):

“Per lo passato la popolazione delle Tre Pievi era di gran lunga superiore all'attuale, e il loro terreno non era soggetto alle alluvioni dei torrenti come al presente; imperocchè non essendo in uso allora di estirpare i

boschi, le acque venivano trattenute nei monti, né precipitavano come adesso, coprendo le terre coltivate di ghiaje, di macigni ed altro.”.(Balbiani A., 1877).

Notizie sulle alluvioni del torrente Liro si possono reperire da notizie storico-artistiche riferite alla chiesa di S.Vincenzo che

“già in epoca romanica questa parte della basilica dovette essere sopraelevata perché frequentemente invasa dalle acque del lago od interrata da piene, ed il presbiterio più antico dovette essere adattato a cripta” (M.Belloni Zecchinelli, 1974).

Nel 1810: “...verso la fine di maggio ebbe luogo una delle tante memorande piene del lago...”

Dalla testimonianza di alcuni cittadini gravedonesi è emerso che il fiume Liro è esondato nel 1960 distruggendo una passerella pedonale e depositando 120 cm di materiale sulla sponda sinistra in corrispondenza del campo sportivo e del “Bersaglio”.

Il lago ha allagato la zona spondale più volte negli ultimi quaranta anni (settembre 1960, ottobre 1966, novembre 1979, luglio 1987, ottobre 1993, giugno 1997).

3.2 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DEL BACINO

3.2.1 Inquadramento geologico - strutturale

L'attuale assetto della catena alpina è dovuto all'ultima fase di convergenza tra le placche europea ed africana e si possono individuare due sistemi tettonici principali separati dalla Linea Insubrica.

Il settore a Nord è costituito, partendo dalle porzioni più esterne, da: le falde pellicolari di scollamento della catena del Giura franco - svizzero; il bacino della Molassa con sedimenti derivanti dall'erosione della catena; le unità elvetiche ed ultraelvetiche, di derivazione europea con coperture sedimentarie e basamento caratterizzato da impronta metamorfica alpina solo nelle porzioni più interne, le unità pennidiche, cui si associano anche unità ofiolitiche mesozoiche e coperture pelagiche di fossa o di margine; le unità dell'Austroalpino orientale ed occidentale, di derivazione africana e diversamente coinvolte nell'orogenesi alpina.

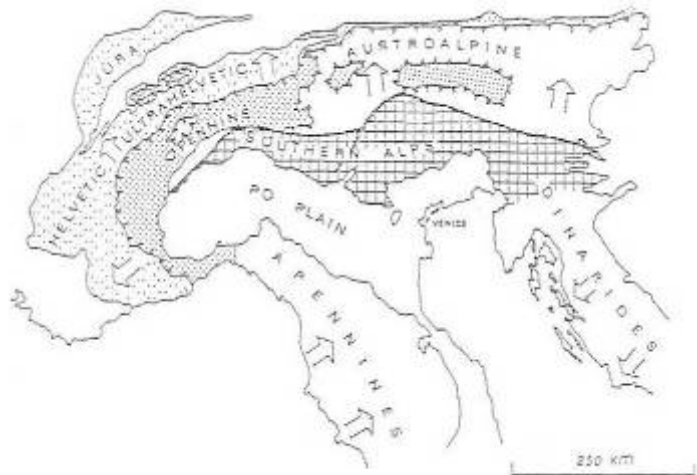


Figura 7: principali domini tettonici nelle Alpi. Le frecce indicano le direzioni di sovrascorrimento (da Winterer e Bosellini, 1981).

A Sud della Linea Insubrica si collocano invece le Alpi Meridionali, che rappresentano il margine continentale africano (*'Promontorio Apulo'*) con impronta metamorfica prealpina, deformato e raccorciato durante l'evento alpino, su cui s'impone la molassa della pianura del Po.

Il bacino del Torrente Liro è localizzato in parte a Nord della Linea Insubrica dove affiorano la falda Austroalpina, la falda Pennidica (zona Bellinzona Dascio, falda Adula) e le rocce intrusive oligoceniche ed in parte nelle Alpi Meridionali.

La falda **Austroalpina** è costituita da gneiss e micascisti milonitici biotitici a staurolite e granato, talora a sillimanite; la **Zona Bellinzona - Dascio** è caratterizzata da gneiss migmatitici, biotitici o a due miche localmente a sillimanite e granato e gneiss migmatitici a k-feldspato a tessitura occhiadina e con sillimanite, all'interno sono presenti intercalazioni anfibolitiche. Le rocce suddette sono state raddrizzate, compresse ed intruse dalla coda sud - occidentale del plutone di Val Masino - Bregaglia. Gli **intrusivi** derivano da un magma calco - alcalino originato da fusione del mantello litosferico e sono datati tra 30-32 Ma; essi sono rappresentati nel comune da quarzodioriti e subordinati ortogneiss occhiadini per cristalli di plagioclasio, con frequenti lenti aplitiche.

La **Falda Adula** è costituita da metapeliti e gneiss migmatitici che sono in contatto tettonico, attraverso una faglia ad alto angolo di direzione E-W, con i paragneiss a due miche e sillimanite.

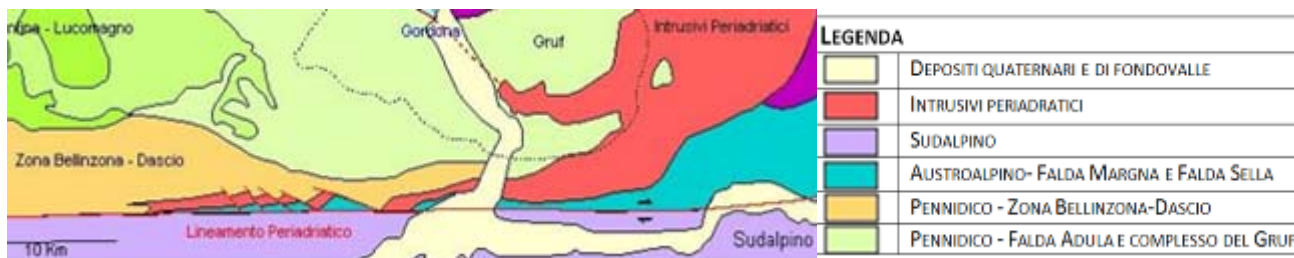


Figura 8: schematizzazione geologico - strutturale di alcune delle falde che costituiscono le Alpi propriamente dette a Nord del Lineamento Periadriatico.

Nel territorio in studio la linea Insubrica, che decorre con andamento E-W, è marcata morfologicamente dalla valle che dall’abitato di Dosso del Liro risale sino al Passo S. Iorio. Geologicamente il lineamento insubrico è marcato da affioramenti di miloniti sul fondovalle del fiume Liro a N del M. Cortafon. Le rocce gneissiche sono attraversate da filoni a chimismo da acido (apoliti e pegmatiti) sino a basico.

Il territorio, a sud del Lineamento Periadriatico, è caratterizzato dalla presenza del basamento cristallino sudalpino. Il basamento affiora nell’Alto Lario in una fascia di larghezza prossima a 15 km delimitata da due importanti linee tettoniche con andamento Est-Ovest, a carattere compressivo, associate a fenomeni di raccorciamento crostale: a Sud, la Linea della Grona che definisce il limite con le coperture sedimentarie Permo – Mesozoiche. Il basamento cristallino sudalpino è pre-Alpino e rappresenta assieme alle coperture sedimentarie Permo - Mesozoiche il margine deformato della placca Adria. Un recente studio (Spalla et al., 2002) ha caratterizzato e suddiviso, utilizzando dati strutturali e petrologici, il basamento sudalpino in tre unità tettono - metamorfiche: Domaso Cortafò (DCZ), Dervio Olgiasca (DOZ), Monte Muggio (MMZ). Queste unità sono separate da limiti tettonici: faglia di Musso e Lugano - Val Grande.

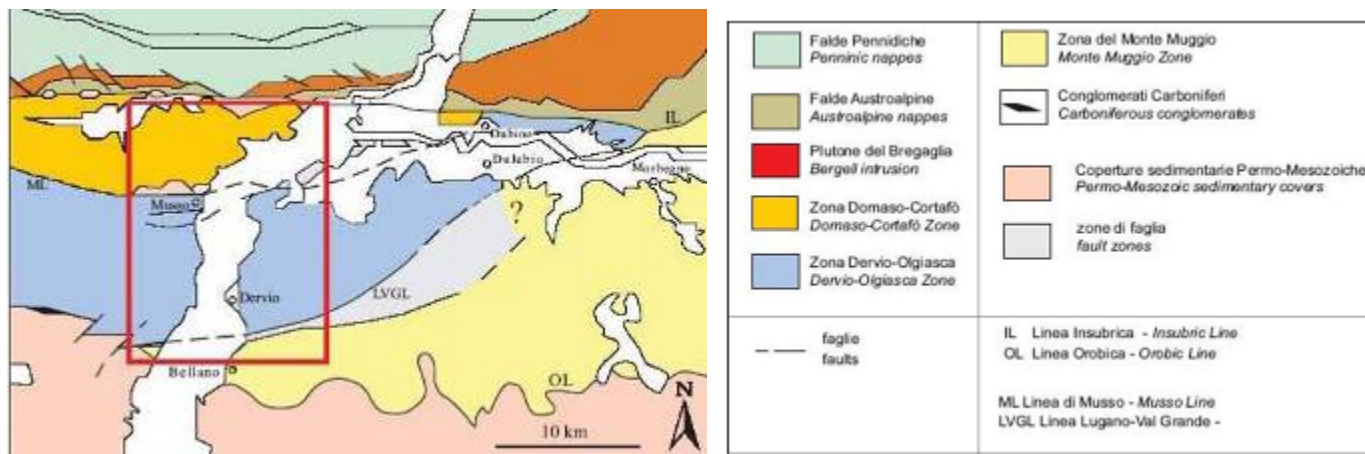
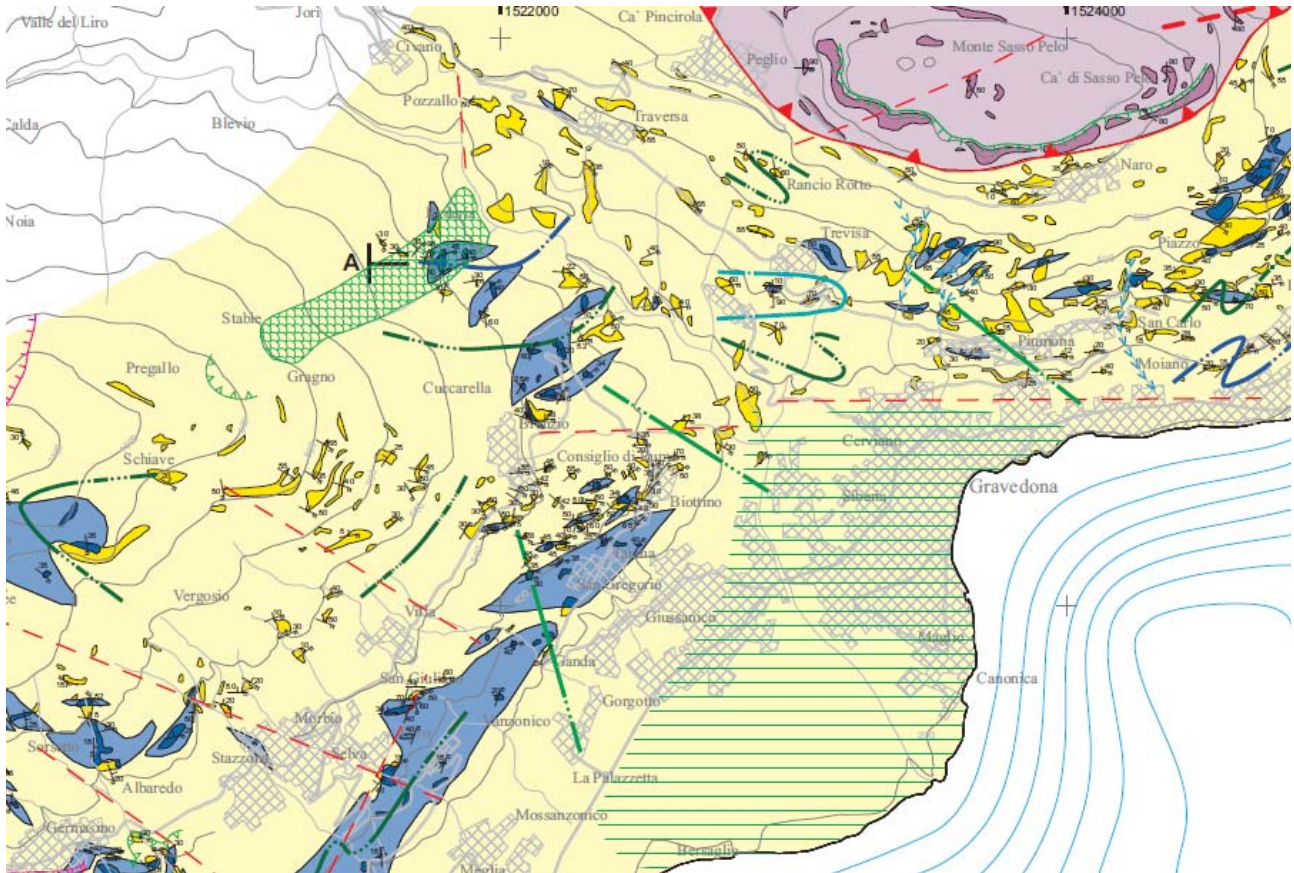


