

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
3.1 CENNI PALEOGEOGRAFICI	6
4. COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE	7
4.1 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI	7
4.2 – CARATTERI LITOLOGICI	9
4.2.1 Depositi superficiali	10
4.2.2 Substrato roccioso	11
5. ASPETTI PEDOLOGICI	16
6. COMMENTO ALLA CARTA GEOMORFOLOGICA	16
7. OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE	20
7.1 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO	20
7.1.1 Temperatura atmosferica	20
7.1.2 Radiazione solare globale	20
7.1.3 Precipitazioni	21
7.1.4 Intensità dei venti	22
8. CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'AREALE LACUSTRE 1998-2007	23
9. REGIME DEL LIVELLO LACUSTRE	25
9.1 Regime del livello lacustre 1930-1997	26
10. COMMENTO ALLA CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO	32
10.1 IDROGRAFIA	32
10.2 . RILIEVI DI DETTAGLIO DELLE SORGENTI	35
10.3 IDROGEOLOGIA	42
STRUTTURA IDROGEOLOGICA	43
11. CARTA LITOLOGICA E DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO	46
11.1 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI	47
11.2 PROCESSI GEOMORFOLOGICI	47
12. COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA	56
13. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	68
14. CARTA DI SINTESI DEL RISCHIO GEOLOGICO	77
15. CARTA DEI VINCOLI	109
16. CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITA'	111
17. CARTA DEI DISSESTI CON LEGENDA UNIFORMATA PAI	117
18. BIBLIOGRAFIA	117

ALLEGATO 1

PERIMETRAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI CONOIDE ATTIVA DEL TORRENTE CUCCIO AI SENSI DELL'ALLEGATO 2 ALLE DIRETTIVE ATTUATIVE DELLA L.R. 11 MARZO 2005 n.12 APPROVATE CON D.G.R. 22 DICEMBRE 2005 n.8/1566 e n.8/7374, NEL TERRITORIO COMUNALE DI PORLEZZA (CO) _____ 120

ALLEGATO 2

SITO VALANGHIVO DELLA VALLE GRAMISCIOLA

Relazione Nivologica

Dimensionamento argine deviatore

Dott. Geol. Giovanni Songini

1.INTRODUZIONE

Il presente lavoro è stato realizzato per conto dell'Amministrazione Comunale di PORLEZZA (CO), al fine di definire la componente geologica, idrogeologica e sismica nella pianificazione comunale. In seguito all'entrata in vigore della L.R. n.12 è stato redatto il seguente aggiornamento per il territorio comunale di Porlezza ai sensi della D.G.R. 22 dicembre 2005 – n.8/1566 e della d.g.r. 30 novembre 2011 n.9/2616 **“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12”**.

Il comune di Porlezza è dotato dello studio geologico STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO REGOLATORE GENERALE AI SENSI DELLA L.R. 41/1997 datato ottobre 1998.

Tale studio è stato integrato secondo la normativa vigente.

Per completezza si è scelto di aggiornare l'interno studio in modo che l'amministrazione comunale abbia a disposizione un unico studio globale del territorio comunale.

Lo studio geologico, di supporto al Piano del Governo Del Territorio, eseguito secondo la normativa vigente, ha lo scopo di fornire una base per un'efficace pianificazione del territorio sia dal punto di vista ambientale che socio-economico evidenziando le vocazioni d'uso e fornendo i dati per una migliore salvaguardia del territorio comunale.

Per perseguire questi obiettivi, si è seguita una metodologia di lavoro fondata su tre successive fasi:

- 1) *Fase di analisi*: ricerca e raccolta dei dati bibliografici esistenti, integrati con un rilievo di terreno in scala 1:10.000 per l'intero territorio comunale e in scala 1:2.000 per le aree urbanizzate e di particolare interesse per le previsioni di piano oltre che per le aree di maggior propensione al dissesto o pregio ambientale. La raccolta dati ed il rilevamento hanno interessato la totalità del territorio comunale ed in alcuni casi si è andati oltre i limiti amministrativi per la necessità di analizzare nella loro completezza fenomeni che interagiscono con il territorio .
- 2) *Fase di diagnosi*: definizione dell'assetto geologico, morfologico, idrogeologico e delle unità geologico-tecniche, attraverso l'analisi incrociata di tutti gli elementi utili (rilievi di dettaglio, analisi bibliografica, studio di fotografie aeree ecc.), per arrivare ad una corretta pianificazione del territorio sotto il profilo geologico-ambientale e delle vocazioni d'uso.
- 3) *Fase propositiva*: definizione delle unità di fattibilità geologica direttamente utilizzabili in sede di pianificazione territoriale.

Leggere il territorio comunale in funzione della fattibilità geologica consente all'amministrazione comunale di effettuare delle scelte in materia di pianificazione territoriale nel rispetto di una corretta gestione del territorio, inoltre permette ai singoli progettisti la conoscenza preliminare dei terreni interessati da proposte di intervento, ottimizzando le ipotesi progettuali sia per un loro corretto inserimento ambientale che per valutazioni riferibili all'economicità della realizzazione.

Pertanto a seguito dell'incarico ricevuto dall'amministrazione comunale di Porlezza si è dato avvio al presente studio che costituisce la base informativa del progetto del Piano Del Governo del Territorio (P.G.T.) per la pianificazione dello sviluppo urbanistico del territorio comunale.

In particolare allo scopo di definire il rischio geoambientale e la vulnerabilità del territorio comunale sono state eseguite le seguenti indagini:

- rilievo geologico-tecnico del territorio comunale, con particolare riguardo alla definizione degli eventuali fattori di pericolosità idrogeologica e geoambientali
- rilievo delle caratteristiche degli ambiti di captazione d'acqua per uso potabile e degli acquiferi interessati
- rilievo geologico tecnico delle aree di prevista nuova edificazione o destinate ad impianti ed infrastrutture.

La relazione che segue illustra per ogni singolo argomento le metodologie impiegate ed i risultati raggiunti.

Di seguito viene fornito un breve compendio della cartografia prodotta

Cartografia di base ed inquadramento

Carta geologico e strutturale	scala 1:10.000
Carta geomorfologica con elementi geopedologici	scala 1:10.000
Carta idrogeologica e del sistema idrografico	scala 1:10.000

Cartografia tematica e di dettaglio

Carta litologica e della dinamica geomorfologica di dettaglio	scala 1:2.000
Carta di prima caratterizzazione geotecnica	scala 1:2.000
Carta della pericolosità sismica locale	scala 1:10.000

Cartografia di sintesi

Carta dei vincoli	scala 1:5.000
Carta di sintesi	scala 1:5.000

Cartografia di zonazione

Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano	scala 1:2.000
Carta della fattibilità geologica per le azioni di piano	scala 1:10.000
Carta della fattibilità geologica con sovrapposizione classificazione sismica	scala 1:2.000

Cartografia

Carta dei dissesti con legenda uniformata PAI	scala 1:10.000
---	----------------

2.INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Porlezza ha un' estensione di circa 17 Km², confina a nord con il comune di Val Rezzo e quindi ruotando in senso orario con i comuni di Corrido, Carlazzo, Bene Lario, Ossuccio, Sala Comacina, Claino con Osteno e Valsolda. La porzione occidentale del comune è delimitata dal lago di Lugano o Ceresio. Dal punto di vista altimetrico la zona più depressa si trova in corrispondenza della riva del lago, in prossimità della foce del torrente Cuccio (270 m s.l.m.), mentre i punti altimetrici più alti sono il Monte Calbiga (1691 m) e il Monte Lenno (1589 m) nella porzione meridionale del comune e le Cime di Bronzone (1375 m) ed il Sasso Rosso (1395 m) nella settore settentrionale.



Panoramica dalla Loc. Begna sul territorio comunale di Porlezza

L'urbanizzazione del comune è soprattutto concentrata nel fondovalle pianeggiante e lungo le rive del lago, oltre a quest'area è presente una fascia urbanizzata che dalle rive del lago sale fino a circa 300-350 m s.l.m. in frazione Cima

Da un punto di vista cartografico il territorio comune di Porlezza è inserito all'interno dei fogli Porlezza sez. B3b5, Valsolda sez. B3a5, Lenno sez. B4b1, Val Rezzo sez. B3a4, San Bartolomeo-Val Cavagna sez. B3a4 della carta Tecnica della Regione Lombardia scala 1:10.000; nel Foglio 17, Chiavenna, della Carta d'Italia in scala 1:25.000 edita dall' I.G.M. e nel foglio 17, Chiavenna, della Carta Geologica d'Italia , in scala 1:100.000.



Panoramica sul settore centro-meridionale del territorio comunale di Porlezza

3.INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'inquadramento geologico del territorio comunale non può prescindere dall'analisi degli elementi geologici convenzionali (stratigrafia, analisi strutturale e cenni paleogeografici) derivanti dallo studio della bibliografia esistente.



Panoramica Loc. Cima da Comune di Claino con Osteno

3.1CENNI PALEOGEOGRAFICI

L'area in esame appartiene da un punto di vista geologico al dominio Sudalpino, situato a sud della Linea Insubrica. Il dominio Sudalpino si configura come una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti disposti in direzione E-W e costituiti da rocce sedimentarie.

Le rocce più antiche presenti nel territorio in esame sono triassiche (235-192 Ma), in questo periodo l'area esaminata era sommersa, numerose ed ampie piattaforme carbonatiche (Dolomia Principale) erano presenti un po' in tutta la Lombardia. Queste piattaforme costituivano degli edifici la cui porzione sommitale, pianeggiante veniva a trovarsi a profondità limitata (pochi metri sotto il livello del mare), occasionalmente si verificano locali emersioni con l'instaurarsi di processi pedogenetici. Intercalate alle piattaforme carbonatiche esistevano dei bacini intrapiattaforma dapprima di dimensioni limitate e con fondali asfittici, e progressivamente più estesi (Calcere di Zorzino).

A partire dal Norico si attivarono importanti faglie che determinarono drammatiche variazioni nell'area in esame, iniziano a individuarsi due diversi domini: la soglia di Lugano (zona emersa) ed il bacino fortemente subsidente del Monte Generoso (zona sommersa). All'inizio il bacino non era molto profondo e si depositarono progressivamente delle formazioni con un regolare incremento della componente carbonatica (Calcere di Zu, Dolomia Conchodon). Successivamente si ebbe un continuo e progressivo approfondimento e si instaurarono delle condizioni batiali (>1000 m), con queste condizioni si depositarono calcari risedimentati provenienti dalle zone rilevate e calcari con selce (calcere di Moltrasio) a testimonianza dell'elevata profondità del bacino.

Durante il periodo Quaternario (3.4 Ma -10.000 anni fa) il territorio comunale di Porlezza è stato per almeno tre volte interamente sommerso dai ghiacciai che scendendo dalla Valtellina e dalla Valchiavenna, risalirono lungo la valle di Menaggio e la Valle d'Intelvi. Queste lingue scendendo verso la pianura, modellarono le formazioni rocciose affioranti e trasportarono ingenti quantità di materiale. Durante la fase di ritiro dei ghiacciai grandi quantità di materiale sciolto furono depositati dando origine ai depositi glaciali ancora evidenti lungo i versanti montuosi attorno all'abitato di Porlezza.

L'ultima fase di modellamento è rappresentata dall'azione erosiva e di trasporto dei torrenti attuali che hanno concorso alla formazione delle principali vallate.

4.COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-STRUTTURALE

4.1 – CARATTERI GEOMORFOLOGICI E GEOLOGICI

Sotto l'aspetto geomorfologico il territorio nel complesso manifesta caratteri tipici legati all'azione di escavazione glaciale, che ha determinato un'ampia valle con profilo a forma di "U" (valle di Porlezza-valle di Menaggio) e versanti tra loro simmetrici.

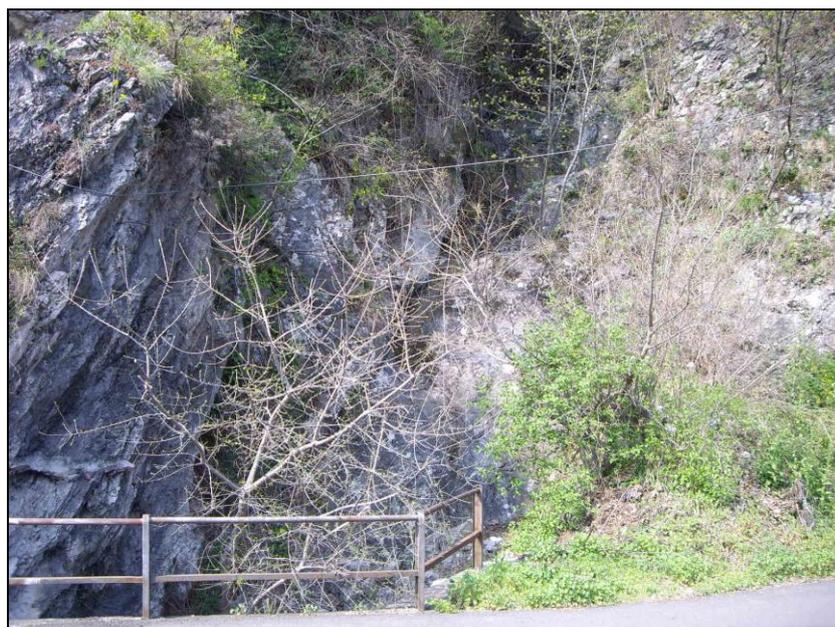
Questi ultimi risultano tuttavia gradonati a differenti quote altimetriche, a testimonianza delle fasi erosive concomitanti agli episodi di avanzamento e regressione delle lingue glaciali.

Successivamente al ritiro dei fronti glaciali si sono impostati processi erosivi legati all'azione fluviale e delle acque meteoriche, che hanno condotto all'attuale conformazione fisiografica.

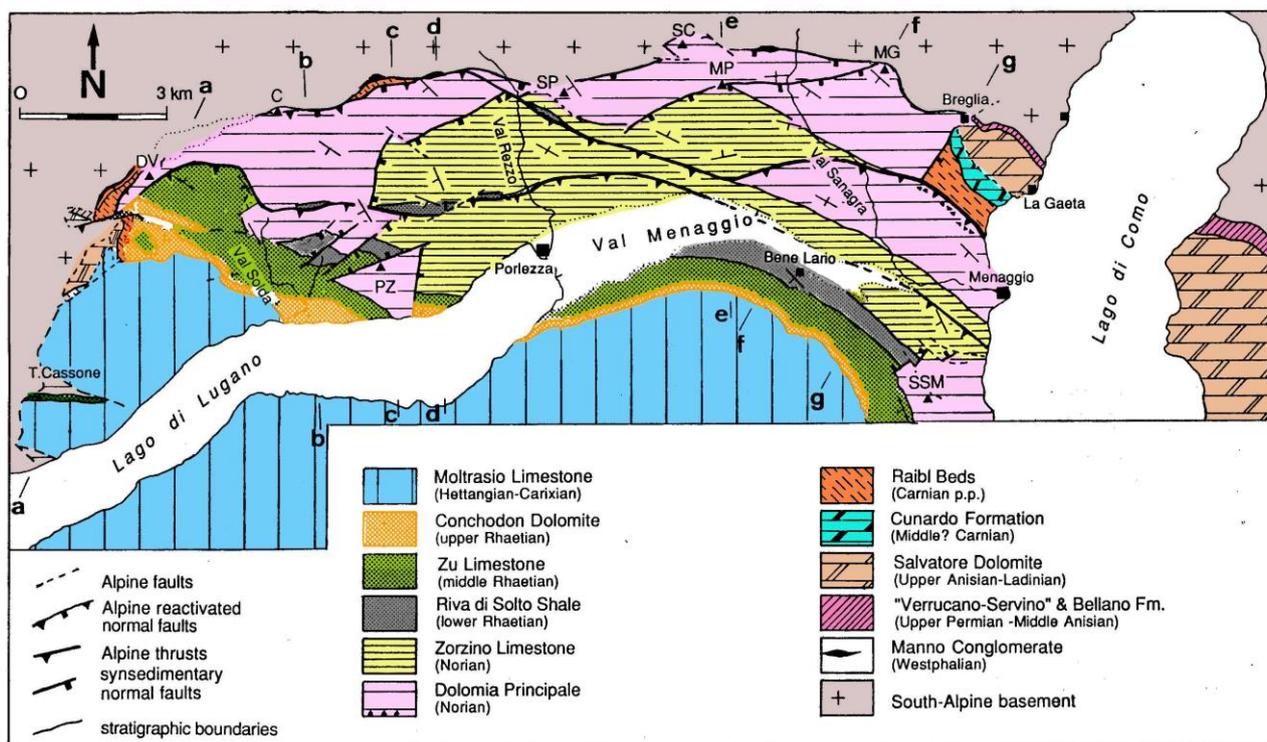
Essi si sono manifestati attraverso incisioni marcate del profilo topografico, favorite da fenomeni tettonici di sollevamento connessi con l'orogenesi alpina e, non da ultimo, da processi di alterazione chimico-fisica superficiale.

In ogni caso, intensità e significatività dei fenomeni sono strettamente legati al grado di erodibilità delle rocce affioranti. I caratteri fisiografici determinati dalla sovrainposizione degli effetti dell'erosione fluviale sulle preesistenti forme del rilievo, sono testimoniati dalle profonde incisioni torrentizie e dalla presenza di conoidi di deiezione edificate a seguito dei processi di trasporto e deposizione, in corrispondenza dello sbocco nella piana di fondovalle e/o nei bacini lacustri.

Le principali strutture di conoide sono quelle del T. Cuccio presente sul versante idrografico destro della valle di Porlezza e del T. Vallone su quella sinistra. Lo stralcio della carta morfologica Regionale, illustra schematicamente quanto descritto. Per quanto riguarda gli aspetti geologici, l'area di interesse appartiene alle Alpi Meridionali (Sudalpino) e si ubica al margine con il dominio alpino vero e proprio, identificabile immediatamente a Nord della valle di Porlezza, con limite individuato dal lineamento tettonico denominato "linea della Grona".



Affioramento substrato roccioso



- Geologic map of the study area. Triangles at the base of the Dolomia Principale N of Menaggio indicate the occurrences of Ligomena Breccia. DV = Denti della Vecchia; C = Catelina; PZ = I Pizzoni; SP = Sassi della Porta; SC = Sassi di Cusino; MP = Monte Pidaggia; MG = Monte Grona; SSM = Sasso di S. Martino. The trace of the geologic profiles of figure 16 is indicated.

Carta geologica generale

L'ossatura dei rilievi montuosi del Sudalpino è rappresentata da formazioni rocciose di origine sedimentaria, di età compresa tra il Trias medio-sup. e il Giurassico inf., da ricondurre ad ambienti deposizionali di piattaforma carbonatica e di bacino marino.

I termini rocciosi sono stati successivamente ricoperti dai depositi superficiali di età quaternaria, a carattere sciolto, nel caso specifico legati alla fase würmiana del glacialismo lombardo. Questi ultimi sono spesso commisti a depositi eluvio-colluviali e/o di versante, derivanti dall'alterazione chimico-fisica delle rocce in situ. Di seguito vengono sinteticamente descritti i caratteri litologici delle principali unità affioranti, da quella più antica a quella più recente, mentre nella carta geologico-strutturale (da Bernoulli D. – modificata, 1984) viene rappresentata la loro distribuzione areale.

Dolomia Principale (Norico) - L'unità in esame è costituita da dolomie cristalline di colore grigio chiaro alle quali si alternano dolomie micritiche grigio scure con aspetto saccaroide alla fratturazione; sono inoltre presenti livelli di breccie. In affioramento l'unità presenta stratificazione in genere massiccia con bancate di spessore prossimo a 10 m anche se, localmente, si rinvencono livelli di spessore variabile tra 30 e 60 cm. Le zone di affioramento si individuano lungo la S.S. 340 Regina che costeggia il L. di Lugano, in località Cima e Cressogno (M. dei Pizzoni), e nel settore orientale della Valsolda. Più a Nord si hanno affioramenti variamente articolati posti a ridosso delle rocce costituenti il basamento cristallino alpino che, procedendo da Ovest a Est, interessano le seguenti cime: Denti della Vecchia, Sassi della Porta, Sasso di Cusino, M. Pidaggia, sino a raggiungere il M. Grona.

Calcarea di Zorzino (Norico) - Le zone di affioramento di tale unità sono strettamente connesse a quelle della Dolomia Principale in quanto ne costituiscono la continuità litologica verso l'alto; tuttavia i rapporti tra le due unità sono prevalentemente di carattere tettonico. Esse si dispongono lungo una fascia avente direzione Ovest-Est, posta immediatamente a Sud degli affioramenti della Dolomia Principale; a partire dal M. Bronzone costituiscono gran parte del versante in destra orografica della valle di Menaggio e il fondovalle stesso, laddove sono tuttavia ricoperti da depositi alluvionali quaternari. La formazione è costituita da calcari grigio scuri, microcristallini, spesso alterati in scaglie, con intercalazioni argillitiche; nel complesso è evidente una fitta stratificazione in livelli di spessore variabile da circa 0.1 m a 1 m.

Argilliti di Riva di Solto (Retico inf.) - In continuità stratigrafica con i calcari dello Zorzino, si rinvengono in affioramento lungo la S.S. 340 Regina presso Bene Lario, a Sud-Est del Lago di Piano, alla base del versante del M. Galbiga, con continuazione verso la Valsolda-val Canale; dal punto di vista litologico sono costituiti da argilliti nere di spessore da millimetrico a centimetrico, spesso alterate in sottili scaglie.

Calcarea di Zu (Retico) - Le zone di affioramento di tale unità interessano la porzione basale del versante Nord del M. Galbiga e la porzione occidentale della Valsolda. La formazione è costituita da calcari, calcari marnosi di colore grigio scuro e nocciola a grana fine, con intercalazioni argillitiche. Nel complesso l'unità manifesta stratificazione in banchi di spessore variabile da pochi decimetri a 1-1.5 m.

Dolomia a Conchodon (Retico sup.) - L'unità è rappresentata da calcari e calcari dolomitici di colore grigio chiaro stratificati in banchi aventi spessore variabile da 0.1 a 1.5 m. Gli affioramenti si rinvengono in una fascia allungata contigua ai sopraindicati termini del Calcarea di Zu.

Gruppo del Medolo (Lias inf.- medio) - La formazione è costituita da un complesso di calcari, calcari silicei e localmente calcari marnosi, in strati di 40-50 cm di spessore, talvolta gradati e laminati, con intercalazioni di marne aventi colorazione dal grigio scuro al nocciola. E' presente selce di colore grigio scuro, nera e bruna, sia in noduli sia a bande irregolari. L'unità interessa la porzione mediana e sommitale del versante Nord del M. Galbiga e tutta l'estensione dei versanti attorno al L. di Lugano.

4.2 – CARATTERI LITOLOGICI

In questo paragrafo vengono approfonditi gli aspetti litologici delle unità del substrato roccioso in precedenza descritte e della coltre dei depositi superficiali quaternari affioranti.

A tal fine sono stati utilizzati i tematismi specifici contenuti nelle “Carte Geoambientali della Comunità Montana delle Alpi Lepontine”, reperite presso la Provincia di Como, organizzata in modo da distinguere le unità litologiche dei depositi superficiali e quelle del substrato roccioso.

4.2.1 Depositi superficiali

I depositi presenti nell'area di studio sono stati classificati nelle seguenti unità:

- Depositi glaciali
- Depositi alluvionali e lacustri
- Depositi eluviali e colluviali
- Depositi detritici

Depositi glaciali: sono legati all'attività deposizionale delle fasi glaciali succedutesi durante il Pleistocene. Si tratta essenzialmente di Depositi morenici, rappresentati dall'unità del Morenico Würm Auct. (Unità mo) e sono connessi all'ultima fase di espansione dei fronti glaciali alpini verso Sud, avvenuta nel Pleistocene sup., circa 600.000 anni fa.

Da un punto di vista litologico i depositi morenici si presentano eterogenei essendo costituiti da ciottoli, ghiaie e sabbie immersi in matrice sabbioso-limosa; la componente grossolana si presenta perlopiù inalterata. Spesso inglobano massi erratici anche di notevoli dimensioni, costituiti da rocce ignee e metamorfiche di origine alpina e subordinatamente da rocce sedimentarie di età relativamente più recente, che evidenziano il più delle volte tracce della loro origine glaciale (striature).

La porzione sommitale è talora contraddistinta da fenomeni di alterazione superficiale per uno spessore di 1-1.5 m, con suoli ad evoluzione poco spinta di colore bruno.

I depositi morenici würmiani si rinvengono in corrispondenza dei ripiani morfologici presenti a differenti quote sui versanti che limitano la valle, laddove manifestano spessori relativamente più cospicui e maggiore continuità laterale. Essi ricoprono buona parte del versante destro della valle di Porlezza.

Depositi alluvionali e lacustri - I sedimenti in oggetto sono il risultato dell'accumulo di materiali detritici provenienti dai versanti ad opera dei corsi d'acqua, dilavati dalle acque meteoriche e di ruscellamento, successivamente risedimentati nelle aree di raccordo con il fondovalle e/o nel bacino lacustre del L. di Piano. Nell'area investigata i depositi alluvionali si possono suddividere in alluvioni recenti, alluvioni attuali e depositi di conoide.

Le alluvioni recenti formano l'estesa piana di fondovalle della valle di Porlezza e sono costituite in prevalenza da sabbie e ghiaie, con la frequente interdigitazione di depositi più fini provenienti dal dilavamento del versante (Unità ar).

I depositi di conoide sono identificati dalla caratteristica morfometria convessa e a ventaglio in corrispondenza dello sbocco dei corsi d'acqua nel fondovalle (Unità cd). Il materiale deposto è contraddistinto da una prevalenza di materiale grossolano (blocchi, ciottoli e ghiaie) verso la porzione apicale della conoide e dal prevalere di depositi a granulometria più fine (sabbie) verso quella distale. Il grado di arrotondamento dei clasti può essere maggiore rispetto a quello delle alluvioni mentre lo spessore complessivo delle strutture ammonta a qualche decina di metri.

Nell'area investigata i depositi di conoide caratterizzano gran parte dei corsi d'acqua allo sbocco nella piana di fondovalle e/o nel L. di Piano. Fra questi meritano particolare attenzione la conoide

allo sbocco del T. Vallone, quella su cui sorge l'abitato di Porlezza, quella allo sbocco del T. Cuccio e quella alla base della valle Granisciola.

Le strutture di conoide e i depositi alluvionali in genere presentano tra loro rapporti di interdigitazione, in quanto i relativi processi di sedimentazione sono avvenuti pressoché contestualmente.

La deposizione nelle aree di fondovalle dei sedimenti alluvionali di conoide, attraverso il parziale sbarramento e deviazione delle acque decorrenti, ha creato le condizioni per favorire la sedimentazione di depositi lacustri (Unità Ap), litologicamente identificati da limi di colore grigio con intercalazioni di sabbie fini e frequente presenza di torbe, che interessano soprattutto l'estremità orientale del L. di Piano.

Depositi eluviali - Rappresentano la coltre superficiale che ricopre il substrato roccioso, dal quale si origina per disgregazione ed alterazione ad opera dei processi fisico-chimici, talora commista a depositi morenici. La porzione a diretto contatto con il substrato evidenzia ancora la struttura litologico-sedimentaria "relitta" del medesimo (regolite) mentre, proseguendo verso l'alto, il maggior grado di alterazione e disgregazione identifica un deposito costituito da frammenti liti spigolosi ed eterometrici, litologicamente costituiti da clasti di natura perlopiù calcarea immersi in abbondante matrice fine. In questo caso si parla di coltre eluviale.

In merito alle caratteristiche sopra descritte, i depositi in oggetto sono identificati rispettivamente con la sigla Unità el, sempre associate con quella identificativa del substrato roccioso sottostante, e talora a un valore che ne definisce lo spessore indicativo.

Per quanto attiene il versante Nord del M. Galbiga i depositi eluviali interessano soprattutto la porzione basale e quella sommitale del pendio, mentre sulla sponde opposta della valle di Porlezza essi risultano omogeneamente distribuiti.

Depositi detritici di versante - Rappresentano in pratica la porzione di eluvio trasportata verso valle dai processi di erosione e di trasporto degli agenti atmosferici, lungo il pendio. Sulla base di tali caratteristiche i depositi detritici o di versante, si concentrano verso la base del pendio, in corrispondenza di piccole incisioni vallive o laddove la morfologia ne permette la deposizione. Caratteristica dei depositi detritici (Unità dc) è l'assenza della matrice fine che "lega" lo scheletro grossolano, in quanto dilavata e asportata durante i processi erosivi. Gli spessori sono localmente variabili e possono raggiungere valori prossimi a 10 m.

4.2.2 Substrato roccioso

Le unità geologiche analizzate alla scala generale possono essere classificate nelle seguenti unità litologiche:

Calcari mediamente o sottilmente stratificati (Unità Cs) - Affiorano su entrambi i versanti della valle di Porlezza; appartengono rispettivamente alle formazioni del Calcari di Zorzino e del Calcare di Zu. Come anticipato i primi contraddistinguono buona parte del versante orografico destro della valle di Porlezza e della piana di fondovalle, laddove sono ricoperti dai depositi quaternari, mentre i secondi affiorano in corrispondenza del porzione basale del versante orografico sinistro, nei pressi del centro abitato di Bene Lario. Le caratteristiche stratigrafiche e l'assetto geometrico delle due formazioni appaiono molto simili, in virtù di una litologia calcarea e calcareo marnosa con

intercalazioni argillitiche e una giacitura degli strati con immersione in direzione Sud-Ovest e inclinazione variabile da 30 a 50°. Tale assetto geometrico che identifica una struttura di tipo “monoclinalico” di tutta la serie triassica, in relazione alla disposizione fisiografica dei versanti della valle, determina una giacitura a franapoggio sul versante settentrionale (piano di stratificazione concorde con la pendenza del pendio) e una giacitura a reggipoggio su quello meridionale (piano di stratificazione opposto al pendio).

La copertura eluviale interessa buona parte delle unità sul versante settentrionale della valle mentre risulta più modesta e sottile nello spessore sul versante Sud.

Argilliti (Unità Al) - rientra in questa classe litologica l'unità delle Argilliti di Riva di Soltò, affiorante nell'area rappresentata nell'elaborato cartografico unicamente a Sud-Ovest dell'abitato di Bene Lario. Dal punto di vista stratigrafico l'unità si presenta in sottili strati da millimetrici a centimetrici, con giacitura concorde a quella della precedente unità. La relativa copertura eluviale è presente unicamente in corrispondenza della base del versante.

Calcari massicci e/o stratificati in grossi banchi (Unità Cm) - Rappresentano i termini calcareo-dolomitici dell'unità della Dolomia a Conchodon; affiorano nell'area di studio in corrispondenza del versante meridionale della valle di Porlezza, all'incirca lungo la strada che collega l'abitato di Bene Lario alla località Selva Ghirlanda, laddove formano una sorta di “gradino morfologico”.

In presenza di stratificazione massiccia, l'unità manifesta una maggior resistenza nei confronti dei processi erosivi e/o di alterazione, limitando di fatto lo sviluppo della coltre eluviale.

Calcari selciferi (Unità Cn): corrispondono all'unità del Gruppo del Medolo conosciuta anche col nome di Calcare di Moltrasio e affiorano su gran parte del versante Nord del M. Galbiga. La stratificazione è caratterizzata da una giacitura Sud-SudOvest a reggipoggio, con inclinazione media di 50°. La copertura eluviale interessa soprattutto la porzione sommitale del versante, mentre risulta assente nella rimanente area di affioramento dell'unità.

La carta geologica redatta alla scala 1:10.000 (Tav. 1, fig.3) illustra la distribuzione in superficie delle differenti formazioni rocciose e dei depositi superficiali. Nella stessa carta è riportata anche una sezione geologica orientata N-S.

In base alle caratteristiche litologiche e stratigrafiche durante la fase di rilevamento sono state distinte dalla più antica alla più recente le seguenti unità litostratigrafiche:

Substrato roccioso

Dolomia Principale (Norico): dolomie e calcari dolomitici spesso ricristallizzati, stratificata in banchi di spessore da metrico a decametrico, depositati in un ambiente di piattaforma carbonatica con acque basse. Affiora limitatamente in corrispondenza delle Cime dei Pizzoni fino a quota 1290 m s.l.m.

Calcere di Zorzino (Norico): successione calcareo-marnosa, a strati sottili, contenenti intercalazioni calcarenitiche e brecce risedimentate. Affiora nella porzione settentrionale del territorio comunale dando origine alle Cime di Bronzone e al Monte Bronzone.

Calcere di Zu (Retico): calcari e calcari debolmente marnosi grigio-scuri, ben stratificati con bancature da decimetriche a metriche. Affiora in modo discontinuo lungo le pendici del Monte Calbiga e del Monte Lenno da quota 550 m a circa 350 m s.l.m. Il substrato roccioso è spesso ricoperto da colti di spessore molto variabile di depositi detritici di versante.

Dolomia a Conchodon (Retico sup.): costituita da calcari grigio-nocciola, calcari dolomitici a struttura saccaroide, per lo più privi di stratificazione, spesso dolomitizzati, è composta da calcareniti e calcareniti oolitiche, che testimoniano un ambiente di deposizione a bassa profondità con acque calde e agitate. Affiora in loc. Cima in corrispondenza del limite occidentale del territorio comunale fino a quota 350 m s.l.m. e lungo una stretta fascia alle pendici del Monte Lenno.

Calcere di Moltrasio (Giurassico inf.): potente successione costituita da calcari marnosi grigi scuri in strati da 20-40 cm ben suddivisi da interstrati marnoso-argillosi centimetrici. Si tratta di calcilutiti dove la matrice micritica è molto abbondante. La selce di colore scuro, può essere localmente diffusa formando lenti stratoidi o noduli irregolari. Alla base dell'unità gli strati sono più spessi. Affiora nella porzione più meridionale del territorio comunale da quota 1590 m s.l.m. fino a circa quota 600 m. s.l.m. costituendo il Monte Calbiga ed il Monte di Lenno

Depositi superficiali

Sono localizzati prevalentemente nel fondovalle pianeggiante e sono stati differenziati in base ai processi che li hanno generati.

Depositi glaciali Wurm (Plesitocene superiore 80.000-10.000) sono costituiti da ciottoli suarrotondati, ghiaie e sabbie immersi in una matrice sabbiosa-limosa; la porzione superficiale è parzialmente pedogenizzata ed alterata per uno spessore di circa 0.50 m. Questi depositi hanno dato luogo a piccoli ripiani pianeggianti o a estesi cordoni lungo i versanti montuosi del Monte Calbiga, del Monte di Lenno (Pian Lero, Alpe di Nosarolo), delle Cime di Bronzone (Alpe di Cima, Valle dell'Alpe, loc. Palo, loc. Pradeil e loc. Cavron), nelle frazioni di Begna e Cima. Questi depositi si trovano fino a quota 1200 ed indicano la massima altezza raggiunta dai ghiacciai. All'interno di questi depositi sono presenti dei massi erratici di dimensioni maggiori di alcuni metri, si ricorda il masso erratico avente un volume di 20 mc rinvenuto a quota 429 m in corrispondenza del versante sovrastante Via Porto Letizia,.

Depositi alluvionali e fluvioglaciali indistinti: sono legati all'azione di trasporto e deposito ad opera delle acque correnti e delle acque di fusione dei ghiacciai. Formano i greti dei principali torrenti e la piana di Porlezza. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con subordinate sabbie-limose e ghiaie, non rari sono i ciottoli di natura metamorfica o cristallina di dimensione decimetrica presenti all'interno di questo deposito.

Coni di deiezione: questi depositi sono costituiti da ciottoli grossolani subarrotondati con abbondante matrice sabbiosa e rozza stratificazione parallela al pendio. Alternano banchi con clasti più spigolosi con altri a matrice più abbondante. Allontanandosi dall'apice delle conoidi la granulometria dei depositi tende a diminuire. Nella carta geologica in scala 1:10.000 si è deciso di evidenziare due diversi tipi di conoide: alluvionale e mista.

I depositi di conoide alluvionale, caratterizzano estesamente la piana alluvionale e sono collegati all'azione di deposito operata da numerosi torrenti che dalle strette vallate laterali sfociano sulla piana, tra queste si citano le conoidi del torrente Rezzo e del torrente Cuccio. I depositi di conoide mista sono presenti alle pendici dei alcuni rilievi montuosi e sono dovute sia a movimento per gravità lungo i canali più impervi che al trasporto della acque, si ricorda la conoide mista presente a monte del Santuario di N.S. della Caravina, lungo valle della Madonna.

Depositi di versante: sono costituiti da accumuli detritici, monolitologici, formati da clasti spigolosi di dimensione dal ciottolo al blocco, moderatamente selezionati privi o poveri in matrice. Formano coni o falde detritiche ai piedi di canali o di pareti rocciose. Si sono formati per distacco di singoli clasti dalle pareti o per crollo e frantumazione di maggiori blocchi rocciosi. Oltre alla gravità vi sono altri fenomeni che rielaborano in parte questi depositi: acque di dilavamento e creep.

Nell'area in esame depositi di versante sono presenti lungo le pendici del Monte Calbiga e del Monte Lenno, oltre che alle in frazione di Cima alle pendici del Monte Bronzone e del Monte dei Pizzoni.

In funzione del grado di stabilizzazione si possono distinguere

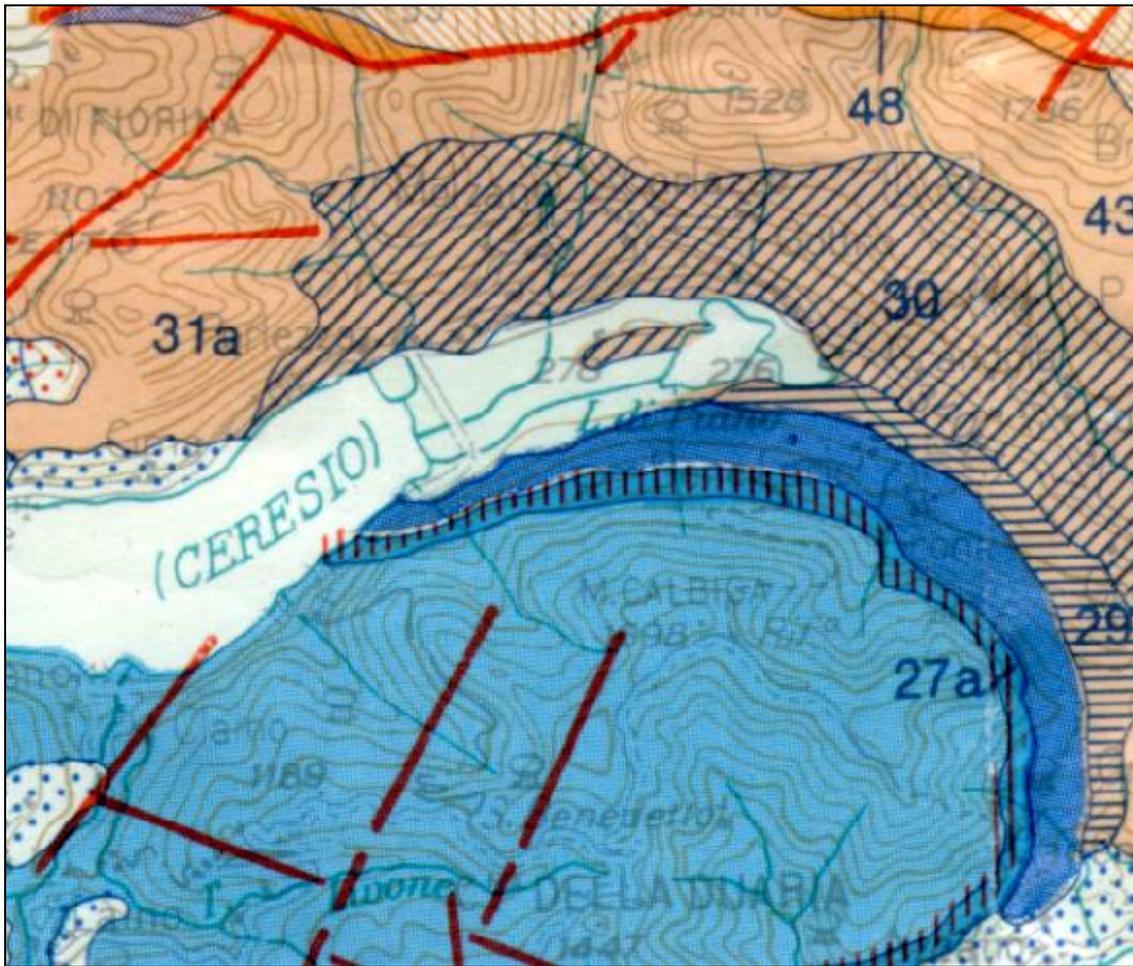
Accumuli detritici in attivo accrescimento o comunque non stabilizzati: sono costituiti da clasti spigolosi di natura calcarea, hanno dimensioni da centimetriche a decimetriche, formano degli accumuli instabili di materiale lungo il canale della Gramisciola, della Granosa e del torrente immediatamente a fianco.