Figura 9: schema strutturale (Spalla et al. 2002)

In particolare, il territorio si colloca nell’unità tettono - metamorfica Domaso – Cortafò, dominata da micascisti, micascisti quarzosi con metabasiti intercalate (anfiboliti, anfiboliti a biotite e granato, gneiss leucocrati a granato e gneiss ad anfibolo). Lungo la Linea Insubrica affiorano, inoltre, alcune piccole scaglie tettoniche di rocce sedimentarie riconducibili alle successioni Permo- Mesozoiche.

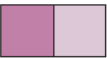
CARTA GEOLOGICO STRUTTURALE DEL BASAMENTO SUDALPINO DEL LAGO DI COMO CON ELEMENTI SUL DISSESTO IDROGEOLOGICO (Mapping tectono-metamorphic histories in the lake of Como basement, Southern Alps,Italy-2002)



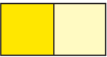
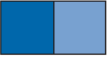
**LEGENDA
 LEGEND**

Il colore scuro indica la roccia affiorante, il colore chiaro indica l'interpretazione - Rock outcrops in darker colour, interpretation under Quaternary deposits in lighter tone.


SCAGLIE TETTONICHE DI DOLOMIE MESOZOICHE - TECTONIC SLICES OF MESOZOIC DOLOSTONES

-  **Dolomie** massicce con grana da media a fine, di colore grigio chiaro. Breccie carbonatiche presso il contatto con i micaschisti della Zona Domaso - Cortafò (Peglio; Sedimentario della linea Insubrica Auct.)
- Dolostones.** Massive medium to fine-grained light grey dolostones. Carbonatic breccias at the contact with the micaschists of the Domaso - Cortafò Zone (Peglio; slices along the Insubric line Auct.).


ZONA DOMASO-CORTAFÒ - DOMASO-CORTAFÒ ZONE

-  **Micaschisti a biotite e mica chiara.** Micaschisti a Bt_{II} , Ms_{II} , Pl , Grt , $\pm St \pm Ky$, con Bt_I e Ms_{II} che sottolineano la foliazione S_2 , riattivata durante il piegamento D_3 associato alla crescita di Chl , minerali opachi, Ms_{III} , Bt_{III} e Ab . Localmente, nei microlitoni della foliazione S_2 , sono preservati relitti di Bt_I , Ms_I e Cld . Contengono rare lenti di anfiboliti leucocrate a Pl , Qtz , Amp , Bt e Grt (S. Anna e Trevisa); localmente il limite tra micaschisti e metabasiti è sottolineato da un livello centimetrico di gneiss a Bt , Gr , $\pm St$.
- Biotite-white mica-bearing micaschists.** Micaschists with Bt_{II} , Ms_{II} , Pl , Grt , $\pm St \pm Ky$, with Bt_I and Ms_I defining the S_2 foliation reactivated during D_3 folding associated with Chl , opaque minerals, Ms_{III} , Bt_{III} and Ab growth. In places, relics of Bt_I , Ms_I and Cld are preserved in S_2 microlithons. Leucocratic amphibolitic lenses of centimetre thickness containing Pl , Qtz , Amp , Bt and Grt locally occur (S. Anna, Trevisa). Bt , Grt , $\pm St$ bearing gneisses locally define the boundary between micaschists and metabasites.
-  **Anfiboliti** a Hbl_{II} , Pl , $\pm Ilm$, $\pm Qtz$ che sottolineano la foliazione S_2 , riattivata durante D_3 , accompagnata dalla crescita di Amp_{III} , $\pm Ep$, $\pm Chl$, $\pm Ttn$. Hbl_I e Grt sono porfiroclasti nella foliazione S_2 . Raramente la tessitura è milonitica ed è definita da livelli a Pl e ad Amp_{III} a grana fine. Rare anfiboliti a Grt e Bt a grana grossolana sono localizzate al limite con i micaschisti (Grotti).
- Amphibolites with Hbl_{II} , Pl , $\pm Ilm$, $\pm Qtz$ defining the S_2 foliation, later reactivated during D_3 , accompanied by growth of Amp_{III} , $\pm Ep$, $\pm Chl$ and $\pm Ttn$ growth. Hbl_I and Grt occur as porphyroclasts in S_2 . Mylonitic texture rarely occurs and is defined by fine grained Amp_{III} and Pl layers. Rare coarse grained Grt and Bt -bearing amphibolites are localized at the boundary with micaschists (Grotti).**

SIMBOLI - SYMBOLS


 Limiti litologici
Lithological boundaries


Strutture fragili - Brittle structures:


 Sovrascorimenti
Thrusts

 Faglie
Faults

Lineamenti interpretati come faglie in base a:
Lineaments interpreted as faults, based on:






 corrispondenza tra lineamenti telerilevati e discontinuità dei limiti geologici tra diverse unità
correspondence between lineaments and abrupt discontinuities of geological boundaries between different units

 rocce di faglia di tipo fragile in corrispondenza dei lineamenti
brittle fault rocks outcropping along lineaments


 forte evidenza morfologica e geomorfologica di allineamenti continui su lunghe distanze (contropendenze, rotture di pendenza, allineamenti di fenomeni di instabilità dei versanti).
important geomorphological evidence: alignment, continuous over distance, of geomorphological element such as counterscarps, breaks in slopes, mass movements.


Tracce delle foliazioni e dei piani assiali - Traces of foliations and axial planes:


Età geometrica:
Relative age


 D₁  D₃
 D₂  D₄
 D₂ riattivata da D₃ - *D₂ reactivated by D₃*


Impronta metamorfica dedotta dal supporto mineralogico delle foliazioni:
Metamorphic imprint inferred from the mineralogical support of foliations:


 facies anfibolitica ad epidoto
epidote amphibolite facies


 facies anfibolitica di pressione intermedia
intermediate pressure amphibolite facies


 facies anfibolitica di bassa pressione - facies granulitica
low pressure amphibolite facies - granulite facies


 facies anfibolitica di pressione intermedia riequilibrata in facies scisti verdi
intermediate pressure amphibolite facies re-equilibrated under greenschists facies


 facies scisti verdi
greenschists facies

 non metamorfica
non metamorphic

 non determinata
undetermined


 Direzione e inclinazione del layering mineralogico o litologico (S₁), delle foliazioni di piano assiale o delle superfici assiali di successive generazioni: (S₁, S₂, S₃, AP₁, AP₂)
Strike and dip of lithological and mineralogical layerings (S₁), axial plane foliation or axial surfaces (S₁, S₂, S₃, AP₁, AP₂) of successive generations.


 Direzione e inclinazione dei clivaggi di fratturazione nelle dolomie
Strike and dip of fracture cleavage in dolostones.

 Assi di pieghe di successive generazioni (b₁, b₂, b₃) con indicazione dell'inclinazione.
Fold axes (b₁, b₂, b₃) of successive generations, with dip.


Elementi del dissesto - Land surface instabilities:


movimento franoso
landslide

 attivo - *active*


 quiescente - *quiescent*


orlo di nicchia di distacco
crow

 attivo - *active*


 quiescente - *quiescent*


orlo di scarpata
scarp

 attivo - *active*

 quiescente - *quiescent*

conoide alluvionale-poligenico
alluvial-poligenetic fan

 attivo - *active*

 quiescente - *quiescent*


 avvallamento di sponda
coastal landslide

 trincea
trench

 erosione diffusa
diffuse erosion

 alveo in erosione
stream bed with trend to down cutting

 colata di detrito
debris flow

 Traccia delle sezioni geologiche
Traces of geological cross sections

**Abbreviazioni dei minerali:
 Mineral abbreviations:**

Ab albite - *albite*
 Amp anfibolo - *amphibole*
 And andalusite - *andalusite*
 Ap apatite - *apatite*
 Bt biotite - *biotite*
 Chl clorite - *chlorite*
 Cld clorite - *chloritoid*
 Di diopside - *diopside*
 Ep epidoto - *epidote*
 Grt granato - *garnet*
 Hbl omelenda - *hornblende*
 Ilm ilmenite - *ilmenite*
 Kfs K-feldspato - *K-feldspar*
 Ky cianite - *kyanite*
 Mrg margarite - *margarite*
 Ms mica chiara - *white mica*
 Pl plagioclasio - *plagioclase*
 Px pirosseno - *pyroxene*
 Qtz quarzo - *quartz*
 Sil sillimanite - *illimanite*
 St staurolite - *staurolite*
 Tlc talco - *talc*

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E DEPOSITI QUATERNARI

Il bacino del fiume Liro occupa un'area di 57,58 Km² ed è delimitato a W dal passo di S Jorio (2014 m s.l.m.), a E dal rilievo del Sasso Pelo (910 m s.l.m.) e a N dalla cima del Pizzo Martello.