Accumuli detritici inattivi e stabilizzati , sono ricoperti da suolo e vegetazione e talvolta i detriti di cui sono costituiti sono visibili solo in alcuni spaccati . Sono identificabili con criteri morfologici. si tratta di accumuli detritici antichi, rimaneggiati in parte dalle acque di dilavamento e successivamente colonizzati dalla vegetazione . Possono essere soggetti a processi erosivi.

I lineamenti strutturali dell'area condizionano in modo evidente la morfologia dei versanti. In particolare si deve sottolineare un'importante zona di debolezza tettonica orientata E-W che si imposta in corrispondenza della valle dell'Alpe e che dal limite comunale più occidentale continua fino alla frazione di Begna. Associata a questa linea di debolezza principale è la faglia presente sopra Cima; altre linee di debolezza, orientate N-S, NNW-SSE e NNE-SSW sono presenti lungo il versante a monte di Via Porto Letizia.

Nella carta geologica allegata allo studio è riportata anche una sezione geologica N-S costruita sia attraverso dati diretti (rilievo-geologico) che attraverso dati ricavati dalla bibliografia scientifica e dalle stratigrafia dei pozzi.

Di seguito è riportato uno stralcio della Carta Geologica:



Estratto della Carta Geologica della Lombardia CNR – Scala 1: 250.000

QUATERNARIO CONTINENTALE - "VILAFRANCHIANO"

OLOCENE		1 - Depositi fluviali dei greti attuali (Alluvium attuale - a) e terrazzati (Alluvium medio - b, Alluvium antico - c): ghiaie, sabbie e limi.
		2 - Detriti di falda e frane.
		3 - Lacustre olocenico e tardoglaciale: argille e limi (a); torba (b).
		4 - Morenico (a) e (b) (paleo-oloceneo): ghiaie, blocchi, limi.
PLEISTOCENE		5 - Morenico Würm: ghiaie, blocchi e limi (a); Fluvioglaciale e Fluviale Würm: ghiaie, sabbie (b). <i>PLEISTOCENE SUP.</i>
		6 - Morenico Riss: ghiaie, blocchi e limi ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Riss: ghiaie, sabbie e argille ferrettizzate (b). <i>PLEISTOCENE MEDIO.</i>
		7 - Morenico Mindel: ghiaie, limi e rari blocchi fortemente ferrettizzati (a); Fluvioglaciale, Fluviale e Lacustre Mindel: ghiaie, limi e argille fortemente ferrettizzate (b). <i>PLEISTOCENE INF.</i>
PLIOCENE		8 - "Ceppo" e formazioni simili, facies "Villafranchiane": conglomerati, sabbie, argille. <i>PLEISTOCENE INF.-PLIOCENE SUP.</i>

5.ASPETTI PEDOLOGICI

I suoli presenti nel territorio comunale di Porlezza sono prodotti dall'alterazione superficiale dei depositi di conoide dei torrenti Rezzo e Cuccio e dall'alterazione dei depositi fluvio-glaciali Wurmiani.

I rilievi effettuati hanno permesso di distinguere tre diversi tipi di suoli:

Suoli conoide torrente Rezzo: sono suoli aventi una profondità variabile da 0.5-1.0 m scheletro da raro a frequente, tessitura franca e un buon drenaggio

Class. USDA: Typic Hapludollos, coarse loamy, mixed, mesic

Suoli conoide torrente Cuccio: si deve distinguere la porzione distale della conoide da quella prossimale. La prima è costituita da suoli aventi una profondità variabile da 0.25 m -1.0 m, tessitura franco-limoso, scheletro da assente a raro, drenaggio buono (*Class. USDA:* Typic Eutrochrepts, loamy, mixed, mesic), mentre la seconda è formata da suoli molto sottili <0.25 cm, tessitura scheletrico sabbiosa, scheletro abbondante, buon drenaggio (*Class. USDA:* Typic Eutrochrepts, loamy skeletal, mixed, mesic).

Suoli area urbana e rimaneggiata: l'intervento dell'uomo ha modificato in queste aree la struttura del suolo non permettendo una corretta classificazione

6.COMMENTO ALLA CARTA GEOMORFOLOGICA

La carta geomorfologica (Tav.2; fig.2) è stata redatta in scala 1:10.000 basandosi su rilievi di terreno integrati con la foto interpretazione, questa carta rappresenta in modo sintetico le forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio. Sulla carta morfologica ai colori di fondo, rappresentativi della geologia superficiale sono stati sovrapposti dei simboli per indicare le principali forme e processi geomorfici. Si tratta di processi esogeni legati all'azione delle acque, della gravità e dell'uomo.

Sotto l'aspetto morfologico il territorio comunale di Porlezza può essere suddiviso in due settori, ciascuno caratterizzato da processi morfogenetici differenti:

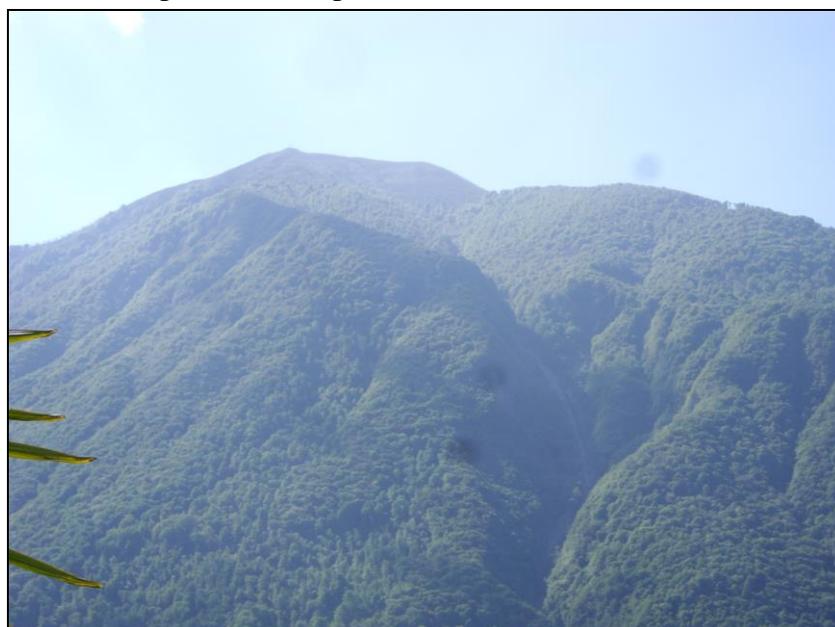
1) **Area montuosa:** comprende il versante settentrionale del Monte Calbiga e del Monte Lenno e i versanti meridionali delle Cime dei Bronzone e del monte dei Pizzoni.

L'affioramento pressoché continuo del substrato roccioso determina una elevata acclività del versante (pendenza media compresa tra il 60% e 100%), che è coperto in modo disuniforme da prati e boschi interrotti localmente da pareti rocciose subverticali (altezza media 20-40 m). Nelle porzioni topograficamente più elevate in corrispondenza delle cime dei monti (Cime di Bronzone, Monte Bronzone) si raggiungono pendenze costanti del 90%-100%, con pareti subverticali con altezze che arrivano oltre i 100 m. In queste aree sono numerosi gli orli di scarpata strutturale inattive.

Lungo i versanti del monte Bronzone sono da evidenziare delle aeree con franosità per crollo, per l'ubicazione delle quali si rimanda alla carta morfologica allegata, mentre lungo i versanti del monte Calbiga e Lenno sono evidenti lungo i principali impluvi fenomeni erosione concentrata e di trasporto in massa (colate fangose con blocchi detritici).

Gli alvei dei principali torrenti si sviluppano all'interno di valli incise con fondo a "V", caratterizzate da scarpate laterali aventi un' altezza variabile dai 2 ad oltre 5 m; lungo queste scarpate in più punti sono stati osservati fenomeni di erosione accelerata delle sponde con conseguente arretramento dell'orlo di scarpata torrentizia e trasporto a valle di materiale detritico.

La transizione dalla zona montuosa a quella immediatamente a valle, con relativa diminuzione della pendenza media, è caratterizzata dalla presenza di conoidi alluvionali (Val Fontanina, Val Maurizio, Valle della Gramisciola, Valle Cugnolo, Valle di Tremezzo, Valle Granosa, Valle Musa, Valle della Madonna, Valle del T. Cuccio e Valle del T. Rezzo), passanti lateralmente a falde di detrito che bordano in modo continuo le pendici delle pareti montuose.



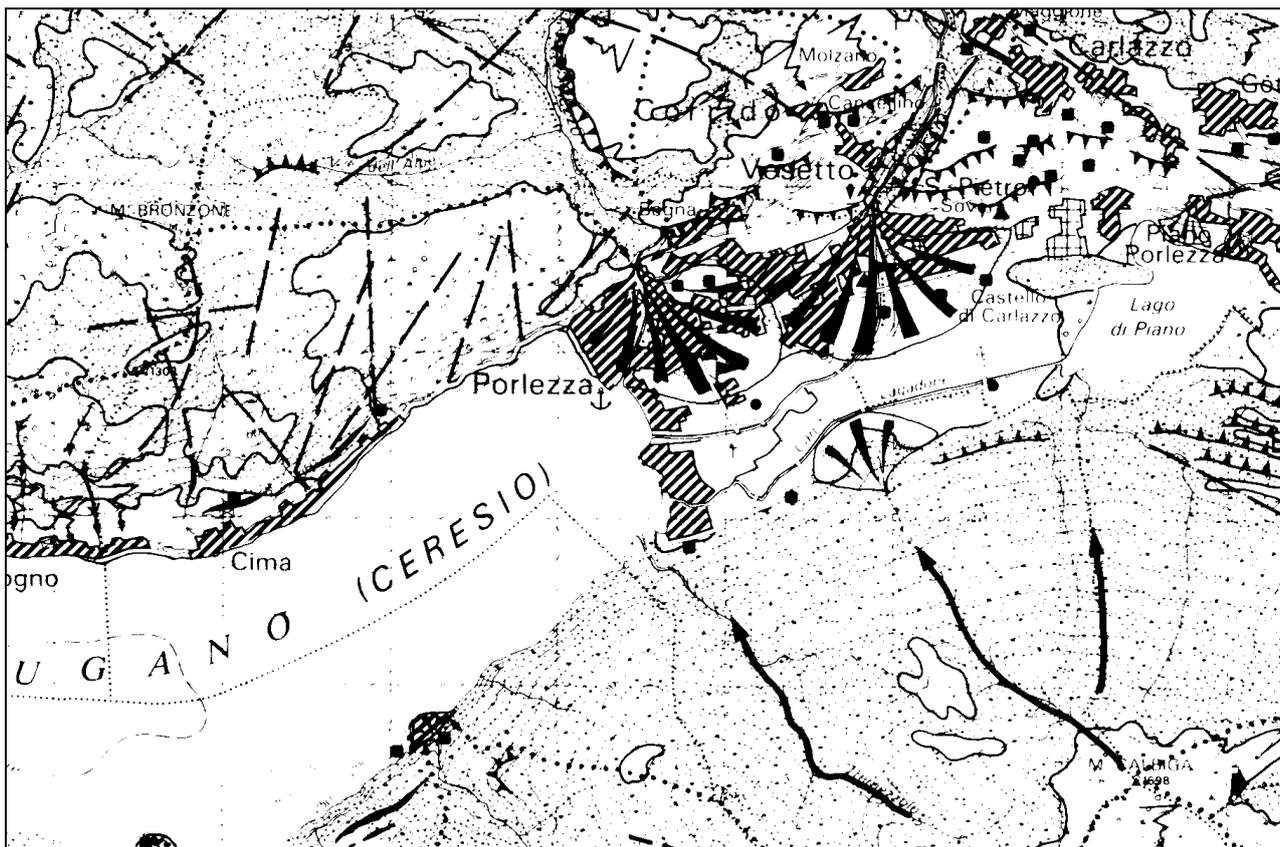
b) Area pianeggiante

Il motivo geomorfologico fondamentale della zona è rappresentato dall'ampia depressione valliva, orientata E-W, delimitata a sud dai i massicci del Monte Calbiga e Lenno a nord dal Monte Pidaggia e dal Monte Colmen dei Carac. Alla formazione di questa vallata contribuì in modo sostanziale l'azione erosiva delle colate glaciali quaternarie che provenivano dalla Valtellina e che risalirono lungo la Valle di Menaggio. La depressione creata dall'erosione glaciale ha portato alla formazione di una tipica vallata glaciale a forma di "U", colmata poi da un lago con sedimentazione di limi e argille, e dai detriti portati a valle dai ghiacciai stessi ed dagli agenti ad essi collegati come i fiumi di origine glaciale che produssero estesi depositi fluvioglaciali.

Attualmente la profondità del substrato roccioso è stata stimata a oltre 40-50 m di profondità dal piano campagna. Nell'esecuzione del pozzo idropotabile N. 2 ,1985 spinto fino a 50 m da p.c., il substrato roccioso non è stato rinvenuto fino alla profondità di -50 m dal p.c. Dopo il ritiro dei ghiacciai la morfologia della pianura è stata parzialmente modificata dai depositi dei detriti di falda e dalle conoidi alluvionali.

In tale settore i processi morfologici, sono connessi principalmente alla possibilità di esondazione dei corsi idrici in corrispondenza dello sbocco delle vallate sulla pianura al passaggio della zona montuosa alla zona pianeggiante ed in prossimità delle foci dei torrenti Cuccio e Rezzo.





LEGENDA

Area edificata o urbanizzata: residenza, servizi o misto	a tipologia prev. residenziale, mista e servizi area verde, parco-giardino	
Area edificata o urbanizzata: produttivo		
Case sparse		
Area in trasformazione		
Nucleo residenziale	■ Complesso industriale ▲	
Complesso agro-zootecnico	● Complesso commerciale ▼	
Impianto sportivo	▲ Servizi ★	
Cascina	○ Campeggio △	
Complesso misto residenziale-produttivo		
Area agricola	seminativo, pioppeto, prato-pascolo legnose agrarie	
Bosco		
Area incolta o sterile		
Scarpata morfologica		
Orio di terrazzo fluviale		
Circo glaciale		
Cresta di cordone morenico		
Golena		
Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c.		
Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c.		
Erosione di sponda		

Nicchia di frana recente	
Frana recente attiva	
Nicchia di frana antica	
Frana antica stabilizzata	
Area con franosità diffusa	
Frana di dimensioni non cartografabili	
Alveo abbandonato relativo a corsi minori	
Linea di accrescimento fluviale, vecchia linea di costa	
Conoide di deiezione	
Detriti sciolti, "ghiaioni"	
Fenomeni carsici	
Erosione diffusa	
Erosione incanalata	
Faglia o frattura principale	
Linea spartiacque	
Linea di scorrimento di valanga	
Opera paravalanga	

Estratto della Carta Morfologica Regionale - Scala 1: 50.000

7.OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE

7.1 INQUADRAMENTO METEO-CLIMATICO

Di seguito, si riporta anche un inquadramento generale dell'area lacustre comprendendo gli aspetti climatici, meteorologici e idrologici.

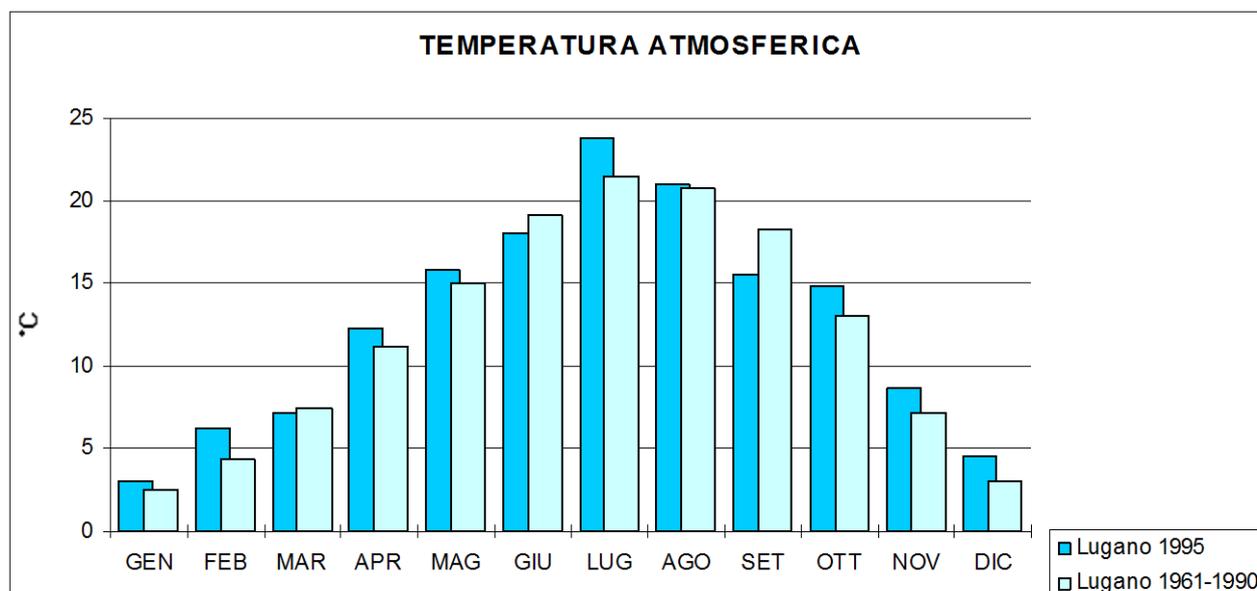
I dati utilizzati per le descrizioni dell'area sono stati tratti dai dati provenienti dall'Istituto Svizzero, comprendenti un lasso di tempo tra il 1961 e il 1995, rilevati presso la stazione di Lugano.

7.1.1 Temperatura atmosferica

TEMPERATURA MEDIA 1995	12.5°C
TEMPERATURA MEDIA 1961-90	12.0°C

Come si rileva la tendenza al rialzo della temperatura iniziata nel 1980 si è manifestata anche nel 1995. La media annuale è superiore ai valori normali e il 1995 si pone come uno degli anni a temperatura maggiore tra quelli osservati. Come risulta dal grafico seguente, solo tre mesi (marzo, giugno e settembre) sono rimasti al di sotto della media: la maggiore differenza negativa si è avuta nel mese di settembre (-2.5°), che dal punto di vista meteorologico è stato il mese con valori peggiori di tutto l'anno. Gli altri mesi mostrano valori positivi di 1-2° e solo in agosto i valori sono simili alla norma. Il maggior incremento termico misurato è stato nel mese di febbraio con +2.1°C, caratterizzato da una temperatura media pari a 6.3° tra le più elevate del secolo.

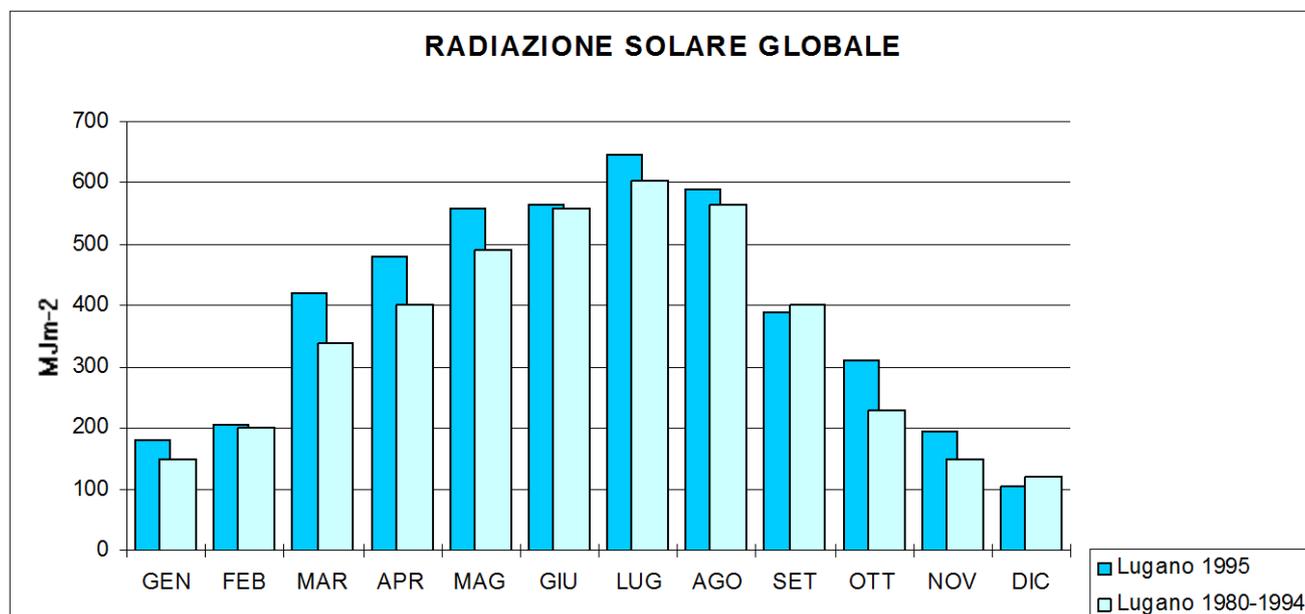
7.1.2 Radiazione solare globale



RADIAZIONE TOTALE 1995	4547 MJ m ⁻²
RADIAZIONE TOTALE MEDIA 80-94	4155 MJ m ⁻²

Come si può osservare dalla tabella il 1995 ha fatto registrare il valore più elevato dopo il 1982 (4595 MJ m⁻²). L'incremento rispetto alla media quindicennale è stato di 392 MJ m⁻², pari al 9.4%.

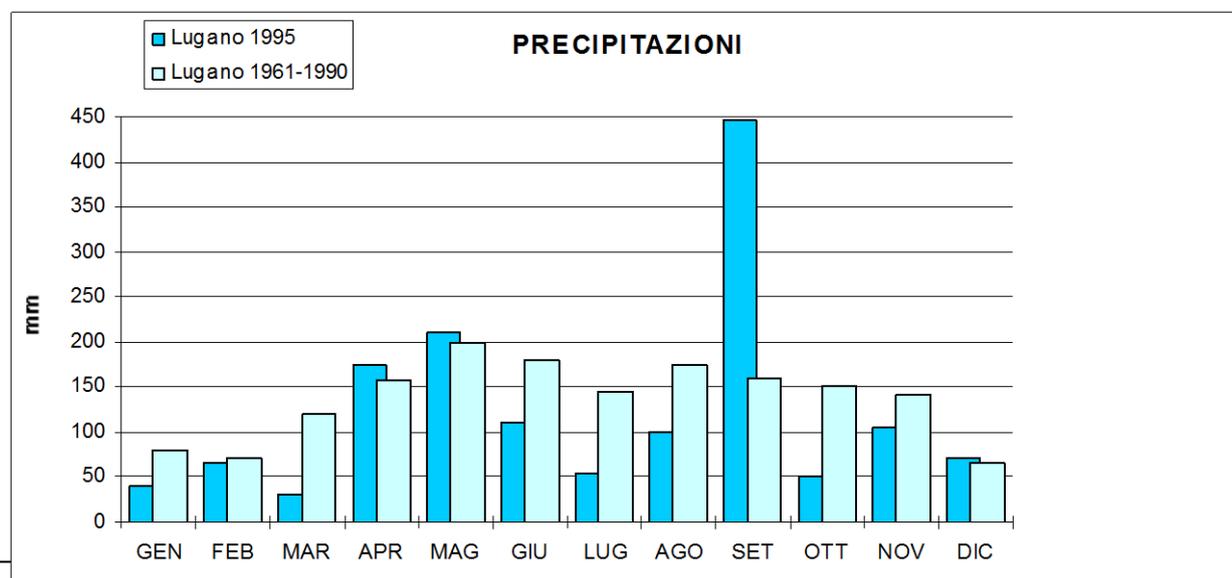
Nella figura seguente sono riportati i valori mensili che risultano tutti superiori alla media fatta eccezione solo per il mese di settembre e dicembre. Gli incrementi maggiori sono stati rilevati nei mesi di marzo, ottobre e novembre seguiti da gennaio, aprile e maggio.



7.1.3 Precipitazioni

PRECIPITAZIONI TOTALI 1995	1412 mm
PRECIPITAZIONE MEDIA 61-90	1606 mm

Il 1995 è caratterizzato da una piovosità inferiore alla norma con uno scarto di -194 mm, contrassegnato da tre trimestri con valori bassi (gennaio-marzo, giugno-agosto, ottobre-dicembre) intercalati da due periodi umidi. Il mese con precipitazioni abbondanti è risultato essere settembre con 447 mm di pioggia.



Nel comune di Porlezza attualmente non sono in funzione stazioni di rilevamento meteorologiche, perciò ci si è dovuti basare su informazioni pubblicate sugli annali idrologici. Dall'analisi di queste pubblicazioni si è trovato che nel periodo 1921-1961 era in funzione una stazione pluviometrica nel comune di Porlezza.

Di seguito si riportano i valori estrapolati dagli annali idrologici italiani per la stazione sopracitata nel periodo (1921-1961):

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
max	160	310	348	245	328	392	298	312	344	396	561	263	2111
med	45	57	78	127	159	151	123	146	130	137	144	70	1365
min	0	0	0	0	15	16	21	19	2	0	6	0	758

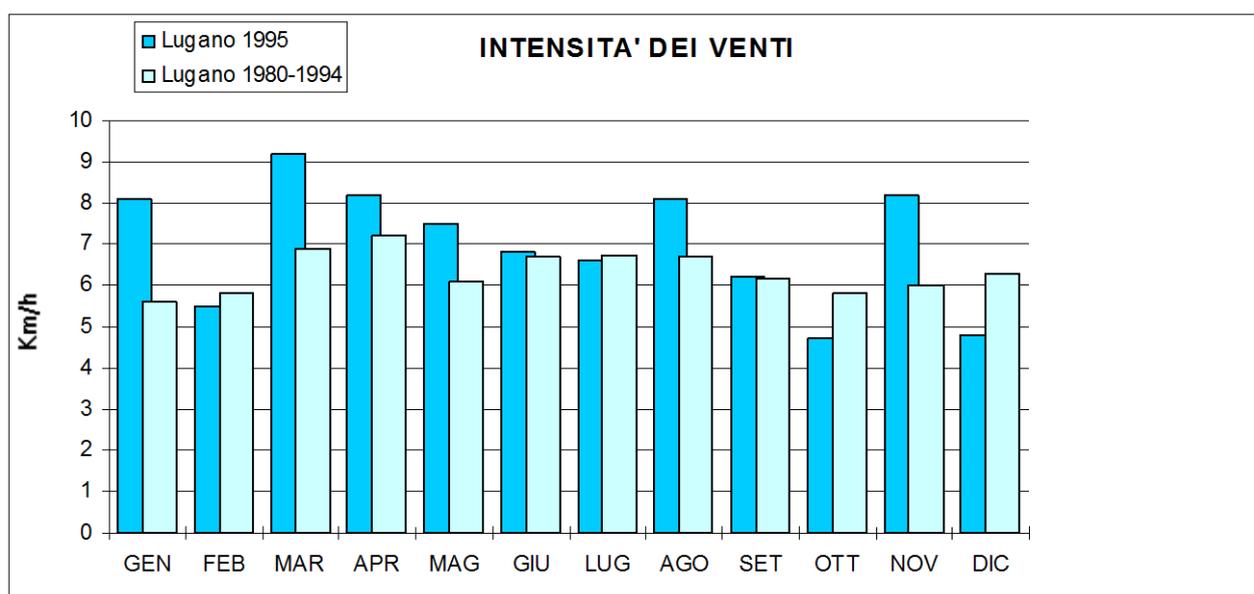
Precipitazioni massime, medie e minime mensili -precipitazioni medie annue

I dati pluviometrici esaminati indicano un regime di tipo prealpino, caratterizzato da una precipitazione media annua di 1350-1500 mm, con precipitazioni massime annuali fino a 2100 mm. L'evapotraspirazione annua calcolata secondo la formula di Thoruthwaite è di circa 700 mm.

7.1.4 Intensità dei venti

INTENSITA' DEI VENTI MEDIA 1995	6.94 Km/h
INTENSITA' DEI VENTI MEDIA 1980-94	6.27 Km/h

L'intensità dei venti nel 1995 è stata tra le più elevate rilevate nel periodo di osservazione risulta inferiore solo a quella del 1991 (7.05 Km/h). Come evidenziato nella seguente figura l'attività eolica è stata intensa nei mesi primaverili (marzo-maggio) oltre che a gennaio, agosto e novembre, mentre in ottobre ed in dicembre l'intensità dei venti è notevolmente inferiore.



Il valore di marzo si pone al terzo posto tra i massimi mensili dall'inizio delle registrazioni presso la stazione di Lugano. Per quanto riguarda la direzione dei venti si nota come il 50% dei venti corrispondono alla somma dei settori nord + nord-ovest e circa il 30% alla somma dei settori sud + sud-est.

8. CARATTERISTICHE METEOROLOGICHE DELL'AREALE LACUSTRE 1998-2007

I dati utilizzati per la descrizione dell'andamento meteorologico del bacino del Lago di Lugano sono forniti dall'Ufficio Federale di Meteorologia e Climatologia e vengono registrati presso la Biblioteca Cantonale di Lugano. In particolare sono stati presi in considerazione quei parametri che risultano più strettamente legati alle vicende limnologiche del corpo lacustre, ed in particolare:

- la radiazione solare globale,
- la temperatura atmosferica,
- le precipitazioni,
- l'intensità e la direzione dei venti.

I dati relativi all'andamento mensile del biennio 2004-2005 sono stati confrontati, come di consueto, con i valori del periodo climatologico di riferimento 1961-90 per quanto concerne i parametri della temperatura atmosferica e delle precipitazioni, mentre per la radiazione solare il confronto viene effettuato con la media del ventennio 1980-99. Per quanto riguarda l'andamento generale dell'intensità e della direzione dei venti si propone invece il periodo di confronto 1986-2000, in quanto le misurazioni degli anni precedenti hanno evidenziato alcuni errori.

A livello generale, l'anno 2004 è risultato complessivamente mite ed esente da situazioni meteorologiche estreme, quali l'eccezionale combinazione di siccità e caldo verificatasi l'anno precedente. Il 2005 ha invece fatto registrare in alcuni mesi eventi meteorologici di rilievo, anche se non sempre chiaramente evidenziati dall'andamento dei valori mensili utilizzati per i grafici.

Particolarmente importante, per le sue conseguenze sull'evoluzione limnologica del bacino nord del Lago, è risultata la situazione meteo-climatica dei primi mesi del 2005, caratterizzata dalla combinazione di una forte attività eolica e di un drastico raffreddamento atmosferico: essa ha contribuito in modo determinante alla destratificazione dell'intera colonna d'acqua, per la prima volta dopo circa 40 anni di stabilità meromittica.

8.1. Radiazione solare globale

Radiazione globale totale 2004 4678 MJ m⁻²

Radiazione globale totale 2005 4823 MJ m⁻²

Radiazione - media periodo 1980-99 4244 MJ m⁻²

In entrambi gli anni considerati si è registrato un irraggiamento complessivo particolarmente elevato: il dato relativo al 2005 corrisponde addirittura il massimo dell'intero periodo di confronto (+531 MJ m⁻² rispetto alla media).

Come illustrato dell'andamento dei valori mensili i maggiori incrementi si sono avuti soprattutto nel periodo compreso tra aprile e settembre, mentre valori vicini alla media o addirittura deficitari

(ottobre) sono stati rilevati nel corso dell'ultimo trimestre. Rispetto al 2004, il 2005 ha presentato un netto aumento d'irraggiamento in marzo (+79 MJ m⁻²) ed un marcato calo in settembre (-52 MJ m⁻²).

8.2. Temperatura atmosferica

Temperatura - media 2004 12.7 °C - Temperatura - media 2005 12.6 °C

Temperatura - media periodo 1961-1990 12.0 °C

Il valore della temperatura media annua degli anni 2004 e 2005 è risultato molto simile: pur superando ancora nettamente il dato del periodo di riferimento, esso si situa ai livelli più bassi degli ultimi sette anni. Questo calo risulta ancora più appariscente, considerando che esso fa seguito ad un biennio (2002-2003) caratterizzato da valori termici particolarmente elevati (>13 °C). Dall'andamento delle medie mensili è possibile rilevare come solo pochi valori risultino inferiori alla media pluriennale: si tratta, in particolare, dei mesi di maggio 2004 (-0.6 °C), febbraio 2005 (-0.5 °C), e soprattutto dicembre 2005 (-1.2 °C). Come già accennato, le condizioni termiche dei primi mesi del 2005 sono risultate di fondamentale importanza ai fini del rimescolamento della colonna d'acqua del lago, in particolare nel bacino nord. Di fatto, anche se il grafico dei valori mensili non consente di evidenziare nel dettaglio la dinamica degli eventi, tra il 18 febbraio ed il 7 marzo le temperature medie giornaliere non hanno mai superato i 4 °C, e le minime sono risultate quasi sempre inferiori a 0 °C: in un periodo dell'anno, in cui già di per sé le acque lacustri si trovano in fase di avanzato raffreddamento, quest'ulteriore, importante perdita di calore ha provocato un aumento della densità delle acque superficiali, sufficiente a farle sprofondare fin sul fondo del lago. La particolare situazione termica dell'inverno 2004-2005 è confermata anche dal valore di temperatura atmosferica stagionale (media dicembre-marzo), risultato essere il più basso degli ultimi 10 anni.

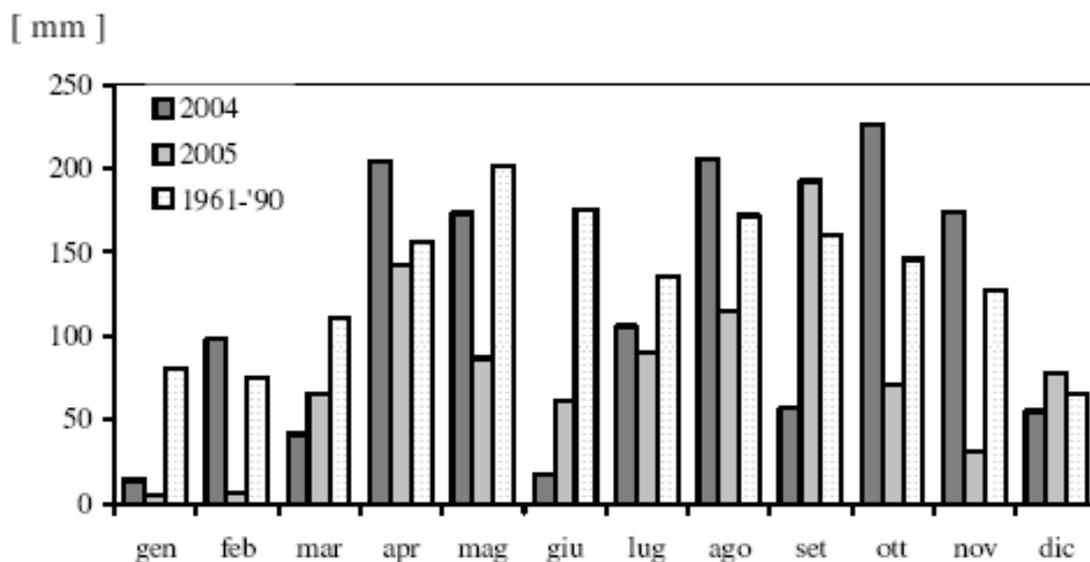
I maggiori incrementi termici rispetto alla media pluriennale si sono avuti in giugno (+2 °C) ed ottobre del 2004 (+1.3 °C), ed nel trimestre maggio-luglio del 2005 (tra +1.2 e +2.5 °C). In entrambi gli anni il mese più caldo è risultato luglio (rispettivamente con 22.0 e 22.9 °C), seguito nel 2004 da agosto (21.3 °C), mentre nel 2005 da giugno (21.4 °C). La temperatura ha toccato il suo massimo annuo il 23 luglio 2004 (32.4 °C), rispettivamente il 28 giugno 2005 (32.6 °C); le minime assolute sono invece state registrate il 22 dicembre 2004 (-2.3 °C) ed il 30 dicembre 2005 (-5.5 °C).

8.3. Precipitazioni

Precipitazioni - totale 2004 1373 mm - Precipitazioni - totale 2005 947 mm - Precipitazioni - media periodo 1961-1990 1606 mm.

Dopo aver totalizzato nel corso del 2003 il quantitativo di precipitazioni più basso dell'intero periodo di riferimento, il 2004 ha fatto segnare un parziale recupero (nonostante i valori nettamente inferiori alla norma registrati per i mesi di gennaio, marzo, giugno e settembre), ma il 2005 ha fatto toccare un ulteriore record negativo, terminando con un deficit complessivo di oltre 650 mm (pari a 650 litri d'acqua per m²) rispetto alla media: in quest'ultimo anno solamente i mesi di settembre e dicembre presentano quantitativi superiori alla norma, mentre sono risultati estremamente siccitosi (quantitativi assoluti <50 mm; deficit compresi tra -75% e -93%) i mesi di gennaio, febbraio e novembre, e nettamente al di sotto della norma (deficit compresi tra -51% e -75%) i mesi di maggio, giugno ed ottobre. Questa carenza di precipitazioni ha avuto come conseguenza una forte

diminuzione dei deflussi dei corsi d'acqua, un generale abbassamento del livello dei laghi e delle falde acquifere, ed alcune limitazioni nell'approvvigionamento idrico.