Le cime principali sono rappresentate dal M. Marmontana (2316 m s.l.m.) dal M. Toresella (2246,2 m s.l.m.), dal M Cardinello (2518 m s.l.m.) dal P.zzo Martello (2459.1 m s.l.m.), e dal M. Duria (2215 m s.l.m.).



Figura 10: foto aerea del bacino del Fiume Liro (Volo GAI 1954).

L'asta principale è rappresentata dal torrente Liro che, drenando le acque del monte Marmontana, decorre con andamento prevalentemente E-W. In prossimità delle baite di Poiarolo (a E del nucleo abitativo di Dosso del Liro) la valle si divide in due valli principali: la prima, presentando andamento E-W è solcata dal F. Liro, mentre la seconda, chiamata Valle del Dosso è solcata dall'omonimo fiume e presenta un andamento prevalentemente N-S drenando le acque del P.zzo Martello.

Valli secondarie sono la Valle d'Inferno che si dirama verso N in prossimità dell'abitato di Dosso, la Valle Fiumetto e la Val Piana che, presentando andamento NE-SW, convergono in prossimità delle baite di Piazza in Valle del Dosso.

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 della 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 della 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.

Nel bacino del fiume Liro i depositi glaciali costituiscono lembi più o meno isolati a causa dell'erosione da parte dei corsi d'acqua, del ruscellamento diffuso, del soliflusso e dei processi gravitativi in genere. In particolare una coltre di materiale morenico è ben osservabile in prossimità dell'abitato di Dosso del Liro. Depositi glaciali costituiscono anche il terrazzo morfologico in prossimità degli abitati di Crosanico, Gualderro e Caiasco. Depositi sono presenti anche in destra idrografica della Valle del Liro in prossimità delle baite di Mottafoiada. Nella porzione più orientale i depositi glaciali costituiscono la base della piana fra Livo e Peglio a N del Sasso Pelo. Depositi di origine glaciale sono diffusi anche in prossimità dei circhi glaciali in testata della Valle del Dosso e in alta Valle del Liro.

La base dei versanti fortemente inclinati è diffusamente ricoperta da una coltre detritica di spessore variabile dovuta all'attività crioclastica, termoclastica e all'azione della gravità. Tali depositi sono costituiti da frammenti rocciosi grossolani, non gradati con clasti a spigoli vivi. I depositi di versante si raccordano ai depositi fluviali del torrente Liro.

Per quanto riguarda il reticolato idrografico l'orientazione dei corsi d'acqua principali e di ordine inferiore riflette l'andamento dei principali lineamenti strutturali. Molto ben visibile è l'andamento N-S estremamente lineare della Valle del Dosso a testimonianza di un marcato controllo strutturale sull'origine della suddetta valle. La netta prevalenza di aste di 1° e 2° ordine (secondo la gerarchizzazione della rete idrografica di Strahler, 1958) che spesso si innestano direttamente nelle aste di 4° o 5° ordine e l'elevato gradiente topografico evidenziano una fase evolutiva del bacino che può essere definita giovanile. La maggior parte dei corsi d'acqua presenta un carattere erosivo con elevata capacità di trasporto solido testimoniata dagli abbondanti accumuli presenti alla base del versante.

La morfologia dei conoidi minori, classificati come quiescenti, suggerisce un'origine legata per lo più a processi di trasporto in massa dovuto alla rimobilitazione di materiale detritico accumulatosi nelle valli. I conoidi presentano, in genere, una pendenza poco inferiore ai 35°.

3.4 ANALISI DEI PROCESSI GRAVITATIVI

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

Scivolamenti superficiali in parte evoluti come colate di detrito sono stati osservati in aree con assenza di copertura arborea caratterizzate da un certo spessore della coltre detritica. In particolare sono stati riconosciuti fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante ubicati sul versante Nord del Monte Cortafon. Evidenze morfologiche di questo fenomeno sono rappresentate dalla forte convessità di questo settore di versante e dalla forte deviazione verso nord del corso del Fiume Liro. I fenomeni di questo tipo sono caratterizzati da superfici di scivolamento molto profonde ed evidenti soprattutto nella zona di cresta. Più a valle lo stile deformativo associato a queste frane è rappresentato da una serie di scarpate (ovvero superfici di scivolamento immergenti verso valle) e controscarpate (discontinuità immergenti verso l'interno del versante). In seno a quest'ultimo fenomeno sono evolute una serie di frane in roccia di tipologia spesso complessa e che interessano la zona di piede del versante.

Più a E, sempre sul versante nord della cresta del Cortafon, sono evidenti due grandi scivolamenti in roccia (Iannaccone, 2001, Università degli Studi di Milano Bicocca). La determinazione dell'età di fenomeni di versante quali le Deformazioni Gravitative Profonde è un problema di difficile valutazione, a causa della complessità dei cinematismi, della scarsa conoscenza delle cause predisponenti e scatenanti del fenomeno e della scarsità di markers della deformazione.

Per quanto concerne il versante in esame, l'analisi della morfologia permette di postulare un'età minima post-glaciale dei movimenti gravitativi profondi. In particolare, si nota una generale asimmetria della valle glaciale con il versante opposto che ancora rispecchia la tipica impronta glaciale con la presenza di ripide spalle laterali. Il versante a Nord del M. Cortafon, invece, è caratterizzato da una topografia generalmente "positiva" e convessa, soprattutto al piede, e da un gradiente topografico minore che testimonia la presenza di accumuli di frane già avvenute.

La parte del versante, interessata dalla deformazione gravitativa profonda principale, è stata attiva dopo il Tardiglaciale (circa 11000 anni fa). L'attività è proseguita fino a qualche centinaio di anni fa e sembra essere attualmente scarsa o nulla, anche se indicazioni certe potrebbero unicamente derivare da un sistematico monitoraggio delle porzioni superiori del versante.

Per quanto concerne invece la parte bassa del versante, la zona orientale appare collassata in epoche remote (come suggerito dalla presenza degli accumuli di paleofrana) e generalmente inattiva rispetto a grandi movimenti profondi.

Altri scorrimenti in roccia sono presenti lungo la valle del Liro in sinistra idrografica. In particolare merita una citazione l'accumulo di paleofrana presente a ovest dell'abitato di Dosso del Liro. Una leggenda locale narra che nel luogo dell'accumulo era ubicato l'antico paese poi delocalizzato in seguito ai movimenti del corpo franoso.

Molto più importante è la caratterizzazione delle frane superficiali e dei fenomeni di debris flow (flussi di detrito) sia attivi che quiescenti diffusi soprattutto nel settore topograficamente più elevato del bacino dove manca totalmente la copertura arbustiva.

La transizione tra debris slides a debris flows è definita sulla base del contenuto d'acqua, la mobilità, le caratteristiche del movimento. Si parla di debris slides per quei fenomeni caratterizzati da un forte aumento di velocità a seguito di una minore coesione e/o maggiore contenuto di acqua e/o una maggiore pendenza. Si definiscono invece debris torrent quei fenomeni di trasporto in massa caratterizzati da maggiore grado di scomposizione del materiale oppure al passaggio dai versanti alle aste torrentizie, o al distacco lungo aste del reticolo idrografico.





Le colate detritiche o debris flow si realizzano in genere in materiali grossolani o lungo aste torrentizie. Esse lasciano depositi laterali (argini) e scavano solchi con profilo a V o a U. Tali colate possono percorrere grandi distanze per il contributo delle acque che fluiscono lungo i torrenti, per la presenza di irregolarità morfologiche o grazie alle caratteristiche fisico - meccaniche dei materiali coinvolti.

Nel bacino in esame sono stati riconosciuti 660 fenomeni riconducibili alla tipologia dei debris flows alcuni di essi anche di notevoli dimensioni presenti soprattutto nelle coltri moreniche in alta Valle del Dosso e in alta Valle del Liro nel circo del Passo di S. Jorio.

Sono state individuate anche 53 frane superficiali attive che occupano complessivamente n'area di circa 80000 m². Questi fenomeni assieme alla presenza di materiale in alveo di cui è stata stimata un'area totale di circa 300000 m² contribuiscono in maniera determinabile al calcolo della magnitudo ossia dei volumi di materiale rimobilizzabile in occasione di eccezionali eventi pluviometrici.

3.5 ANALISI MORFOMETRICA DEL CONOIDE E FOTOINTERPRETAZIONE (RIF. BIBLIOGRAFICO)

Nella seguente tabella è riportata l'analisi fotointerpretativa condotta utilizzando i voli GAI 1954 (Istituto Geografico Militare) e TEM1 Regione Lombardia del 1983.

VOLO GAI 1954	INTERPRETAZIONE
	
VOLO TEM 1 1983	INTERPRETAZIONE
	

Il conoide occupa un'area complessiva di 1,45 Km². L'analisi fotogrammetrica mostra chiaramente come nella porzione nordorientale esiste una zona topograficamente più elevata costituita da un antico conoide sospeso e relitto. Nella porzione orientale tale conoide risulta bordato da un terrazzo morfologico alto circa 15-20 m. L'attuale conoide, considerato come quiescente occupa un'area di 1.16 Km² ed occupa parte dei territori comunali di Gravedona e Consiglio di Rumo.

L'alveo attuale del fiume Liro è inciso con una profondità media di circa 4 m. Solo nel tratto finale l'alveo tende ad alzarsi rispetto alla superficie topografica media del conoide fino a presentare una profondità di

circa 2,5 m in destra idrografica. L'analisi fotointerpretativa mostra come in circa 45 anni vi sia stato un forte incremento dell'urbanizzazione soprattutto in sinistra idrografica nel territorio comunale di Gravedona. Infine nelle foto del 1954 risultano ancora evidenti numerosi paleoalvei che poco a valle del ponte della Regina si diramano a raggiera in destra idrografica lambendo la località Poncia.

Nella parte più distale del conoide è infine individuabile sulla foto del 1954 una porzione di conoide probabilmente riattivata in seguito agli eventi alluvionali del 1951.