9. REGIME DEL LIVELLO LACUSTRE

Per meglio inquadrare la situazione idrografia del territorio in esame si è ritenuto opportuno inserire nel presente studio alcuni dati meteorologici per poter valutare correttamente i fenomeni ad essi collegati.

Nel comune di Porlezza attualmente non sono in funzione stazioni di rilevamento meteorologiche, perciò ci si è dovuti basare su informazioni pubblicate sugli annali idrologici. Dall'analisi di queste pubblicazioni si è trovato che nel periodo 1921-1961 era in funzione una stazione pluviometrica nel comune di Porlezza. Di seguito si riportano i valori estrapolati dagli annali idrologici per la stazione sopra citata nel periodo (1921-1961):

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Anno
max	160	310	348	245	328	392	298	312	344	396	561	263	2111
med	45	57	78	127	159	151	123	146	130	137	144	70	1365
min	0	0	0	0	15	16	21	19	2	0	6	0	758

Precipitazioni massime, medie e minime mensili -precipitazioni medie annue

I dati pluviometrici esaminati indicano un regime di tipo prealpino, caratterizzato da una precipitazione media annua di 1350-1500 mm, con precipitazioni massime annuali fino a 2100 mm. Mediamente i giorni di pioggia all'anno sono 100. I mesi con maggior numero di giorni piovosi sono Maggio(14 gg), Giugno (11 gg) e Aprile (10 gg) mentre quelli meno piovosi sono Gennaio (4 gg) e Febbraio(5 gg). L'evapotraspirazione annua calcolata secondo la formula di Thoruthwaite è di circa 700 mm. Attraverso i dati sperimentali delle precipitazioni massime da 1 a 5 giorni

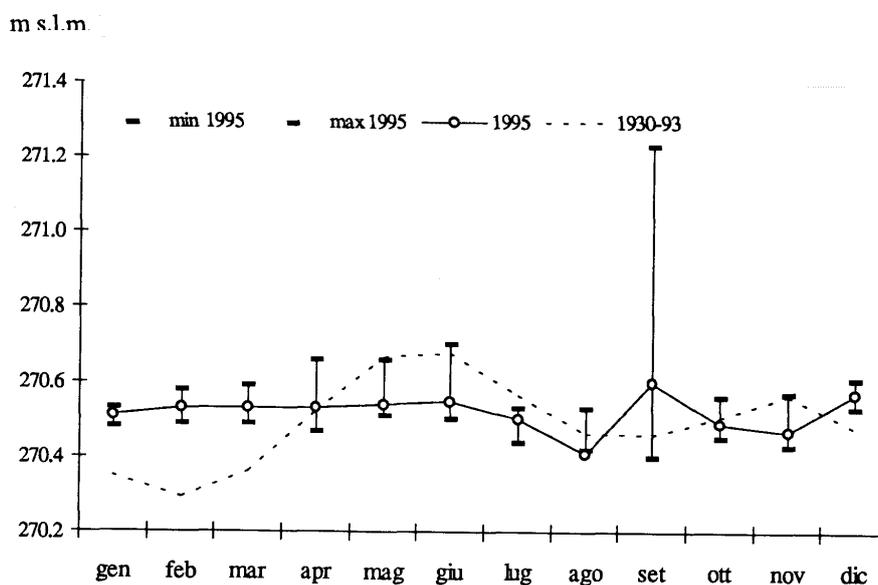
consecutivi estrapolati dagli annali idrogeologici è stata ricavata la stima delle piogge probabile in mm per differenti intervalli di tempo in funzione del tempo di ritorno di 5, 10 e 50 anni.

	1 GG	2 GG	3 GG	4 GG	5 GG
TR= 1 ANNO	94	129	156	180	192
TR= 10 ANNI	106	142	174	201	213
TR= 50 ANNI	131	171	213	249	258

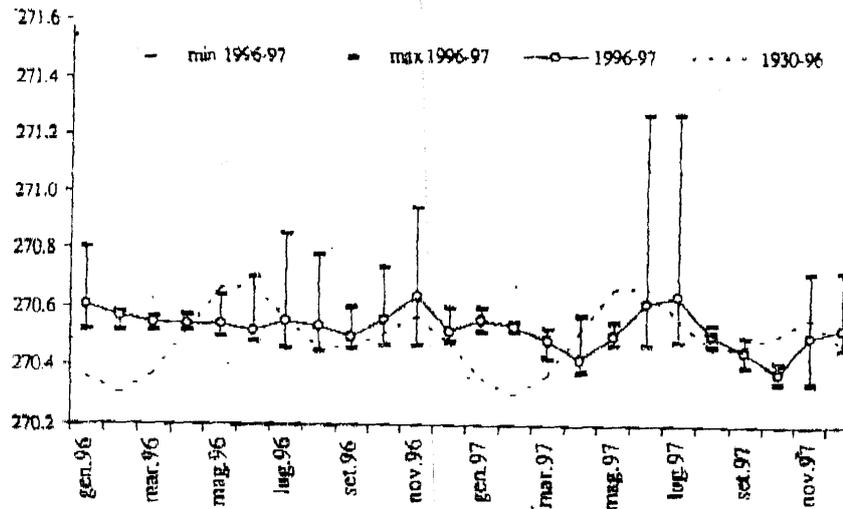
Valori di pioggia probabili in mm, da 1 a 5 giorni consecutivi con tempi di ritorno di 5,10,50 anni

9.1 Regime del livello lacustre 1930-1997

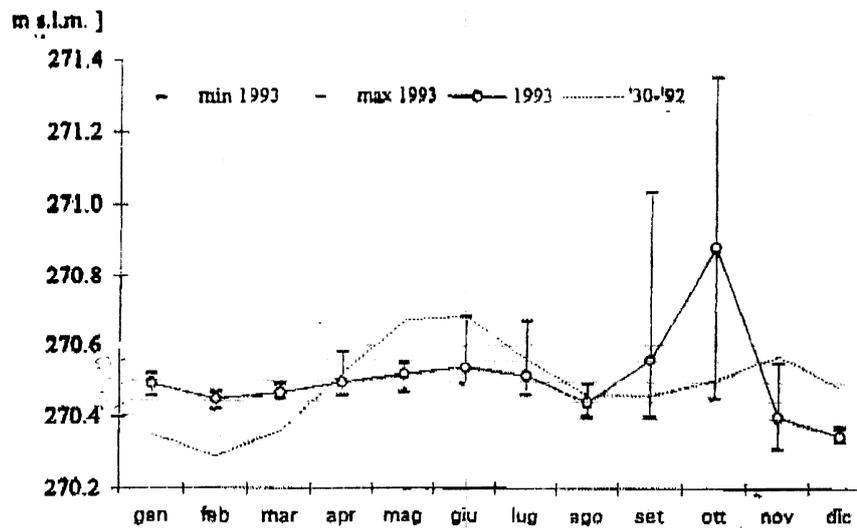
Il livello medio mensile nel 1997 ha presentato valori invernali che hanno superato di circa 20 cm le medie di riferimento registrate nel periodo 1930-93. (vedasi figura). Durante l'estate il livello lacustre si è mantenuto al di sotto del periodo di riferimento di circa 10-15 cm, mentre a Settembre ha raggiunto valori eccezionalmente elevati. L'escursione di livello è risultata piuttosto elevata e nel corso dell'anno ha raggiunto il valore massimo di 83 cm calcolata come differenza tra il massimo assoluto di settembre (271.230) ed il minimo di Settembre (270.400). La quota media annua pari a 271.523 risulta superiore di 2.9 cm rispetto a quella del periodo di confronto. Di seguito si riportano i grafici relativi al regime mensile del livello medio ed i valori estremi per gli anni 1995, 1996, 1997 e 1993.



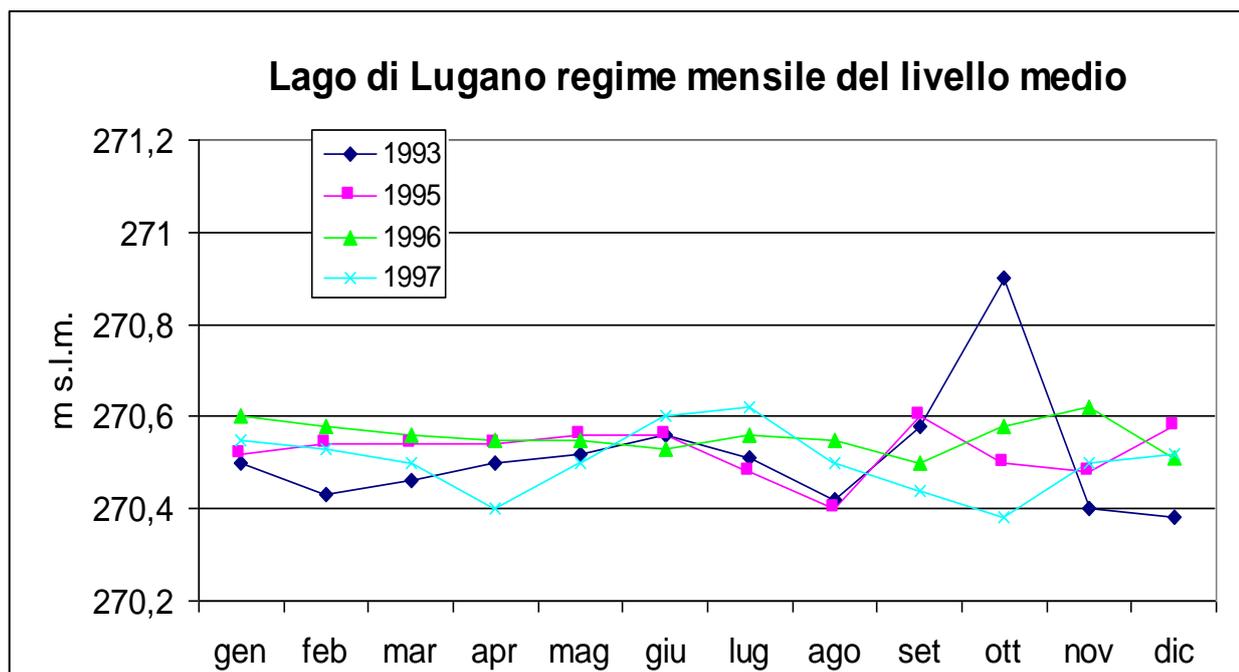
Lago di Lugano, 1995 regime mensile del livello medio e valori estremi



Lago di Lugano, 1996-1997 regime mensile del livello medio e valori estremi



Lago di Lugano, 1993 regime mensile del livello medio e valori estremi



I valori estremi massimi registrati :

1993 – mese di Ottobre	271.4
1995 - mese di Settembre	271.2
1996- mese di Novembre	271.0
1997- mese Giugno –Luglio	271.3

I valori estremi minimi registrati:

1993 – mese di novembre	270.3
1995- mese di Settembre	270.4
1996 mese di Agosto	270.5
1997 mese di Novembre	270.3

Dall'analisi di tali grafici si evince che le oscillazioni del livello lacustre nel Lago di Lugano non sono di entità elevata. Le variazioni tra il valore estremo massimo e quello minimo sono al massimo di 1.10 m corrispondente alla quota di 271.4 m s.l.m. nel periodo 1993-1997.

La variazione è di limitata entità per la presenza dello sbarramento ubicato in territorio Svizzero.

9.2 Regime del livello lacustre 2000

L'altezza media del livello lacustre per il 2000 è stata di m 270.57 m s.l.m. ed è i 8 cm superiore a quella del periodo di riferimento (1965-1999; 270.49 m s.l.m.). Ad eccezione di marzo e giugno il livello idrometrico medio è stato sempre superiore al periodo pluriennale (Fig. 3.2.). In aprile lo scarto ammontava a 14 cm, mentre in ottobre e novembre ha toccato rispettivamente 24.7 e 34.1 cm. Nel corso dell'anno il livello del lago ha fatto registrare la sua pnta massima il 17 ottobre

(271.381 m s.l.m.) ed il minimo il 25 marzo 270.312 m s.l.m.); l'escursione massima per il 2000 è stata di 107 cm.

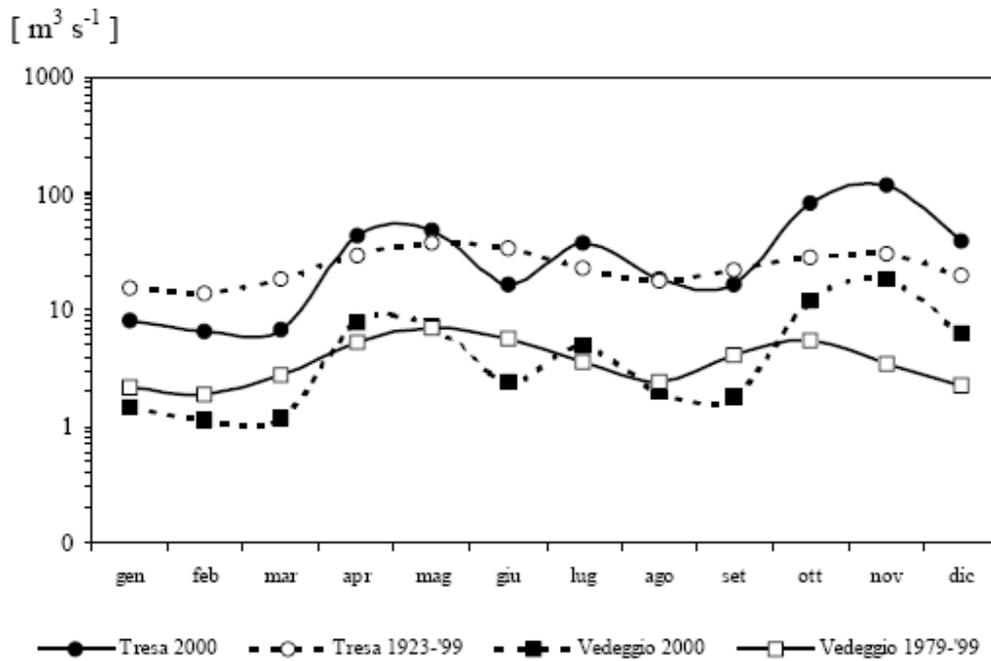
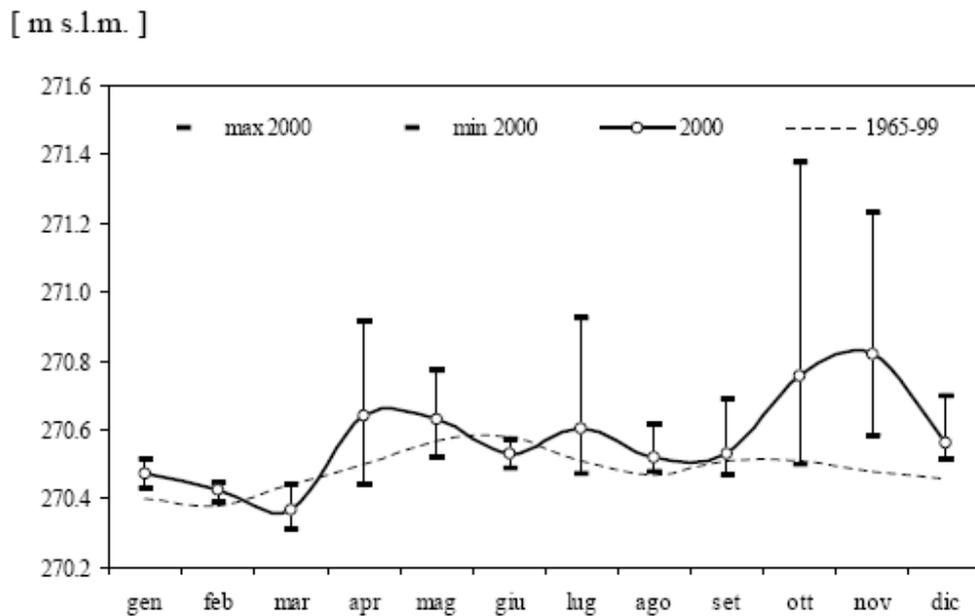


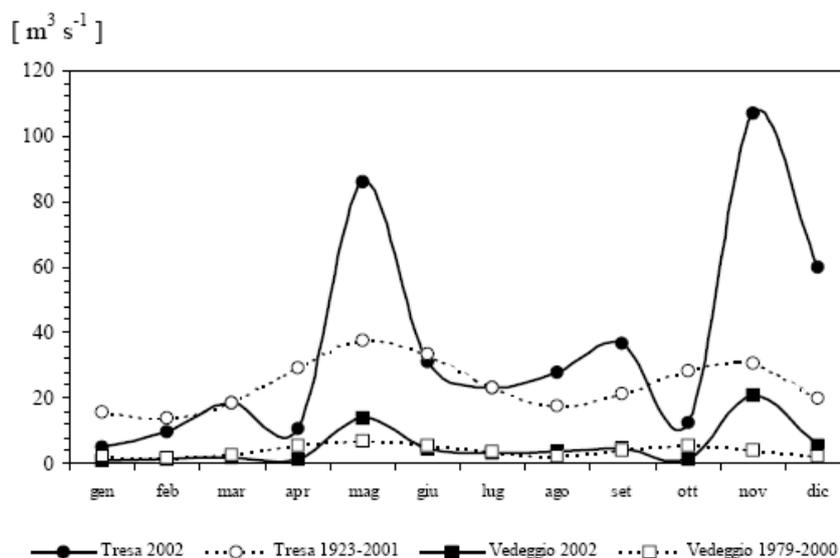
Fig. 3.1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Vedeggio (principale immissario) e confronto con il periodo di riferimento.



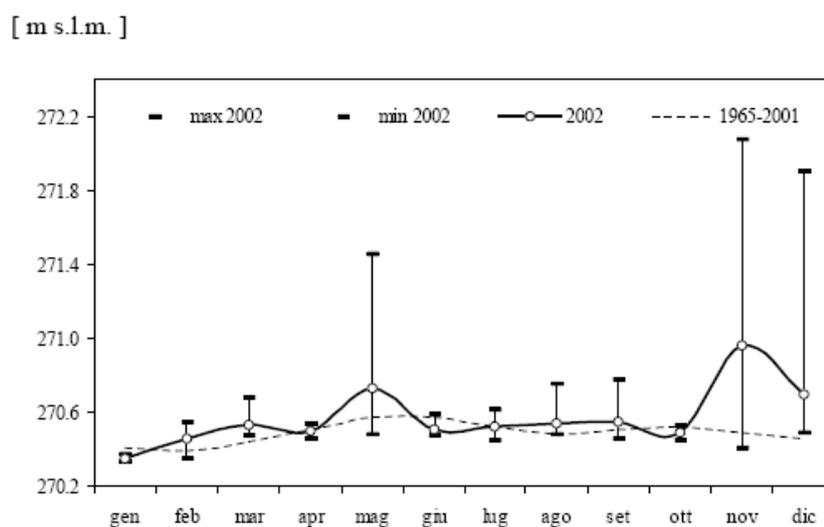
Lago di Lugano, 2000: regime mensile medio (o) e valori estremi (-) del livello lacustre e confronto con il periodo di riferimento.

9.3 Regime del livello lacustre 1998-2002

L'altezza media del livello lacustre nel 2002 è stata di m 270.57 m s.l.m. ed è risultata di 8 cm superiore a quella del periodo di riferimento (1965-2001; 270.49 m s.l.m.). Nel corso dell'anno il livello del lago ha fatto registrare la sua punta massima il 27 novembre con 272.08 m s.l.m., il valore più alto registrato dal 1965, che ha causato l'esondazione del Ceresio. Il minimo è stato misurato il 22 gennaio (270.33 m s.l.m.). L'escursione massima per il 2002 è stata di 175 cm.



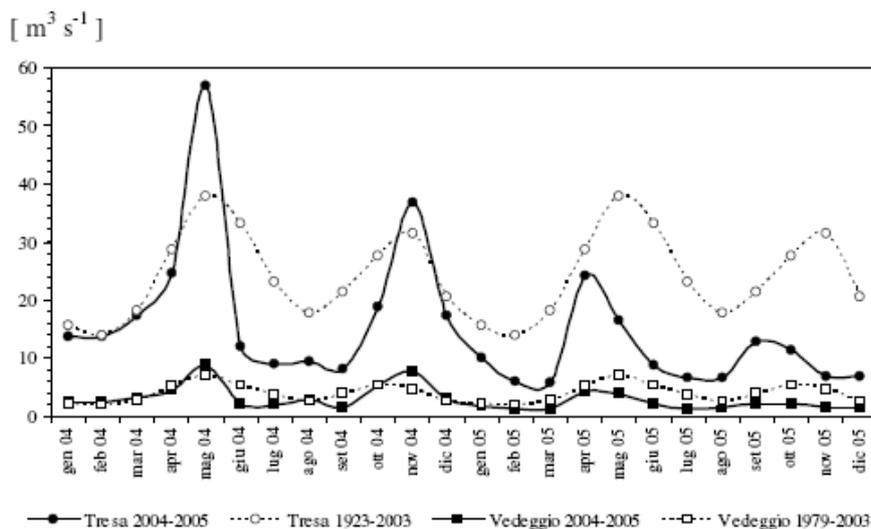
1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Veduggio (principale immissario) e periodo di riferimento.



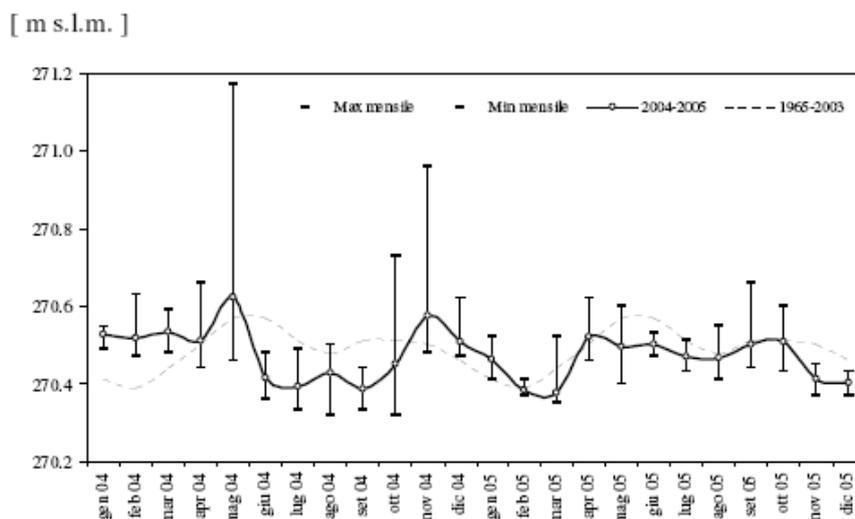
2. Lago di Lugano, 2002: regime mensile medio (o) e valori estremi (-) del livello lacustre e il periodo di riferimento.

9.4 Regime del livello lacustre 2004-2005

L'altezza media del livello lacustre nel 2004 ha toccato 270.49 m s.l.m., valore che coincide con quello del periodo di riferimento, mentre nel 2005 è stata di 270.46 m s.l.m (-3 cm). Il minimo assoluto del biennio è stato registrato il 4 ottobre 2004 con 270.32 m s.l.m.. La punta massima, pari a 271.17, è stata raggiunta il 17 maggio 2004 per cui l'escursione massima corrispondeva 85 cm.



3.1. Regime mensile di deflussi dei fiumi Tresa (emissario) e Vedeggio (principale immissario) nel biennio 2004-2005 e nel periodo di riferimento.



3.2. Lago di Lugano, 2004-2005: regime mensile (o) e valori estremi (-) del livello lacustre, e confronto con periodo di riferimento.

9.5 Considerazioni del livello lacustre 1930-2005

L'analisi delle oscillazioni del livello idrico misurato nel lago di Lugano (Ceresio) negli anni 1930-2005 mostra che le variazioni maggiori si sono verificate nei mesi di Luglio, Settembre ed Ottobre. L'entità di tali variazioni è al massimo di 1.10 m da quota 270.3 m s.l.m. a quota 271.4 m s.l.m. con valore massimo registrato di 272.08 m ms.l.m. (alluvione novembre 2002).

La variazione è di limitata entità per la presenza dello sbarramento ubicato in territorio Svizzero infatti precedentemente alla realizzazione di tale sbarramento le variazioni del lago erano superiori alla quota di 272.08 m s.l.m. come raffigurato nella seguente fotografia dell'alluvione del 1951:



FIG. 2: 1951 alluvione

10.COMMENTO ALLA CARTA IDROGEOLOGICA E DEL SISTEMA IDROGRAFICO

10.1 IDROGRAFIA

Il sistema idrografico presente nel territorio comunale di Porlezza è abbastanza complesso. si possono distinguere tre differenti tipologie di reticoli idrografici.

Il T. Cuccio ed il T. Rezzo sono caratterizzati da un reticolo dendritico ben articolato che si estende su superfici molto ampie da 20 a 60 km² e pertanto sono caratterizzati da elevate portate, entrambi i torrenti attraversano il comune di Porlezza solo nella loro parte terminale sfociando nel lago di Lugano e dando origine a due grossi coni di deiezione.

Il versante sovrastante la Frazione Cima e Via Porto Letizia è caratterizzato da torrenti di limitata estensione (lunghezza massima dell'asta torrentizia 1 Km), spesso impostati lungo linee di debolezza strutturale. Non si tratta di veri e propri torrenti, ma di solchi di ruscellamento concentrato, che raggiungono la massima portata dopo i periodi di intense precipitazioni, trasportando a valle anche del materiale lapideo.

I torrenti presenti lungo i versanti del Monte Calbiga e del Monte Lenno sono caratterizzati da reticoli idrografici semplici, caratterizzati da poche aste. La maggior parte di questi torrenti si presenta asciutto per la maggior parte dell'anno a causa dell'elevata permeabilità del detrito e della roccia sottostante. Le piene sono improvvise e di breve durata con possibile formazione di colate di fango e detriti (debris flow). Generalmente le piene si verificano alcune ore dopo gli eventi piovosi più intensi.

Di seguito verranno analizzati i bacini idrografici più importanti:

Torrente Tremezzolo: il torrente Tremezzolo sviluppa tutto il suo percorso nel comune di Porlezza. Nasce dal Monte di Lenno a una quota media di 1580 m. s.l.m. e sfocia nel lago di Lugano a quota 270 m. Il bacino del torrente Tremezzolo sottende un' area di 3.7 Km², l'asta principale ha una lunghezza di 3.8 km ed è orientata SE-NW. L'ordine gerarchico è basso, si arriva infatti solo al secondo grado. Considerando la sezione di chiusura a quota 270 m, in corrispondenza della foce, è stato calcolato il Tempo di Corrivazione T_c , la Pioggia critica P_c e la portata di massima piena:

$T_c = 0.66$ ore

$P_c = 32$ mm

$Q_{max} = 37$ mc/sec

Torrente Cuccio si tratta del principale bacino idrografico presente nel territorio comunale, nasce in Val Cavargna dal monte Cima Verta a quota 2079 m s.l.m. nel comune di Cavargna e sfocia nel lago di Lugano a quota 270 m s.l.m. nel comune di Porlezza. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico alto. Il reticolo idrografico è subdendritico ed ha decorso principale orientato N-S. Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 270 m, in corrispondenza della foce, l'area sottesa dal bacino è di 60 km², l'asta principale ha una lunghezza di circa 15 km, la quota massima del bacino è di 2245 m, la minima 270 m.



Alla sezione di chiusura situata a quota 272 m è stato calcolato il tempo di corrivazione T_c (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante

rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica P_c (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:

$T_c=2,2$ ore

$P_c=54$ mm

$Q_{max} = 307$ mc\sec



Torrente Cuccio,

Torrente Rezzo : nasce nella Valle di Rezzo dal Monte Cucco (comune di Val Rezzo) a quota 1586 m s.l.m. e sfocia nel lago di Lugano (comune di Porlezza) a quota 272 m s.l.m., ha decorso prevalente diretto NNW-SSE. Si estende su di un' area di 16 kmq, la lunghezza dell'asta principale è di 7 km. L'idrografia del torrente Rezzo è ben articolata (reticolo dendritico) nel primo tratto dove ha un decorso prevalente NW-SE, mentre nell'ultimo tratto scorre in una profonda gola per poi essere incanalato fino alla foce. L'ordine gerarchico è di IV °. Considerando la sezione di chiusura a quota 272 m s.l.m. è stato calcolato il tempo di corrivazione T_c considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica P_c e la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:

$T_c= 1,29$ h

$P_c=46$ mm

$Q_{max}= 120$ mc\sec

Torrente Rezzo



Torrente Gramisciola: il torrente Gramisciola sviluppa tutto il suo percorso nel comune di Porlezza, nasce dal Monte di Calbiga 1691 m s.l.m. e sfocia nel canale Lagadone a quota 286 m. presso il Crotto Caroco. Il bacino del torrente Gramisciola sottende un' area di 2.2 Km², l'asta principale ha una lunghezza di 2.9 km ed è orientata SSE-NNW. L'ordine gerarchico è basso, si arriva infatti solo al secondo grado. Considerando la sezione di chiusura a quota 286 m, in corrispondenza della foce, è stata calcolato il Tempo di Corrivazione T_c, la Pioggia critica P_c e la portata di massima piena:

$$T_c = 0.48 \text{ h}$$

$$P_c = 26 \text{ mm}$$

$$Q_{\max} = 24 \text{ mc/sec}$$

Torrente Granosa: il torrente Granosa sviluppa il suo percorso parte nel comune di Porlezza e parte in quello di Bene Lario., Nasce dal Monte Calbiga a una quota media di 1691 m. s.l.m. e sfocia nel lago di Piano (comune di Carlazzo) a quota 283 m. Il bacino del torrente Granosa sottende un' area di 1.8 Km², l'asta principale ha una lunghezza di 3 km ed è orientata prevalentemente S-N. Questo bacino è formato da tre sottobacini minori Valle Perdono, Valle del Diavolo e Granosa. L'ordine gerarchico è basso, si arriva infatti solo al terzo grado. Considerando la sezione di chiusura a quota 283 m, in corrispondenza della foce, è stata calcolato il Tempo di Corrivazione T_c, la Pioggia critica P_c e la portata di massima piena:

$$T_c = 0.46 \text{ h}$$

$$P_c = 24 \text{ mm}$$

$$Q_{\max} = 19.5 \text{ mc/sec}$$

10.2. RILIEVI DI DETTAGLIO DELLE SORGENTI

Per l'approvvigionamento idrico del comune vengono sfruttate le numerose sorgenti per frattura e due pozzi situati nei depositi fluvioglaciali presenti nella piana. Di seguito si riporta una tabella con le principali caratteristiche relative alle sorgenti censite mentre si rimanda all'appendice 1 per le caratteristiche tecniche e la stratigrafia dei due pozzi

Di seguito si riportano i rilievi di dettaglio delle sorgenti:

Per verificare la situazione attuale delle sorgenti, sono stati eseguiti diversi rilievi, con lo scopo di ricostruire le attuali caratteristiche tecniche delle opere di captazione, il sistema idrogeologico locale, i valori di portata minimi e massimi, e le principali proprietà fisiche delle acque.

Viste le particolari ubicazioni topografiche delle opere di presa, i rilievi sono stati eseguiti in tre particolari località: Cima, Begna, Valle Tremezzolo.

CIMA

In Località Cima sono presenti tre opere di captazione, ubicate nella medesima zona e distanti tra di loro poche decine di metri. Di seguito vengono descritte separatamente le tre opere di presa, e la situazione idrogeologica locale.

Sorgente Cini vecchia 094

Come si osserva dalla Tav. 2, l'area in esame si trova al passaggio tra depositi detritici di versante e depositi glaciali rimaneggiati. Si tratta di terreni costituiti prevalentemente da ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa o limosa, a seconda, rispettivamente, del prevalere della componente detritica di versante o glaciale.

Il substrato roccioso costituito da calcari ben stratificati appartenenti alla nota Formazione del Calcare di Zorzino affiora a 20 m verso Nord dall'opera di captazione.

Nella sezione idrogeologica di dettaglio (Tav.2a) il substrato roccioso tende ad approfondirsi rapidamente al di sotto dei depositi sia detritici che glaciali. L'acqua proveniente da una discontinuità secondaria del substrato roccioso, scorre all'interno dei depositi detritici di versante (caratterizzati da alti valori di permeabilità $K = 10^{-2}$) per poi emergere al contatto con i depositi glaciali. L'opera di captazione realizzata in corrispondenza di un'ampia area pianeggiante è costituita da una struttura di circa 2m² in muratura, e da un vecchio abbeveratoio lungo 7.00 m e largo 0.70 m, limitato superiormente da un muro in pietra e malta per una lunghezza complessiva di circa 8.00 m. Quest'ultimo, funge da opera di sbarramento, quindi di captazione dell'acqua proveniente dalla frattura del substrato roccioso affiorante a poche decine di metri dalla struttura stessa.

All'interno del manufatto è presente una vasca di decantazione di dimensioni 0.74x1.04 m, con un piccolo tubo di troppo pieno alla base per pulizia della vasca dopo forti precipitazioni.



Panoramica opera di captazione 094 – Cinì Vecchia

L'intera struttura si trova ribassata rispetto al piano capagna originario di circa 2.00 m.

Sorgente Cinì nuova e vecchia 095a 095b

Si trovano entrambe allineate alla sorgente 094, da cui distano rispettivamente circa 40 e 60 m verso Est, in corrispondenza di un'area terrazzata, ad una quota media di circa 320.0 m s.l.m.. Litologicamente l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di depositi glaciali rimaneggiati di ridotto spessore (< 1.0 m) e dal substrato roccioso subaffiorante.

Il substrato roccioso presenta le stesse caratteristiche di quello affiorante in corrispondenza della sorgente 094, con giacitura subverticale vergente verso SSW.

Ad una quota di circa 322.0 m s.l.m. è presente una testata d' incisione con risorgenza idrica alla base. L'acqua scorre ad una profondità ridotta (<1.0 m), mentre tende ad affiorare superficialmente soltanto dopo intense precipitazioni.

In corrispondenza di tale morfologia il substrato roccioso è subaffiorante con ridotta copertura detritica ed eluvio colluviale (<0.50 m). L'acqua fuoriesce lungo discontinuità principali dal substrato roccioso per poi approfondirsi velocemente da monte verso valle.

Come si osserva dalla planimetria di dettaglio riportata in Tav. 2a fuori testo, ad una distanza di circa 15 m dalla testata d' incisione, ed ad una quota di circa 315.00 m s.l.m., è presente la prima opera di captazione, costituita dal muro portante di un edificio rurale esistente.



Testata di incisione sorgente 095b

Come si osserva dalla sezione riportata in Tav. 2a, è presente un piano interrato ribassato dal p.c. esistente di circa 2.50 m. Il muro funge da sbarramento principale per le acque sorgive, per poi essere raccolte in una vasca presente all'interno dell'edificio e di dimensioni di 7.50x1.50 m².

L'acqua una volta raccolta viene immessa in un serbatoio esterno all'edificio e completamente interrato.

Dai rilievi eseguiti nel periodo Luglio-Settembre 1999, si è potuto osservare che non tutta l'acqua viene captata dall'opera di presa. Infatti parte di quest'acqua scorre all'interno di un piccolo canale nel piano interrato, per poi immetersi nel torrente che scorre da quota 306.0 m s.l.m. fino alla superficie del Lago di Lugano a quota 270.0 m s.l.m.

La seconda opera di presa si trova ad una quota di circa 317.0 m s.l.m., a circa 8.0 m verso NW dall'edificio rurale.

L'intera struttura, completamente interrata e di dimensioni in pianta di 1.90 x 1.50 m², è ribassata rispetto al p.c. esistente di circa 1.50 m.



Opera di presa 094a – Si osserva a monte dell’opera substrato roccioso affiorante -

L’acqua emerge in corrispondenza di una principale discontinuità all’interno del substrato roccioso, per poi defluire nei depositi superficiali di origine glaciale. Come si osserva dalla sezione idrogeologica di dettaglio riportata in Tav. 2a fuori testo, il substrato roccioso affiora lungo tutta la parete verso monte del versante, mentre verso valle sono presenti depositi detritici e glaciali rimaneggiati.

Il rilievo geologico morfologico di dettaglio eseguito nell’intorno delle opere di captazione esistenti, ha individuato la presenza di numerose altre piccole sorgenti in parte captate e utilizzate da privati, e in parte contribuiscono ad alimentare il piccolo torrente che da quota 306.0 m s.l.m. defluisce verso valle fino ad incontrare la superficie del lago di Ligano a quota 270.0 m s.l.m.

In particolare si segnalano numerose risorgenze idriche in corrispondenza dell’edificio denominato “Baita Consuelo”, ubicato a circa 40 m verso SW dalla sorgente 095b.

BEGNA

In Località Begna, le due opere di presa si trovano a monte del vecchio nucleo urbano ad una quota rispettivamente di circa 430 e 462 m s.l.m. Si tratta di due opere di presa differenti; la prima “Begna 092a” è una galleria filtrante all’interno del substrato roccioso, mentre la seconda è una risorgenza idrica superficiale dell’acqua all’interno dei depositi glaciali.

Begna 092a

Si trova ad una quota di 430 m s.l.m., all’interno di un’avvalimento, delimitata a monte dal substrato roccioso subaffiorante, e verso valle dai depositi glaciali rimaneggiati dalle acque superficiali. L’opera di presa è costituita da una galleria che attraversa per un certo tratto i depositi glaciali, per poi immettersi direttamente all’interno del substrato roccioso.



Particolare interno presa 092a – Si osserva la galleria filtrante -

La galleria presenta una lunghezza complessiva in pianta di 12.0 m, di cui 4.0 m in deposito e 8.0 m in substrato roccioso.

L'acqua nasce all'interno di una frattura nel substrato roccioso, per poi scorrere lungo il canale esistente e successivamente raccolta in una piccola vasca di dimensioni di 1.55x1.55 m².

Dalla vasca è presente un tubo che convoglia le acque al bacino di raccolta ubicato a circa 70 m verso SW a quota 424 m s.l.m.

Begna 092b

Si trova ad una quota di 462 m s.l.m., alla base di una struttura di sostegno in pietra di altezza massima da p.c. esistente di 2.00 m.

Il muro di sostegno funge da sbarramento all'acqua, che viene successivamente raccolta in una piccola vasca di dimensioni 1.0x1.0 m².



Opera di presa 092b – Si nota la struttura in muratura –

Come si osserva dalla sezione idrogeologica di dettaglio l'acqua proviene più a monte dal substrato roccioso e tende a scorrere all'interno dei depositi glaciali esistenti.