Dal punto di vista morfologico il conoide relitto mostra una pendenza media di circa 15°. Questa morfologia deriva da processi di deposizione in massa dovuti a fenomeni di debris flow e/o debris torrent. La porzione quiescente del conoide mostra invece una pendenza molto inferiore pari a 2,5%. La morfologia, relativamente poco inclinata e l'assenza di accumuli di materiali massivi indicano una genesi legata per lo più a processi di trasporto di detrito in sospensione e/o al fondo. Si escludono, quindi, processi di trasporto in massa tipo debris flow.

Un'analisi della dinamica morfologica del conoide del Torrente Liro è stata condotta nel 2002 per il Comune di Gravedona da codesto Studio Geologico. In particolare è stato effettuato un rilievo di dettaglio lungo l'alveo e sul conoide con lo scopo di individuare e descrivere i punti critici, valutare il grado di incisione del canale principale nei vari settori del conoide, delimitare i settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide ed individuare le zone che possono modificare, catturare o deviare il normale deflusso delle acque.

La figura seguente è tratta dallo "Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale - LR 41/97 e successive modifiche" del Comune di Gravedona e riporta un quadro generale degli elementi morfologici rilevati sul conoide.

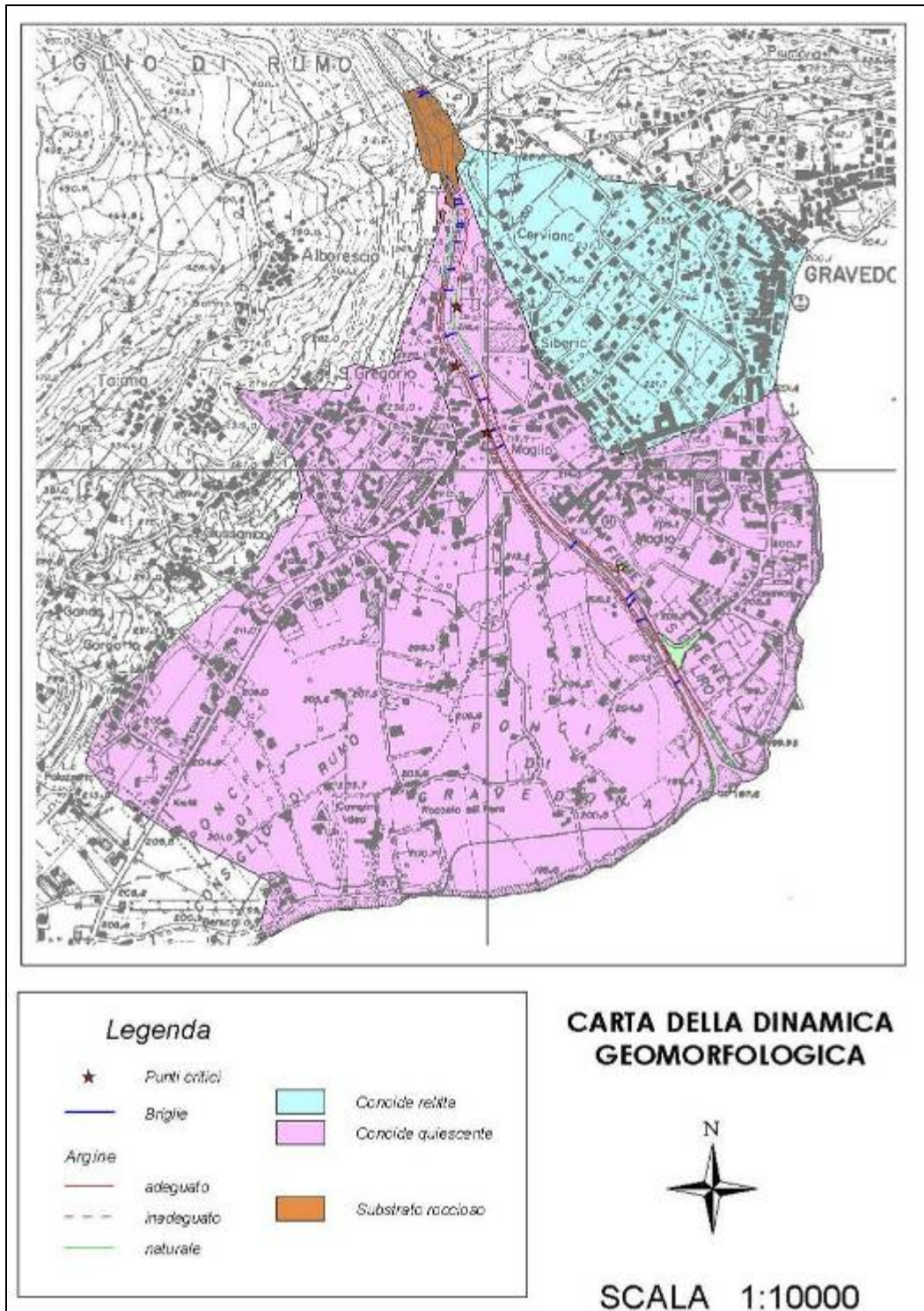


Figura 11: analisi di dettaglio della dinamica geomorfologica del conoide.

3.6 ANALISI DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO DEL CONOIDE

Dalle analisi effettuate ed in riferimento agli studi citati in precedenza, possono essere fornite le seguenti considerazioni:

➤ **Situazione ricadente nei comuni di Gravedona e Consiglio di Rumo:**

- nel tratto apicale del conoide il Torrente Liro scorre direttamente sul substrato roccioso e risulta essere profondamente inciso e delimitato da spalle in roccia;
- a valle dell'abitato di Cerviano (comune di Gravedona) e Alborescia (comune di Consiglio di Rumo) il Torrente Liro scorre su alluvioni con una pezzatura media del materiale alluvionale di circa 0.8 m³;
- l'alveo risulta essere inciso con una profondità media di circa 4 m, sono comunque state misurate in dettaglio sezioni in punti critici per le verifiche idrauliche;
- lungo l'alveo sono presenti numerose soglie e briglie. Sono attualmente in progetto ed in fase di attuazione alcuni interventi di sistemazione idraulica (legge 102/90) nella porzione apicale, (ed anche all'interno del bacino) con nuove opere di protezione spondale (argini) e regimazione (briglie)

➤ **Situazione in Comune di Gravedona - riferimento bibliografico ("Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale – LR 41/97 e successive modifiche")**

- gli attraversamenti sono due: il ponte della SS Regina e l'attraversamento in località Serenella poco a monte del campo sportivo. Tali attraversamenti non sembrano costituire alcun vincolo al deflusso;
- l'argine in muratura presenta mediamente un'altezza variabile da 2.70 a 3 m. Esso si presenta generalmente in buono stato. Solo nella porzione apicale del conoide in destra idrografica e in prossimità della località Siberia in sinistra idrografica sono presenti brevi settori di alveo non arginati tali comunque da non presentare pericolo per eventuali esondazioni;
- l'andamento planimetrico dell'alveo mostra una prima curva a sinistra abbastanza chiusa in località Siberia. Segue un tratto più o meno rettilineo in prossimità del Ponte della Regina. Più a valle in prossimità del nucleo ospedaliero è presente una seconda curva a sinistra con raggio molto più ampio. Da questo punto probabilmente vi sono state in epoca storica numerose esondazioni in destra idrografica come testimoniato dalla presenza di paleoalvei in località Poncia precedentemente descritti. Una terza curva a destra è presente a monte del depuratore seguito poi dal tratto finale rettilineo;
- analizzando in dettaglio il profilo longitudinale dell'alveo nel tratto in conoide si può osservare come nel settore più distale vi sia una forte diminuzione della pendenza. In particolare questo si può osservare a valle dell'attraversamento in prossimità del campo sportivo. Questo aspetto può influire negativamente sul deflusso del materiale trasportato dalla corrente in occasioni di eventi di piena favorendo, proprio a valle del suddetto ponte, l'accumulo di materiale detritico con possibile esondazione. Ciò può essere aggravato qualora in concomitanza ad eventi di piena del Liro vi sia un alto livello del lago;
- in prossimità della curva a monte della località Siberia in sinistra idrografica è stata rilevata una discarica di inerti con avanzamento dell'argine. Ciò potrebbe provocare un restringimento della sezione di deflusso;

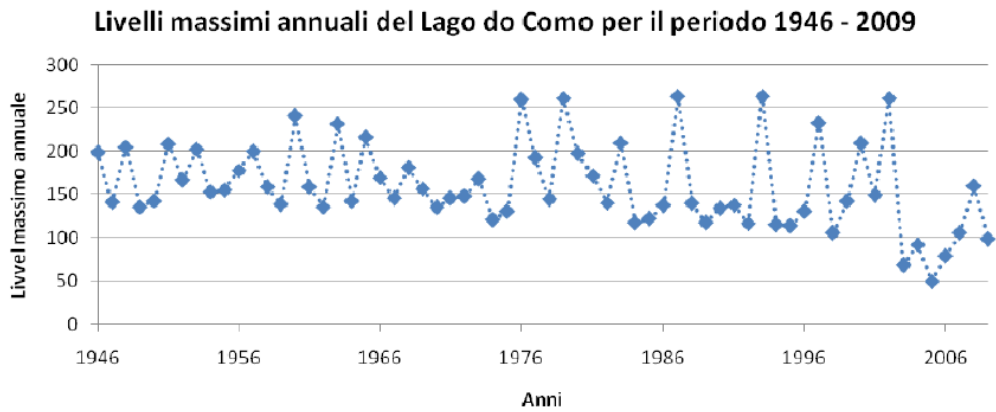
- poco a monte del ponte della Regina in destra idrografica è stata aperta una pista di accesso in alveo con direzione opposta al verso della corrente. Questo potrebbe favorire l'esondazione in destra considerando il fatto che tale pista è ubicata nella porzione esterna alla curva principale dell'alveo;
- a valle del ponte della statale in sinistra idrografica è presente un tratto di argine in cattivo stato di conservazione costituito da una muratura in pietra a secco parzialmente eroso dalla corrente;
- poco a monte dell'attraversamento in prossimità del depuratore si osserva un restringimento della sezione. Ciò può rappresentare un problema al deflusso considerando anche la diminuzione di pendenza a valle dell'attraversamento;
- il terrapieno in prossimità del campo sportivo in sinistra dell'alveo potrebbe rappresentare un ostacolo per il rientro in alveo di una ipotetica rotta a monte del depuratore in sinistra idrografica.
- nell'alveo sono stati osservati grossi blocchi nella porzione apicale della conoide. Nelle zone distali è stata osservata una pezzatura massima di 0.8 m^3 e media di 0.2 m^3 .

3.7 ANALISI DEI LIVELLI DI PIENA DEL LAGO DI COMO

Estratto dallo studio “Determinazione dei livelli di piena del Lago di Como” redatta dalla Dott. Ing. Claudia Anselmini ed allegata al presente studio nell’elaborato C3.

L’analisi statistica dei valori massimi delle altezze idrometriche annue per un dato periodo, registrati dal Consorzio dell’Adda alla stazione idrometrica di Malgrate, ha permesso di definire il massimo livello idrometrico del lago per un prefissato tempo corrispondente a 100 anni.

Sono stati considerati i dati registrati dal Consorzio dell’Adda alla stazione idrometrica di Malgrate e le **massime altezze annue dal 1946 al 2009.**



Dopo l’entrata in funzione della diga, l’altezza massima del lago è stata registrata nel 1987 e nel 1993, con un +2,64 m rispetto allo zero idrometrico che per questa stazione è uguale a 197,37 m s.m.; mentre il livello minimo è stato registrato nel 2005 ed è stato pari a +0.50 m rispetto allo zero idrometrico.

Dall’analisi dei dati è interessante notare come nell’ultimo decennio si siano registrati sia il valore massimo (nell’anno 2002) che il valore minimo (anno 2005) della serie storica disponibile dei livelli massimi annuali.

Le elaborazioni di calcolo hanno fornito i seguenti risultati riassunti nella tabella sottostante in cui sono visibili le altezze idrometriche massime raggiungibili e le relative quote assolute sul mare del livello dell’invaso per assegnati tempi di ritorno.

TEMPO DI RITORNO (anni)	h (cm)	h (m)	QUOTA (m s.m.)
2	152,31	1,52	198,89
5	195,75	1,96	199,33
10	224,52	2,25	199,62
50	287,83	2,88	200,25
100	314,59	3,15	200,52
200	341,26	3,41	200,78
500	376,44	3,76	201,13
1000	403,03	4,03	201,40

Per un tempo di ritorno pari a 100 anni, il livello del lago ha un valore pari a 200,52 m s.l.m..

3.8 SINTESI ANALISI IDRAULICA

Le analisi effettuate dal consulente idraulico, considerando gli effetti delle opere idrauliche di recente costruzione sul profilo di moto della piena ipotizzata, consentono di validare l'attuale sezione dell'alveo.

Non sono state infatti evidenziate, nelle differenti analisi, possibili processi di esondazione nella parte apicale della conoide.

Per maggiori dettagli si rimanda allo "Studio idraulico del Torrente Liro nel tratto di conoide in Comune di Consiglio di Rumo" redatto dall'Ing. Claudia Anselmini (elaborato C4), di cui si riporta di seguito una breve sintesi.

3.8.1 Verifiche idrauliche

Per quanto riguarda il **tratto medio – terminale del conoide** si fa riferimento allo studio effettuato per il Comune di Gravedona "Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale – LR 41/97 e successive modifiche", di cui si riporta successivamente un estratto delle verifiche idrauliche effettuate dalla Dott. Ing. Claudia Anselmini nel 2002.

Per quanto riguarda il tratto **apicale del conoide** sono state effettuate le verifiche idrauliche (Dott. Ing. Claudia Anselmini) tenendo in considerazione il rilievo di progetto per le sistemazioni in fase di attuazione (LR 102/90) sul Torrente Liro. Il progetto (Dott. Ing. Sergio Orietti, Dott. Geol. Depoli Claudio et al.) a cui si fa riferimento interessa il tratto ricadente nei comuni di Gravedona e Consiglio di Rumo e prevede il consolidamento del Torrente Liro, la realizzazione di una briglia selettiva e di alcune difese spondali.

3.8.2 Verifiche idrauliche del tratto medio- terminale del conoide

Estratto da "Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale – LR 41/97 e successive modifiche" (Dott. Ing. Claudia Anselmini, 2002)

La verifica idraulica effettuata è relativa alla capacità di contenere una piena del torrente Liro con un tempo di ritorno di 100 anni nel tratto che interessa la zona di conoide dalla foce nel lago fino ad un tratto di circa 300 metri a monte di essa.

La verifica è stata condotta tramite il tracciamento del profilo di moto permanente con ipotesi di moto stazionario. La determinazione delle grandezze idrauliche corrispondenti al transito della portata centenaria è stata svolta utilizzando il codice di calcolo HEC-RAS 3.0.

Il tratto di Liro considerato nel tracciamento del profilo idraulico è stato schematizzato e sono state elaborate 8 sezioni trasversali; dalla foce nel lago di Como (prima sezione) fino a 360 metri a monte di essa. Per ciascuna sezione si sono effettuate le verifiche idrauliche. Le elaborazioni del profilo sono state effettuate sia in corrente veloce sia in corrente lenta.

Per ciascuna delle sezioni è stata svolta un'elaborazione che ha portato alla determinazione del livello idrico e di tutte le grandezze ad esso legate in corrispondenza del transito della portata centenaria stimata: $Q_{100} = 320$ mc/s. Le elaborazioni sono state condotte sia in corrente lenta sia in corrente veloce con diverse condizioni al contorno in ingresso.

Specificatamente in corrente veloce sono state considerate come condizioni al contorno la pendenza del tratto di alveo a monte (sez n°6) e l'altezza critica calcolata automaticamente dal sistema alla sezione.

Le elaborazioni effettuate in corrente veloce non hanno dato luogo a sostanziali variazioni nel profilo risultante dalle due differenti condizioni al contorno considerate.

In corrente lenta è stata considerata quale condizione al contorno il livello idrometrico centenario del lago alla sezione di foce (sez n° 0,5).

Dal confronto dei risultati ottenuti solo le sezioni n° 2 e n° 1, ed in minima parte anche la n°3, si sono rivelate essere sezioni critiche, presentando una sezione appena verificata o non verificata per qualche centimetro.

Il caso peggiore rilevato è stato quello relativo alla corrente lenta in quanto la piena centenaria del lago (200,4 m s.l.m.) provoca un difficile deflusso del torrente. Tale situazione si rileva in presenza di due eventi contemporanei ciascuno con probabilità di accadimento centenaria, che danno luogo ad un evento statisticamente raro. Le possibili esondazioni all'esterno degli argini torrentizi risultano maggiori in corrispondenza della sezione n°2 dove si stima un'altezza del profilo maggiore degli argini di contenimento di 32 cm in destra.

La differenza data dal confronto delle sezioni elaborate con le due differenti ipotesi di moto risulta essere molto più marcata alle sezioni n°2 e n°0.5.

3.8.3 Verifiche idrauliche del tratto apicale del conoide

Il tratto **apicale del conoide** è stato oggetto di recente di una importante azione di regimazione idraulica, con la realizzazione di nuove protezioni spondali, soglie di fondo e di una briglia selettiva .

Nello specifico sono state effettuate una serie di verifiche idrauliche (Dott. Ing. Claudia Anselmini) tenendo in considerazione il rilievo di progetto per le sistemazioni in fase di attuazione (LR 102/90) sul Torrente Liro.

Il progetto (Dott. Ing. Sergio Orietti, Dott. Geol. Depoli Claudio et al.), a cui si fa riferimento, interessa il tratto ricadente nei comuni di Gravedona e Consiglio di Rumo e prevede il consolidamento del Torrente Liro, la realizzazione delle opere sopracitate.

Lo studio della dinamica idraulica di un tratto del torrente Liro , effettuato mediante l'ausilio di specifico software (Hec-Ras), è stato redatto secondo le indicazioni riportate nella "Direttiva sulle piene di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" in attuazione dell'art.10 del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), riferimento alla portata di piena del corso d'acqua stimata per un tempo di ritorno pari a 100 anni opportunamente stimata e mediante il tracciamento del profilo idrico in condizioni di moto stazionario monodimensionale.

Il tratto di corso d'acqua oggetto della verifica è quello compreso tra la briglia selettiva di recente realizzazione nella zona apicale del conoide e la seconda soglia a monte del ponte di attraversamento in corrispondenza della S.S.Regina.

Al fine di tenere conto del contributo del possibile trasporto solido della corrente, la verifica idraulica è stata effettuata ipotizzando che la briglia selettiva realizzata nella zona apicale del conoide risulti completamente interrita dal materiale eventualmente proveniente dal bacino idrografico.

La verifica idraulica eseguita dopo aver ricostruito la geometria del corso d'acqua considerando le opere di regimazione presenti sia trasversali (briglia selettiva e soglie di fondo) che longitudinali (arginature) ha evidenziato come, allo stato attuale dell'alveo, la piena del Torrente Liro, anche in caso di un evento centenario, sia sempre contenuta all'interno degli argini.

3.9 VALUTAZIONE DEI VOLUMI MASSIMI MOBILIZZABILI DEL BACINO

Estratto da "Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale di Gravedona – LR 41/97 e successive modifiche".

Una grandezza di importante valutazione è il calcolo del volume massimo di materiale detritico rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su un conoide. Questo parametro è definito come Magnitudo. Uno dei metodi per definire questo parametro è quello di eseguire un rilievo di dettaglio lungo le aste principali del bacino e le zone di testata stimando i volumi di materiale presenti. (Metodo Scheuringher, 1998)

A causa delle difficoltà logistiche di rilevamento lungo le aste principali legate alla presenza di numerose zone inaccessibili del bacino, che presenta un'area di 57,58 Km², si è scelto di eseguire un'analisi fotointerpretativa di dettaglio a scala 1:5000 al fine di valutare i fenomeni attivi e quiescenti di frane superficiali, debris flow nonché la mappatura dei tratti di alveo sovralluvionati o di zone con presenza di materiale rimobilizzabile in caso di eventi eccezionali di piena con trasporto in massa o di fondo. Sono stati mappati un totale di 660 fenomeni di debris flow alcuni dei quali attivati durante gli eventi pluviometrici eccezionali del giugno 1997 e autunno 2000 e anno 2002

Per il calcolo del volume rimobilizzabile è stata valutata la lunghezza cumulata dei fenomeni pari a 185325 m moltiplicata per uno spessore medio di 1 m ed una larghezza media di 1 m. Per questi fenomeni è stato quindi stimato un volume rimobilizzabile pari a 185325 m³.

Diverso è il discorso delle frane superficiali mappate soprattutto lungo gli alvei principali. Numerosi scorrimenti della coltre colluviale e/o glaciale sono stati riconosciuti anche sui pendii adibiti a pascolo o a prato. Sono state cartografate 53 frane superficiali per un'area totale di 81269 m². Per il calcolo del volume si è scelta una profondità media di 2 m compatibile con la dimensione media di questi fenomeni. Il volume di materiale rimobilizzabile per fenomeni di frane superficiali che possono evolvere poi in colate di detrito lungo gli alvei è pari a 162538 m³.

Per quanto riguarda il materiale presente in alveo è stata calcolata l'area totale occupata pari a 302599 m². In caso di eventi di trasporto in massa o trasporto al fondo è stato considerato che solo la parte superficiale di questo materiale potrebbe essere presa in carico anche considerando che tale materiale tende a riempire zone topograficamente depresse lungo l'alveo. Per quanto riguarda il materiale rimobilizzabile in caso di eventi di piena è stato stimato un volume pari a 151299,5 m³.