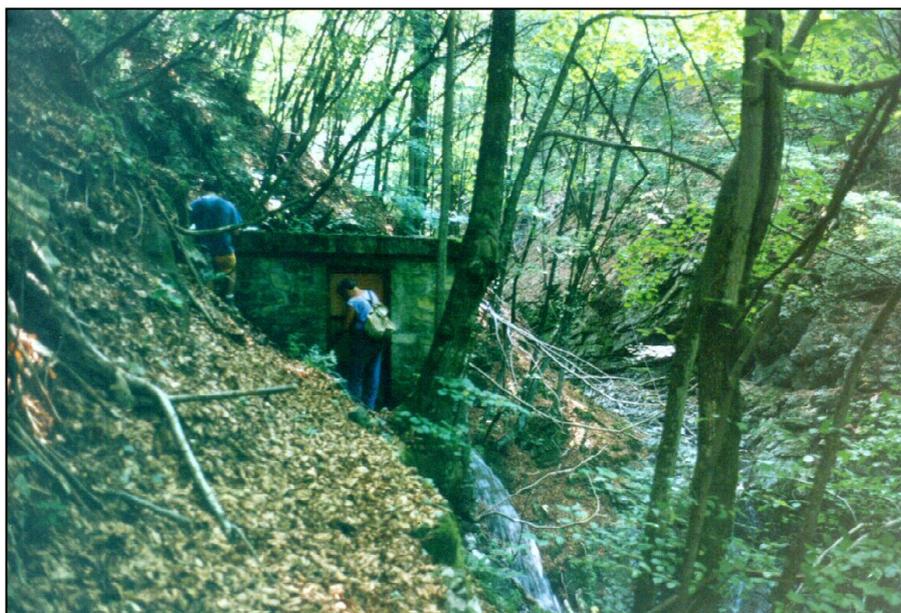
VALLE TREMEZZOLO

E' la principale sorgente del territorio comunale di Porlezza, ubicata in Località Costa delle Baite, a quota 964.00 m s.l.m. in sponda idrografica destra del Torrente Tremezzolo.

L'opera di captazione si trova su un bastione di roccia a picco sulla forra del torrente, in un'area boscata e fortemente acclive (pendenze superiori a 60%).

Come si osserva dalla planimetria e dalla sezione idrogeologica di dettaglio l'area è caratterizzata dalla presenza del substrato roccioso affiorante o ricoperto da un ridotto spessore di deposito eluvio-colluviale (< 0.30 m).

L'opera di presa è costituita da una struttura in c.a. di dimensioni in pianta di 3.90x3.00 m² che si eleva a 2.00 m. All'interno sono presenti due vasche di dimensioni 1.00x1.00 m², separati da una piccola soglia avente larghezza 0.30 m e altezza 0.25 m dal pelo libero dell'acqua.



Opera di presa 091 – Costa delle Baite -

L'acqua proviene all'interno di un torrente carsico nel substrato roccioso, affiorante sulla parete di monte dell'opera di presa.

Nel territorio comunale di Porlezza sono state individuate altre piccole sorgenti che di seguito vengono illustrate brevemente.

Sorgente 097: In condizioni di non alimentazione, si trattava di una piccola risorgenza idrica al contatto tra substrato roccioso e deposito detritico, ubicata a quota 510 m s.l.m. in Località Cima. In seguito ad una ricerca idrica eseguita dal comune nei primi anni 60, è stato realizzato uno scavo profondo 4.00 m con conseguente perdita della sorgente.

Sorgente 100: E' ubicata a quota 920.0 m s.l.m. a valle del crinale della Località Alpe Di Cima. Si tratta di una piccola sorgente per fratturazione secondaria del substrato roccioso. Utilizzata in passato come abbeveratoio per le capre attualmente dismessa. Si tratta comunque di una sorgente stagionale e di ridotta portata.

Sorgente 093a: In località Mulino è presente una piccola sorgente, attualmente non collegata all'acquedotto comunale. Si tratta di una piccola sorgente stagionale, proveniente da una frattura secondaria dal substrato roccioso affiorante lungo tutto il versante di monte.



Opera di presa 093a – Località Mulino –

Sorgente 093b: E' ubicata sopra l'abitato della Località Palo a quota 440 m s.l.m. Si tratta di un trabocco a contatto tra substrato roccioso e depositi glaciali. Sorgente fortemente stagionale e di ridotta portata, e data la posizione topografica facilmente inquinabile.

10.3 IDROGEOLOGIA

Tutela e disponibilità delle risorse idriche sono fattori legati al rispetto ed alla protezione della qualità delle acque sia sotterranee (acquiferi) sia superficiali (reticolo idrografico e bacini lacustri), responsabili della loro ricarica. La vulnerabilità o potenzialità all'inquinamento di un acquifero o di una falda dipendono quindi dalla presenza di potenziali fonti di inquinamento (solitamente antropiche), dalla profondità e protezione della falda, ossia dallo spessore e permeabilità dei terreni di copertura e acquiferi (presenza o meno di depositi, livelli orizzonti a bassa conducibilità idraulica).

Le fonti di potenziale inquinamento sono quindi generalmente legate alla presenza degli abitati, delle attività agricole ed industriali e dall'efficienza della rete fognaria.

Il flusso idrico sotterraneo, disposto ortogonalmente alle isopiezometriche è diretto a scala territoriale da ENE (Carlazzo) verso WSW ed il Ceresio, ove la superficie piezometrica si raccorda con la superficie del lago; le quote piezometriche variano da circa 284 m s.l.m. in loc. Lago di Piano a 270 m s.l.m. circa in prossimità del Ceresio. Il gradiente idraulico della falda assume valore massimo pari a circa 8-9 ‰ nella porzione di piana ricadente in comune di Carlazzo e nella porzione apicale destra del conoide del T. Cuccio; procedendo verso l'area di progetto il gradiente medio dapprima diminuisce progressivamente fino al 2 ‰, poi subisce un incremento al 2 ‰ verso il raccordo con il lago.

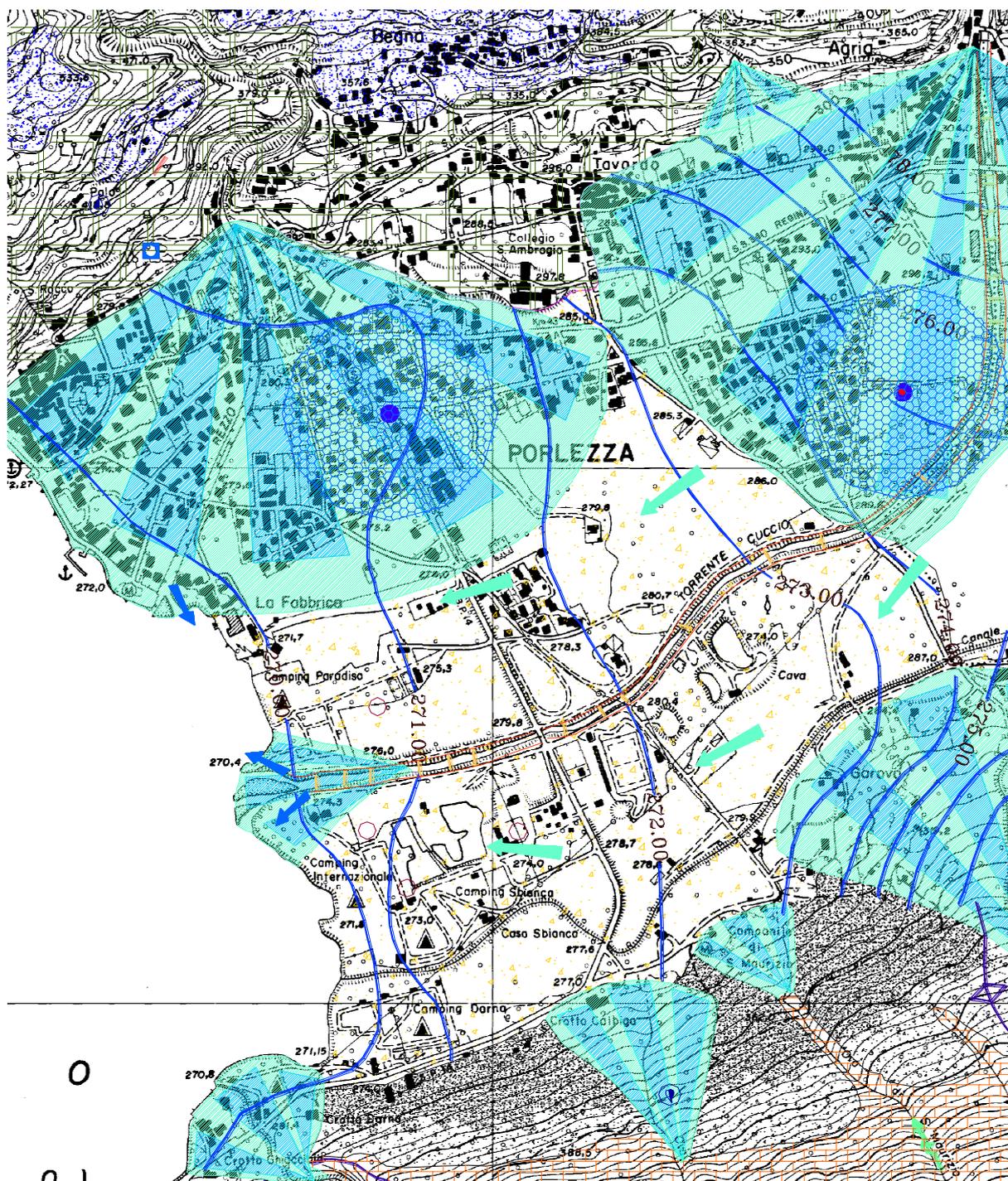
STRUTTURA IDROGEOLOGICA

La carta idrogeologica è stata redatta alla scala 1:10.000 basandosi sulle caratteristiche litologiche dei depositi superficiali e del substrato roccioso oltre che sull'assetto strutturale dell'area in esame. La suddivisione in unità è stata fatta basandosi sul concetto di permeabilità. *I terreni in oggetto presentano una **permeabilità buona**.*

In questa classe rientrano i depositi fluvio-glaciali e alluvionali indistinti, costituiti da ghiaie, sabbie con ciottoli con scarsa matrice fine. Questi depositi pur essendo parzialmente alterati nella porzione superficiale sono comunque delle buone vie per l'infiltrazione dell'acqua. Si tratta di un'importante zona di ricarica degli acquiferi comprendente la fascia pedemontana in corrispondenza dei depositi di conoide e delle falde detritiche, la natura grossolana di questi depositi permette una facile infiltrazione delle acque in profondità. Raggiunto il substrato roccioso rappresentato nella porzione più basse da formazioni impermeabili, come le argilliti di Riva del Solto, l'acqua scorre al contatto tra depositi permeabili e substrato impermeabile andando a ricaricare la falda presente nella piana di Porlezza.

Nella piana prevalgono depositi fluvio-glaciali e alluvionali caratterizzati da una granulometria media-grossolana (sabbie e ghiaie), che costituiscono un cospicuo serbatoio a falda libera i cui deflussi sotterranei sono diretti NE-SW dal lago di Piano verso il Lago di Lugano. Questa falda oltre ad avere un'alimentazione profonda riceve direttamente anche le acque meteoriche e quelle di superficiali, pertanto il suo grado di vulnerabilità è molto elevato. Correlando i dati relativi alla distribuzione dei depositi superficiali con le stratigrafie dei pozzi, le misure freaticometriche, e gli scavi d'assaggio è stato ricostruito l'andamento delle falda in profondità.

Localmente in prossimità del torrente Cuccio e del Torrente Rezzo, le linee isopiezometriche tendono a curvare per l'influenza esercitata da questi importati torrenti sulla falda.



Estratto carta idrogeologica – Scala 1: 10.000

La carta idrogeologica (Tav. 3) è stata redatta alla scala 1:10.000 basandosi sulle caratteristiche litologiche dei depositi superficiali e del substrato roccioso oltre che sull'assetto strutturale dell'area in esame. La suddivisione in unità è stata fatta basandosi sul concetto di permeabilità.

La permeabilità è la proprietà che hanno i diversi litotipi a lasciarsi attraversare dall'acqua quando questa è sottoposta a un certo carico idraulico. I litotipi permeabili sono quelli in cui, nelle condizioni naturali di pressione, le acque si muovono a velocità tale da essere utilmente captate. Si distinguono due tipi di permeabilità: per porosità e per fessurazione.

La permeabilità per porosità è tipica dei materiali sciolti o semicoerenti che contengono tra i granuli numerosi vuoti comunicanti che permettono la migrazione dell'acqua. Si tratta di una proprietà intrinseca del litotipo che dipende dalla granulometria e dal grado di addensamento.

La porosità per fessurazione è tipica dei materiali coerenti o compatti ed è determinata dalla litologia (conglomerato, arenaria ecc.) e dalla permeabilità che deriva dalla fratturazione dell'ammasso (presenza di stratificazione più o meno marcata, grado di cementazione, faglie, fessure ecc.).

Data la vastità dell'area ed il tipo di lavoro richiesto (componente geologica di supporto al PRG) la suddivisione del territorio comunale in unità a diversa permeabilità e le considerazioni idrogeologiche sono comunque di tipo qualitativo rimandando a studi di dettaglio per i problemi specifici.

Nella carta idrogeologica sono state distinte quattro classi con diverso grado di permeabilità:

Unità I: rocce a permeabilità elevata: sono rocce prevalentemente calcaree o dolomitiche, massicce o stratificate in grossi banchi, dove per fatturazione o carsismo risulta una elevata permeabilità secondaria. Nell'area in oggetto questa classe comprende la Dolomia Principale ed il Calcarea di Zorzino, affioranti lungo i versanti meridionali del Monte Bronzone e delle Cime di Bronzone.

Unità II: rocce a permeabilità media: unità costituita da calcari e calcari dolomitici, ben stratificati. Rientra in questa unità il Calcarea di Zu, il Calcarea di Moltrasio e la Dolomia Conchodon.

Nei terreni si considera invece la permeabilità primaria, ed essi sono suddivisibili in quattro classi

Unità I : terreni con permeabilità elevata: rappresenta terreni superficiali incoerenti e grossolani, depositi versante, falde detritiche e coni di deiezione. E' costituita da ghiaie anche grossolane, e sabbie con clasti centimetrici più o meno spigolosi. Questa unità è molto importante perché avendo un elevata permeabilità facilita l'infiltrazione delle acque, favorendo la ricarica della falda superficiale.

Unità II : terreni con permeabilità buona: in questa classe rientrano i depositi fluvio-glaciali e alluvionali indistinti, costituiti da ghiaie, sabbie con ciottoli con scarsa matrice fine. Questi depositi pur essendo parzialmente alterati nella porzione superficiale sono comunque delle buone vie per l'infiltrazione dell'acqua.

Unità III : terreni con permeabilità media: in questa classe rientrano depositi glaciali quaternari: formati da accumuli morenici a granulometria eterogenea, talora misti a detriti di falda, con abbondante matrice fine.

Attraverso l'esame dei settori con permeabilità più elevata si possono definire le aree dove avviene principalmente l'infiltrazione delle acque superficiali e la ricarica degli acquiferi, ma solo l'analisi delle strutture idrogeologiche permette di comprendere i meccanismi di circolazione delle acque sotterranee e l'entità delle risorse.

Le principali strutture idrogeologiche del comune di Porlezza sono costituite dai massicci carbonatici del Monte Calbiga, del Monte Lenno, del Monte Bronzone e delle Cime di Bronzone. La roccia calcarea che costituisce queste montagne sia per la sua estensione che per la sua intensa carsificazione e fratturazione favorisce l'infiltrazione delle acque superficiali in profondità.

L'acqua infiltrandosi si accumula saturando fratture e condotti carsici presenti nell'ammasso roccioso e costituendo così la maggior riserva idrica della zona.

Un'altra importante zona di ricarica degli acquiferi è la fascia pedemontana in corrispondenza dei depositi di conoide e delle falde detritiche, la natura grossolana di questi depositi permette una facile infiltrazione delle acque in profondità. Raggiunto il substrato roccioso rappresentato nella porzione più basse da formazioni impermeabili, come le argilliti di Riva del Solto, l'acqua scorre al contatto tra depositi permeabili e substrato impermeabile andando a ricaricare la falda presente nella piana di Porlezza.

Nella piana prevalgono depositi fluvioglaciali e alluvionali caratterizzati da una granulometria media-grossolana (sabbie e ghiaie), che costituiscono un cospicuo serbatoio a falda libera i cui deflussi sotterranei sono diretti NE-SW dal lago di Piano verso il Lago di Lugano. Questa falda oltre ad avere un'alimentazione profonda riceve direttamente anche le acque meteoriche e quelle di superficiali, pertanto il suo grado di vulnerabilità è molto elevato. Per la salvaguardia delle riserve idriche del territorio comunale è consigliabile una generale protezione dei bacini di alimentazione delle sorgenti e della falda, ed in particolare la definizione di una fascia di sicurezza basata su criteri idrogeologici attorno ai pozzi idropotabili. (B.U.R.L. 1 agosto 1996 2° suppl. straord. al n.31) e non solo definendo un raggio di sicurezza di 200m attorno al pozzo.

Correlando i dati relativi alla distribuzione dei depositi superficiali con le stratigrafie dei pozzi, le misure freatiche, e gli scavi d'assaggio è stato ricostruito l'andamento della falda in profondità (vedasi carta idrogeologica Tav.3). Localmente in prossimità del torrente Cuccio e del Torrente Rezzo le linee isopiezometriche tendono a curvare per l'influenza esercitata da questi importati torrenti sulla falda.

11.CARTA LITOLOGICA E DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO

La carta litologica e della dinamica geomorfologica di dettaglio è stata redatta in scala 1:2.000 basandosi sui rilevamenti eseguiti dagli scriventi nei mesi di Giugno-Settembre 1998 integrati con la foto interpretazione, e con i dati desunti dalla cartografia di base. In questa carta sono stati descritti i processi geomorfici evidenziandone lo stato (quiescente, inattivo, attivo) e le litologie presenti nel territorio suddividendo i depositi superficiali dal substrato roccioso affiorante.

Per forme attive si intendono quelle prodotte da processi in atto nel periodo di rilevamento o ricorrenti a cicli brevi. Le forme quiescenti sono quelle per le quali esistono evidenze geomorfologiche o testimonianze storiche di funzionamento nell'attuale sistema morfoclimatico, che possono riattivarsi, mentre le forme inattive sono quelle sviluppatesi in condizioni morfoclimatiche diverse dall'attuale (es. durante l'era glaciale) o che pur prodotte nell'attuale sistema morfodinamico, hanno terminato la loro evoluzione.

11.1 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

La sintesi degli elementi cartografati, ai fini dell'analisi morfodinamica è di seguito descritta secondo lo schema di legenda:

Substrato lapideo: nella carta geomorfologica le formazioni rocciose costituenti il substrato roccioso sono rappresentate indifferenziate e solo dove realmente affioranti o dove coperte da un sottile strato di alterazione.

Depositi superficiali: sono caratterizzati da una morfologia di accumulo propria e vengono distinti in base ai processi che li hanno generati. In questa carta sono stati distinti :

* *depositi conoide alluvionale e misti* formano dei ventagli in corrispondenza del raccordo tra area pianeggiante e zone montuose. Si formano in seguito al trasporto di materiale ad opera delle acque torrentizie ed in alcuni casi anche per la concomitante azione della forza di gravità, soprattutto alla base di canali. Nella Tav. 4 sono stati evidenziati i depositi alluvionali di conoide attiva, quiescente e inattiva.

* *depositi alluvionali e fluvioglaciali indistinti* costituiscono le aree pianeggianti più depresse dando origine ad un' ampia valle delimitata da versanti montuosi assai acclivi.

* *depositi morenici* danno origine ad estesi ripiani pianeggianti fino a quota 1300 m, testimoniando l'altezza a cui sono arrivati i ghiacciai in epoca quaternaria

* *depositi di versante* sono presenti in modo discontinuo alla base dei versanti, danno origine a delle falde detritiche aventi inclinazioni elevate, parzialmente colonizzate dalla vegetazione, ma ancora instabili, soprattutto lungo le pendici del monte Lenno. Sopra la loc. Punta Smeralda tra le quote 284 e 350 m sono presenti blocchi rocciosi cementati riconducibili ad antiche frane.

* *depositi eluvio-colluviali*: costituiscono una coltre discontinua di materiale lapideo frammisto a materiale terrigeno al di sopra del substrato roccioso tra le frazioni di Tavordo e Begna e sopra Via Porto Letizia.

* *depositi lacustri* formano una limitata area pianeggiante, depressa, in prossimità del lago di Piano, sono caratterizzati dalla presenza della falda freatica subaffiorante e dalla presenza di vegetazione igrofila

Per maggiori dettagli riguardo alla costituzione di questi depositi si rimanda al paragrafo 4 "commento alla carta geologico-strutturale".

11.2 PROCESSI GEOMORFOLOGICI

Forme e processi legate alle acque correnti superficiali

Sono forme derivate dal modellamento sia per erosione che accumulo delle acque correnti superficiali, (torrenti, ruscelli, acque non incanalate ecc.)

Depositi alluvionali di conoide: sono forme di accumulo alluvionale a forma di ventaglio più o meno ampio, formatesi allo sbocco dei torrenti sulla piana di Porlezza. Sono dovuti al brusco cambio di pendenza che determina l'abbassamento della velocità dei corsi d'acqua e quindi la capacità di mantenere in carico del materiale detritico. Tra questi si ricorda che esistono dei depositi

attivi, cioè che tuttora sono in fase di accrescimento come i depositi di conoide del torrente di Valle della Madonna, del torrente Granosa e di quello adiacente, del torrente Rezzo e del Torrente Cuccio in prossimità delle rispettive foci. Altri depositi di conoide sono invece quiescenti, potrebbero cioè riattivarsi, tra questi si ricordano i depositi alluvionali di conoide del torrente Gramisciola, del T. San Maurizio e del T. Cugnolo. Per maggiori dettagli si rimanda alla Tav 4.

Debris flow: indica una corrente torbida, con detrito e fango dove l'acqua ha il ruolo di fluidificante, col risultato di produrre una massa detritica in movimento. Queste colate con trasporto in massa se associate ad un'elevata pendenza dell'asta possono raggiungere elevate velocità con effetti distruttivi per urto ed erosione di notevole potenza. La messa in moto di queste colate richiede il concorso di alcune condizioni: la presenza di un ammasso detritico non stabilizzato, un'elevata inclinazione del pendio e la presenza di acqua. Fenomeni di questo tipo si sono verificati alla fine di Giugno e ai primi di Settembre lungo l'alveo del torrente Granosa e di quello immediatamente a fianco, provocando l'interruzione della strada per Selva Ghirlanda, l'approfondimento dell'alveo fino a raggiungere il substrato roccioso, con la formazione di scarpate in erosione accelerata aventi anche altezze superiori a 5 m. e il trasporto di circa 2000-3000 mc di materiale detritico presso il campeggio O.K. La presenza di materiale detritico lungo il pendio a quota 850-900 m s.l.m. ed in alveo per precedenti depositi è stato riattivato dalle intense piogge avvenute poche ore prima dell'innescarsi dell'evento franoso.



Interruzione della strada per Selva Ghirlanda a causa del debris flow di fine Giugno 1998

Orlo di scarpata fluviale: indica l'orlo della scarpata che delimita la forra dei torrenti San Abbondio, Tremezzolo, Rezzo e Cuccio. Questa scarpata ha generalmente un'altezza superiore a 5 m.

Tracce di ruscellamento diffuso (attive): sono forme conseguenti all'azione delle acque di scorrimento superficiale, non incanalate, sono costituite da serie di rivoli conseguenti a periodi di intense precipitazioni o allo scioglimento delle nevi. Sono state riconosciute lungo tutta la fascia in sovrastante Via Porto Letizia e la frazione Cima. Causano lacerazione del manto erboso, erosione del suolo ed infiltrandosi nelle fratture della roccia fenomeni di disgregazione.

Solco di ruscellamento concentrato : si tratta di solchi dove si raccolgono le acque superficiali e di risorgenza idrica per il progressivo approfondimento di rivoli dovuto al graduale aumento della concentrazione del flusso idrico entro linee preferenziali. Si produce così un'incisione a solchi che, una volta innescata, si evolve rapidamente approfondendosi, ed allungandosi, con progressivo arretramento. Sono localizzati nella fascia sovrastante Via Porto Letizia e nella frazione Cima.

Erosione di sponda: forme di erosione collegate alla dinamica fluviale e torrentizia, in particolare legate ai periodi di piena quando la velocità e la forza della corrente sono maggiori. Questo fenomeno si verifica lungo il corso di tutti i torrenti presenti nel territorio comunale tranne per le porzioni inalveate. Si segnalano numerosi orli di scarpata d'erosione torrentizia attivi con altezze fino a 5 m ed evidenti fenomeni erosivi in atto in corrispondenza del torrente Tremezzolo, Granosa e di quello immediatamente a fianco.

Paleoalveo: si tratta di tracce di un antico corso fluviale, dovute alla divagazione dei torrenti nella piana alluvionale. Durante i vari stadi di vita di un torrente il corso del torrente può cambiare il suo tragitto abbandonando un precedente alveo per impostarsi in uno nuovo, in genere questo si verifica durante i periodi di piena. Una traccia di paleoalveo con evidenze morfologiche è ben visibile tra la foce del torrente Cuccio e del torrente Rezzo.

Possibile occlusione alveo: si segnala la possibilità di una limitata occlusione dell'alveo causata dalla presenza di grossi massi, tronchi e ramaglia caduti nell'alveo in seguito a fenomeni erosivi lungo la sponda nella frazione di Cima a quota 296 m ed in corrispondenza del torrente che a quota 300 m si getta nel Tremezzolo.

Forra torrentizia in erosione: sono alvei torrentizi nei quali si verifica intensa erosione lineare e laterale, che raggiunge ed incide il substrato roccioso, formando stretti valloni, delimitati da scarpate. La causa di queste erosioni accelerate sono sia la locale tettonizzazione che rende la roccia più facilmente degradabile, sia il notevole salto morfologico che i torrenti devono superare per raggiungere il loro livello di base rappresentato dalla Valle di Porlezza. Questa morfologia si osserva lungo il torrente che scende dalla valle di San Abbondio, T. Rezzo (loc. Mulino), lungo il T. Granosa, e quello immediatamente a fianco



Torrente Rezzo presso la località Mulino

Sfondamento d'argine: in prossimità del campeggio internazionale lungo, il torrente Cuccio durante i periodi di piena si possono verificare fenomeni di sfondamento dell'argine in terra costruito a difesa del medesimo campeggio.

Piana di esondazione: area interessata da esondazioni durante i periodi di piena eccezionali dei torrenti Rezzo e Cuccio. è localizzata in prossimità delle foci dei due torrenti.

Alveo a fondo piatto: i torrenti Cuccio e Rezzo nella valle di Porlezza sono caratterizzati da alvei a fondo piatto con una ampiezza massima di 20 m.

Area periodicamente allagata: si tratta di aree allagate dopo periodi caratterizzati da frequenti ed intense precipitazioni. Queste aree sono localizzate lungo il torrente San Abbondio in prossimità della vasca di trattenuta ed in corrispondenza di Via Porlezza, poco prima che il torrente venga rintubato.

Barre fluviali: lungo il torrente Cuccio sono presenti diverse barre, sono isole emerse costituite da materiale fluviale (ghiaie e ciottoli) depositato nei punti in cui si ha diminuzione della velocità della corrente e ben visibile durante i periodi di magra.

Forme e processi legati all'azione della gravità

Sono forme di erosione dei versanti a causa dell'azione della gravità e secondariamente delle acque superficiali:

Piccole frane non fedelmente cartografabili si tratta di frane di piccola entità collegate a fenomeni di colamento e scivolamento della coltre superficiale per spessori massimi compresi tra 1.0\3.0 m presenti in loc. Begna e poco sopra il Crotto della Ghiacciai al limite con il territorio comunale di Claino con Osteno.



Loc. Mulino(frazione di Begna) piccola frana per colamento superficiale

Blocchi rocciosi instabili (quiescente) tra quota 310 m e 329 m sopra Via Porto Letizia, a circa 30 m dal sentiero che sale verso il pascolo delle capre è stata rilevata la presenza di alcuni blocchi instabili di dimensione metrica, si tratta di speroni rocciosi calcarei fortemente fratturati. Altri blocchi rocciosi instabili sono stati rilevati nella frazione di Cima lungo il pendio a fianco della Valle della Madonna e nella frazione di Agria a monte di Via Corrado Giulio Venini.

Distacco di blocchi rocciosi: durante il rilievo geologico effettuato nel periodo giugno-settembre sono state rilevate evidenze di caduta di blocchi rocciosi nella frazione di Agria e lungo Via Porto Letizia, in entrambi i casi si tratta di blocchi di dimensioni ridotte, inferiori a 0.50 mc, di recente caduta. Al contrario in corrispondenza del Crotto Ghiacciaia sono presenti due massi di almeno 1 mc caduti alcuni anni fa, prima della realizzazione del vallo paramassi.



Masso caduto nei pressi del Crotto Ghiacciaia

Substrato fortemente fratturato con zone di distacco massi (quiescente) in corrispondenza delle zone di debolezza strutturale è stata rilevata la presenza di un substrato roccioso con fratture più evidenti, leggermente aperte e con spazature più frequenti rispetto alle altre zone. Le aree in cui sono state riconosciute le principali linee di debolezza strutturale sono sopra Via Porto Letizia in corrispondenza del canale che scende fino alla palestra di roccia lungo la fascia situata in sinistra idrografica rispetto al medesimo canale per un'ampiezza di circa 100 m, lungo l'impluvio a monte della Valle Vivaio.

Forme glaciali

Sono forme dovute al modellamento ad opera dei ghiacciai durante le diverse fasi di espansione e ritiro nel periodo Quaternario.

Massi erratici sono blocchi rocciosi presenti sulla superficie topografica trasportati dal movimento dei ghiacciai durante la fase di avanzamento e depositati durante la fase di ritiro. In tutto il territorio comunale sono visibili numerosi massi erratici fino a quota 1100-1200 m s.l.m. Si ricorda in particolare che a quota 429 m s.l.m. sopra Via Porto Letizia è stata rilevata la presenza di un masso erratico di notevoli dimensioni, circa 20 m³, a testimonianza dell'intensa attività glaciale che ha caratterizzato l'intera area durante il periodo Quaternario.



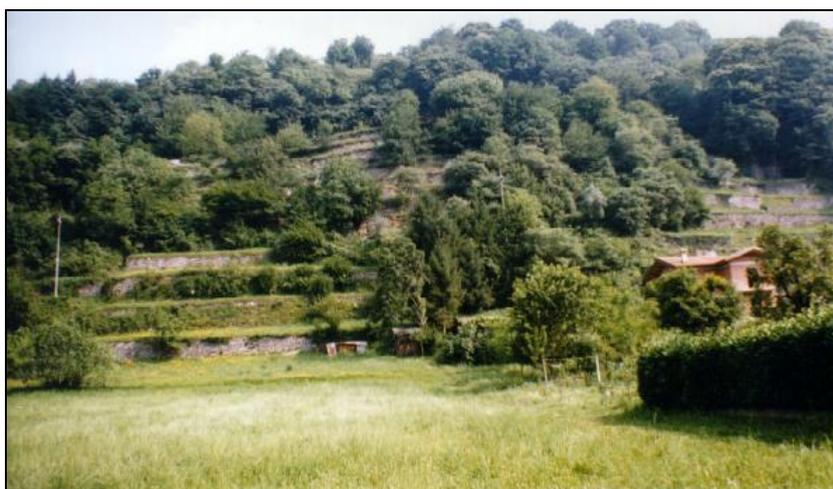
Masso erratico di natura metamorfica sopra Via Porto Letizia

Orlo di terrazzo glaciale : indica l'orlo della scarpata o il salto morfologico che delimita i terrazzi formati ad opera dei ghiacciai nel Quaternario. Terrazzi glaciali sono presenti tra le loc. Tavordo e Begna a quota 380 e 430 m s.l.m. e in loc. Cavron a quota 400 m s.l.m.

Forme antropiche

Sono forme legate all'intervento dell'uomo.

Terrazzamenti con muri a secco: indica l'orlo della scarpata che delimita i terrazzi realizzati nel tempo dall'uomo per coltivare la terra, prendono anche il nome di terrazzamenti agrari. La maggior parte di questi terrazzi è sostenuta da muretti a secco aventi un'altezza variabile da 0.50 m a 2.5 m, costruiti in passato per recuperare dei terreni coltivabili lungo le zone impervie. Caratterizzano prevalentemente i versanti più soleggiate, sono presenti infatti a monte di Porto Letizia, in loc. San Rocco, nelle frazioni di Cima, Tavordo e Begna fino a quota 400 m s.l.m.



Terrazzi antropici sostenuti da muri a secco tra Agria e Tavordo

Opere di difesa: barriere paramassi, betoncino spruzzato e vallo paramassi: lungo Via Porto Letizia, alcuni tratti delle pareti rocciosi sovrastanti la strada sono state stabilizzate spruzzando del

betoncino, avente uno spessore di alcuni centimetri. Tuttavia attualmente a causa delle percolazioni d'acqua tra betoncino e roccia si ha un parziale distacco di porzioni di betoncino.

Sempre nella stessa zona è stata realizzata una barriera paramassi avente un'altezza di 1 m e una lunghezza di 100 m. Tale barriera si trova in stato di totale abbandono e fatiscente.

Un'altra barriera paramassi di recente costruzione ed in buono stato è stata messa in opera al confine con il comune di Claino con Osteno, lungo la strada Claino con Osteno. Poco distante presso il Crotto ghiacciaia è stato realizzato un vallo paramassi a difesa del Crotto e della sottostante strada.



Loc. crotto Ghiacciaia: vallo paramassi

Opere di sbarramento fluviale: si tratta di soglie di fondo in cls trasversali all'alveo, costruite lungo gli alvei dei torrenti Rezzo e Cuccio, con lo scopo di ottenere una stabilizzazione del fondo. Le soglie sono costruite in cls e hanno una lunghezza di circa 10 m e una larghezza di circa 1 m di tali opere.

Opere di difesa fluviale vasche di trattenuta: al fine di salvaguardare l'area antistante il camping O.K. è stata costruita una vasca di trattenuta a quota 326 m .s.l.m. allo sbocco del torrente che scorre a fianco del torrente Granosa. La vasca realizzata con gabbioni in acciaio riempiti di materiale detritico ha lo scopo di trattenere il materiale trasportato a valle dalle colate fango e detriti (debris flow) durante le alluvioni. Si ritiene importante sottolineare che tali manufatti richiedono una continua manutenzione, pulizia e controllo della gaveta, asportazione di tronchi e del materiale in eccesso.

Un'altra piccola vasca di trattenuta in cls è presente anche a quota 300, dove il torrente che scende dalla Valle dell'Abbondio si raccorda alla pianura. Si tratta di una vasca di dimensioni molto ridotte che permette l'accumulo di detriti prima che il torrente venga intubato.



Vasca di trattenuta a quota 326 m, dopo il debris flow di Giugno

Argine in terra: in prossimità della foce del torrente Cuccio è presente un argine in terra (ghiaie e ciottoli) costruito per evitare che durante i periodi di piena le esondazioni del torrente compromettano l'apertura del camping internazionale situato tra la foce del T. Cuccio ed il Lago di Porlezza.

Cave di inerti: situata nella piana di Porlezza. in loc. Pra' Rotondo Via per Osteno. Questa cava rientra nel polo estrattivo P9. Il giacimento sfruttato è rappresentato da sabbia e ghiaia di origine fluviale, frutto dell'attività di deposito del torrente Cuccio.

Discariche inerti ed industriali e Discariche urbani rifiuti solidi: sono localizzate nella piana di Porlezza in prossimità dell'area di cava

Area degradata: durante i rilievi sono state localizzate due aree degradate: la prima è loc. nella frazione di Begna in prossimità della località mulino mentre la seconda si trova nella frazione di Cima. In entrambi i casi è stato scaricato del materiale di rifiuto (RSU) all'interno di piccoli greti di torrenti, creando delle discariche abusive.



Località Mulino: discarica

12.COMMENTO ALLA CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La carta geologico-tecnica (Tav. 5A-5B-5C) è stata redatta alla scala del piano regolatore generale (scala 1:2.000) per la fascia di territorio pianeggiante e pedemontano. Lo scopo di questa carta è quello di caratterizzare il territorio in funzione delle caratteristiche geomeccaniche-geotecniche utilizzando i dati ricavati dalle carte di base (geologica, morfologica, idrogeologica). La carta permette di affiancare ad informazioni specificatamente geopedologiche anche aspetti geotecnici che consentono di caratterizzare con maggior dettaglio il suolo ed il primo sottosuolo.

Di seguito si riportano i range dei principali parametri geotecnici-geomeccanici dedotti dai dati disponibili in bibliografia, dall'analisi critica dei dati forniti dall'amministrazione comunale, dall'osservazione diretta di scavi aperti, dai rilievi geomeccanici e geotecnici (scavi d'assaggio, vane test, pocket penetrometro e stratigrafie di pozzi). Si rammenta che i valori sotto riportati si devono intendere come una prima classificazione dei terreni e delle rocce e non devono e non possono sostituire gli accertamenti necessari per ogni singolo progetto come richiesto dalla normativa vigente (D.M. 11.3.88, Circ. Minist. 24/09/88 n 30483).

Depositi palustri-lacustri: l'area pianeggiante prospiciente il lago di Piano è caratterizzata dalla presenza di depositi prevalentemente limosi-argillosi con rari ciottoli e grado di alterazione variabile da medio a elevato. si tratta di terreni dotati di caratteristiche geotecniche scadenti sia per l'elevata presenza di frazione fine che per la presenza della falda freatica superficiale. In via indicativa si forniscono i seguenti parametri geotecnici:

$$Y_t = 1.70 \text{ t/m}^3$$

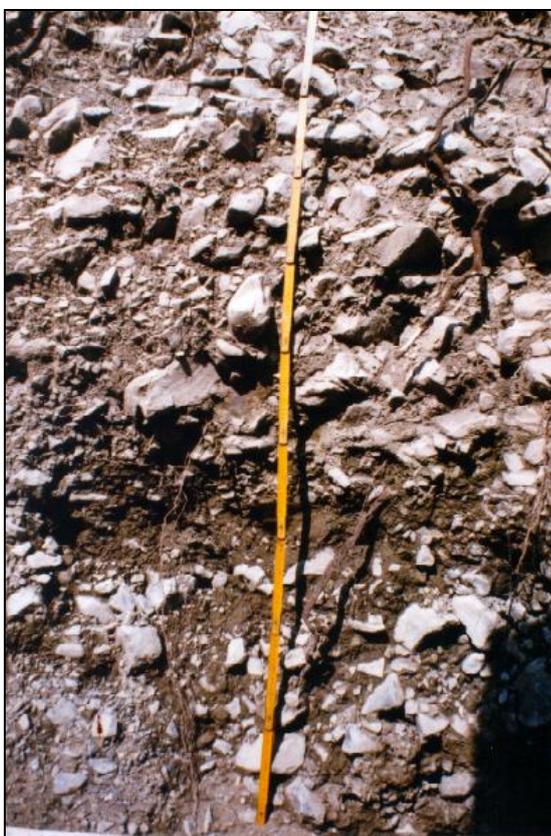
$$\phi = 22^\circ - 23^\circ$$

$$K = 10^{-5} \text{ cm/sec}$$

Depositi di conoide alluvionale: sono formati da accumuli di clasti e materiali di erosione che i corsi d'acqua hanno trasportato a valle depositandoli in corrispondenza delle zone dove si ha una riduzione dell'acclività del pendio ed una conseguente diminuzione della velocità delle acque dando origine ad degli accumulo a forma di ventaglio. Queste conoidi litologicamente sono costituite da materiali sciolti quali: ghiaie, sabbie e rare lenti limose, generalmente si osserva una graduale diminuzione delle dimensioni dei clasti verso la parte terminale e più ampia della conoide.