Il volume totale di materiale rimobilizzabile stimato in base ad analisi fotogrammetriche di dettaglio è pari a 499162,5 m³.

Un riepilogo dei dati è mostrato nella seguente tabella:

Frane superficiali	
Numero di fenomeni	53
Area totale (m ²)	81269
Volume totale	162538
Debris flow	
Numero	660
Lunghezza tot (m)	185325

Volume totale	185325
Detrito in alveo	
Area totale (mq)	302599
Volume totale	151299.5
MAGNITUDO (mc)	
	499162.5

Tabella 1: stima dei volumi di materiale rimobilizzabile

Per il calcolo della magnitudo sono stati utilizzati anche alcuni metodi empirici, riportati nella letteratura tecnica, integrati con le osservazioni effettuate nei bacini in esame (riattivazione di grandi frane, erosioni di sponda e/o di fondo, presenza di sbarramenti idroelettrici e di opere di difesa idraulica). Il calcolo della magnitudo mediante formule empiriche si basa su alcuni parametri morfometrici del bacino e del conoide. Per ricavare tali parametri è stato utile ricostruire un DTM (modello digitale del terreno) di maglia pari a 20 m. Per la derivazione del DTM si è partiti dalle carte topografiche comunali in formato vettoriale a scala 1:5000. Il DTM è stato realizzato utilizzando un software di “tassellazione” dello spazio geografico in triangoli irregolari (TIN, Triangular Irregular Network, estensione 3D del software ArcView GIS), ossia una rappresentazione vettoriale a triangoli della superficie topografica. La TIN è stata quindi convertita in una griglia con un passo di campionamento pari a 20 x 20 m.

La realizzazione del DTM, oltre a offrire il vantaggio di un calcolo immediato e fedele dei principali parametri morfometrici del bacino, offre anche la possibilità di una visione “pulita” della topografia mettendo così in risalto le forme legate a fenomeni di instabilità mediante il calcolo del modello ombreggiato del terreno che simula la presenza di una fonte luminosa di cui possiamo controllare la direzione e lo Zenit di provenienza della luce. Altre carte derivate molto utili per la stima dei parametri morfometrici sono la carta delle pendenze e la carta dell’esposizione dei versanti.

Un quadro riassuntivo dei parametri morfometrici calcolati è rappresentato nella tabella 2.

PARAMETRI	COEFFICIENTE	VALORE
area Bacino (Kmq)	Ab	57.58
tipo di fenomeni	K	5.4
quota massima (Km)	Hmax (Km)	2.525
quota minima (Km)	Hmin (Km)	0.198
Indice di Melton	Mb	0.31
pendenza collettore sul conoide (%)	Scl_c (%)	2.42
Indice di frana	I_F	1
Indice di gruppo	I.G.	4.8
pendenza asta principale (%)	Scl (%)	14.05
indice di trasporto (Aulitzky)	I.T.	1
coefficiente di sistemazione	C.S.	0
lunghezza alveo sul conoide (m)	Lcl (m)	1511.95

pendenza del conoide (%)	Sc (%)	2.5
spessore medio del materiale mobilizzabile	h (m)	2
pendenza media del bacino	Tgθ	34

Tabella 2: parametri morfometrici del bacino

Per il calcolo sono state utilizzate le seguenti formule:

Bottino, Crivellari & Mandrone (1998) propongono la seguente formula dall'interpretazione di sei valori di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993. Il valore della magnitudo è dato da:

$$M = 21241 \times Ab^{0.28}$$

dove Ab è l'area del bacino.

Crosta, Cerini, Frattini & Quattrini (2000) hanno invece derivato la seguente formula:

$$M = 1000 \times K \times Ab \times Mb^{0.8} \times Scl_c \times (I_F)^{-2}$$

in cui:

K = 5.4 per fenomeni di debris flow

Ab = Area del bacino

Mb = Indice di Melton dato da $H_{max} - H_{min} / Ab^{0.5}$

Hmax = Quota massima del bacino

Hmin = Quota minima del bacino

Scl_c = pendenza del collettore sul conoide

I_F = Indice di frana pari a 1 per grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica.

Per il calcolo della pendenza del collettore sul conoide è stata eseguita una sezione topografica lungo l'asta incisa del T. Liro limitatamente al tratto in conoide.

La pendenza media dell'asta (estrapolata mediante il calcolo della retta di regressione lineare) risulta essere pari al 2.5%.

Dal grafico seguente che riporta la sezione sopraindicata non in scala (per meglio evidenziare la pendenza) si osserva come nel tratto finale vi sia una forte diminuzione di pendenza del collettore. Questo potrebbe dare problemi in caso di trasporto di materiale in massa.

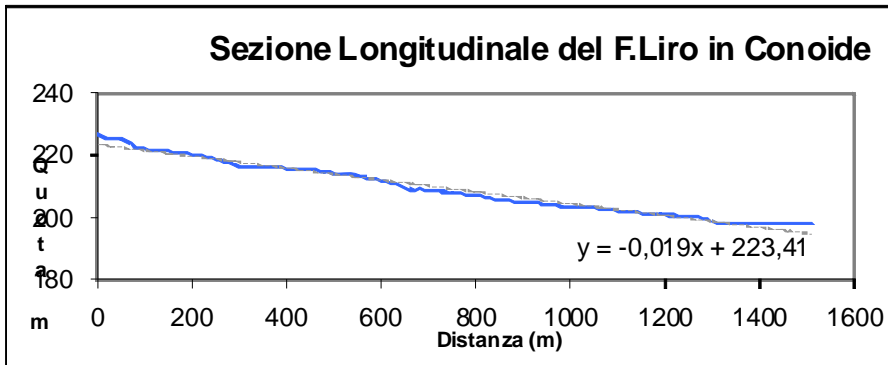


Figura 12: sezione longitudinale del Torrente Liro in conoide.

D'Agostino et al. (1996) propongono le seguenti formule:

$$M1 = 39 \times Ab \times Scl^{1.5} \times (IG) \times (IT)^{-0.3}$$

$$M2 = 36 \times Ab \times Scl^{1.5} \times (IG) \times (1 + CS)^{-1}$$

dove:

Scl = Pendenza dell'asta principale;

IG = dipende dai litotipi costituenti il bacino (4 per rocce metamorfiche e 5 per le coperture)

IT = Indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky (1 per fenomeni di debris flow)

CS = Coefficiente di sistemazione (pari a 0 per bacini in area alpina privi di opere di sistemazione)

Per il calcolo della pendenza dell'asta principale è stata considerata come tale il Fiume drenante la Valle del Dosso di cui è stata realizzata una sezione longitudinale. Anche in questo caso per il calcolo della pendenza è stata calcolata la retta di regressione.

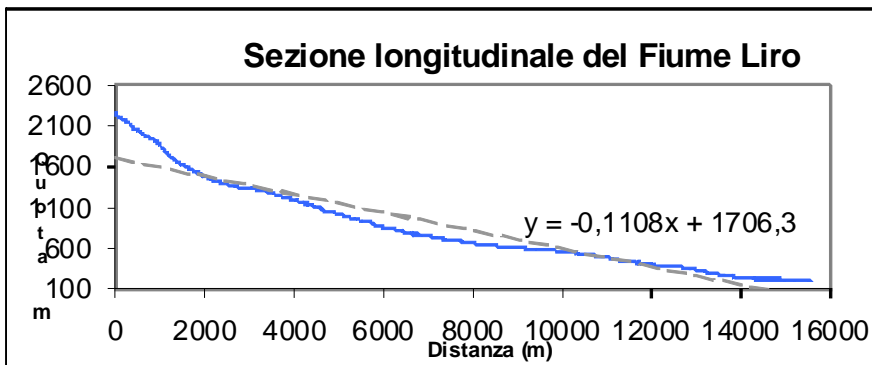


Figura 13: sezione longitudinale del Fiume Liro.

Per bacini con aree < 10 Km² Hampel nel 1977 propose la seguente formula:

$$M = 150 \times Sb \times (Sc - 3)^{2.5}$$

dove:

Sc = Pendenza del conoide

Per il conoide del Liro è stata calcolata una pendenza media del 2.5%.

Sempre per aree < di 10 Km² Marchi & Tecca nel 1996 hanno fornito la seguente relazione:

$$M = 10000 \times Ab$$

Per il calcolo della magnitudo Rickenmann & Zimmerman nel 1997 hanno introdotto, oltre la pendenza del conoide (Sc) anche la lunghezza del collettore (Lcl) secondo la formula seguente:

$$M = (110 - 2.5 \times Sc) \times Lcl$$

Takei nel 1984 propose la seguente relazione:

$$M = 13600 \times Ab^{0.61}$$

Mentre Tropeano & Turconi nel 1999 postularono la formula seguente valida per bacini di area minore ai 15 Km²:

$$M = (0.542 \times Ae + 0.0151) \times 0.019 \times h \times tg \theta$$

in cui h rappresenta lo spessore medio del materiale rimobilizzabile stimato pari a 2 m mentre tg θ rappresenta la pendenza media del bacino.

Per il calcolo della pendenza media è stata eseguita un'analisi statistica della pendenza di ogni cella di 20 * 20 m del DTM costruendo un istogramma delle classi di pendenza. Il valore medio della pendenza risulta essere pari a 34°.

La seguente tabella mostra i risultati dei calcoli di magnitudo utilizzando le formule sopracitate:

FORMULA	MAGNITUDO
1 Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	66077
2 Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	294829
3 D'Agostino et al. (1996)	567665
4 D'Agostino et al. (1996)	523998
5 Hampel (1977)*	-
6 Marchi & Tecca (1996)*	575800
7 Rickenmann & Zimmerman (1997)	156865
8 Takei (1984)	161178
9 Tropeano & Turconi (1999)**	40
10 Stima dei volumi (Scheuringer, 1998)	499163
	* per aree < 10 Km ²
	** per aree < 15 Km ²
VALORE MEDIO	367283

Tabella 3: calcolo della magnitudo

I valori della magnitudo calcolati secondo le formule proposte dai differenti autori sono stati messi nel grafico sottostante per essere meglio confrontati. Il grafico evidenzia come, tranne per le formule proposte per bacini di piccole dimensioni, vi sia una sostanziale convergenza dei valori di volume rimobilizzabile.

Il valore medio della magnitudo, pari a 367283 m³, è stato calcolato escludendo il valore massimo e minimo ed escludendo i valori forniti dai metodi per aree < 15 Km².

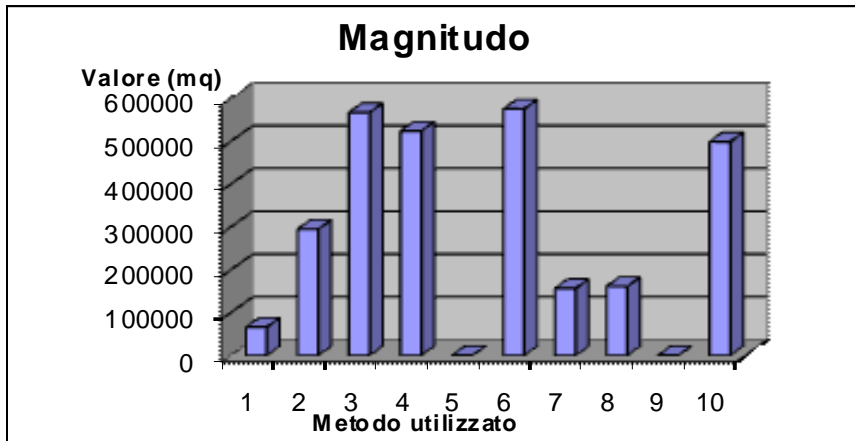
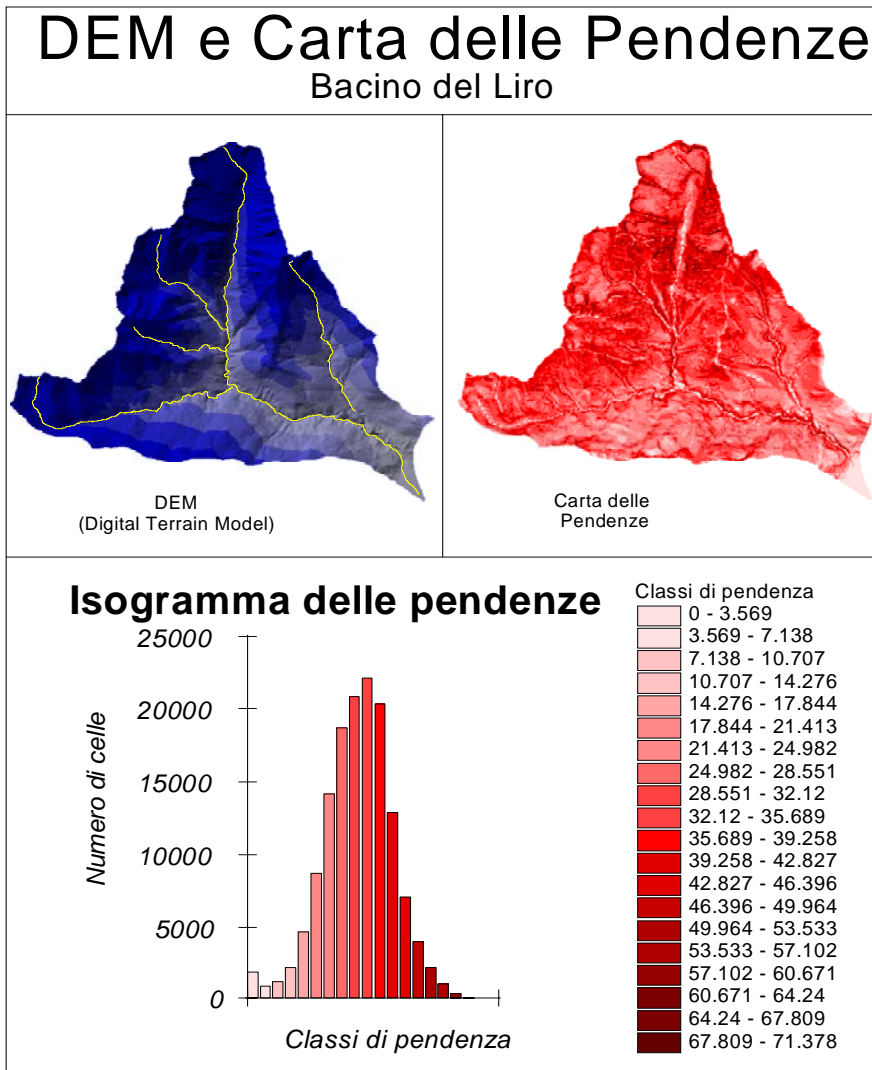


Grafico 1: confronto dei valori di magnitudo.



3.10 VALUTAZIONE DELLE AREE ESONDABILI E DELLA PERICOLOSITÀ

Per il calcolo delle aree sondabili (di aggiornamento al quadro bibliografico di pericolosità della conoide - Studio Comune di Gravedona) è importante fare le seguenti considerazioni preliminari:

Dal grafico di figura, che rappresenta una sezione longitudinale del corso del Liro si evidenzia come per il tratto finale (almeno di 9 Km) la pendenza dell'alveo risulta avere una pendenza media pari a 3.5°. Le piene, quindi, sono laminate con una riduzione sensibile dei picchi di portata.

Oltre a questa considerazione è giusto premettere come la morfologia del conoide, che presenta una pendenza media di 1,5°, e l'analisi tessiturale e strutturale dei depositi suggeriscano fenomeni di trasporto solido di fondo anziché fenomeni di trasporto in massa.

Applicando le relazioni empiriche proposte da Rickenmann (1999) per il calcolo della distanza percorsa da Debris Flow, considerando una magnitudo di 367283 una differenza di quota pari a 1775 m (valore ottenuto considerando come quota minima la quota in cui si verifica una forte diminuzione di pendenza dell'alveo) si ottiene una lunghezza del percorso pari a 1029 m secondo la seguente relazione:

$$L_f = 15M^{1/3}$$

dove

L_f rappresenta la distanza massima percorsa dai debris

M rappresenta la magnitudo del fenomeno di debris.

Liu nel 1996 ha eseguito una serie di esperimenti considerando una pendenza minima del piano di stopping dei debris pari a 5°. Liu su 31 esperimenti ottenne la seguente formula empirica per il calcolo della distanza:

$$L = 255.49 \times V^{0.16} \times G^{0.1} / Rc^{0.15}$$

dove:

V = Magnitudo (m^3)

G = Peso di volume del Debris (tm^{-3})

Rc = Pendenza della zona di accumulo espressa in decimali.

Applicando la precedente formula si ottiene una distanza di arresto pari a 1355.84 m.

Si ritiene pertanto che nella valle non si possano produrre colate detritiche in grado di arrivare ad interessare il tratto di torrente su conoide né quello subito a monte.

Sono ambiti semmai interessati dal normale trasporto solido connesso alla dinamica torrentizia.

3.11 STIMA DEL TRASPORTO SOLIDO

Estratto da “Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale di Gravedona – LR 41/97 e successive modifiche” del comune di Gravedona.

Per le valutazioni relative al tratto canalizzato oggetto della verifica idraulica si è considerato il trasporto solido connesso alla portata della piena T100. A questo scopo le dimensioni dei ciottoli presentano alla foce un D50 (diametro medio) pari a 30 cm.

Il calcolo del materiale solido trasportato è stato eseguito con la formula proposta dal Settore Viabilità Provincia di Lecco:

$$Q_s = 24,48 \times B \times (\mu \times h \times i - 0,08 \times D50)^{3/2}$$

in cui

B = Larghezza media del canale = 14 m

μ = coefficiente 0,5-1 = 1

h = altezza acqua = 1.95 m

i = pendenza alveo = 0.02

D50 = 30 cm

Applicando la formula precedente si ottiene una quantità di materiale solido trasportato pari a 0.63 m³/s. Per il calcolo sono state applicate le formule empiriche di **DUBOYS (1879)**, **SHIELDS (1936)** e **MEYER-PETER (1934)**. I valori sono stati riassunti nel grafico seguente:

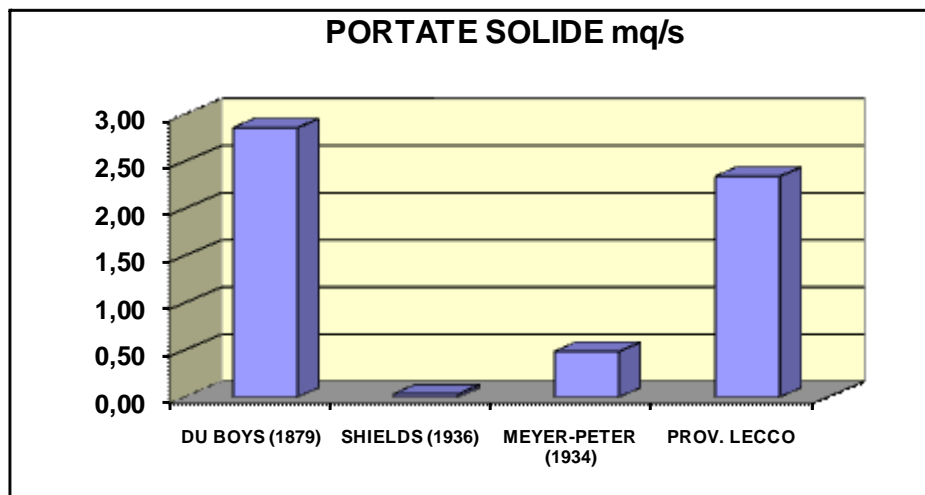


Tabella 4: Calcolo della magnitudo

Escludendo gli estremi si ottiene un valore medio del trasporto solido pari a 1,43 m³/s.

Tale valore unitario, considerato costante per la piena di durata di 13 ore, produrrebbe un deposito di 66924 m³ di detrito.

Per quanto riguarda la portata liquida in funzione delle verifiche idrauliche effettuate e considerando:

-
- il basso valore della portata del trasporto solido rispetto alla portata d'acqua al colmo della piena (portata solida = 0.90% della portata liquida);
 - il fatto che la sedimentazione avviene durante la fase decrescente della piena e che la conseguente riduzione della sezione dell'alveo si produce dopo che il picco di piena è passato;

si può ritenere che per la verifica idraulica del canale sia sufficiente considerare la portata liquida al colmo della piena con tempo di ritorno di 100 anni.

3.12 CARTA DELLA PERICOLOSITÀ: DEFINIZIONE DELLE AREE ESONDABILI

Tutte le informazioni raccolte concorrono alla redazione della carta di pericolosità, che comprende le seguenti classi:

- **CLASSE H1, Pericolosità molto bassa:** area che, per caratteristiche morfologiche, ha 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 interessate 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.

Nel 2002 è stata prodotta una carta di pericolosità (scala 1:2000) della porzione di conoide in comune di Gravedona. In questo studio verrà riproposta con l'aggiunta dell'area ricadente in comune di Consiglio di Rumo in modo da produrre una tavola di pericolosità dell'intero conoide del Torrente Liro.