All'apice della conoide si trovano blocchi di qualche metro cubo, ciottoli poligenici generalmente poco arrotondati, ghiaie e sabbie in strati debolmente inclinati mentre nella parte distale è più facile ritrovare solamente sabbia in strati debolmente inclinati.

Questi depositi sono dotati in genere di buone caratteristiche geotecniche. Nella definizione dei parametri geotecnici si è scelto di suddividere aree con falda profonda e aree con falda superficiale (<2.0 m).



falda profonda

$$Y_t^1 = 1.8-1.90 \text{ t/m}^3$$

$$\phi^1 = 28^\circ-30^\circ$$

$$K = 10^{-1} - 10^{-2} \text{ cm/sec}$$

falda superficiale (< 2.0 m)

$$Y_t = 0.8-1.90 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 28^\circ-30^\circ$$

$$K^1 = 10^{-1} - 10^{-2} \text{ cm/sec}$$

*deposito di conoide alluvionale del
torrente Tremezzolo*

Depositi eluvio-colluviali: affiorano in modo discontinuo tra le frazioni di Begna e Tavordo e sopra Via Porto Letizia. Sono costituiti da frammenti lapidei, da detrito e da materiale terrigeno, proveniente dall'alterazione del substrato roccioso e dei depositi morenici ad opera delle acque superficiali, della gravità e dell'uomo. La percentuale di matrice prevale sulla componente granulare. Lo spessore di questo deposito è inferiore a 0.50 m sopra Via Porto Letizia e compreso tra 0.50 e 2.50 m nelle loc. Tavordo e Begna.

$$Y_t = 1.70 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 24^\circ-15^\circ$$

$$K = 10^{-3}/10^{-4} \text{ cm/sec}$$

Detrito di versante: diffuso in tutta la fascia pedemontana (pendici del monte Lenno, frazione Cima), ha distribuzione discontinua e con spessori molto variabili. E' costituito da clasti spigolosi monogenici (calcarei) di dimensioni decimetriche. Questo deposito deriva dallo smantellamento gravitativo e dal trasporto di massa della formazioni rocciose sovrastanti. Sono presenti zone a scarsa presenza di matrice tra i clasti e zone invece caratterizzate da cementazione di clasti, di conseguenza le caratteristiche meccaniche sono variabili:



detriti sciolti

$$Y_t = 1.8 - 1.90 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 28^\circ - 30^\circ$$

$$K = 10^{-1} - 10^{-2} \text{ cm/sec}$$

detriti cementati

$$Y_t = 1.8 - 1.90 \text{ t/m}^3$$

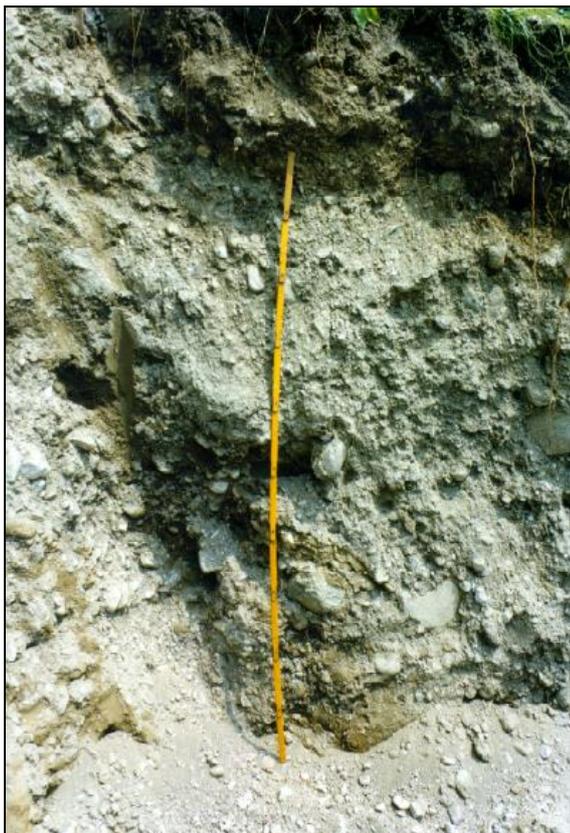
$$\phi = 30^\circ - 32^\circ$$

$$K = 10^{-2} - 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

*Detrito di versante sciolto in
loc. Cima*

Nel complesso le caratteristiche meccaniche dei detriti sono buone, non presentando particolari problemi di fondazione, ma per la possibile alternanza con zone meno cementate, gli eventuali scavi non dovranno essere mantenuti aperti a lungo per la possibilità che in seguito a periodi piovosi si inneschino fenomeni di scavamento.

Depositi morenici Wurmiani: sono costituiti da ciottoli subarrotondati, ghiaie e limi con tessitura caotica, spesso inglobanti massi erratici anche di notevole dimensione (1-3 m di diametro). La porzione superficiale è parzialmente pedogenizzata ed alterata per circa -0.50 m da p.c. Lo spessore di questi depositi non è molto elevato, varia tra un minimo di 1.00 m ad un massimo di 5.00 m. Si tratta di depositi con caratteristiche geotecniche da mediocri a discrete, in funzione del prevalere della frazione fine o di quella granulata.



deposito morenico

$$\gamma_t = 1.75-1.80 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 25^\circ-30^\circ$$

$$C_u^1 = 0,1-0,2 \text{ Kg/cm}^2$$

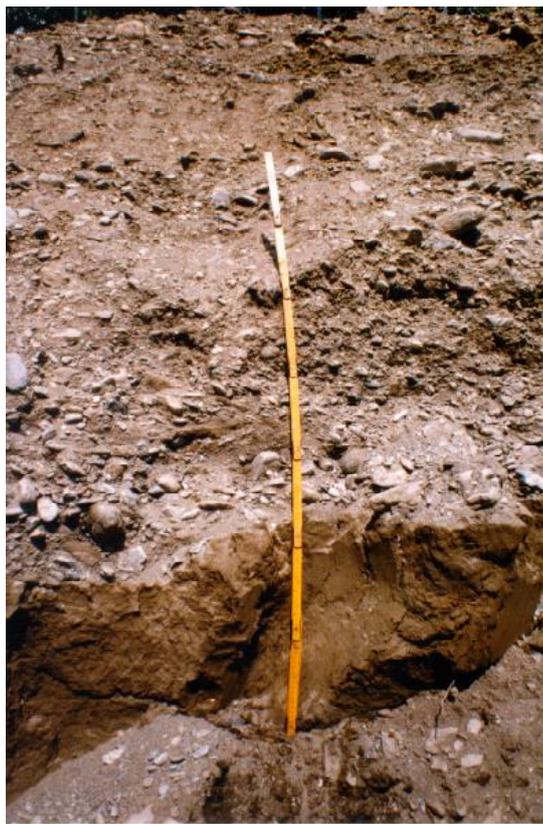
$$K = 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

Deposito morenico in loc. Begna

I calcoli della capacità portante andranno eseguiti per lo più considerando condizioni drenate anche se non è da escludere in aree localizzate la possibilità di eseguire i calcoli di capacità portante considerando un comportamento coesivo, in funzione del contenuto limoso.:

Questi depositi hanno dato luogo a piccoli ripiani pianeggianti o a estesi cordoni lungo i versanti montuosi del Monte Calbiga, del Monte di Lenno e delle Cime di Bronzone, e presso la frazione di Begna.

Depositi fluvio-glaciali e alluvionali indistinti: anche se la genesi dei prodotti è parzialmente differente il comportamento geotecnico generale di questi depositi viene considerato simile.



falda profonda

$$Y_t = 1.8-1.85 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 27^\circ-30^\circ$$

$$K = 10^{-2}/10^{-3} \text{ cm/sec}$$

falda superficiale (< 2 m)

$$Y^{\prime 1} = 0.8-0.85 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 27^\circ-30^\circ$$

$$K = 10^{-2}/10^{-3} \text{ cm/sec}$$

*Depositi fluvio-glaciali nella piana di
Porlezza*

Tali depositi sono costituiti da strati di ghiaia e sabbia con limo alternati a lenti di sola sabbia. I ciottoli, di natura sia cristallina che carbonatica, sono arrotondati, la loro forma varia da subsferica a leggermente appiattita e le loro dimensioni variano da pochi centimetri fino a circa 20 cm. La frazione sabbiosa ha granulometria molto variabile da fine a grossolana, ad occhio nudo sono riconoscibili scaglie di mica. Lo spessore del suolo varia da punto a punto, rimanendo comunque entro valori contenuti (< 1.00 m).

Le caratteristiche geotecniche variano da discrete a mediocri in relazione all'altezza della falda freatica rispetto al piano campagna. Se la falda è subaffiorante (< 2 m da p.c.) la capacità portante del terreno diminuisce notevolmente.

Per questo motivo i calcoli di capacità portante ed i cedimenti saranno da valutarsi di volta in volta, in relazione alla situazione locale.

Substrato roccioso

Nella carta di prima caratterizzazione geotecnica il substrato roccioso è rappresentato con una diversa campitura rispetto ai depositi superficiali.

Per definire le caratteristiche geomeccaniche delle unità rocciose sono stati eseguiti dei rilievi strutturali (cfr. appendice 2) che hanno permesso di definire le principali famiglie di discontinuità e la qualità geomeccanica dell'ammasso secondo Bieniawsky. La classificazione degli ammassi rocciosi secondo Bieniawsky consente di individuare le principali caratteristiche di resistenza in funzione dell'indice di Point Load Test, dalla percentuale di recupero modificata (RQD) dell'apertura, della spaziatura e dalla presenza di acqua nelle discontinuità.

Calcarea di Zorzino, è formato da una successione calcareo-marnosa, di età Norica (Triassico) a strati sottili, contenenti intercalazioni calcarenitiche e brecce risedimentate affiorante in modo

discontinuo dalla riva del Lago di Porlezza fino alle Cime di Bronzone e lungo la strada che da Porlezza sale verso Vestetto.

Lo studio eseguito ha permesso di definire due situazioni nettamente diverse nel comportamento dell'ammasso roccioso:

1. Area sovrastante Via Porto Letizia e Cima, caratterizzata da numerose faglie e linee di debolezza strutturale che hanno provocato un aumento del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Le principali famiglie di discontinuità individuate sono:

S (stratificazione) $180^{\circ}/80^{\circ}$

K 1 (discontinuità) $355^{\circ}/45^{\circ}$

K2 (discontinuità) $80^{\circ}/60^{\circ}$

K3 (discontinuità) $220^{\circ}/35^{\circ}$

Dall'analisi dei rilievi strutturali Ars 1 e Ars 2 (cfr appendice 2) l'ammasso roccioso in esame è stato classificato secondo Bieniawsky come appartenente alla classe IV scadente. Le principali caratteristiche geomeccaniche variabili in funzione della litologia locale sono così riassumibili:

$Y_t = 2.1-2.3 \text{ t/m}^3$

$\phi = 26^{\circ}-27^{\circ}$

$C^1 = 150-200 \text{ KPa}$

2. Loc. Begna, loc. Tavordo, San Rocco e collegio san Ambrogio. In questa zone le principali famiglie di discontinuità individuate sono:

S (stratificazione) $200^{\circ}/50$

K 1 (discontinuità) $20^{\circ}/40^{\circ}$

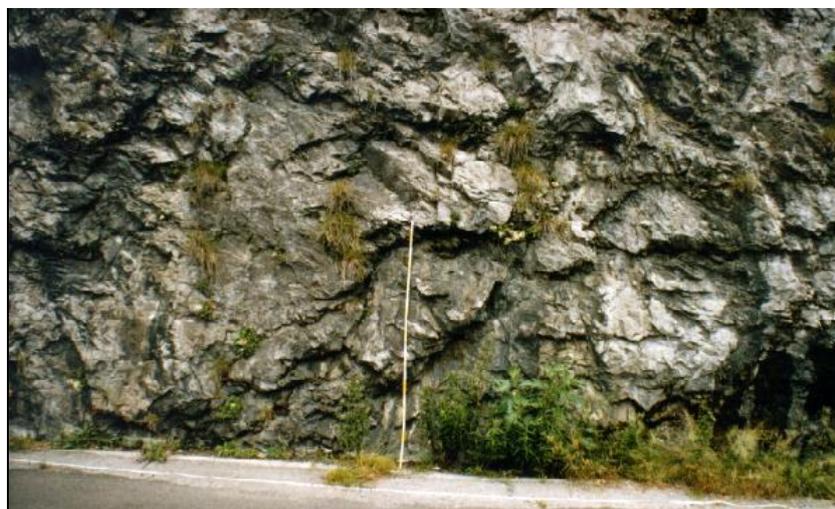
K2 (discontinuità) $120^{\circ}/60^{\circ}$

L'analisi del rilievo strutturale ARS 3 ha permesso di classificare l'ammasso roccioso come appartenente alla classe III -discreta della classificazione di Bieniawsky e dotato delle seguenti caratteristiche:

$Y_t = 2.2-2.4 \text{ t/m}^3$

$\phi = 30^{\circ}-35^{\circ}$

$C = 200-250 \text{ KPa}$



Calcere di Zorzino-Via Porto Letizia

¹ C= coesione ammasso roccioso

Dolomia Conchodon e Calcare di Zu :la prima formazione è formata da calcari grigio-nocciola, calcari dolomitici a struttura saccaroide, per lo più privi di stratificazione, spesso dolomitizzati, mentre la seconda è costituita da calcari e calcari debolmente marnosi grigio-scuri, ben stratificati con bancature da decimetriche a metriche.

S (stratificazione) 20°/40°

In corrispondenza della frazione Cima lungo la strada regina è stato eseguito un rilievo strutturale per definire le caratteristiche geomeccaniche di queste rocce (ARS4). In prima approssimazione queste rocce avendo litologia assimilabile possono essere entrambe classificate secondo Bieniawsky come discrete (classe III) e dotata delle seguenti caratteristiche geomeccaniche:

$Y_t = 2.0-2.2 \text{ t/m}^3$

$\phi = 30^\circ-35^\circ$

$C = 200-250 \text{ KPa}$

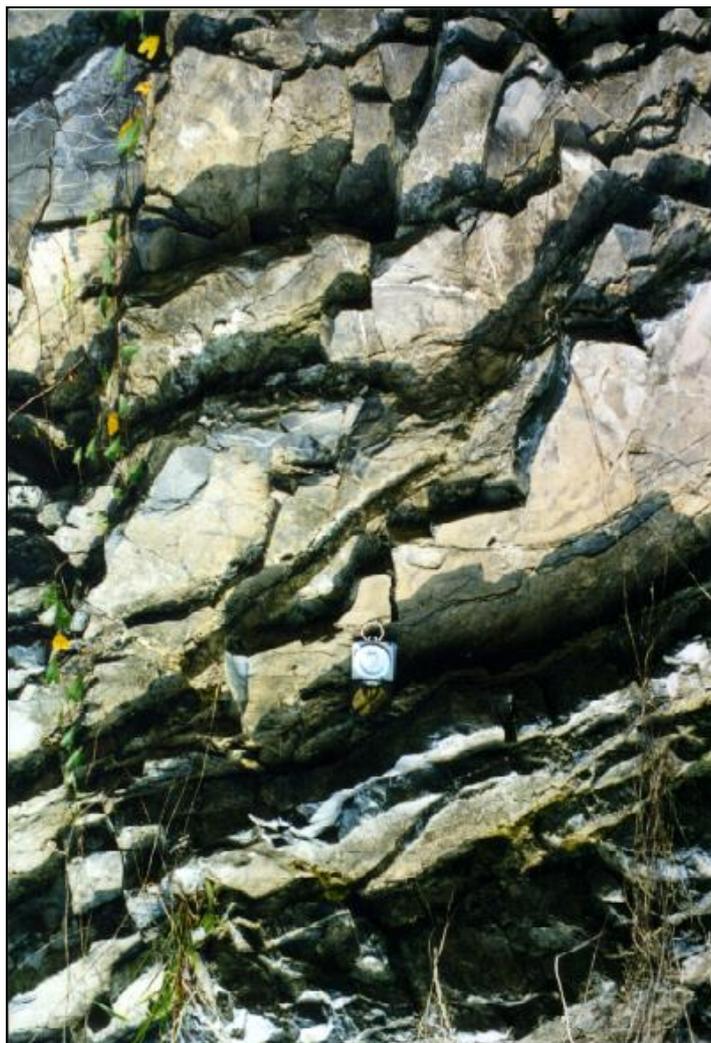
**CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
RILIEVO STRUTTURALE N.1**

Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1979)

Descrizione ammasso roccioso: calcare di Zorzino

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale(MPa)	240	15
RQD %	75	15
INTERCETTA (m)	> 0.2	9
Acqua	umido	10
Spaziatura discontinuità (mm)	< 0.1	5
Condizioni discontinuità	superficie scabre, poco alterate riempimento assente	18
Compensazione in funzione dell'orientamento delle discontinuità	molto sfavorevole	-50

tot 22



classe	IV
descrizione	SCADENTE

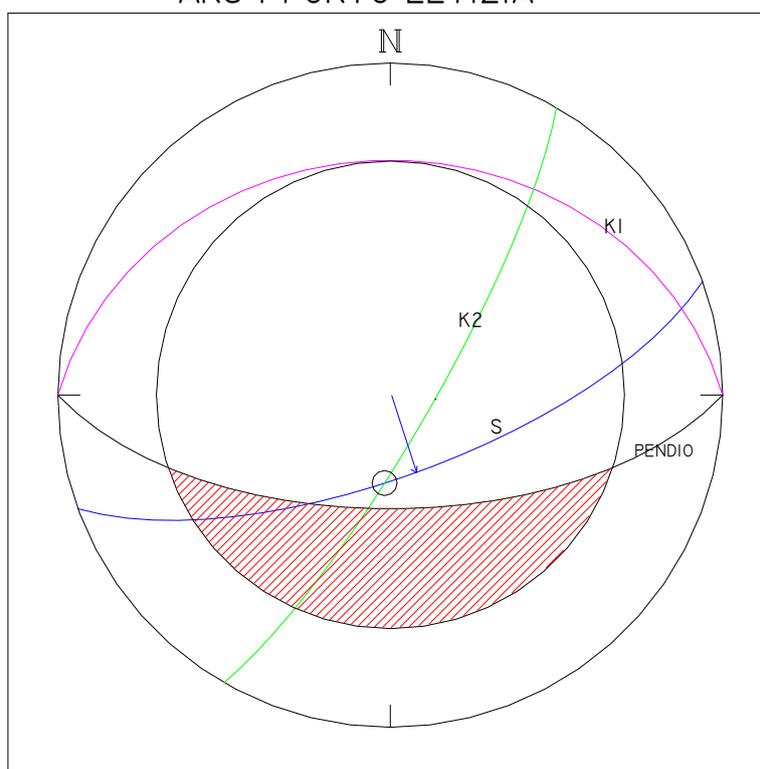
RILIEVO STRUTTURALE AMMASSO ROCCIOSO

Stereogramma e Test di Markland

Litologia: Gneiss biotitici a noduli di albite, granatiferi passanti a tipi quarzitici.

TEST DI MARKLAND

ARS I-PORTO LETIZIA



S (STRATIFICAZIONE): 160/70

K1 (DISCONTINUITA'): 360/30

K2(DISCONTINUITA'): 120/80

SCIVOLAMENTO PLANARE: S

SCIVOLAMENTO A CUNEO: S+K2

RIBALTAMENTO: NO

PENDIO: 180/63

ANGOLO ATTRITO ROCCIA: 30°

Famiglie discontinuità	Immersione	Inclinazione
stratificazione	160	70
K1	360	30
K2	120	80
Pendio naturale	180	63

Cerchio angolo d'attrito

**CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
RILIEVO STRUTTURALE N.2- loc. Agria**

Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1979)

Descrizione ammasso roccioso: calcare di Zorzino

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale(MPa)	240	15
RQD %	70	14
INTERCETTA (m)	> 0.2	9
Acqua	stillicidio	4
Spaziatura discontinuità (mm)	0.1-1 mm	4
Condizioni discontinuità	superficie lisce, poco alterate riempimento assente	14
Compensazione in funzione dell'orientamento delle discontinuità	sfavorevole	-25

tot 35



classe	IV
descrizione	SCADENTE

**CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
RILIEVO STRUTTURALE N.3- Strada per Begna**

Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1979)

Descrizione ammasso roccioso: calcare di Zorzino

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale(MPa)	270	15
RQD %	80	16
INTERCETTA (m)	> 0.2	9
Acqua	umido	10
Spaziatura discontinuità (mm)	0.1-1 mm	4
Condizioni discontinuità	liscie ,poco alterare, riempimento assente	14
Compensazione in funzione dell'orientamento delle discontinuità	sfavorevole	-25

tot 43

classe	III
descrizione	DISCRETO

**CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
RILIEVO STRUTTURALE N.4- loc. Cima**

Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1979)

Descrizione ammasso roccioso: dolomia conchodon

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale(MPa)	270	15
RQD %	90	16
INTERCETTA (m)	> 0.2	9
Acqua	umido	10
Apertura discontinuità (mm)	0.1-1 mm	4
Condizioni discontinuità	superficie scabrose, poco alterate riempimento assente	16
Compensazione in funzione dell'orientamento delle discontinuità	sfavorevole	-25

tot 45



classe	III
descrizione	DICRETO

13.CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

DEFINIZIONE DI RISCHIO SISMICO E DI PERICOLOSITA' SISMICA

La valutazione del rischio sismico (R) associato ad un evento tellurico è funzione della pericolosità (P), distinta in pericolosità sismica di base (PSB) ed in pericolosità sismica locale (PSL), della vulnerabilità (V) e del valore esposto (E).

La comprensione di tali basilari concetti assume una grande importanza nell'individuazione e nella definizione di uno "scenario di rischio sismico", principale obiettivo di un "Piano di Emergenza Comunale"; una breve descrizione delle variabili in gioco viene di seguito riportata:

Pericolosità sismica di base (PSB): rappresenta la probabilità che l'evento sismico si verifichi in una determinata area per un determinato periodo di tempo con una data intensità, ovvero la previsione probabilistica dello scuotimento del suolo in un sito con riferimento ad un terremoto standard di riferimento;

Pericolosità sismica locale (PSL): rappresenta una stima a scala di dettaglio delle variazioni della pericolosità sismica di base per effetto delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litologiche, idrogeologiche e geotecniche del sito in cui si prevede l'evento sismico (condizioni locali);

Vulnerabilità (V): rappresenta il grado di suscettibilità del territorio agli effetti negativi prodotti dal fenomeno considerato, ovvero l'attitudine dell'elemento a rischio a subire danni, ed è funzione della distribuzione dell'urbanizzato, della densità della popolazione, della distribuzione delle attività e dei servizi pubblici, dell'ambiente naturale;

Valore esposto (E): rappresenta il valore socio – economico relativo agli elementi a rischio ed è funzione della tipologia dell'elemento stesso (ospedali, scuole, case, stalle,...).

Il rischio (R) connesso con un determinato evento rappresenta pertanto il prodotto tra questi tre fattori:

$$\mathbf{R = P \times V \times E}$$

In definitiva, esso rappresenta il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà ed alle attività economiche dovuti ad un evento tellurico di una data intensità che ha coinvolto una particolare area per un dato periodo di tempo.

In particolare, le analisi e gli studi riguardanti la pericolosità sismica locale (PSL) hanno permesso di individuare, in determinate caratteristiche proprie del terreno e del suo assetto morfologico alcune delle cause che possono variare la pericolosità sismica di base (PSB) di un territorio e di conseguenza rendere alcune aree più pericolose di altre.

ZONE SISMICHE

In seguito all'ordinanza n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, sono stati definiti i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. In particolare sono stati approvati i Criteri per l'individuazione delle zone sismiche-individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (allegato 1 all'ordinanza), nonché le connesse Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, Norme

tecniche per progetto sismico dei ponti, Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni (allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza). Ogni singola regione deve provvedere all'individuazione, formazione e aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In prima applicazione le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale".

Le norme tecniche indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare e pertanto il numero delle zone è fissato a 4. Sono state individuate quattro classi che identificano 4 zone a sismicità decrescente partendo da 1 a 4. **Il territorio comunale di PORLEZZA rientra in zona 4.** Di seguito si riporta una tabella che individua le 4 zone sismiche

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% i 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme Tecniche) (a_g/g)
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale, considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima $a_g \times S$ del terreno che caratterizza il sito, dove S è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I parametri TB , TC , TD di seguito riportati sono periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

CATEGORIA SUOLO	S	TB	TC	TD
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B,C, E	1.25	0.15	0.50	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0

Sono previste 5 classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m e definite dai parametri indicati nell'EC8 e precisamente: velocità delle onde S ; numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata. Le caratteristiche salienti delle 5 classi sono:

A. Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B. Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NS_{pt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

C. Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidezza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < NS_{pt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

D. Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da $V_{s30} < 180$ m/s ($NS_{pt} < 15$, $C_u < 70$ KPa).

E. Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido, con $V_{s30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie per le quali vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due (S1 e S2), per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1. Depositi costituiti da uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ KPa).

S2. Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei precedenti tipi.

Nelle definizioni V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

A livello europeo è stato predisposto e già votato favorevolmente da tutti i paesi membri, un sistema integrato di norme per la progettazione antisismica di edifici, ponti, serbatoi, torri, fondazione ed opere geotecniche e per la valutazione della sicurezza e l'adeguamento di strutture esistenti (Eurocodice 8). I principi e i metodi adottati dall'EC8 sono in completa armonia con quelli contenuti nelle norme nei paesi a più alta sismicità, quali USA, America del Sud, Cina, Giappone ed Asia del Sud-est. In allegato 4 all'ordinanza vengono riportate le norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione e i terreni di fondazione in presenza di tali azioni. Il sito deve essere esente da pericoli di instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento in caso di terremoto, nonché di rottura di faglia in superficie. Di norma deve essere adottato un tipo unico di fondazioni per una data struttura.

Le indicazioni riportate nelle norme tecniche devono essere applicate per le zone 1, 2 e 3; mentre per la zona 4 è a discrezione della Regione introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

CITERI IN ZONE SISMICHE

La normativa di riferimento è: DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005- N.8/1566 E DELLA D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n12.

Di seguito si sintetizzano i contenuti relativi a tale delibera.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi

da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in base al comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: **quelli di sito o di amplificazione sismica e quelli dovuti ad instabilità.**

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- Gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale. tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto.
- Effetti di amplificazione litologica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno., fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talori movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioramenti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare

movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento Ordinario n.72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159.

A far tempo da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione della citata ordinanza 3274/03.

Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al d.m. 5 marzo 1984 a quella attuale.

Per l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" è comunque previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute. Durante questo periodo da leggersi come regime transitorio è possibile applicare in alternativa la normativa precedente in materia.

Alla luce della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo in zona 4 della progettazione antisismica per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, si ritiene corretto considerare le specifiche di sismicità media ($S=9$) per i comuni in zona 2 e di sismicità bassa ($S=6$) per comuni sia in zona 3 che in zona 4. Tali specifiche possono essere adottate anche nel caso di edifici non rientranti tra quelli considerati strategici e rilevanti.

La metodologia di riferimento per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni"

dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, è riportata nell'allegato 5 della D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 E nella d.g.r. 30 novembre 2011 N.9/2616.

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia i cui risultati sono contenuti in uno studio pilota redatto dal Politecnico di Milano.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° LIVELLO: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale- PSL).

2° LIVELLO: caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità locale che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'amplificazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle PSL individuate attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) ed interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zone sismiche 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

3° LIVELLO: è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Nella carta di pericolosità sismica locale devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

	<i>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</i>		
	<i>1° livello fase pianificatoria</i>	<i>2° livello fase pianificatoria</i>	<i>3° livello fase progettuale</i>
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.

PROCEDURA 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Perciò salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di primo livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologia, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1: 10.000- 1: 2.000) rappresentata dalla CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

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

Nel dettaglio sono state seguite le procedure contenute nell'Allegato 5 della **D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616** effettuando l'analisi di 1° livello che ha dato luogo alla realizzazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale ottenuta a partire dai dati di base contenuti nella cartografia di inquadramento.

Nella Carta della Pericolosità Sismica Locale sono state delimitate le zone individuate dalla Tabella 1 – Allegato 5 definendo diversi scenari di pericolosità sismica locale che sono suscettibili di comportamenti diversi da quelli stabiliti in via generale, a causa della loro specifica costituzione litologica e morfologica.

DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La carta della pericolosità sismica locale in scala 1 : 5.000 (TAV.6) ha individuato i seguenti scenari di pericolosità.

Z1a: Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi (debris flow)

Z1a: Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi (canale di valanga)

Z1a: Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi (crolli)

Z1a: Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi

Z1c: Zona potenzialmente franosa. Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata

Z1c: Zona potenzialmente franosa. Aree a pericolosità potenziale per trasporto in massa e flusso detritico e a franosità superficiale (ruscellamento in depositi superficiali e rocce deboli)

Z3b: Zona di cresta rocciosa

Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi. All'interno dello scenario di pericolosità sismica locale individuato con la sigla Z4a, ricadono le aree di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi. I terreni di fondazione in esse presenti, dal punto di vista sismico, vengono classificati come "sismicamente stabili"; questi, in seguito a sollecitazioni sismiche, sono sede di effetti di amplificazione sismica legati alle loro particolari caratteristiche litologiche e geometriche.

I depositi alluvionali che caratterizzano i terreni in affioramento all'interno del territorio comunale, appartengono alla Formazione Geologica denominata "Wurm" e sono costituiti prevalentemente da materiali limoso-sabbiosi e sabbiosi (granulari).

Tali depositi, in funzione delle caratteristiche tessiturali e geomeccaniche e dei rapporti stratigrafici intercorrenti tra le differenti unità litologiche e tra queste ed il substrato roccioso, possono generare una variazione nell'ampiezza e nella frequenza delle onde sismiche che provoca un'amplificazione locale dell'azione sismica trasmessa dal terreno in seguito a fenomeni di riflessione multipla, di interferenza, di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno, di doppia risonanza tra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

In caso di aree di pianura alluvionale, come espresso dalle normative vigenti, il substrato di riferimento deve essere individuato in corrispondenza del materiale che presenta un valore di V_s (velocità delle onde sismiche secondarie o di taglio) pari o superiore a 800 m/s, per il quale l'amplificazione litologica attesa è nulla.

Z4b: Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio lacustre

Z4c: Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi

14. CARTA DI SINTESI DEL RISCHIO GEOLOGICO

La carta di sintesi del rischio geologico (Tav. 8a-8b), rilevata in scala 1:5000 è stata realizzata per motivi cartografici in scala 1:1000; ha lo scopo di illustrare in un unico elaborato le principali problematiche emerse dallo studio del territorio. Attraverso questa carta si avrà un quadro d'insieme dello stato del territorio comunale utile per la redazione della carta della fattibilità geologica. I problemi individuati necessiteranno di verifiche puntuali e dettagliate nel momento in cui si intenderà passare alla progettazione esecutiva dei singoli interventi. Le valutazioni del rischio sono state eseguite in maniera qualitativa, utilizzando i dati ricavati dalle carte di base e di dettaglio, trattandosi di uno studio generale del territorio finalizzato all'individuazione di classi di fattibilità. Nella carta di sintesi si è inoltre ritenuto opportuno riportare i principali vincoli ambientali presenti nel territorio comunale poiché rappresentano un elemento discriminante della fattibilità geologica, di seguito verrà data descrizione particolareggiata di ciascuno di esso.

I principali problemi emersi durante la realizzazione della componente geologica del P.R.G. sono stati suddivisi in tre diverse categorie (rischio morfodinamico, rischio idrogeologico, rischio geologico-tecnico) che di seguito verranno illustrati nel dettaglio.

RISCHIO MORFODINAMICO

AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITÀ DEI VERSANTI

Sono zone dove i processi erosivi tendono a prevalere creando aspetti di debole instabilità dei versanti, alcuni di questi se non eliminati possono degenerare in veri e propri dissesti.

Aree di distacco blocchi recentemente attivate: il substrato roccioso è caratterizzato dalla presenza di diverse famiglie di discontinuità che isolano cunei di roccia inferiori a $<1 \text{ m}^3$ lungo via Porto Letizia e nella frazione di Agria e $> 1.0 \text{ m}^3$ in prossimità del Crotto Ghiacciaia.

Pertanto per la messa in sicurezza di queste zone si consiglia di disgiungere i blocchi instabili, di pulire e rimettere in uso le opere di difesa esistenti (reti paramassi, betoncino spruzzato): Inoltre si suggerisce di mettere in opera una rete paramassi nelle aree sovrastanti zone abitate come ad Agria e sopra le pareti sovrastanti l'inizio dei via Porto Letizia (area di parcheggio).



Frazione di Agria: caduta massi

Si segnalano inoltre distacco di blocchi da parete rocciosa localizzate lungo il torrente Rezzo a quota 380 m, lungo il torrente Granosa tra quota 900-1000 m, in prossimità dell'Alpe di Cima e al confine con il comune di Claino con Osteno.

Aree di frana attiva: sono delle zone caratterizzate dalla presenza di scarpate in erosione attiva che possono evolvere sino a nicchie di frane, queste forme sono dovute all'azione prevalente della gravità e delle acque superficiali. Si segnala un'ampia zona in fase di evoluzione lungo il torrente Gramisciola tra quota 900 e 1200m,.

Fenomeni di debris flow (attivi): lungo le pendici del Monte Calbiga sono presenti delle aree con dissesto in atto.



Interruzione della strada per selva Ghirlanda a causa di un debris flow

Di seguito si riporta una ricostruzione storica degli eventi degli ultimi 16 anni dalla loro riattivazione

DEBRIS FLOW CAMPAEGGIO OK RIVETTA

I fenomeni di dissesto sul versante Nord del M. Galbiga sono riconosciuti da tempo; essi si sono manifestati sia attraverso eventi distruttivi, quali ad esempio la frana che ha interessato nel XVII secolo lo sbocco della valle Granisciola, sia attraverso colate di materiale detritico localizzate lungo impluvi e vallecole presenti sul versante, che si attivano in concomitanza di periodi di intense e prolungate precipitazioni. Questi ultimi fenomeni hanno interessato anche l'area di studio per cui la ricostruzione storica viene essenzialmente rivolta agli episodi più recenti avvenuti.

Per la ricostruzione storica degli eventi si è provveduto alla raccolta di materiale bibliografico, di testimonianze verbali e, soprattutto, si è fatto riferimento all'archivio informatizzato contenuto nell' "Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia" (2002).

Quest'ultimo costituisce una completa raccolta e censimento dei dissesti individuati alla scala dell'intero territorio regionale, correlata da un archivio con descrizione degli eventi verificatesi

negli ultimi 10-15 anni, elaborato dai tecnici della Regione Lombardia con il supporto degli Enti Locali.

Per quanto concerne l'intorno dell'area di intervento sono stati individuati alcuni fenomeni franosi sul versante Nord del M. Galbiga, tra i quali: una frana di scivolamento posta alcune centinaia di metri ad Ovest del campeggio, con limiti identificati dalla Valle Graniscila e dall'impluvio posto immediatamente ad Est. La relativa nicchia di distacco sarebbe impostata all'altezza della strada in località Selva Ghirlanda. Il dissesto sembra avere subito una riattivazione successiva, indicata da una seconda nicchia di distacco individuabile a quote inferiori presso la località Cavaiona.

Dissesto di tipologia analoga interessa la porzione basale del versante ad Est della valle Zatta in località Monti alle Selve. In entrambi i casi i dissesti franosi descritti coinvolgerebbero la sola coltre superficiale dei depositi eluvio-colluviali.

In relazione a questi ultimi dissesti di tipo alluvionale, i primi fenomeni censiti dallo studio sono datati Ottobre 1993 (rif. 1019 e 1020); nella fattispecie in località Prato Aperto, a SudOvest dell'abitato di Bene Lario, a seguito di eventi alluvionali si registrarono colate di materiale detritico con danni a manufatti quali briglie (rif. 1019), sede stradale e relativo muretto di sostegno in pietrame (rif. 1020).

Successivamente nella notte tra **il 21 e 22 giugno 1996**, a monte della strada di accesso al Camping OK La Rivetta, presso la valle C.na Cavo ad una quota di circa 400 m s.l.m., sempre in occasione di un evento meteorico eccezionale, si verificò una colata di detrito con sovralluvionamento dell'alveo e conseguente deposizione di materiale costituito da terra frammista a ghiaione e detriti vari, per un volume complessivo di circa 600 mc, che coinvolse anche la strada e parte del settore Ovest del campeggio (rif. 1102).

A seguito di tale fenomeno venne realizzata allo sbocco della valle, ad una quota di 325 m s.l.m., una vasca di raccolta atta a trattenere il materiale detritico grossolano trasportato nell'impluvio (**Figura 6**). Nel dettaglio la struttura è costituita da una vasca sub-rettangolare di dimensione 30 x 20 m e di altezza pari a 2-2.5 m, di circa 1500 m³ di capacità, delimitata verso valle, Ovest ed Est da gabbie metalliche sovrapposte rinforzate e riempite di terreno. In corrispondenza dell'immissione del corso d'acqua nella vasca (lato SudEst), le sponde vennero rinforzate e protette con gabbioni in pietrame.

A seguito della messa in opera della struttura di accumulo-contenimento descritta i fenomeni di dissesto sono stati limitati alla discesa di materiale fangoso sulla sottostante sede stradale, mentre non si sono più verificati accumuli di materiale e danni alle infrastrutture del campeggio.

In tal senso si segnala l'evento manifestatosi, in data **28 agosto 1996** con smottamento di circa 300 mc di materiale.

Un anno più tardi, il **29 Luglio 1997**, si registrò il primo di una serie di dissesti idrogeologici lungo la valle Granosa (rif. 1110), che scorre a monte e in fregio al Camping OK La Rivetta, e che edifica la conoide alluvionale prospiciente il L. di Piano (T. Vallone).

Circa 250 m a monte del campeggio, ad una quota di 410 m s.l.m., si manifestò una colata detritica composta da clasti grossolani di natura calcarea immersi in matrice fine, che percorse parecchie centinaia di metri sino ad interessare la baita posta all'immissione della valle nella conoide. In occasione di tale evento la notevole quantità di materiale detritico si accumulò nel tratto terminale dell'alveo della valle Granosa (T. Vallone).

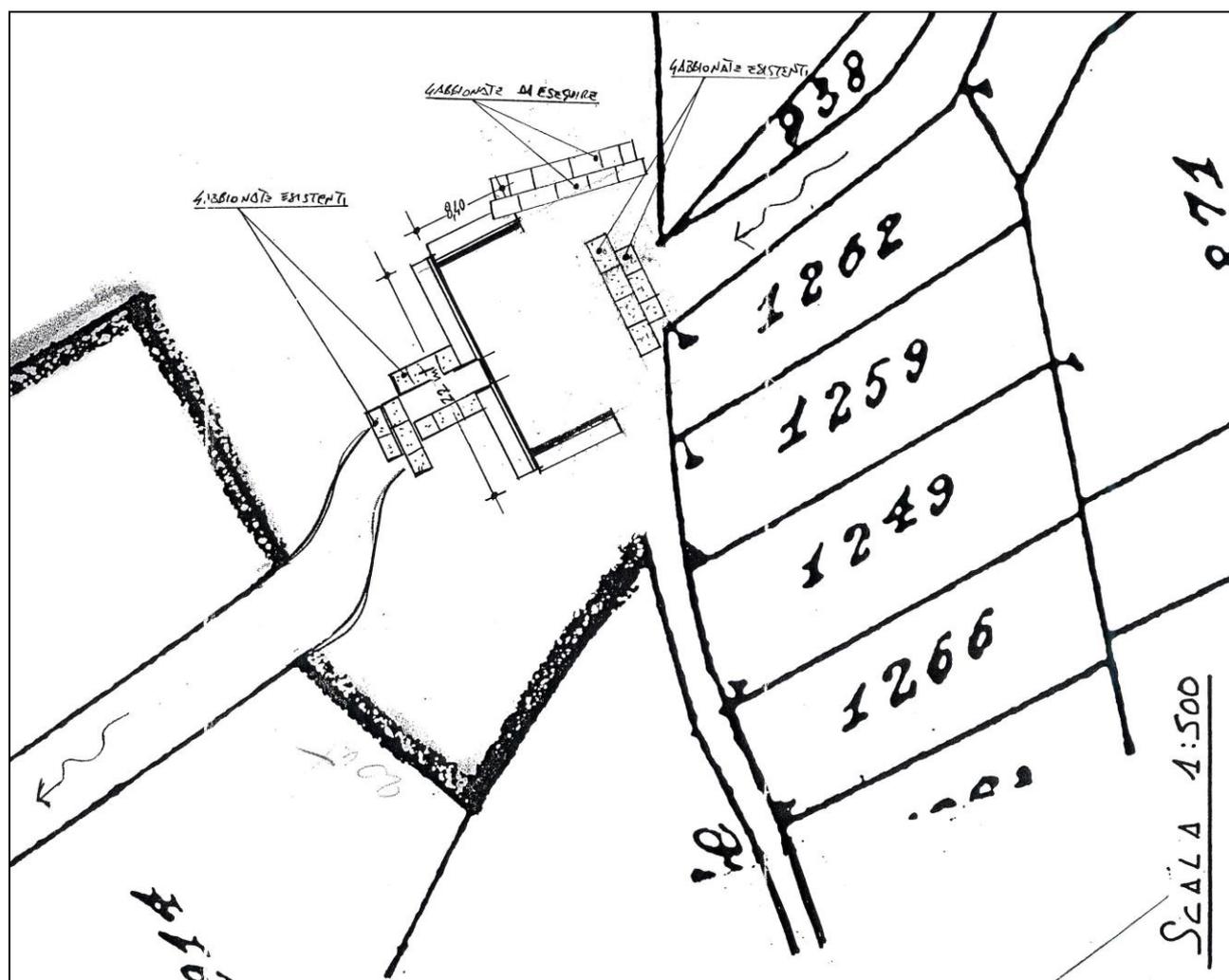


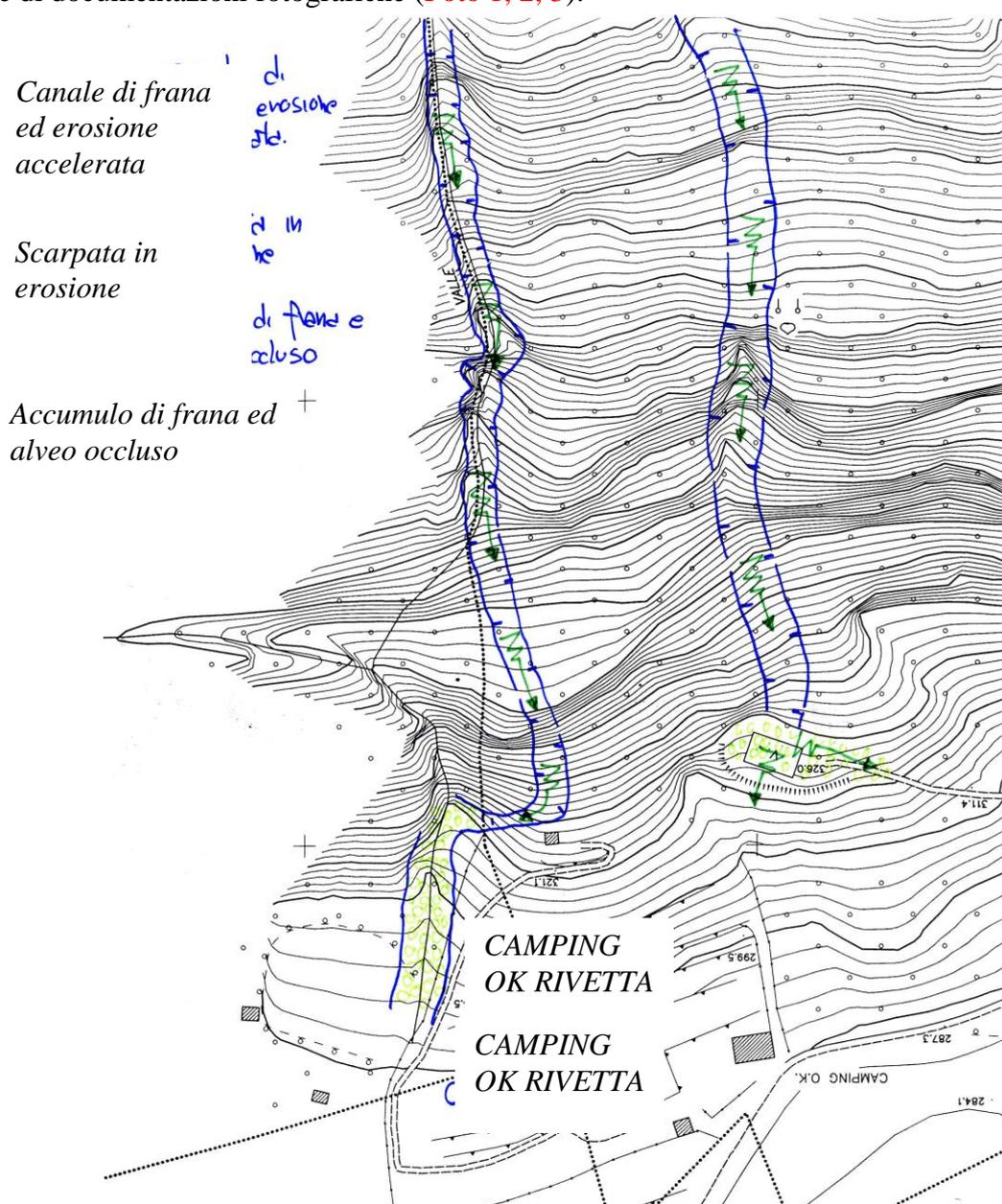
FIG 6 - Gabbioni presenti T. Cavo località Gerone

Altro evento alluvionale significativo fu quello verificatosi il **23 giugno 1998** con riattivazione di un corridoio di frana all'interno della valle Granosa e nella valle adiacente giunto sino in prossimità del Campeggio OK. Di seguito si riporta il riassunto del sopralluogo effettuato in data 25 giugno 1998.

E' stata rilevata la presenza di due aree con fenomeni di dissesto in atto, lungo le pendici del monte Galbiga. In seguito alle intense precipitazioni verificatesi in data 23 giugno 1998, durante il temporale delle ore 20.00 si è attivato un corridoio di frana all'interno della valle Granosa e nella valle adiacente con erosione degli alvei torrentizi e trasporto in massa di materiale detritico a valle. Il fenomeno erosivo ha una lunghezza totale di 1400 m ed ha interessato un'area caratterizzata da una inclinazione media compresa tra 35° e 37°. Lungo le due valli a quota 560 m s.l.m. si è verificata in due punti un'interruzione della strada sterrata che da Bene Lario conduce alla loc. Selva Ghirlanda. Le interruzioni della strada sono dovute a fenomeni di erosione concentrata che hanno scavato l'alveo dei torrenti per circa 4.0 m fino ad arrivare al substrato roccioso. L'incisione torrentizia prosegue fino a quota 330 m s.l.m. partendo da quota 1300 mm s.l.m. Il materiale eroso lungo la Valle Granosa è stato trasportato a valle lungo l'alveo del torrente fino alla loc. Campeggio OK, dove si è depositato riempiendo completamente l'alveo del torrente. Si stima che il materiale trasportato a valle sia di circa 2500-3000 mc. Il

materiale franato ha causato il sovralluvionamento e l'occlusione dell'alveo. L'attuale situazione non può che aggravarsi con i frequenti temporali, pertanto si sollecita un intervento rapido per mettere in sicurezza l'area del campeggio attualmente a rischio. Nella valle adiacente si è verificata una situazione pressoché identica con interruzione della strada sterrata a quota 575 m s.l.m., il materiale eroso è stato trasportato lungo il torrente fino a raggiungere la vasca di trattenuta situata a quota 326 m s.l.m., colmandola. Il materiale detritico frammisto a materiale a granulometria sabbiosa-limosa ha interrato la vasca. L'acqua fuoriuscita lateralmente dalla vasca si è incanalata lungo la strada di servizio trasportando fango nella sottostante strada comunale che conduce al campeggio OK.

Di seguito si riporta la planimetria delle aree interessate dal dissesto del 23 giugno 1998 e una serie di documentazioni fotografiche (Foto 1, 2, 3):



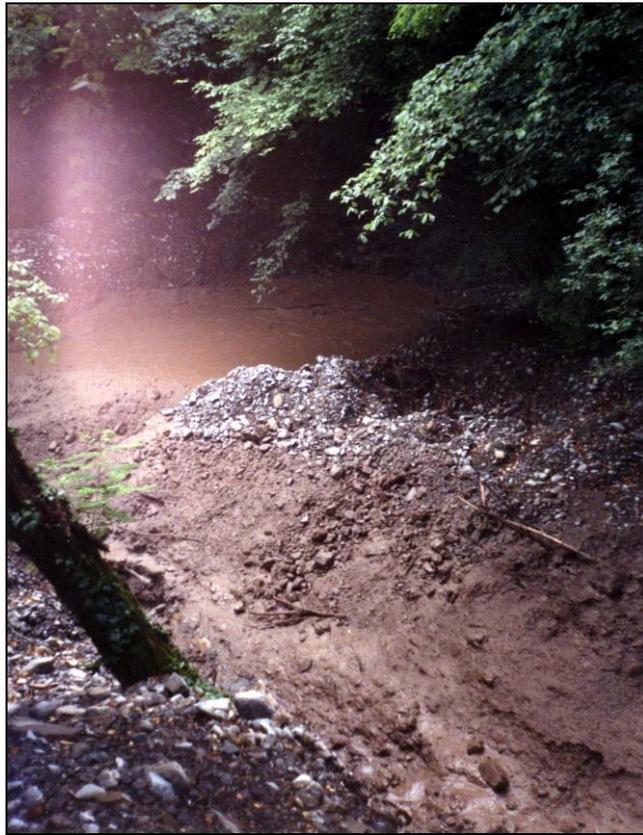


Foto 1 - Zona di incrocio Valle Zatta e Vallone



Foto 2 – Tratto terminale V. Granosa a monte del Camping

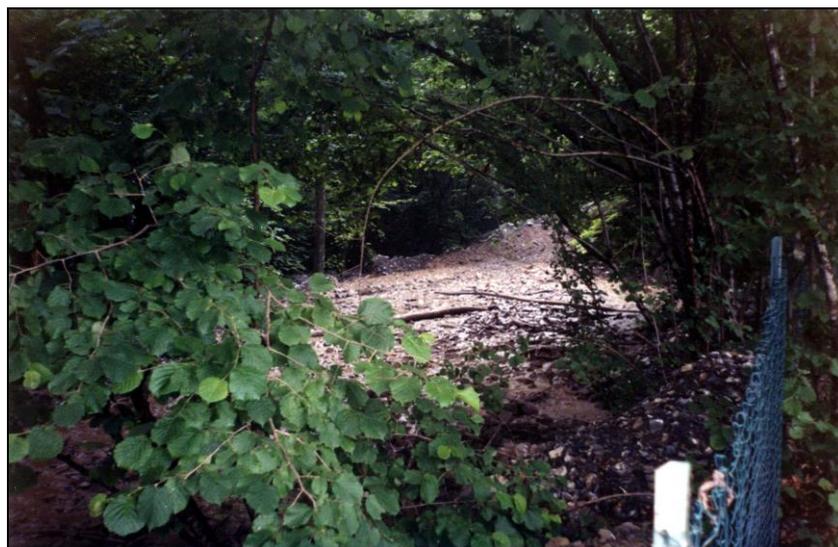


Foto 3 - Alveo T. Vallone adiacente al camping

Molto più importante per le ripercussioni sull'intero territorio fu l'evento di piena dei **giorni 4-5 Settembre 1998**, durante il quale si manifestarono numerosi dissesti sia in corrispondenza del versante Nord del M. Galbiga, sia nella zona di fondovalle prossima a Bene Lario (**Figura 5**).

In riferimento al settore limitrofo al campeggio, detti fenomeni interessarono la valle Granosa in prossimità del suo tratto terminale, immediatamente a monte del campeggio, trasportando a valle circa 1000 mc di materiale e presso la strada per Selva Ghirlanda. Fenomeni di dissesto di minore portata coinvolsero la porzione terminale della valle C.na Cavo, nei pressi della vasca di raccolta. Contestualmente, nelle aree di versante limitrofe si manifestarono fenomeni di dissesto di tipo franoso e alluvionale, così come indicato riportato nel dettaglio delle schede dell'Allegato 2.

Fra questi meritano particolare attenzione quelli avvenuti in corrispondenza delle valli del Diavolo e del Perdono, laddove si verificarono colate di materiale detritico con notevoli accumuli e con conseguente sovralluvionamento e deviazione degli alvei, con danni riguardanti alcune infrastrutture viarie.

A seguito di detti eventi **nell'autunno del 1998** il genio Civile di Como provvide alla rafforzamento delle opere già realizzate nel 1996 in corrispondenza della Valle C.na Cavo, mediante la messa in opera di uno sbarramento alla sommità del bacino di raccolta, costituito da gabbioni sovrapposti per uno sviluppo in lunghezza e altezza rispettivamente di 12 e 3 m, intestati a circa 3 m dalla superficie di calpestio del bacino di raccolta sottostante (cfr. **Figura 6**).

Nel periodo 10-20 agosto 1999, a seguito di forti precipitazioni, si verificò una colata detritica lungo la Valle C.na Cavo, che comportò ripercussioni sull'opera di contenimento alla base della stessa (**Foto 4-6**). Nel dettaglio si manifestarono fenomeni di scalzamento in corrispondenza delle gabbionate poste in testa alla suddetta opera di contenimento con conseguente instabilità della stessa. Tali evidenze sono riportate nel verbale di sopralluogo effettuato dagli scriventi in data 20 agosto 1999 e depositato nell'ufficio tecnico del comune di Porlezza. Ulteriori danni avvennero a valle della struttura, dove l'infiltrazione dell'acqua raccolta nel vascone determinò la formazione di una testata di incisione e fenomeni di erosione al piede. Ulteriori dissesti, sempre distribuiti sul versante Nord del M. Galbiga (non censiti nell' "Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia"), si registrarono nel periodo **Ottobre-Novembre 2000**.



Foto 4 - Riattivazione canale C.na Cavo
(T. Gerone)



Foto 5 – Danni alle gabbionate di testa del vascone



Foto 6 – Particolare dello scalzamento alla base delle gabbionate

Ulteriori dissesti, sempre distribuiti sul versante Nord del M. Galbiga (non censiti nell'”Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia”), si registrarono nel periodo **Ottobre-Novembre 2000**. Essi interessarono anche l'area di pertinenza del Camping OK La Rivetta, con accumulo di una notevole quantità di detrito lungo tutto il tratto finale dell'alveo in corrispondenza della conoide alluvionale (T. Vallone), fino al suo sbocco nel L. di Piano. Tali fenomeni interessarono anche il T. C.na Cavo, con conseguente sovralluvionamento della vasca di raccolta esistente.

A seguito di tali eventi la Regione Lombardia, in particolare la Direzione generale affari generali e personali-Unità organizzativa S.T.A.P.-Struttura del Genio Civile di Como, fece realizzare opere di regimazione idraulica lungo la valle Granosa e il T. Vallone, quali la riprofilatura e l'ampliamento della sezione d'alveo in fregio al campeggio per una lunghezza complessiva di circa 250 m, realizzando sponde in massi ciclopici di altezza pari a 2.5-3 m (**Figura 8a e 8b**). A monte del T. Vallone (apice della conoide), alla confluenza tra le valli Zatta e Granosa, venne anche realizzata una vasca di raccolta del materiale detritico, avente capacità di 800 m³ circa, sottesa da una briglia con gaveta alta circa 2 m.

Immediatamente a monte, nel tratto di raccordo tra la vasca di accumulo e l'alveo della valle Granosa, in sinistra idrografica venne costruito un muro in calcestruzzo alto 3-3.5 m per uno sviluppo complessivo di circa 30 m, con funzione di protezione spondale dell'ansa finale della valle Granosa.

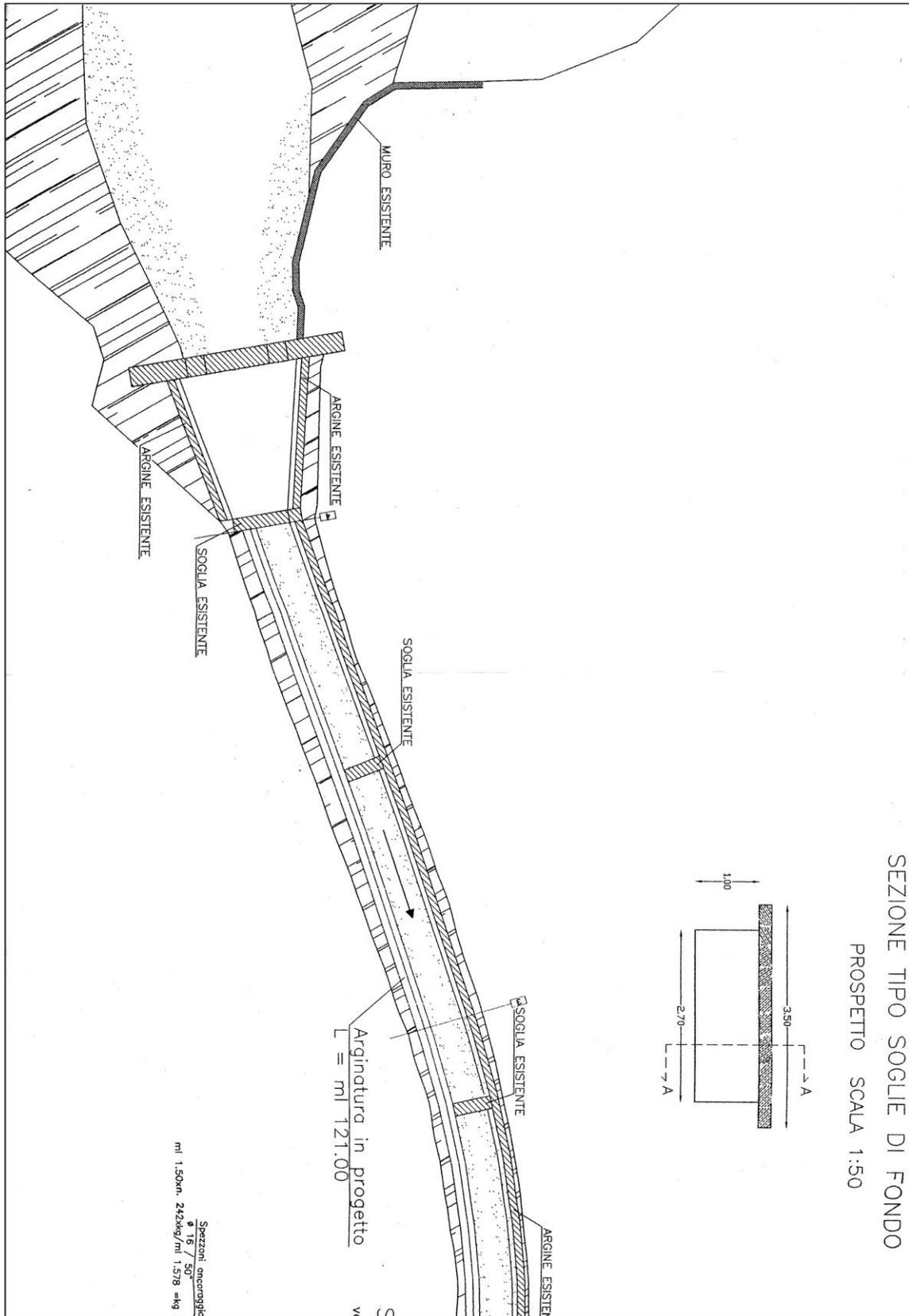


FIG 8a - Interventi T. Vallone

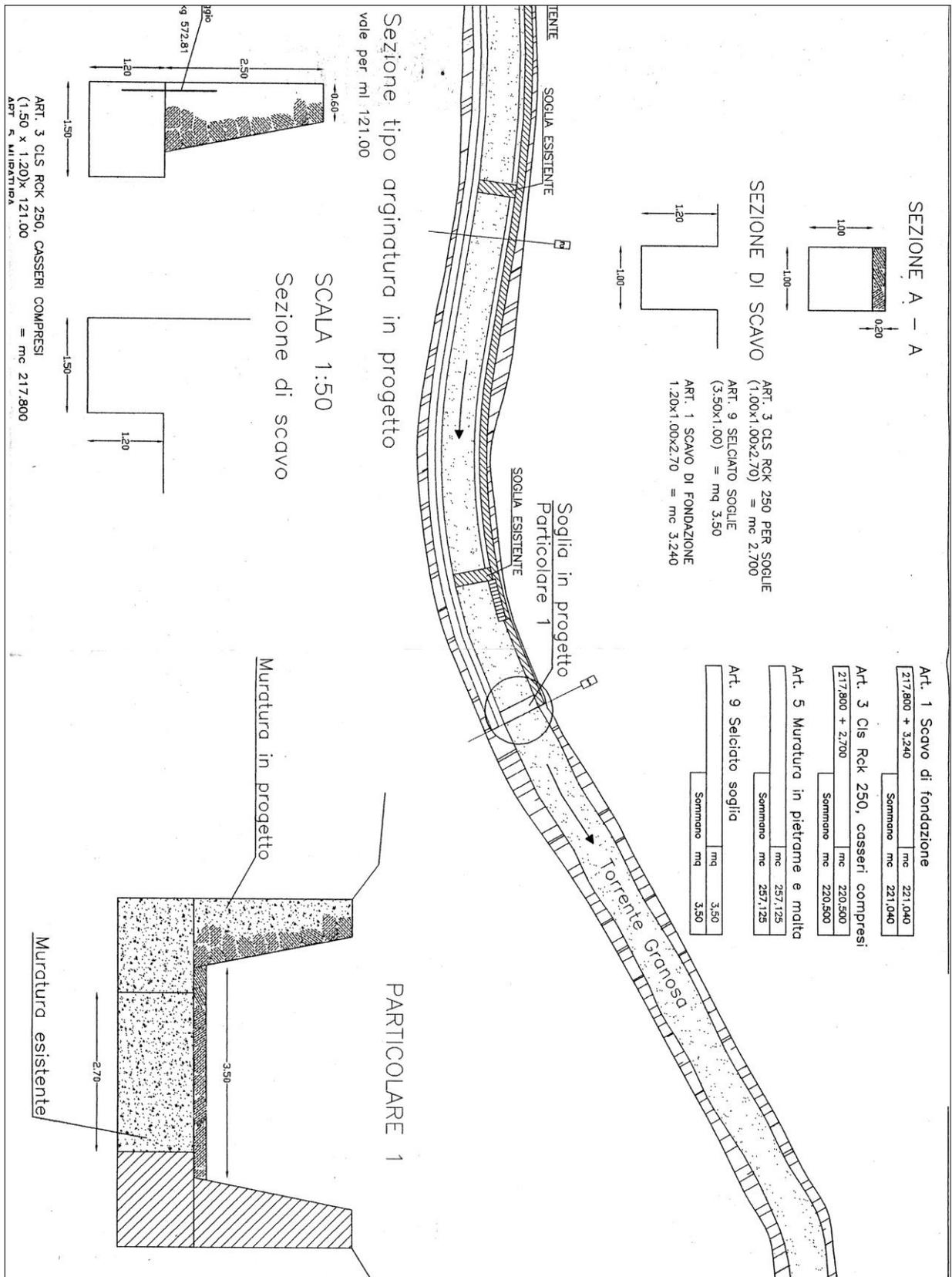


FIG 8b - Interventi T. Vallone

In data **9 agosto 2001**, a seguito di eventi di pioggia intensa, si verificò una colata di detrito in corrispondenza della Valle C.na Cavo, con riversamento di notevole quantità di materiale lapideo entro la vasca di contenimento.

Nel **novembre 2001** venne effettuato un sopralluogo atto a verificare lo stato dei luoghi a monte dell'area del campeggio, con particolare attenzione all'accumulo lungo la Valle Granosa ad una quota di circa 900 m s.l.m. (Foto 7) in modo da riscontrare sue possibili rimobilizzazioni.



Foto 7 - Novembre 2001: Panoramica area di accumulo T. Granosa a quota 900 m slm

Un anno più tardi, nel novembre 2002, a seguito di precipitazioni intense perduranti più giorni consecutivamente (**14-15-16-17-18 Novembre 2002**), in corrispondenza dei territori comunali di Porlezza e Bene Lario si verificarono numerosi dissesti, tra cui la tracimazione di notevoli quantità di acqua lungo gli impluvi delle valli Granosa, Zatta e C.na Cavo, che determinarono anche la formazione di un ristagno idrico in Loc. Nosallo, laddove è presente un'ampia area prativa subpianeggiata. Tale fenomeno, già manifestatosi in passato, permise la formazione di un bacino di circa 15.000 m², con profondità dell'acqua variabile da 2.0 m a 4.0 m (Foto 8).



Foto 8 – Bacino in corrispondenza della loc. Nosallo

Lo svuotamento di detto bacino, avvenne nei giorni seguenti grazie al drenaggio lungo la Valle Zatta (**Foto 9**), che confluisce poi a valle nel T. Vallone, in prossimità all'area del campeggio OK La Rivetta.

La notevole portata in alveo ed il contestuale apporto solido proveniente dalla limitrofa Valle Granosa provocarono il colmamento del vascone e danni alle sponde in corrispondenza del T. Vallone, come si apprezza nelle **Foto 10 e 11**.



Foto 9 – Drenaggio del bacino di accumulo in corrispondenza della Valle Zatta



Foto 10 - Argini in corrispondenza T. Vallone



Foto 11 –Particolare argine T. Vallone

A seguito di detti eventi vennero intrapresi lavori di Somma Urgenza per lo sgombero del materiale entro il vascone di accumulo e l'alveo del T. Vallone, e successivi interventi per la sistemazione degli argini danneggiati. Nel contempo venne emanato un provvedimento di sgombero temporaneo

dell'area destinata al campeggio, al fine di scongiurare i rischi elevati di esondazione e di tracimazione delle acque verso quest'ultima.

Altri smottamenti accaddero nel territorio comunale di Porlezza in data **17 ottobre 2002**, in particolare in località S. Maurizio, circa 1 km ad ovest dell'area di studio, laddove si verificò una frana di 350 mc di materiale lapideo e fango.

In data **6 agosto 2003** fu eseguito un sopralluogo presso il sito al fine di verificare la conclusione dei lavori di Somma Urgenza effettuati durante il periodo **ottobre-novembre 2002**, da cui emerse la conformità nei confronti delle prescrizioni riportate nella documentazione tecnica a firma dei tecnici incaricati (data Ottobre 2002), così come testimoniato dalla seguente documentazione fotografica



Foto 12 – Particolare svuotamento T. Vallone e consolidamento briglie e argini



Foto 13 – Particolare svuotamento vasca di accumulo in testa al T. Vallone

Si segnala inoltre che in corrispondenza del T. C.na Cavo vennero consolidate le briglie di contenimento in gabbionate.

In data 28 Agosto 2003 si verificarono ulteriori episodi di dissesto, tuttavia di portata inferiore, che interessarono anche l'area del campeggio con la parziale tracimazione della muratura in calcestruzzo alla fine della valle Granosa.

A seguito di tale episodio, per assicurare maggior sicurezza idraulica tergo della muratura, nell'**Aprile 2004**, si procedette ad innalzare la quota sommitale di 2 m del manufatto lungo tutto il suo sviluppo (circa 30 m), predisponendo gabbionate.

Durante il **periodo 2004-2005** non sono stati segnalati fenomeni che hanno interessato le aree oggetto di studio.

In data 26 Luglio 2006. a seguito di precipitazioni intense si verificò un ulteriore episodio di dissesto con riempimento sia della vasca del T. Vallone sia quella del T. C.na Cavo (**Foto 14-17**).



Foto 14 – Particolare carrareccia che conduce alla vasca del T. C.na Cavo.

Si osserva la tracimazione del materiale proveniente dalla Vasca di accumulo



Foto 15 – Particolare Vasca di accumulo del T. C.na Cavo



Foto 16 – Particolare Vasca di accumulo T. Vallone



Foto 17 – Particolare Asta Torrentizia del T. Granosa in approfondimento ed in erosione diffusa a monte dell'area del Camping

In data 24 Agosto 2006 ore 19,45 circa, si è verificato l'ultimo episodio di colata di detrito, di portata notevolmente superiore rispetto alle precedenti, in quanto è stata interessata anche l'area del campeggio; il materiale trascinata dagli argini del T. Vallone per sovralluvionamento ha infatti interessato l'estremità orientale dell'area ricettiva più prossima al corso d'acqua, con danneggiamento anche consistente alle strutture (bungalow, roulotte ecc.). Le cause, la dinamica nonché le ripercussioni che si sono manifestati sul territorio vengono descritti nel dettaglio nel capitolo successivo, mentre di seguito si riportata una significativa documentazione fotografica relativa all'evento (**Foto 18-23**).



Foto 18 - Particolare colata con trascinamento dell' argine del T. Vallone



Foto 19 - Parte terminale della tracimazione del T. Vallone in corrispondenza del campeggio OK La Rivetta



Foto 20 - Particolare zona di tracimazione con interessamento strutture del campeggio



Foto 21 – Particolare materiale tracimato in corrispondenza del campeggio e relative strutture interessate



Foto 22 - Panoramica Vasca di accumulo T. C.na Cavo (T. Gerone)



Foto 23 - Particolare operazioni di svuotamento della Vasca del T. C.na Cavo

EVIDENZE EMERSE A SEGUITO DELL'EVENTO DEL 24 AGOSTO

I sopralluoghi effettuati dopo gli episodi di dissesto del mese di Luglio e, soprattutto, del 24 Agosto 2006, hanno permesso di evidenziare alcune situazioni di criticità dell'assetto idrografico-idraulico dei corsi d'acqua T. Granosa e T. C.na Cavo (T. Gerone), posti immediatamente a monte della località "Rivetta" sita tra i Comuni di Porlezza, Carlazzo e Bene Lario.

A tal proposito è risultato significativo acquisire ulteriori informazioni in merito all'evoluzione dinamica dei dissesti, strettamente connessa alle caratteristiche morfometriche dei corsi d'acqua e dei relativi versanti, oltre che alla funzionalità idraulica delle opere di regimazione esistenti, al fine di indirizzare ad interventi mirati alla mitigazione della pericolosità alla scala strettamente locale e alla salvaguardia degli aspetti di tipo naturalistico-ambientale. Nello specifico è emerso che:

- a) il "vascone" predisposto nell'anno 2002 alla confluenza tra il T. Granosa e la valle Zatta, sotteso dalla briglia all'apice del tratto arginato del "Vallone", a seguito del primo dei due eventi ravvicinati del tardo pomeriggio (ore 15) è stato quasi interamente colmato dal materiale detritico (Foto 24); il volume della colata è stato stimato in 3000-4000 m³, quindi ben superiore alla capacità d'invaso del "vascone" (circa 800 m³), per cui si è avuta la tracimazione entro "il Vallone" e il conseguente riempimento dell'alveo medesimo. In occasione del secondo evento (ore 19:45), più consistente in termini di volumi scaricati (5000-6000 m³), la colata di detrito discesa dalla valle Granosa ha trovato l'ostacolo del materiale accumulatosi precedentemente nel "vascone" per cui si è verificato il "sovralluvionamento" con tracimazione arginale in sponda idrografica sinistra, pochi metri a valle della briglia, verso le pertinenze del campeggio (Foto 25, 26 e 27).

In tale quadro dinamico ha influito negativamente l'accumulo di materiale conferito provvisoriamente in corrispondenza della sponda in destra idrografica del "vascone" durante le operazioni di svuotamento del medesimo a seguito dell'episodio del mese di luglio 2006, solo in parte rimosso successivamente.

Lo spessore di materiale accumulato, circa 3 m sopra la quota sommitale della briglia (Foto 28 e 29), di fatto ha impedito la tracimazione di materiale verso le aree a tergo dell'argine destro e, contestualmente, ha convogliato per impatto la colata sul lato opposto favorendo la tracimazione in corrispondenza dell'argine sinistro (cfr. Foto 25 e 27) verso le pertinenze del campeggio.

La Foto 29 illustra l'accumulo e la traiettoria di impatto della colata con il relativo segno di erosione. In tale ottica emerge la fondamentale importanza di manutenzione ordinaria del reticolo idrografico, nella fattispecie rivolta principalmente allo svuotamento del vascone di raccolta del materiale all'apice della conoide e alla programmata pulizia dell'alveo.

- b) Il muro in calcestruzzo predisposto allo sbocco della valle Granosa a monte del "vascone", recentemente innalzato con la messa in opera di una doppia fila di gabbionate alla sommità (anno 2004), ha evidenziato una buona funzionalità. Tuttavia è emerso come il notevole salto di quota del profilo di fondo dell'alveo in roccia immediatamente a monte, contraddistinto da una successione di gradini morfologici ciascuno con dislivello superiore a 3 m, determini un'accentuazione della traiettoria di caduta della colata e conseguenti impatti della componente solida sulla sommità del manufatto (Foto 30). Inoltre, a causa del notevole attrito sul muro operato dal movimento della colata, si osserva un'erosione concentrata soprattutto in corrispondenza del piede, all'ancoraggio muro-substrato roccioso (Foto 31).
- c) In corrispondenza dello sbocco del T. Gerone-T. C.na Cavo all'apice della propria conoide, coalescenze con quella della valle Granosa, i fenomeni di colata di detrito del 24 agosto 2006 hanno determinato il completo colmamento del bacino qui presente, rappresentato nel dettaglio da un cordolo di travi e barre in metallo, affiancate sul lato di monte da una serie di gabbionate (Foto 32). Come già riscontrato in occasione dei dissesti pregressi, l'assenza in corrispondenza del bacino di un adeguato sistema di scolo delle acque, determina l'alluvionamento vero e proprio della strada di accesso al manufatto, con la formazione sulla relativa sede di solchi di erosione anche molto profondi (Foto 33), oltre all'allagamento della sottostante strada di accesso al L. di Piano e al Camping Ok La Rivetta.
- Altre evidenze si segnalano a valle del bacino, laddove sono evidenti piccole colate di fango che si disperdono lungo il versante e in testa al bacino stesso dove sono stati riscontrati delle parziali rotture delle gabbionate ivi presenti.
- d) In corrispondenza del settore montano della valle Granosa, l'accumulo detritico posto all'incirca a quota 900 m s.l.m., il cui volume stimato è prossimo a 45.000 m³, è stato mobilizzato in più punti, concentrati soprattutto lungo la sponda idrografica destra e in corrispondenza della relativa soglia di valle, con conseguente trasporto gravitativo in massa di materiale lapideo grossolano preso in carico dalla colata (Foto 34).
- e) In riferimento agli aspetti naturalistico ambientali, gli afflussi liquidi e solidi in alveo durante le precipitazioni di normale portata e, soprattutto, gli episodi di debris flow succedutisi nell'ultimo decennio, hanno provocato una progradazione del settore distale della conoide edificata dai torrenti defluenti nelle valli Granosa e Zatta, con apporto di materiale sia fine sia

detritico entro il bacino del L. di Piano. Si ricorda che quest'ultimo è una Riserva Naturale che rientra nel complesso delle aree protette dalla Regione Lombardia, riconosciuta in quanto SIC (Sito di Importanza Comunitaria) dall'Unione Europea.



Foto 24 - Vascone T. Vallone a tergo della briglia



Foto 25 - Vista dal corso del "Vallone" verso la briglia



Foto 26 - Punto di tracimazione arginale in sinistra idrografica verso il campeggio



Foto 27 - Cfr. Foto 26



Foto 28 - Accumulo stoccato dopo l'evento di luglio subito a monte della briglia (vista dal muro)

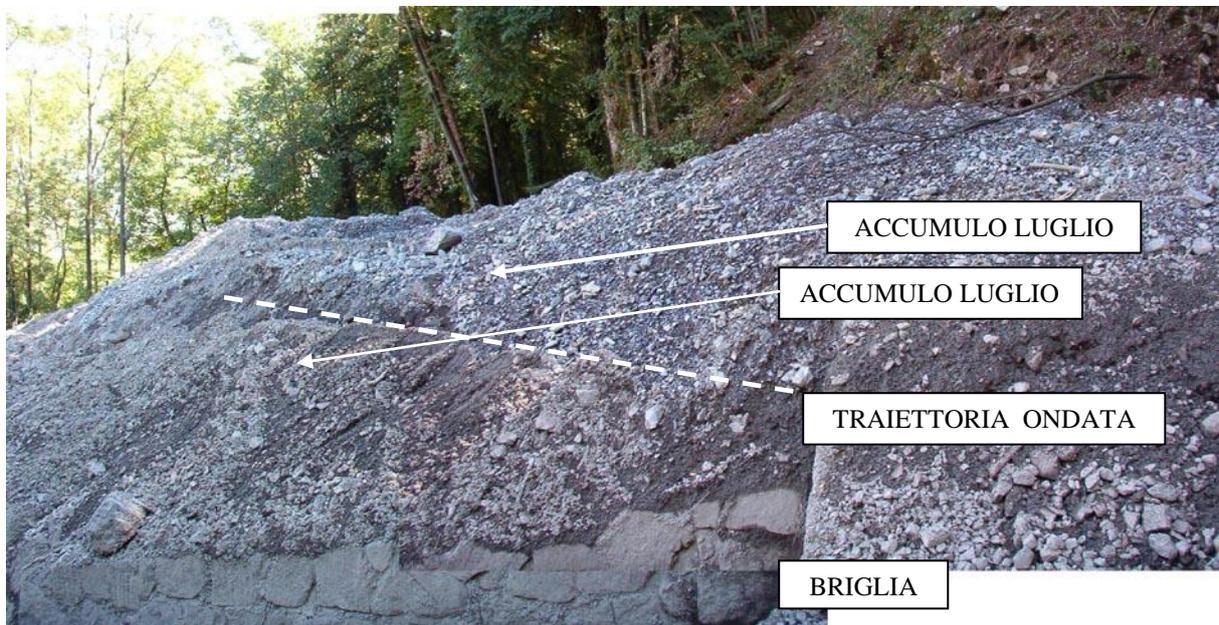


Foto 29 - Vista dell'accumulo che ha impedito la tracimazione e della traiettoria d'impatto della colata



Foto 30 - Salto a monte del muro e impatti di caduta della componente solida della colata



Foto 31 - Erosione alla base del muro



Foto 32 - Bacino allo sbocco del T. C.na Cavo



Foto 33 - Fenomeni di erosione sulla strada di accesso al bacino C.na Cavo



Foto 34 - Fenomeni di dissesto presso accumulo Valle Granosa quota 900 m s.l.m.