3.12.1 Tratto medio - terminale

La porzione di conoide direttamente esondabile è quella più distale a valle dall'ultimo attraversamento a causa del restringimento della sezione, della diminuzione del grado di incisione e della diminuzione di pendenza. La definizione dell'area esondabile è stata condotta in funzione di rilievi morfologici di dettaglio. In particolare per quanto concerne la sponda in sinistra un'azione di protezione è fornita dal rilevato in prossimità del campo sportivo, che però riduce la propria altezza verso il lago. Tale struttura in terrapieno argina eventuali esondazioni che troveranno invece spazio in destra idrografica nel piazzale appena a monte della piscina comunale, ed in sinistra la dove il terrapieno si raccorda con il piazzale di parcheggio tra il lago ed il campo sportivo. Queste aree sono state inserite nella classe di pericolosità H4 poiché risulta essere quella direttamente interessata da esondazione di materiale solido anche con volumetrie ragguardevoli.

L'area totale compresa in classe H4 risulta essere di 25090 m². Nell'ipotesi in cui la porzione più grossolana del materiale potrebbe fermarsi negli ultimi 500 m di alveo ed interessare l'area suddetta per uno spessore medio pari a 0.4 m, la capacità di accumulo risulterebbe pari a circa 47640 m³ di detriti. La porzione rimanente di detrito, pari a 19284 m³, costituita dalle frazioni sabbioso ghiaiose potrebbe fuoriuscire dall'alveo poco a valle dell'edificio ospedaliero in destra idrografica. In base alle formule empiriche di Schilling & Inverson il materiale in eccesso andrebbe ad interessare un'area di circa 143823 m² con un'altezza di deflusso pari a circa 13 cm. Tale area, compresa nella classe H3 è stata definita in funzione delle caratteristiche morfologiche locali considerando che la presenza del suddetto rilevato impedirebbe il rientro in alveo di un'eventuale esondazione in prossimità della curva a valle del nucleo ospedaliero. Particolare attenzione è stata posta all'individuazione delle zone che possono modificare, catturare o

deviare il deflusso come la presenza di edifici, viabilità, paleoalvei, zone topograficamente rilevate o depresse.

3.12.2 Tratto apicale

Le verifiche idrauliche effettuate mediante uso di sezioni dettagliate ed aggiornate allo stato dei luoghi (2010 - opere di regimazione attuate) evidenziano come, allo stato attuale dell'alveo, la piena del Torrente Liro, anche in caso di un evento centenario, sia sempre contenuta all'interno degli argini.

Per maggior dettaglio si rimanda all'elaborato C4 allegato contenente lo studio a cura dell'Ing. Claudia Anselmini.

L'aggiornamento di analisi, relativa al comune di Consiglio di Rumo, ha permesso la definizione attenta della nuova pericolosità del conoide nel tratto destro apicale.

3.13 CORRELAZIONE TRA CLASSI DI PERICOLOSITÀ, CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA E VOCI DELLA LEGENDA P.A.I.

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

Pericolosità definitiva	Classi di fattibilità	Voci legenda P.A.I.
H1	Classe 1/2 senza o con modeste limitazioni	Cn (conoide protetta)
H2	Classe 2/3 modeste o consistenti limitazioni	Cn (conoide protetta)
H3	Classe 3 consistenti limitazioni	Cp (conoide parzialmente protetta) Cn (conoide protetta)
H4 –H5	Classe 4 gravi limitazioni	Ca (conoide attiva non protetta)

Tabella di correlazione DGR 28/05/2008 n.8/7374.

In particolare nel comune di Consiglio di Rumo sono stati perimetrali i seguenti settori:

- alveo del T.Liro in classe H5
- ambito urbano in destra idrografica in classe H2

4 CONSIDERAZIONI FINALI

La sintesi finale dello studio è contenuta negli elaborati cartografici dell'aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica di supporto al Piano di Governo del Territorio – LR 12/05 e successive modifiche.

Gli elaborati prodotti consentono di definire pertanto un quadro attuale della situazione territoriale alla luce degli ultimi eventi sia come processi di esondazione/dissesto sia come interventi di regimazione, tenendo in considerazione le opere in progetto ed in fase di attuazione che porteranno al consolidamento e alla sistemazione da un punto di vista idrogeologico del torrente Liro nel settore di conoide.

Inoltre la fase programmata di regimazione idraulica prevede una serie di ulteriori interventi nel bacino imbrifero.

L'analisi di approfondimento idrologico del lago di Como ha pertanto anche consentito una migliore ridefinizione dell'interazione fra oscillazioni lacustri e fascia territoriale prossima al lago.

5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Briglia nella zona apicale del conoide



Tratto di alveo compreso tra la briglia nella zona apicale del conoide e la briglia selettiva



Briglia selettiva in fase di realizzazione (foto scattata nel gennaio 2010)



Soglia esistente lungo l'alveo



Tratto di alveo del T.Liro



Tratto di alveo del T.Liro



Vista verso monte dal ponte della S.S.Regina

6 SCHEDA CONOIDE

Id conoide		Data compilazione	04/10/2010	Rilevatore	Dr. DEPOLI
Nome località	CONSIGLIO DI RUMO		Nome torrente	LIRO	
Comuni	CONSIGLIO DI RUMO e GRAVEDONA		Provincia	COMO	
C.T.R.	B3c2	B3c3			

Dati morfometrici della conoide					
Superficie (km ²)	1.45	Larghezza max (m)	1500		
Volume (m ³)		Pendenza media (%)	2.8		
Quota massima (m slm)	240	Pendenza media alveo (%)	2.75		
Quota minima (m slm)	198	Lunghezza alveo (m)	1528		
Lunghezza max (m)	1480	Indice di Melton	0.033		

Dati morfometrici del bacino					
Superficie (km ²)	57.58	Pendenza media alveo princip.(%)	16		
Quota minima (m slm)	240	Lunghezza tot. rete idrografica(km)			
Quota massima (m slm)	2551	Densità di drenaggio (km/km ²)			
Lunghezza alveo principale (km)		Indice di Melton	0.31		

		FOTO																					
Dimensione max del materiale (m ³)	apice	1 -2	<input checked="" type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Presunta migrazione del canale attivo</th> </tr> <tr> <td>sin-centro</td> <td>sin-dx</td> <td>dx-sin</td> <td></td> </tr> <tr> <td>dx-centro</td> <td>centro-dx</td> <td>centro-sin</td> <td></td> </tr> </table>				Presunta migrazione del canale attivo				sin-centro	sin-dx	dx-sin		dx-centro	centro-dx	centro-sin					
	Presunta migrazione del canale attivo																						
	sin-centro	sin-dx	dx-sin																				
dx-centro	centro-dx	centro-sin																					
zona mediana	0.8	<input checked="" type="checkbox"/>																					
zona distale	0.4	<input checked="" type="checkbox"/>																					
Sviluppo del collettore rispetto all'apice		bisettrice		<table border="1"> <tr> <th colspan="3">Dinamica dell'alveo</th> <td></td> </tr> <tr> <td>Apice</td> <td>Mediana</td> <td>Distale</td> <td>approfondimento</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>X</td> <td></td> <td>equilibrio</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>X</td> <td>innalzamento</td> </tr> </table>				Dinamica dell'alveo				Apice	Mediana	Distale	approfondimento	X	X		equilibrio			X	innalzamento
Dinamica dell'alveo																							
Apice	Mediana	Distale	approfondimento																				
X	X		equilibrio																				
		X	innalzamento																				
Caratteristiche della soglia	in roccia	<input checked="" type="checkbox"/>																					
	in materiale incoerente	<input checked="" type="checkbox"/>																					
	mista	<input checked="" type="checkbox"/>																					
Presenza di uno o più paleovalvei	si	<input checked="" type="checkbox"/>	<table border="1"> <tr> <th colspan="2">Caratteristiche dell'apice</th> </tr> <tr> <td>Pendenza tratto a monte (%)</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>Pendenza tratto a valle (%)</td> <td>2.5</td> </tr> </table>				Caratteristiche dell'apice		Pendenza tratto a monte (%)	2.5	Pendenza tratto a valle (%)	2.5											
	Caratteristiche dell'apice																						
Pendenza tratto a monte (%)	2.5																						
Pendenza tratto a valle (%)	2.5																						
no	<input type="checkbox"/>																						

Caratteristiche del canale attivo sul conoide						
	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale
canale poco inciso	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
canale inciso	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
canale pensile	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
canale pensile per intervento antropico	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
canale regimato con opere di difesa	<input checked="" type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	X	<input checked="" type="checkbox"/>	X
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
alveo tombinato	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	
canale assente	<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	

Opere presenti sulla conoide		E = efficiente I = inefficiente															
Briglia	quota (m)	230	E		E		E		E		E		E		E		
Soglia	quota (m)	240	E	200	E	215	E	213	E	212	E	211	E	210	E	208	E
Traversa	quota (m)		E		E		E		E		E		E		E		E
Repellente	quota (m)		E		E		E		E		E		E		E		E
Argini	quota (m)	240-203			205			216									
	lunghezza(m)	1100	E		400	E											
Difese spondali	lunghezza(m)		I		200	I											
	quota (m)	200															
Selciato di fondo	lunghezza(m)		E														
	lunghezza(m)	250	I														
Scogliere	quota (m)	230-215			220-208												
	lunghezza(m)	45	E		200	E											
Tombinatura	lunghezza(m)		I														
	lunghezza(m)		E														
Vasca d'espans. (m ³)			E		E		E		E		E		E		E		

Punti critici sul conoide			
Ponti, attraversamenti	FOTO	quota	
		1	219
		2	208
		3	
Sezioni obbligate, sezioni ristrette, curve.		quota	
		1	
		2	
		3	
Possibili rotture di argine		quota	
		1	
		2	
		3	
Briglie e/o opere idraulic che interferiscono con i deflussi	FOTO	quota	
		1	
		2	
		3	
Possibili superamenti di argine		quota	
		1	206
		2	207
		3	
<p>Note SONO STATE ESEGUITE VERIFICHE IDRAULICHE DEL TRATTO TERMINALE A VALLE DEL PONTE A Q. 208 SEZIONI NON VERIFICATE IN DX CON PIENE Q100 E Q200</p>			

Indicazioni di intervento		
Gabbionate		Muri di protezione
Pulizia alveo	X	Impermeabilizz. dell'alveo
Tombinature		Briglie
Soglie		Difese spondali/argini
Repellenti		Sistemazione frane in atto
		Delocaliz. infrastrutture
		Demolizioni
		Rilevati
		Briglie selettive
		Scogliere
		Vasche di espansione

BIBLIOGRAFIA

Studio geologico di supporto alla pianificazione comunale - LR 41/97 e successive modifiche (Comune di Gravedona).
Parte idrologica ed idraulica a cura della Dott. Ing. Claudia Anselmini; parte geologica e geomorfologica a cura del Dott. Geol. Cristian Adamoli. (2002)

Ricci F. (2001) *La terra segnata - Calamità naturali storiche nella provincia di Como* Editoriale del Corriere di Como

Stampa *Annali gravedonesi.*

Interventi sul Torrente Liro. *Dott. Ing. Sergio Orietti, Dott. Geol. Claudio Depoli et al. (2006).*