Aree a pericolosità potenziale da trasporto in massa e flusso di detriti su conoide: si tratta della conoide del valletto S. Abbondio e della conoide in loc. Santuario della Caravina.



Conoide loc. Santuario della Caravina



Conoide loc. Santuario della Caravina



Vasca di Laminazione valle S. Abbondio

Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata: si tratta di un'ampia zona che comprende le pendici del monte Bronzone a monte della località Cima e di Via Porto Letizia.



Aree a pericolosità potenziale per trasporto in massa e flusso detritico e a franosità superficiale: aree caratterizzate da ruscellamenti in depositi superficiali sciolti su substrato roccioso con caratteristiche geomeccaniche scadenti e facilmente erodibile. Interessa tutto il versante del monte Calbiga.

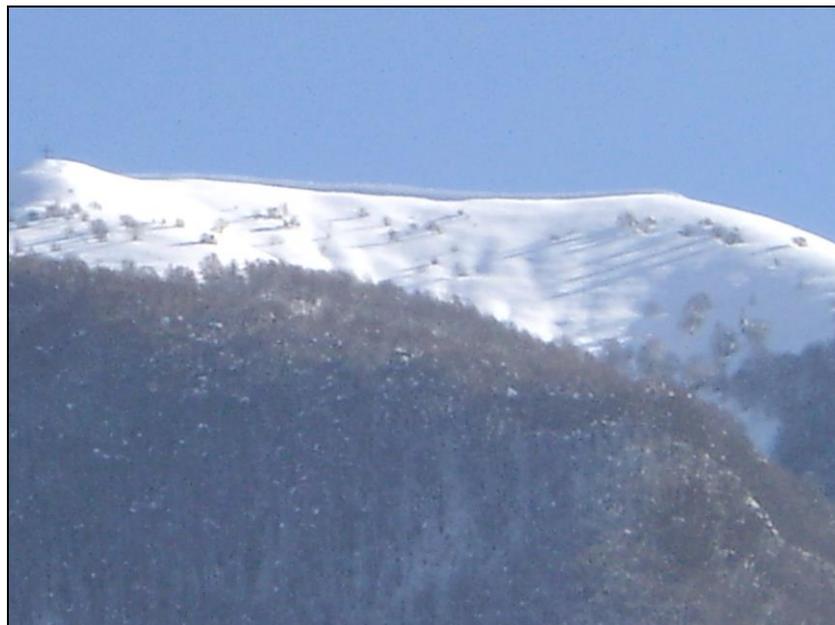


Lungo gli alvei dei torrenti Gramisciola, San Maurizio, Cungnolo, Tremezzolo e Valle della Madonna i depositi accumulati possono essere riattivati in seguito ad intense precipitazioni causando l'instaurarsi di nuovi fenomeni erosivo con trasporto in massa (debris flow).



Monte Calbiga: accumulo di materiale instabile a quota 900 m

Aree interessate da valanghe già avvenute: si tratta di un canale di valanga con fenomeni valanghivi risalenti all'inizio del 1900 e recentemente riattivatosi nel 2010.



Aree caratterizzate dalla sovrapposizione di litologie disomogenee con caratteristiche geotecniche o geomeccaniche scadenti: l'area situata subito a nord dell'abitato di Porlezza a nord della loc. Begna. Sono zone caratterizzate dalla presenza del substrato roccioso fortemente stratificato con caratteristiche geomeccaniche scadenti ricoperto superficialmente da depositi sciolti.

RISCHIO IDROGEOLOGICO

AREE VUNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDROGEOLOGICO

Aree a bassa soggiacenza della falda

La presenza di una falda freatica libera a ridotta profondità dal p.c. localizzata all'interno di depositi fluvioglaciali dotati di buona permeabilità può facilmente essere aggredita da elementi inquinanti.

Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile

L'alto grado di vulnerabilità idrogeologica di quest'area è critica in prossimità del lago e in vicinanza del pozzo N.1 (via delle ferrovie) per la bassa soggiacenza della falda freatica (da -5.00 a -2.00 m d a.c.).

Zona di tutela assoluta: fascia di raggio di 10 m intorno ai punti di captazione idropotabile.

Zona di rispetto: fascia di raggio di 200 m intorno ai punti di captazione idropotabile.

15.CARTA DEI VINCOLI

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

La carta dei vincoli è stata redatta in scala 1: 5.000 (TAV.7A-7B).

Fasce di rispetto dello studio della rete idrica minore. Ogni comune è dotato dello studio del reticolo idrico minore che stabilisce le fasce di rispetto di tutti i corsi d'acqua.

Dissesti con legenda uniformata PAI (i 2 dissesti rinvenuti come frane attive lungo la via per le Orane sono stati consolidati con progetto comunale. Inoltre anche il dissesto a nord della località Trecate si è ormai stabilizzato).

Aree di salvaguardia delle risorse idriche (D.P.R. n. 236 del 24 .05.1988)

Il D.P.R. n. 236 del 24 .05.1988 oltre a definire i parametri concernenti la qualità delle acque destinate al consumo umano, definisce anche le zone di salvaguardia per le risorse idriche destinate al consumo umano qualunque ne sia l'origine. Il decreto definisce un'area di tutela assoluta, una zona di rispetto che secondo il criterio geometrico deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 200 m rispetto al punto di captazione e una zona di protezione che orientativamente corrisponde all'area di ricarica delle falde. L'estensione della zona di rispetto può essere variata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio delle risorse (Per questa variazione si rimanda alla delimitazione delle aree di rispetto secondo il criterio temporale- DGRL 6/15137 del 1996). Nella zona di rispetto sono sempre vietate le seguenti attività:

- immissione in fossi non impermeabilizzati di reflui , fanghi e liquami anche se depurati
- accumulo di concimi organici
- aree cimiteriali
- dispersione nel sottosuolo di acque bianche provenienti da piazzali e strade.
- spargimento di fertilizzanti e pesticidi
- stoccaggio di rifiuti ,reflui, prodotti , sostanze chimiche pericolose.
- pascolo e stazzo di bestiame

La zona di tutela assoluta è adibita esclusivamente ad opere di presa ed a costruzioni di servizio; deve essere recintata e provvista di canalizzazione per le acque meteoriche e deve avere un'estensione di raggio non inferiore a 10 m, ove possibile, la zona di tutela assoluta è adeguatamente ampliata in relazione alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa.

Dagli studi effettuati si ritiene che l'area di salvaguardia definita attraverso il solo criterio geometrico non sia sufficiente, dato l'elevato grado di vulnerabilità dell'acquifero. pertanto si consiglia di provvedere ad una nuova delimitazione dell'area di salvaguardia basandosi su criteri idrogeologici.

A titolo informativo si ricordano i seguenti vincoli non di natura prettamente geologica e non riportati in cartografia:

Vincolo idrogeologico: stabilito dal Regio Decreto Legge 30.12.1923 n. 3267 “Riordino e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani” e confermato Legge Regionale 21-06-88 n.33 “Disciplina delle zone del territorio regionale a rischio geologico. In tale zona, la richiesta di concessione edilizia, o di sanatoria è da completarsi con specifica perizia idrogeologica finalizzata a verificare l’impatto delle opere sulla stabilità dei versanti e sul normale deflusso delle acque.

Vincolo paesaggistico(Legge Galasso): il territorio comunale è sottoposto in parte a vincolo paesaggistico, in base al quale l'edificazione ed ogni intervento sono sottoposti alle norme della legge 29.06.1939 n. 1497 e successive modifiche (legge 431\1985-Legge Galasso), che individuano come sottoposti a vincolo paesaggistico:

- i fiumi, i torrenti ed i corsi d'acqua iscritti negli elenchi di cui al testo unico delle disposizioni di leggi sulle acque ed impianti elettrici, approvato con R.D.L. 11.12.1933 n. 1775 e le relative sponde o piede degli argini per una fascia di 150 m (art 1-c)
- i parchi e le riserve nazionali o regionali, nonché i territori di protezione esterna dei parchi (art. 1-f).
- i territori ricoperti da boschi ancorché percorsi o danneggiati dal fuoco, e quelli sottoposti a vincolo di rimboschimento (art 1-g). Sono consentiti il taglio colturale, la forestazione, la riforestazione, le opere di bonifica, antincendio e di conservazione previsti dalla normativa vigente in materia.

Vincolo cimiteriale.: interessa un intorno dell'area cimiteriale di larghezza di almeno 50 m E' definito dalla art. 338 del testo unico delle leggi sanitarie 27.07.1934 n 1265, modificato con leggi successive e dal D.P.R. 10/09/90 n.285. Questa legge implica l'obbligo di mantenere e sviluppare il verde esistente mentre è vietato ogni tipo di edificabilità che si discosti da struttura di servizio dell'area cimiteriale stessa. Eventuali ampliamenti delle aree cimiteriali sono comunque soggetti a preventivo parere anche di enti sovracomunali (USSL). Il suolo cimiteriale deve essere sciolto sino alla profondità di 2,5 m o capace di essere reso tale con facili opere di scasso. La falda freatica alla sua massima altezza deve trovarsi ad una distanza di almeno 2.5 m al di sotto del piano campagna.

16.CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO E CLASSI DI FATTIBILITA'

La carta della fattibilità geologica (Tavole 9a-9b-9c-9d-9f-9g) è stata redatta alla scala 1: 2.000 per l'intero territorio comunale, valutando in modo critico tutti gli elementi emersi durante la fase di analisi. Per l'intero territorio comunale è stata redatta anche una carta di fattibilità in scala 1:10.000 (Tav. 10).

Scopo degli elaborati è quello di fornire una visione chiara ed immediata del territorio in rapporto al contesto ambientale e di fornire delle indicazioni generali sulla destinazione d'uso. In quest'ottica il territorio comunale è stato suddiviso in quattro classi di fattibilità aventi un grado di limitazione crescente come indicato nella D.G.R. n.5/36147, ripresa poi nella L.R. 41/97 e nella l.r. 12

Seguendo le indicazioni riportate nella citata Delibera della Giunta della Regione Lombardia, la valutazione incrociata degli elementi emersi dagli studi tematici, con i fattori ambientali ed antropici propri del territorio comunale, ha consentito di sviluppare il processo diagnostico che permette di azzonare il territorio in classi di fattibilità geologica. Scopo dell'elaborato è quello di fornire una visione chiara ed immediata del territorio in rapporto al contesto ambientale e di fornire delle indicazioni generali sulla destinazione d'uso. I risultati vengono rappresentati sulla carta della fattibilità geologica per le azioni di piano (Tavole 6a e 6b allegata fuori testo), che descrive le problematiche e le eventuali limitazioni alla fattibilità geologica delle azioni di piano.

La classificazione adottata fornisce indicazioni in ordine alla destinazione d'uso, alle cautele generali da adottare per gli interventi, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti del caso. Rimane infatti fondamentale la realizzazione di studi di dettaglio all'atto della progettazione esecutiva degli interventi, dimensionati alla scala delle opere di progetto (secondo quanto previsto dal D.M. 11/03/1988, Circ.Minist.24/09/1988 n. 30483), in quanto le osservazioni ed i dati derivabili dalla zonazione geologica non li sostituiscono in alcun modo e inoltre bisogna tenere in considerazione il rispetto dei vincoli ambientali. I criteri di cui alla citata D.G.R. individuano quattro classi di fattibilità, a seconda della idoneità geologica delle particelle di terreno a sopportare eventuali trasformazioni d'uso, come indicato nella D.G.R. n.5/36147, ripresa poi nella L.R. 41/97 e nella D.G.R. n.7/6645 del 29/10/2001 e nella L.R. 12/2005. Nella zonizzazione del territorio è stato adottato il criterio di tracciare i limiti delle differenti classi, seguendo la logica di individuare passaggi graduali tra le diverse classi.

La carta di fattibilità viene desunta dalla carta di sintesi attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono definito dalla carta di sintesi. La carta di fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, alle opere di mitigazione del rischio ed alle necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

CLASSE II (gialla)- FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI:

Sono aree in genere pianeggianti con discrete caratteristiche geologico-tecniche dei terreni che presentano condizioni limitative alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, per superare le

quali si rende necessario realizzare approfondimenti di carattere geologico-tecnico o idrogeologico finalizzati alla realizzazione di eventuali opere di sistemazione e bonifica.

In questa classe possono rientrare anche aree caratterizzate dalla presenza di modesti fenomeni di dissesto purchè siano ben individuabili, circoscrivibili e caratterizzati da modesti volumi, come piccoli colamenti superficiali o fenomeni di ruscellamento di scarso rilievo. Appartengono a questa classe la frazione di Tavordo, Begna, la zona attorno al Crotto Darna ed i terreni presenti nella frazione di Cima per una fascia che dalla riva del lago sale fino ad una quota variabile da 330 m a 350 m.

Si ritiene pertanto che nel caso di modificazioni della destinazione d'uso o per la costruzione di nuovi insediamenti debbano essere prodotti studi geologico - tecnici.

Tali studi dovranno evidenziare, sulla base della tipologia d'intervento, i mutui rapporti con la geologia e la geomorfologia con particolare riguardo per i sistemi di controllo e drenaggio delle acque superficiali, oltre che a puntuali indagini geotecniche per il dimensionamento delle strutture di fondazione e sostegno, con eventuali verifiche di stabilità soprattutto per la messa in sicurezza di eventuali fronti di scavo.

Tipo di indagini consigliate: Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Carotaggi, Prove di permeabilità in sito, Indagine sismica.

CLASSE III (arancione) - FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Questa classe comprende quelle aree che presentano consistenti limitazioni alla modificazione delle destinazioni d'uso dei terreni.

In tale contesto, preventivamente alla progettazione urbanistica devono intervenire supplementi di indagine di carattere geologico-tecnico, campagne geognostiche, prove in situ e/o di laboratorio, volte in particolare a verificare la stabilità dei pendii interessati dagli interventi e alla definizione dei sistemi di controllo e drenaggio delle acque superficiali.

Tali dati dovranno essere valutati ai fini di precisare le idonee destinazioni d'uso dei terreni, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e di bonifica. Per gli eventuali edifici già esistenti entro queste aree dovranno essere date indicazioni per la mitigazione degli effetti negativi indotti dalla presenza dell'edificato.

E' auspicabile che l'Amministrazione, in funzione dell'eventuale sfruttamento urbanistico di tali porzioni di territorio comunale, metta in essere idonee forme di monitoraggio continuo della dinamica dei fenomeni in atto o indotti a seguito dell'intervento.

Rientrano in questa classe la porzione terminale delle conidi di torrenti Gramisciola, San Maurizio, Cugnolo, le falde detritiche alle pendici del Monte Lenno e Calbiga da quota 280 m fino a quota 300 m circa, una fascia di terreno in frazione Cima compresa tra le quote 280 m a quota 360, la zona attorno a San Rocco, Palo e Cavron, l'area a monte della loc. Begna sopra la quota 380 m e la parte alta di Agria.

Inoltre ricadono quelle aree soggette a protezione dei punti di captazione delle acque potabili per l'elevata vulnerabilità di tale risorsa.

L'uso di queste aree necessita di supplementi di indagine e di studi tematici per definire opere di sistemazione e bonifica. Si valuterà la stabilità dei luoghi, l'insieme struttura/terreno,

struttura/roccia, la modifica del regime idraulico superficiale, il drenaggio delle acque e le opere necessarie per la messa in sicurezza dei luoghi.

Tipo di indagini consigliate: *Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Carotaggi, Prove di permeabilità in sito, Indagine sismica.*

Nelle immediate vicinanze delle fasce di rispetto dei torrenti, verifiche idrologiche con calcolo di portata di massima piena e studi di bacino.

Nella fasce di rispetto delle aree cimiteriali si dovranno predisporre indagini geologico tecniche descritte nel precedente paragrafo.

Nelle fasce di rispetto dei pozzi o delle sorgenti verificare la compatibilità idrogeologica dei luoghi con l'intervento in progetto.

Si precisa inoltre che le indagini geologiche e geotecniche devono essere eseguite secondo i criteri esposti nel D. M. 11.3.88 e D.M.14.01.2008 e s.m.i.

CLASSE IIIa- FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI: comprende aree che presentano consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Queste aree sono poste in adiacenza al lago Ceresio interessate da oscillazioni stagionali della superficie lacuale senza fenomeni di esondazione e localmente con caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni.

L'analisi delle oscillazioni del livello idrico misurato nel lago di Lugano (Ceresio) negli anni 1930-2005 mostra che le variazioni maggiori si sono verificate nei mesi di Luglio, Settembre ed Ottobre. L'entità di tali variazioni è al massimo di 1.10 m da quota 270.3 m s.l.m. a quota **271.4 m s.l.m.** con valore massimo registrato di **272.08 m ms.l.m.** (alluvione novembre 2002).

La variazione è di limitata entità per la presenza dello sbarramento ubicato in territorio Svizzero.

La classe di fattibilità 3a viene delimitata dalla linea di costa lacuale e la quota di 272.08 m slm ed interessa tutto il lungolago di Porlezza fino al Campeggio Darna ad eccezione del tratto di versante interessato da possibili distacchi di blocchi rocciosi e dalle foci dei vari corsi d'acqua. In corrispondenza della Frazione di Cima, in particolare tra il confine con il Comune di Valsolda e l'imbocco della galleria della strada statale, l'area di fattibilità 3a è invece compresa tra la linea di costa lacuale e la strada statale.

Tale differenza è dovuta alla presenza di numerose opere di antropizzazione come muretti a secco, muri in pietra e cls, muri in c.a. di giardini privati e darsene, che non hanno permesso di seguire un andamento lineare della quota di 272.08 m slm.

In tale contesto sono necessari supplementi d'indagine di carattere geologico-tecnico, campagne geognostiche, prove in situ ed in laboratorio come specificato nel D.M. 11.3.88 e D. M. 14.01.2008. Vista la particolare situazione idrologica e geotecnica locale che caratterizza l'area di **fattibilità 3a** di seguito vengono definite le tipologie di indagini ed accertamenti tecnici per verificare la situazione geotecnica ed idrogeologica locale:

PER REALIZZAZIONE PONTILI

- Batimetrie
- Rilievo topografico di dettaglio con sezioni trasversali
- Verifiche venti e correnti (sedimentometrie)

PER NUOVE STRUTTURE

- Prove penetrometriche o sondaggi a carotaggio continuo;
- Rilievo topografico di dettaglio con sezioni trasversali;
- Sezioni idrauliche con riportato le massime altezze del livello del lago corrispondente a 271.4 m s.l.m. e a 272.08 m s.l.m. (alluvione 2002)

CLASSE III*- FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI:

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 igienicofunzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.

Di seguito si riportano gli interventi consentiti descritti nel comma 7 (aree Ca):

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

CLASSE IV (Rosso) - FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

L'elevato rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso, dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, eccezion fatta per quelle opere che saranno tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti interventi così come definiti dall'art.31 lettere a), b) c) della legge 457/1978. Ogni istanza di intervento su questi terreni dovrà essere accompagnata da idoneo studio geologico che attesti la compatibilità degli interventi entro il contesto generale e che verifichi la possibilità di interventi di sistemazione idonei all'eventuale declassazione della zona interessata. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e

dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito della pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tale fine alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio geologico

In questa classe rientrano i versanti del monte Calbiga e Lenno a partire circa da quota 300 m, i versanti sovrastanti Via Porto Letizia e quelli sopra la frazione di Cima da quota 330-360, le conoidi del torrente Granosa (Campeggio O.K.), l'apice della conoide del T. Cuccio e una porzione in sponda destra e sinistra del T. Cuccio, la forra del torrente Rezzo da quota 290 m.

Si vieta ogni nuova edificazione, eccezion fatta per le opere tese al consolidamento ed alla sistemazione idrogeologica dei siti. Ogni intervento deve essere corredato da idoneo studio geologico che attesti la compatibilità degli interventi.

Tipo di indagini consigliate: *Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Sondaggi a carotaggio continuo, Prove di permeabilità in sito, Posa di tubi inclinometrici in area di frana, Indagine sismica Verifiche idrologiche dei torrenti con calcolo di portata di massima piena, Verifiche di stabilità fronti di scavo, verifiche del trasporto solido lungo i corsi d'acqua interessati dal fenomeno tipo Bebris Flow.*

Si precisa inoltre che le indagini geologiche e geotecniche devono essere eseguite secondo i criteri esposti nel D. M. 11.3.88 e D.M.14.09.2005 “ *norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*”.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva in cui vengono proposti dei suggerimenti minimi necessari per una buona salvaguardia e pianificazione del territorio in rapporto alle caratteristiche geologiche, morfologiche, idrologiche ed ai rischi ambientali emersi dallo studio svolto.

Classi di Fattibilità	Caratteristiche morfologiche	Rischio	Linee guida
II	Aree con inclinazione < 20°, con caratteristiche geotecniche da discrete a mediocri		<i>Le indagini saranno finalizzate alla definizione della stratigrafia dei terreni, al calcolo della capacità portante, alla valutazione della stabilità, dei fronti di scavo e alla valutazione della stabilità dell'insieme struttura-roccia e a dare indicazioni sulle modalità per il drenaggio e lo smaltimento delle acque.</i> Tipo di indagini consigliate: <i>Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Carotaggi, Prove di permeabilità in sito, Indagine sismica.</i>
III	Terreni acclivi >30° substrato roccioso da affiorante a subaffiorante, detrito di versante, caratteristiche	Terreni predisposti al dissesto idrogeologico e/o morfodinamico	<i>L'uso di queste aree necessita di supplementi di indagine e di studi tematici per definire opere di sistemazione e bonifica. Si valuterà la stabilità dei luoghi, l'insieme struttura/terreno, struttura/roccia, la modifica del regime idraulico superficiale, il drenaggio delle acque e le opere necessarie per la messa in sicurezza dei luoghi.</i>

	geotecniche scadenti con falda subaffiorante		<p><i>Tipo di indagini consigliate: Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Carotaggi, Prove di permeabilità in sito, Indagine sismica.</i></p> <p><i>Nelle immediate vicinanze delle fasce di rispetto dei torrenti, verifiche idrologiche con calcolo di portata di massima piena e studi di bacino.</i></p> <p><i>Nelle fasce di rispetto dei pozzi o delle sorgenti verificare la compatibilità idrogeologica dei luoghi con l'intervento in progetto.</i></p>
IIIa	Aree ubicate in adiacenza al lago Ceresio interessate da oscillazioni stagionali della superficie lacuale senza fenomeni di esondazione e localmente con caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni.	Caratteristiche geotecniche scadenti dei terreni. Esondazione o allagamento potenziale	<p>PER REALIZZAZIONE PONTILI</p> <p><i>Batimetrie</i></p> <p><i>Rilievo topografico di dettaglio con sezioni trasversali</i></p> <p><i>Verifiche venti e correnti (sedimentometrie)</i></p> <p>PER NUOVE STRUTTURE</p> <p><i>Prove penetrometriche o sondaggi a carotaggio continuo;</i></p> <p><i>Rilievo topografico di dettaglio con sezioni trasversali;</i></p> <p><i>Sezioni idrauliche con riportato le massime altezze del livello del lago corrispondente a 271.4 m s.l.m. e a 272.08 m s.l.m. (alluvione 2002)</i></p>
III*	Aree di Conoide Parzialmente protetta del T. Cuccio in Loc. Madonna della Caravina	Potenziali allagamenti	<p><i>Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 igienicofunzionale; - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue. <p>Tipo di indagini consigliate: Verifiche idrauliche di dettaglio Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Sondaggi a carotaggio continuo, Prove di permeabilità in sito</p>
IV	Situazione morfodinamica attiva con substrato roccioso da affiorante a subaffiorante	Caduta massi, Debris Flow Frane per crollo	<p><i>Si vieta ogni nuova edificazione, eccezion fatta per le opere tese al consolidamento ed alla sistemazione idrogeologica dei siti. Ogni intervento deve essere corredato da idoneo studio geologico che attesti la compatibilità degli interventi.</i></p> <p>Tipo di indagini consigliate: Prove penetrometriche dinamiche o statiche, Sondaggi a carotaggio continuo, Prove di permeabilità in sito, Posa di tubi inclinometrici in area di frana, Indagine sismica Verifiche idrologiche dei torrenti con calcolo di portata di massima piena, Verifiche di stabilità fronti di scavo, verifiche del trasporto solido lungo i corsi d'acqua.</p>

17.CARTA DEI DISSESTI CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

E' stata aggiornata la carta dei dissesti con legenda uniformata PAI in scala 1: 10.000 in cui si riportano le problematiche individuate nel territorio comunale. In particolare sono rimaste invariate le zone di esondazione a pericolosità molto elevata (Ee) ma sono state cancellate le frane attive in quanto due sono state consolidate ed una si è stabilizzata.

18.BIBLIOGRAFIA

- Belloni (1975) Il clima delle provincie di Como e Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici
- Ministero dei lavori pubblici. Servizio Idrografico.(1959). Precipitazioni medie mensili ed annue e numero dei giorni piovosi per il trentennio 1921-1950.
- Pozzi, Clerici. Una proposta per la descrizione degli ammassi rocciosi.
- Servizio geologico. (1993). Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione territoriale.
- Servizio geologico Nazionale. Carta geologica della Lombardia

Rimanendo a disposizione per ulteriori chiarimenti si porgono cordiali saluti

Osnago, Ottobre 2014

Dott. Geol. Maurizio Penati

Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini



ALLEGATO 1

PERIMETRAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI CONOIDE
ATTIVA DEL TORRENTE CUCCIO AI SENSI DELL'ALLEGATO 2 ALLE
DIRETTIVE ATTUATIVE DELLA L.R. 11 MARZO 2005 n.12 APPROVATE
CON D.G.R. 22 DICEMBRE 2005 n.8/1566 e n.8/7374, NEL TERRITORIO
COMUNALE DI PORLEZZA (CO)

1.PERIMETRAZIONE E ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI CONOIDE ATTIVA DEL TORRENTE CUCCIO AI SENSI DELL'ALLEGATO 2 ALLE DIRETTIVE ATTUATIVE DELLA L.R. 11 MARZO 2005 n.12 APPROVATE CON D.G.R. 22 DICEMBRE 2005 n.8/1566 e n.8/7374, NEL TERRITORIO COMUNALE DI PORLEZZA (CO)

E' stato effettuato il seguente studio geologico di dettaglio relativo ad una conoide attiva non perimetrata (conoide T. Cuccio), atto a definire il grado di pericolosità e di rischio, in base alla densità e tipologia delle strutture urbane e residenziali potenzialmente coinvolte.

Tale studio è già stato effettuato per il territorio comunale di Carlazzo a novembre 2010 e pertanto sono stati utilizzati gli stessi calcoli e sezioni con verifiche all'interno del territorio comunale di Porlezza.

Tale studio, ai sensi dell'allegato 2 alle direttive attuative della l.r. 11 marzo 2005 n.12 approvate con d.g.r. 22 dicembre 2005 n.8/1566 e n.8/7374, specifica in dettaglio i seguenti argomenti:

- valutazione portate liquide;
- valutazione sulla portata solida e sulla relativa magnitudo;
- valutazioni riguardo sezioni di riferimento e capacità dell'alveo;
- definizione carta della pericolosità in relazione sia alla portata liquida sia alla portata solida
- redazione carta dei dissesti con legenda uniformata PAI
- redazione carta della fattibilità geologica.



2. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO IN AMBITO DELLA CONOIDE

La perimetrazione della pericolosità e del rischio, illustrata dalla cartografica tecnica redatta, è stata preceduta da una caratterizzazione idrologica ed idraulica del bacino idrografico della valle del T. Cuccio, in modo da poter inquadrare tutte le possibili cause che concorrono a definire il dissesto in senso lato, con particolare riferimento alla stima della pioggia critica in grado di provocare esondazioni o volumi potenzialmente mobilizzabili sul bacino in occasione degli eventi estremi di precipitazione.

Per una migliore lettura si riporta il paragrafo riguardante il calcolo della portata liquida di massima piena.



2.1 CARATTERI IDROGEOLOGICI ED IDRAULICI DELLA VALLE T. CUCCIO

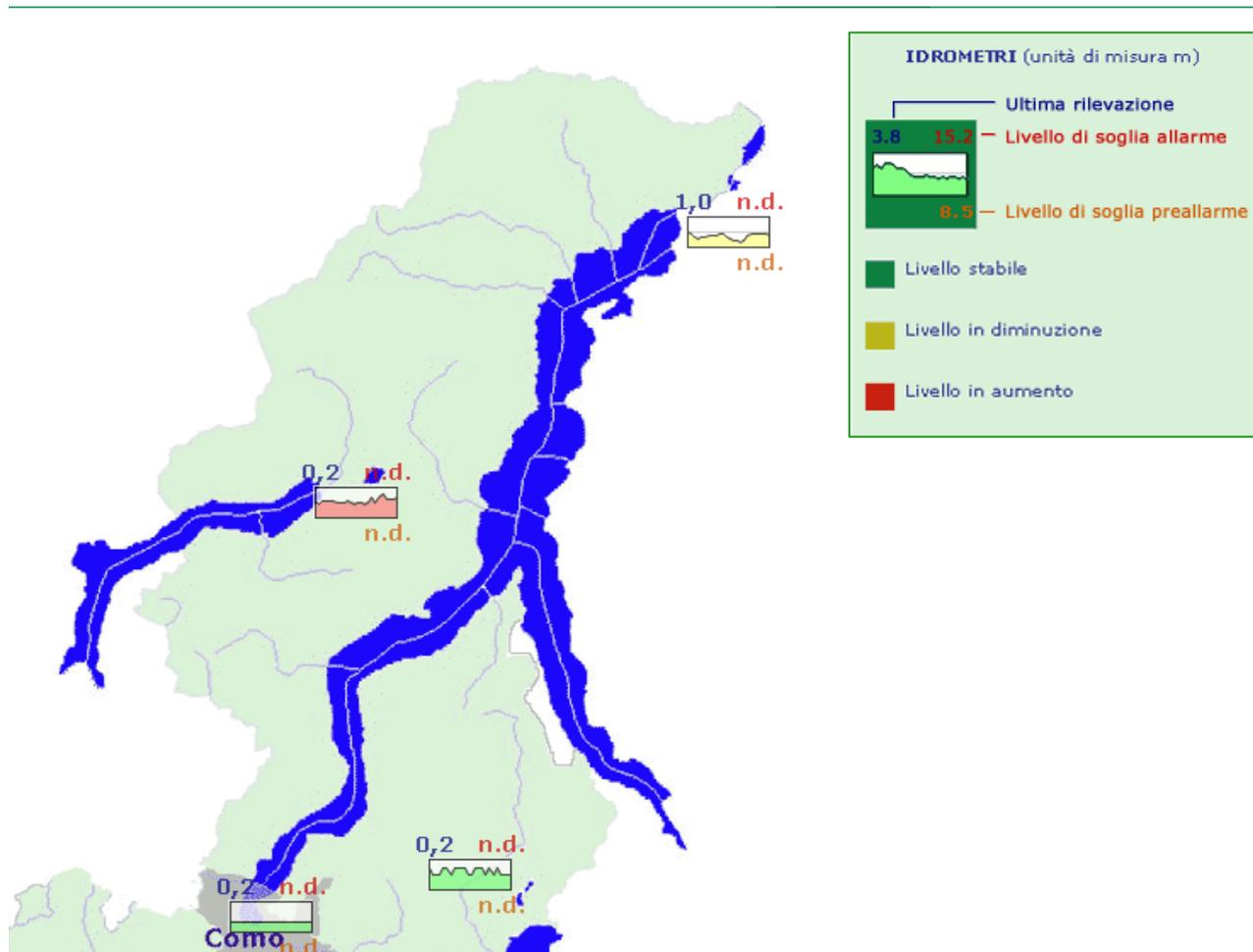
Dalle osservazioni effettuate negli ultimi anni, le portate più cospicue del corso d'acqua sembrano essere conseguenti a forti precipitazioni perduranti per più giorni consecutivamente, in aggiunta in grado di mobilizzare materiale solido a ridosso del versante del M. Pidaggia e lungo le incisioni vallive, trasportati successivamente a valle e/o nel bacino lacustre in forma di colata detritica.

Sebbene si siano verificati in passato fenomeni di esondazione non si è mai registrata la presenza di ingenti quantitativi di detriti tale per cui possa dare origine ad una vera e propria forma di debris flow.

Tali fenomeni infatti sono tipici del versante settentrionale del monte Calbiga situato a valle della pianura di Porlezza-Carlazzo.

Si è comunque constatato che dal 1960 (pur verificandosi importanti fenomeni alluvionali stimati con tempi di ritorno > 200 anni –alluvione 2002-1987) in seguito alla realizzazione della difesa spondale ed in alveo del T. Cuccio, non si sono mai verificati fenomeni di esondazione.

Di seguito si riporta lo stralcio del sito della protezione Civile in cui è possibile osservare giornalmente i livelli idrometrici della stazione situata in corrispondenza dell'alveo del T. Cuccio.



Come si osserva il livello di soglia di preallarme è di 8.5 m mentre il livello di soglia di allarme è di 15.2 m.



Nel presente capitolo viene proposta una valutazione delle portate di piena afferenti allo sbocco della valle del t. Cuccio nella conoide posta in corrispondenza dell'abitato di San Pietro Sovera, sia per piogge intense di breve durata (Ipotesi A) sia per precipitazioni intense perduranti per diversi giorni (Ipotesi B).

Tale valutazione serve per fornire indicazioni circa una portata liquida da definire "critica" per la mobilitazione del detrito.

Lo studio in oggetto è stato articolato nelle seguenti fasi:

- 1) determinazione della curva di possibilità pluviometrica caratteristica del bacino in esame per assegnati tempi di ritorno;
- 2) studio delle caratteristiche morfometriche ed

idrologiche del bacino;

- 3) calcolo delle portate di piena del corso d'acqua valutate alla sezione di chiusura per assegnati tempi di ritorno.

Preliminarmente si è reso necessario il reperimento di dati geolitologici, pluviometrici e idrologici relativamente all'area di indagine e al bacino idrografico in oggetto.

2.1.1 Caratteristiche del bacino idrografico

La valle del T. Cuccio si imposta su un substrato roccioso prevalentemente calcareo e calcareo-dolomitico, localmente calcareo-marnoso e selcifero, ricoperto da una esigua coltre di depositi eluvio-colluviali e detritici derivanti dai processi di alterazione chimico-fisica della roccia e di accumulo conseguente a processi gravitativi.

I deflussi del corso d'acqua sono connessi al regime delle precipitazioni, sebbene siano comuni sfasamenti tra massimi di precipitazione e di portata, in quanto quest'ultima nel caso specifico è regolata dalle caratteristiche litologiche, strutturali e di permeabilità delle rocce e della copertura.

Le caratteristiche litologiche e il grado di permeabilità del bacino sono anche responsabili della diminuzione dei volumi idrici disponibili al deflusso superficiale, localmente anche consistente, connessa all'infiltrazione attraverso la coltre dei depositi superficiali.

A detta diminuzione dei volumi idrici disponibili al deflusso, concorre anche lo sviluppo della vegetazione e lo spessore dello strato di alterazione superficiale (copertura eluvio-colluviale e/o detritica), assai consistente nell'ambito del bacino idrografico considerato.

L'alveo del corso d'acqua nei tratti a maggiore pendenza scorre incassato entro sponde che incidono marcatamente i termini del substrato roccioso (avente giacitura a reggipoggio) mentre è minimo lo spessore del deposito superficiale; in tali settori l'alveo risulta pulito, non essendo presenti termini alluvionali quali blocchi e ciottoli.

Al contrario, nei tratti a minore pendenza è consistente la coltre di materiale eluvio-colluviale risultato dell'alterazione chimico-fisica della roccia; essa appare facilmente erodibile ed è incisa dall'erosione torrentizia per spessori anche di 5-6 m. In tale contesto morfologico l'alveo si imposta generalmente entro il deposito superficiale e, solo in alcuni tratti, direttamente sul substrato roccioso, laddove risulta spesso colmato da blocchi e ciottoli.

La pendenza dell'alveo valutata nei tratti maggiormente pendenti è mediamente del 50°, in quelli meno acclivi del 1.5°.

La sezione di chiusura del bacino, alla quale sono riferiti i calcoli effettuati, è posta a una quota di 272 m s.l.m. allo sbocco della valle del T. Cuccio .

Torrente Cuccio si tratta del principale bacino idrografico presente nel territorio comunale, nasce in Val Cavargna dal monte Cima Verta a quota 2079 m s.l.m. nel comune di Cavargna e sfocia nel lago di Lugano a quota 270 m s.l.m. nel comune di Porlezza. Il bacino è caratterizzato da un ordine gerarchico alto. Il reticolo idrografico è subdendritico ed ha decorso principale orientato N-S.

Considerando la sezione di chiusura del bacino a quota 270 m, in corrispondenza della foce, l'area sottesa dal bacino è di 60 kmq, l'asta principale ha una lunghezza di circa 15 km, la quota massima del bacino è di 2245 m, la minima 272 m.

Alla sezione di chiusura situata a quota 272 m è stato calcolato il tempo di corrivazione T_c (tempo che una goccia d'acqua impiega a raggiungere il punto di misura partendo dal punto più distante rispetto alla sezione considerata) considerando un coefficiente di riduzione dipendente dalla litologia e dall'utilizzo del suolo, la pioggia critica P_c (la precipitazione massima corrispondente al tempo di corrivazione), la portata di massima piena utilizzando la formula di Giandotti:

$$T_c = 2,4 \text{ ore}$$

$$P_c = 54 \text{ mm}$$

$$Q_{\max} = 307 \text{ mc/sec}$$

Depositi di conoide alluvionale: sono formati da accumuli di clasti e materiali di erosione che i corsi d'acqua hanno trasportato a valle depositandoli in corrispondenza delle zone dove si ha una riduzione dell'acclività del pendio ed una conseguente diminuzione della velocità delle acque dando origine ad degli accumulo a forma di ventaglio. Queste conoidi litologicamente sono costituite da materiali sciolti quali: ghiaie, sabbie e rare lenti limose, generalmente si osserva una graduale diminuzione delle dimensioni dei clasti verso la parte terminale e più ampia della conoide.

All'apice della conoide si trovano blocchi di qualche metro cubo, ciottoli poligenici generalmente poco arrotondati, ghiaie e sabbie in strati debolmente inclinati mentre nella parte distale è più facile ritrovare solamente sabbia in strati debolmente inclinati.

Questi depositi sono dotati in genere di buone caratteristiche geotecniche. Nella definizione dei parametri geotecnici si è scelto di suddividere aree con falda profonda e aree con falda superficiale (<2.0 m).

2.2 CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Le procedure adottabili per la stima della portata di piena in un corso d'acqua sono differenti a seconda della disponibilità di serie storiche di dati idrologici rappresentativi.

Il caso più favorevole si verifica qualora alla sezione di interesse siano disponibili valori di portata misurati per un periodo di osservazione sufficientemente lungo; in queste condizioni, l'analisi statistica diretta di frequenza delle piene consente di determinare le stime richieste.

Tale situazione è in parte verificata nell'area in esame in quanto è presente una stazione di misura con periodo di osservazione disponibile dal 1986 ad oggi.

Tale stazione è utilizzata dalla Commissione Internazionale per la protezione delle acque italo – Svizzere.

Corso d'acqua	Periodo	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Bolletta	1995	0.22	0.39	0.46	0.81	1.18	1.30	0.41	0.24	2.19	0.70	0.63	0.77	0.75
	1986-'93	0.35	0.41	0.52	1.27	0.76	0.88	0.45	0.25	0.32	1.11	0.46	0.41	0.60
Cassarate	1995	0.79	0.97	0.86	2.86	3.72	4.01	1.13	0.84	4.38	1.75	1.09	1.28	1.97
	1963-'93	1.14	1.39	2.29	3.84	4.44	3.65	2.21	1.95	2.60	3.23	2.64	1.49	2.57
Cuccio	1995	1.03	1.16	1.12	2.03	2.37	2.48	1.19	0.92	3.1	1.67	1.00	0.87	1.57
	1986-'93	1.06	1.08	1.38	2.90	3.20	2.86	2.47	1.38	1.63	3.15	1.73	1.30	2.02
Laveggio	1995	0.55	0.72	0.73	0.94	1.52	1.54	0.67	0.66	2.69	1.29	1.11	1.18	1.13
	1978-'93	0.74	0.85	1.18	1.68	1.71	1.43	0.94	0.69	0.78	1.22	0.80	0.76	1.07
Magliasina	1995	0.34	0.51	0.51	1.41	1.91	2.21	0.48	0.25	2.70	0.93	0.61	0.78	1.05
	1980-'93	0.49	0.55	0.99	2.06	2.18	1.83	0.96	0.56	1.14	1.89	0.90	0.64	1.18
Scairolo	1995	0.16	0.18	0.16	0.23	0.38	0.48	0.23	0.17	0.68	0.29	0.19	0.17	0.28
	1982-'93	0.20	0.20	0.25	0.42	0.43	0.38	0.22	0.19	0.24	0.39	0.24	0.20	0.28
Vedeggio	1995	1.03	1.29	1.27	4.14	4.92	5.48	2.34	1.48	5.71	2.75	1.75	1.90	2.84
	1979-'94	2.04	1.93	3.09	5.57	7.39	5.60	3.45	2.39	4.06	5.45	3.15	2.25	3.87
Tresa	1995	7.86	8.95	10.2	22.2	32.1	42.6	18.2	12.1	57.0	19.6	10.2	13.1	21.1
	1923-'93	15.10	14.20	18.80	29.50	38.40	34.30	23.20	18.00	21.20	27.70	30.00	20.60	24.30

Le portate sono misurate in m³/s.

Tab. 3.1. Portate medie mensili, annue e pluriennali dei corsi d'acqua controllati nel bacino imbrifero del Lago di Lugano [m³ s⁻¹].

Corso d'acqua	Periodo	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
Bolletta	2004	0.65	0.51	0.57	0.98	2.54	0.34	0.28	0.23	0.20	0.48	0.98	0.53	0.69
	2005	0.33	0.27	0.35	1.28	0.48	0.24	0.16	0.16	0.22	0.29	0.18	0.24	0.35
	1986-2004	0.60	0.49	0.56	0.99	1.00	0.74	0.51	0.36	0.55	0.94	1.00	0.59	0.69
Cassarate	2004	1.20	1.14	1.65	2.45	5.55	0.86	0.76	1.07	0.65	2.52	4.91	1.86	2.05
	2005	0.84	0.62	0.71	2.94	1.93	0.92	0.58	0.76	1.26	1.18	0.61	0.58	1.08
	1963-2003	1.35	1.38	2.13	3.56	4.38	3.48	2.25	1.90	2.55	3.10	3.14	1.62	2.57
Cuccio	2004	0.92	1.02	1.21	2.01	4.03	1.40	0.90	0.98	0.86	2.14	2.68	1.25	1.62
	2005	0.95	0.76	0.91	1.82	2.04	1.26	0.88	0.91	1.45	1.57	0.86	0.70	1.18
	1986-2004	1.23	1.17	1.42	2.33	3.16	2.65	2.10	1.43	1.79	2.60	2.66	1.51	2.01
Laveggio	2004	1.07	1.28	1.23	1.54	2.86	0.64	0.54	0.51	0.38	0.69	1.42	1.01	1.10
	2005	0.78	0.59	0.88	1.48	1.02	0.61	0.42	0.43	0.71	0.93	0.42	0.55	0.73
	1978-2003	0.95	0.88	1.10	1.49	1.59	1.29	0.94	0.74	0.89	1.27	1.28	0.91	1.11
Magliasina	2004	0.89	0.72	0.73	1.32	3.07	0.38	0.42	0.74	0.35	1.56	2.47	0.95	1.13
	2005	0.55	0.33	0.38	1.60	1.05	0.56	0.29	0.33	0.51	0.56	0.29	0.30	0.56
	1980-2003	0.67	0.58	0.87	1.75	2.17	1.68	0.97	0.58	1.20	1.81	1.63	0.76	1.22
Scairolo	2004	0.28	0.24	0.21	0.34	0.65	0.14	0.19	0.22	0.13	0.35	0.55	0.28	0.30
	2005	0.19	0.13	0.19	0.36	0.24	0.16	0.15	0.16	0.19	0.17	0.09	0.12	0.18
	1982-2003	0.26	0.22	0.23	0.36	0.42	0.36	0.26	0.21	0.27	0.38	0.39	0.24	0.30
Vedeggio	2004	2.24	2.42	3.16	4.57	8.85	2.10	1.86	2.74	1.58	5.38	7.67	3.03	3.81
	2005	1.78	1.20	1.35	4.35	3.82	2.20	1.38	1.51	2.23	2.20	1.42	1.49	2.08
	1979-2003	2.19	1.90	2.70	5.06	6.96	5.40	3.57	2.48	3.79	5.24	4.66	2.57	3.88
Tresa	2004	13.70	13.76	17.21	24.47	56.75	11.92	8.89	9.47	8.09	18.82	36.72	17.29	19.78
	2005	10.00	5.92	5.83	24.02	16.45	8.84	6.62	6.64	12.77	11.24	6.78	6.79	10.16
	1923-2003	15.50	13.90	18.20	28.60	37.70	33.20	23.10	17.70	21.40	27.60	31.30	20.50	24.10

Al fine di avere un quadro esaustivo si è proceduto ad una stima delle portate di piena con metodi indiretti.

In questo caso le procedure utilizzabili possono riguardare:

- 1) impiego di modelli di regionalizzazione del dato idrometrico, costruiti tramite l'analisi statistica dei dati idrologici disponibili relativi a una porzione di territorio ("regione idrologica") omogenea rispetto ai fenomeni di piena;
- 2) analisi statistica delle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico sotteso dalla sezione di interesse e impiego di modelli afflussi-deflussi per la trasformazione delle precipitazioni in portate.

Il primo metodo consiste nell'utilizzare l'intera informazione idrometrica disponibile all'interno di una regione idrologica omogenea, così da pervenire a un campione di dati storici di dimensioni molto maggiori rispetto a quelle di una singola stazione.

Una volta ottenuto il campione di dati rappresentativo, con l'utilizzo di leggi di regressione statistica si ottiene la stima della distribuzione di probabilità delle portate di piena.

I modelli di regionalizzazione hanno tuttavia campo di validità comprendente bacini idrografici con superfici comprese all'interno dell'intervallo definito dal valore minimo e massimo per i quali si dispone di serie storiche sufficientemente estese.

La costruzione di un modello di regionalizzazione richiede pertanto uno studio idrologico su vasta scala, normalmente non compatibile con esigenze di progettazione o di verifica idraulica relative a un singolo intervento, soprattutto se di dimensioni modeste.

Nei casi in cui non siano disponibili modelli di regionalizzazione applicabili o laddove essi comportino elevati margini di incertezza, appare necessario ricorrere all'impiego di procedure appartenenti alla seconda categoria, che trovano semplice applicazione soprattutto nei casi in cui la modesta portata degli interventi in progetto non giustifica l'implementazione di studi idrologici approfonditi.

Nel caso specifico, per la definizione della portata di piena del T. Cuccio sono stati adottati i seguenti Metodi di calcolo

- Metodo razionale
- Metodo cinematica
- Dati ricavati dal sistema informativo bacini corsi d'acqua

METODO RAZIONALE

Il metodo in oggetto, di tipo analitico, considera il bacino idrografico come una singola unità e stima il valore al colmo della portata stabilendo le seguenti assunzioni:

- la precipitazione è uniformemente distribuita sul bacino;
- la portata stimata ha lo stesso tempo di ritorno T_r di quello dell'intensità della precipitazione;
- il tempo di formazione del colmo di piena è pari a quello della fase di riduzione;
- l'intensità di pioggia ha una durata pari a quella del tempo di corrivazione T_c .

La formula del metodo razionale si scrive:

$$Q = 0,28 C i A \quad (1)$$

dove:

Q = portata al colmo (m^3/s)

C = coefficiente di deflusso

i = intensità di pioggia (mm/ora)

A = superficie del bacino (km²)

Il tempo di corrivazione viene definito come il tempo che impiega la precipitazione che cade nella parte più distante del bacino a raggiungere la sezione terminale. Una definizione più appropriata indica che esso rappresenta l'intervallo di tempo dall'inizio della precipitazione oltre al quale tutto il bacino contribuisce al deflusso nella sezione terminale.

Il coefficiente di deflusso (C) tiene conto di tre fattori:

- fattore di ragguaglio (Cr) della precipitazione alla superficie del bacino idrografico considerato;
- il fattore di trattenuta del terreno (Cd), funzione della capacità di assorbimento del terreno (rapporto tra l'altezza di pioggia netta e l'altezza di pioggia totale h);
- il fattore di laminazione (Ci), che dipende dalla capacità di invaso sulla superficie del bacino e nel reticolo idrografico dello stesso.

In via teorica l'utilizzo della formula razionale per convertire una precipitazione di assegnato tempo di ritorno Tr in una portata al colmo con pari valore di Tr, richiede di caratterizzare anche il coefficiente di deflusso con un valore medio di ricorrenza. Ciò è possibile solamente quando si disponga di serie storiche sufficientemente estese di dati pioggia e di portate al colmo.

Tempo di corrivazione (Tc)

Il tempo di corrivazione del bacino è normalmente calcolato con formule empiriche; nel caso specifico viene utilizzata quella di Giandotti (1937):

$$T_c \text{ (ore)} = (4 \sqrt{A} + 1.5L) / (0,8 \sqrt{Hm-H_0})$$

dove:

A = superficie del bacino (km²)

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino (km)

Hm = altitudine media del bacino (m s.l.m.)

H₀ = altitudine della sezione di chiusura (m s.l.m.)

Coefficiente di deflusso (C)

La stima del coefficiente di deflusso è piuttosto difficile e costituisce il maggiore elemento di incertezza nella valutazione della portata.

Il parametro tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra l'intensità media di pioggia e la portata al colmo; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica, che spesso sono adattabili con difficoltà alle effettive condizioni del bacino in studio.

Gli studi effettuati indicano che il valore di (C) per un dato bacino varia da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti.

E' possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili. In qualche caso si assume che il valore del coefficiente di deflusso cresca in funzione del tempo di ritorno dell'evento, supponendo in tal modo una risposta non lineare del bacino.

Normalmente per i bacini di piccole dimensioni si trascura l'effetto di invaso, mentre un'indicazione dei valori da attribuire al fattore di trattenuta del terreno vengono normalmente riportati nella letteratura scientifica (American Society of Civil Engineers, Pollution Control Federation, Handbook of Applied Tecnology).

La stima del valore più consono del coefficiente di deflusso all'area di indagine richiede pertanto una certa esperienza, supportata laddove possibile, da osservazioni sperimentali e dati su eventi di piena relativi alla regione idrologica di interesse.

Parametri di input per il calcolo della portata di piena con il metodo razionale

Tempo di corrivazione (T_c)

La componente idrologica del bacino interviene attraverso il tempo di corrivazione secondo la formula di Giandotti. Sulla base di una superficie del bacino del T. Cuccio di 60 km², di una lunghezza dell'asta idrica di 15 km, si ottiene un tempo di corrivazione di 2.4 ore.

Parametri "a" e "n" della curva di possibilità pluviometrica

La determinazione della quantità ed intensità della precipitazione si può desumere dalle registrazioni effettuate presso le stazioni del Servizio Idrografico presenti nelle immediate vicinanze all'area in esame, dotate di pluviografo registratore.

Nel caso in oggetto, in mancanza di stazioni di registrazione in area limitrofa a quella di intervento sono stati utilizzati i dati ufficiali riportati nelle recenti Norme Attuative del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), sezione "Interventi sulla rete idrografica e sui versanti: Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica", relativamente all'Allegato 3 – Distribuzione spaziale delle piogge intense".

I parametri "a" ed "n" (per $t \geq 1$ ora) della curva di possibilità pluviometrica ricavati dalle celle del reticolo chilometrico di riferimento (regionalizzazione su griglia 2 km) per il settore di indagine sono riportati nella seguente **Tabella 1**:

Tempo di ritorno (anni)	a (mm)	n
<i>Tr = 20</i>	<i>53.30</i>	<i>0.355</i>
<i>Tr = 100</i>	<i>67.52</i>	<i>0.352</i>
<i>Tr = 200</i>	<i>73.57</i>	<i>0.351</i>
<i>Tr = 500</i>	<i>81.57</i>	<i>0.350</i>

Tabella 1

Per le finalità della presente indagine sono stati adottati come input per il calcolo delle portate di piena alle sezioni di interesse i soli valori relativi a tempi di ritorno di 20 e 500 anni.

L'elaborazione delle piogge intense ha riguardato le altezze di precipitazione massima annua di durata pari a 1h, 3h, 6h, 12h e 24h conducendo alla determinazione della curva di possibilità pluviometrica la cui espressione è del tipo:

$$h = a \cdot t \cdot n \quad (2)$$

dove

h = altezza di precipitazione [mm]

t = durata di precipitazione [ore]

a, n = parametri caratteristici della zona pluviometrica.

Intensità di pioggia

La valutazione dell'intensità di precipitazione viene calcolata sulla base della legge di correlazione statistica "altezza di pioggia/tempo" (durata dell'evento), basata sui dati delle piogge intense elaborati per tempi di ritorno $Tr = 20$ anni e $Tr = 100$ anni.

Nella fattispecie applicando la (2), utilizzando i parametri "a" e "n" in precedenza calcolati e un'intensità di pioggia avente durata identica al tempo di ritorno (2.4 ore), come da assunto del "Metodo razionale" proposto, si ricava:

$$Tr = 20 \text{ anni} \quad \Rightarrow \quad h = 45.41 \text{ mm}$$

$$Tr = 100 \text{ anni} \quad \Rightarrow \quad h = 57.04 \text{ mm}$$

Coefficiente di deflusso

La determinazione del parametro è stata effettuata utilizzando valori del coefficiente validi per suoli naturali riportati in bibliografia.

Il valore del coefficiente di deflusso ottenuto $C = 0.32$ deriva da una media ponderata alla scala del bacino idrografico effettuata considerando le caratteristiche della copertura vegetale e arborea del bacino, la morfologia e l'acclività del medesimo, fattori in grado di sottrarre alla precipitazione una consistente aliquota di volume, non più disponibile al deflusso superficiale (perdite idrologiche).

Portate di piena

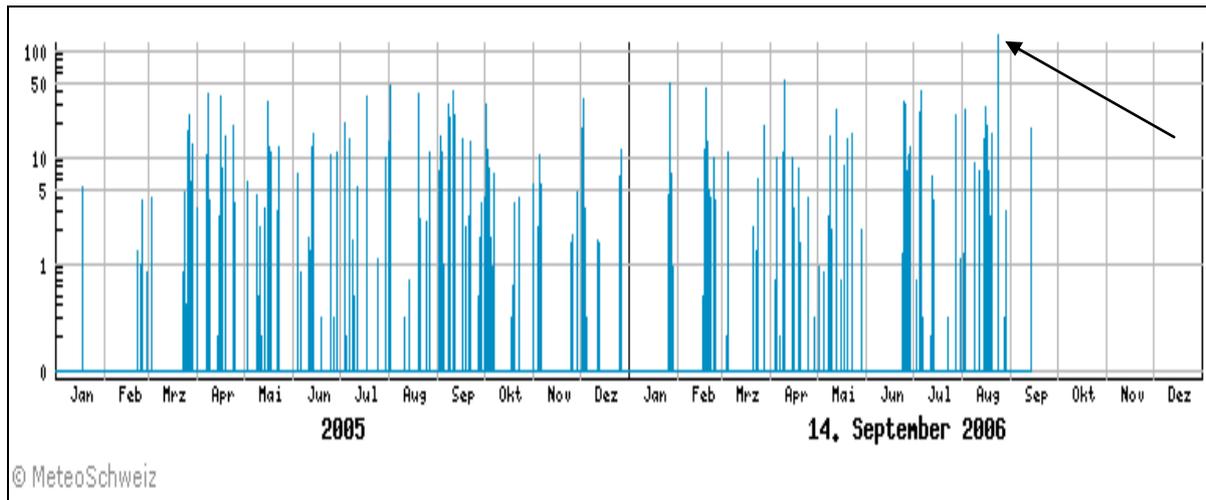
Portata di piena alla sezione di interesse (piogge intense per $t < 24$ h)

Una volta ricavati tutti i parametri necessari per la risoluzione della (1), è stato possibile calcolare l'entità della massima piena del T. Cuccio alla sezione di interesse, per gli assegnati tempi di ritorno. Nella fattispecie si ottiene (Tabella 2):

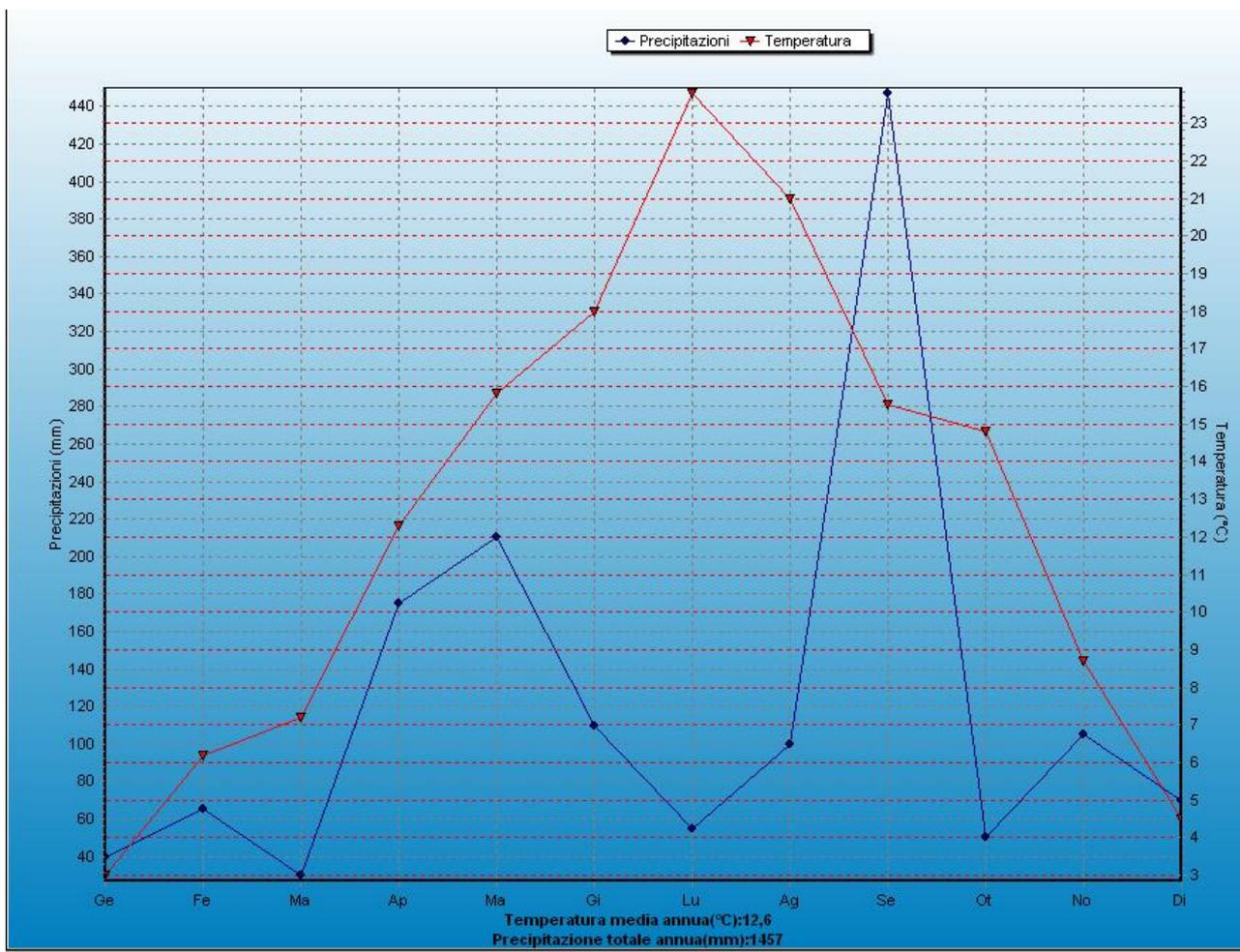
<i>Tr (anni)</i>	<i>Portata di piena</i>
<i>Tr = 20</i>	<i>$Q_{20} = 244 \text{ m}^3/\text{s}$</i>
<i>Tr = 100</i>	<i>$Q_{100} = 307 \text{ m}^3/\text{s}$</i>

Tabella 2

Di seguito si riporta grafico delle rilevazioni effettuate alla stazione pluviografica di Lugano (Ufficio Federale di meteorologia e climatologia MeteoSvizzera).



Pluviogramma stazione Lugano anno 2005-2006



METODI CINEMATICI

I valori precedentemente calcolati con il metodo razionale sono stati correlati utilizzando il programma “Piena” di program geo che ha permesso di calcolare il valore di massima piena.



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località: T. CUCCIO

Descrizione:

Note:

Sigla:

Stima delle portate di massima piena con i metodi cinematici

Tempo di ritorno (anni)	Fattore a curva pluviometrica	Fattore n curva pluviometrica	Coef. di ragguglio della pioggia	Altezza di precipitazione raggugliata(mm)	Portata di piena al colmo (mc/s)
50	60	0,353		223,92	111,94
100	67,52	0,352		251,05	125,5
200	73,57	0,351		272,52	136,23
500	81,57	0,35		301,03	150,48

Calcolo della portata di massima piena

Inclinazione media del corso principale(%): Coefficiente di afflusso del bacino:

Metodo di calcolo:

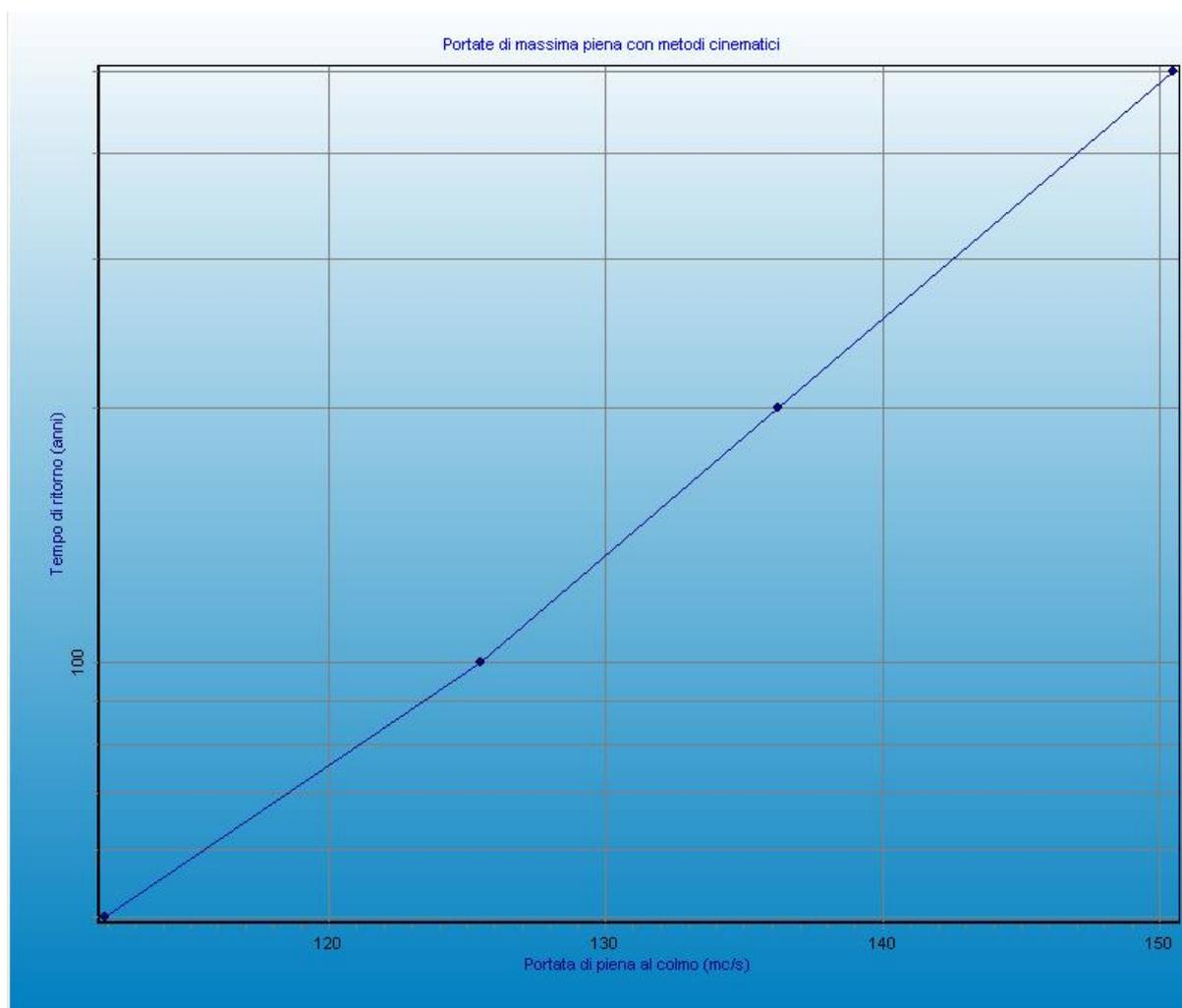
Calcolo del tempo di corrivazione del bacino

Area totale del bacino (kmq): Lunghezza dell'asta principale (km):

Metodo di calcolo: Curve Number (CN) del bacino:

Altezza media bacino risp. sezione di chiusura (m): Altezza max del bacino risp. sezione di chiusura (m):

Pendenza media del bacino (%): Tempo di corrivazione del bacino (h):



<i>Tr (anni)</i>	<i>Portata di piena</i>
<i>Tr = 50</i>	<i>$Q_{20} = 111 \text{ m}^3/\text{s}$</i>
<i>Tr = 100</i>	<i>$Q_{100} = 125 \text{ m}^3/\text{s}$</i>

Tabella 3

DATI RICAIVATI DAL SISTEMA INFORMATIVO BACINI CORSI D'ACQUA

Sono stati utilizzati i dati ricavati dal sito della Regione Lombardia SIBCA di seguito sintetizzati:

PORTATA TR50 (mc/s)	133,12244
PORTATA TR100 (mc/s)	145,89342
PORTATA ISKOWSKI (mc/s)	160,68833

RILIEVI DI PORTATA DI PIENA AD AGOSTO 2009

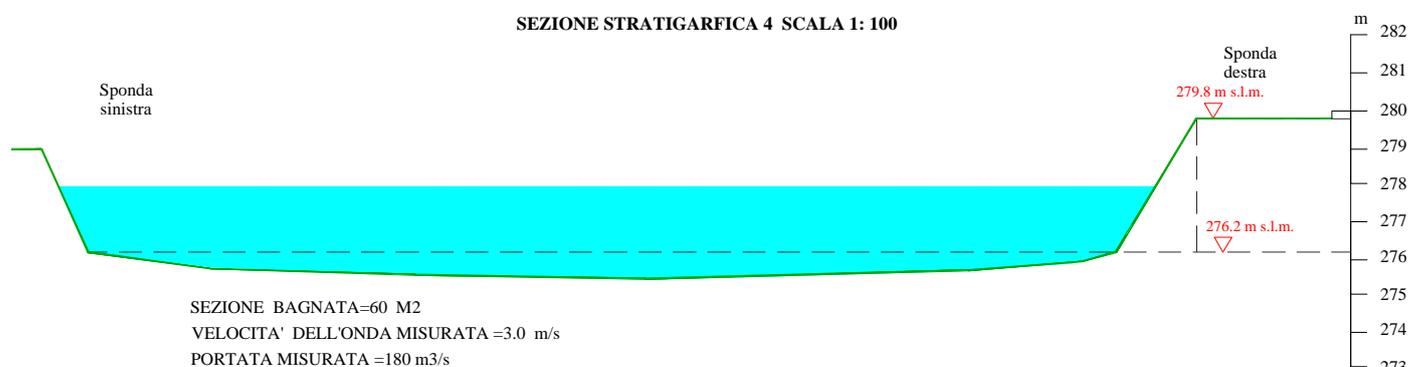
La notte tra il 18 e il 19 luglio 2009 si è verificato un fenomeno temporalesco che ha dato origine ad un'onda di piena del T. Cuccio. La mattina del 19 luglio sono stati effettuati dei rilievi lungo l'asta torrentizia del Cuccio in seguito a fenomeni di intense precipitazioni (i Comuni di Carlazzo e Porlezza e zone limitrofe sono stati segnalati come territori interessati da calamità naturali).

Tali rilievi sono stati effettuati il giorno seguente all'evento alluvionale, in presenza del Sindaco di Porlezza e del tecnico comunale di Porlezza.

In particolare è stata stimata la velocità della corrente pari a circa 3,0 m/s, attraverso misure speditive effettuate nella notte. Pertanto dalle misure effettuate in corrispondenza della sezione 4 la sezione bagnata era di 60 m², mentre la velocità dell'onda di 3.0 m/s.

Pertanto la portata rilevata in data 18-19 agosto 2009 in corrispondenza della sezione 4 era di circa 180 m³/s.

SEZIONE STRATIGRAFICA 4 SCALA 1: 100



Si ricorda comunque che i valori di velocità e di portata di piena risultano approssimativi per la presenza di materiale legnoso trasportato durante l'onda di piena.

CONSIDERAZIONI RIGUARDO ALLE PORTATE DI MASSIMA PIENA CALCOLATE E MISURATE

Il valore di portata di massima piena calcolato con il metodo razionale è pari a 307 m³/s (tr=100 anni).

I dati del SIBCA prevedono una portata di massima piena pari a 160 m³/s (tr=100 anni) e pari a 133 m³/s (tr=50 anni).

I valori di portata di massima piena ricavati dai metodici cinematici risultano pari a 125 m³/s con un tr=100 anno e di 111 m³/s con un tr=50 anni.

Il valore di portata di massima piena misurato in data 18-19 luglio è di circa 180 m³/s.

IN OGNI CASO SI È CONSIDERATO COME VALORE DI PORTATA DI MASSIMA PIENA IL DATO OTTENUTO CON IL METODO RAZIONALE PARI A 307 M³/S.

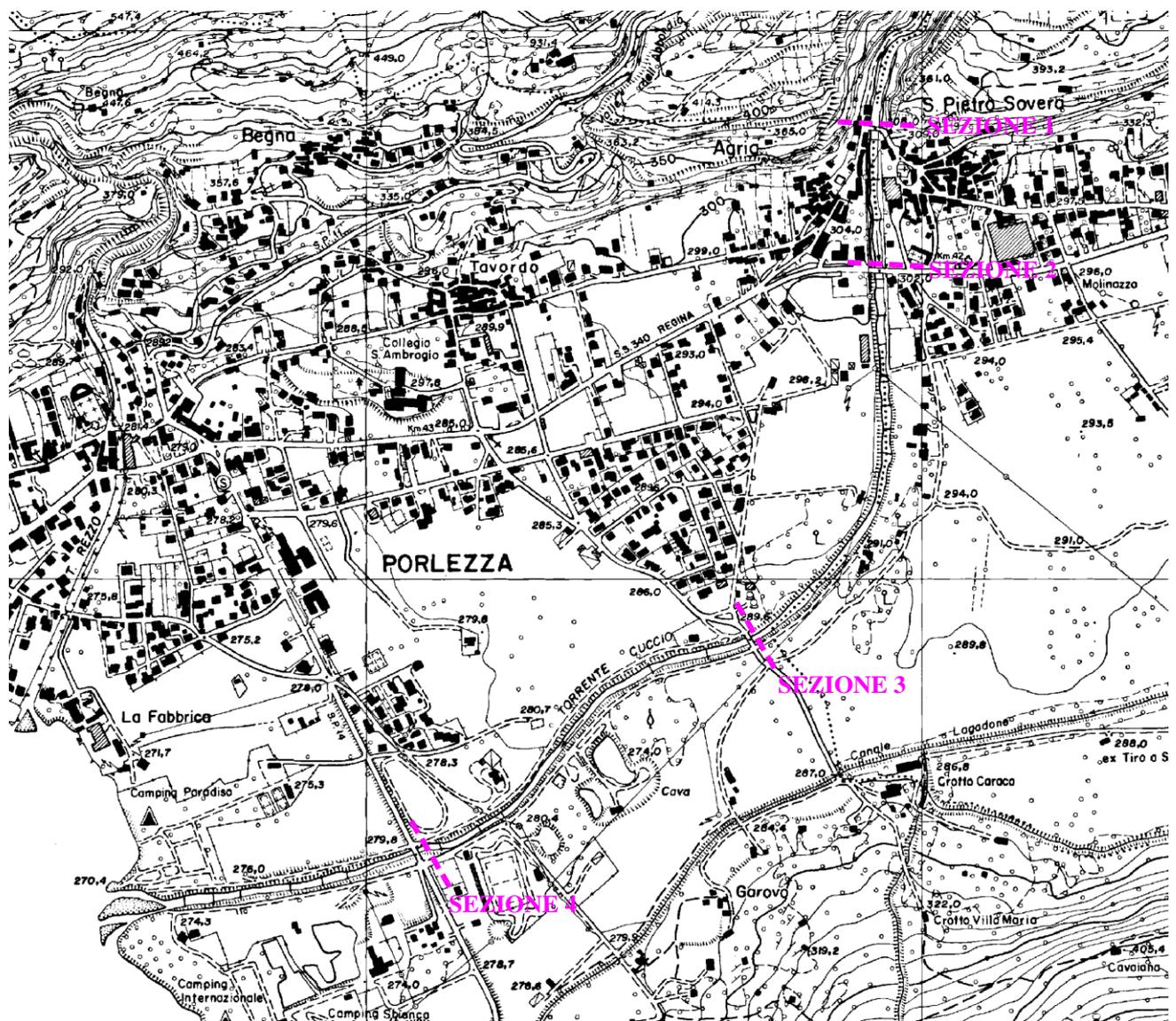
2.3 VERIFICHE IDRAULICHE IN CORRISPONDENZA DELLE SEZIONI IDRAULICHE

Sono state effettuate alcune verifiche idrauliche lungo l'asta torrentizia al fine di valutare la capacità dell'alveo di smaltire la massima piena.

In tavola 2 vengono riportate le sezioni di riferimento.

Sono state effettuate 4 sezioni idrauliche: la prima in corrispondenza del ponte in loc. S. Pietro Sovera mentre le altre tre a monte dei ponti esistenti lungo il tracciato del Cuccio in corrispondenza della sezione minima disponibile.

Le 4 sezioni tracciate in corrispondenza delle sezioni minime bagnate sono ritenute in numero sufficiente per le verifiche idrauliche in quanto il tratto dell'alveo del T. Cuccio risulta completamente canalizzato e pertanto le sezioni bagnate risultano costanti/similari.



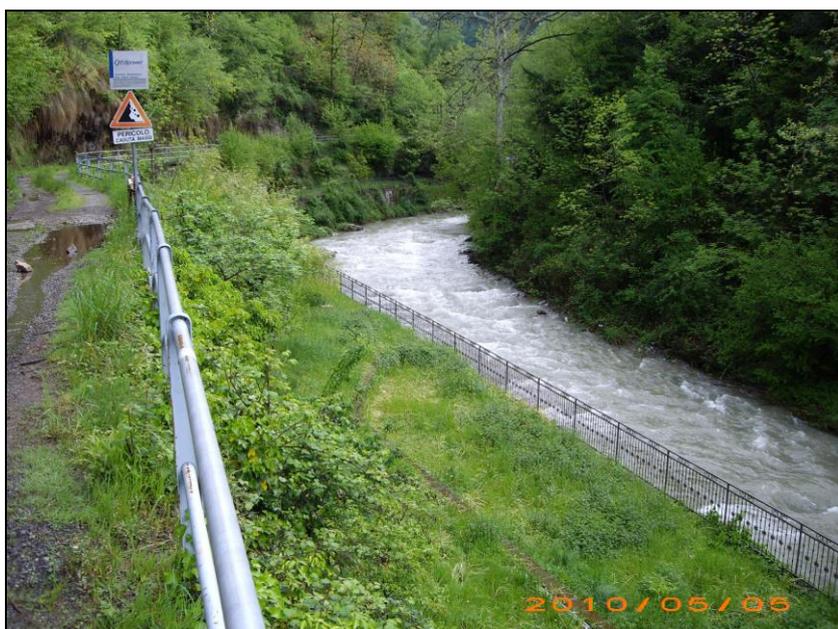
Il tracciato del T. Cuccio a partire dalla loc. S. Pietro Sovera risulta essere delimitato da sponde idrografiche la cui altezza risulta uguale lungo entrambe le sponde fino al confine con il comune di Porlezza (sezione 3).

Tale altezza risulta compresa tra 3.5 e 4 m con altezza massima pari a 6 m in corrispondenza del ponte della sezione 1.

A valle dalla sezione 3 la sponda idrografica sinistra risulta ribassata rispetto alla destra di circa 1 m. Di seguito si riporta una documentazione fotografica dell'asta torrentizia a partire da circa 300 m a nord del ponte della località S. Pietro Sovera che mette in evidenza tutta l'arginatura costruita a seguito del fenomeno alluvionale del 1960.



Tratto di alveo ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da valle



Tratto di alveo a monte del ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da valle



Tratto di alveo a monte del ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da monte



Tratto di alveo ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da valle



Tratto di alveo a valle del ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da monte- Si noti sullo sfondo il ponte alla quota di circa 300.7 m s.l.m.



Tratto di alveo a valle del ponte in loc. S. Pietro Sovera con punto di vista da valle- Si noti sullo sfondo il ponte di S. Pietro Sovera



Tratto di alveo a monte del ponte alla quota di circa 300.7 m s.l.m.



Tratto di alveo a valle del ponte alla quota di circa 300.7 m s.l.m.



Tratto in cui l'alveo curva verso ovest



*Tratto di alveo a monte del ponte alla quota di circa 289 m
s.l.m.*



Tratto di alveo a valle del ponte alla quota di circa 289 m s.l.m.



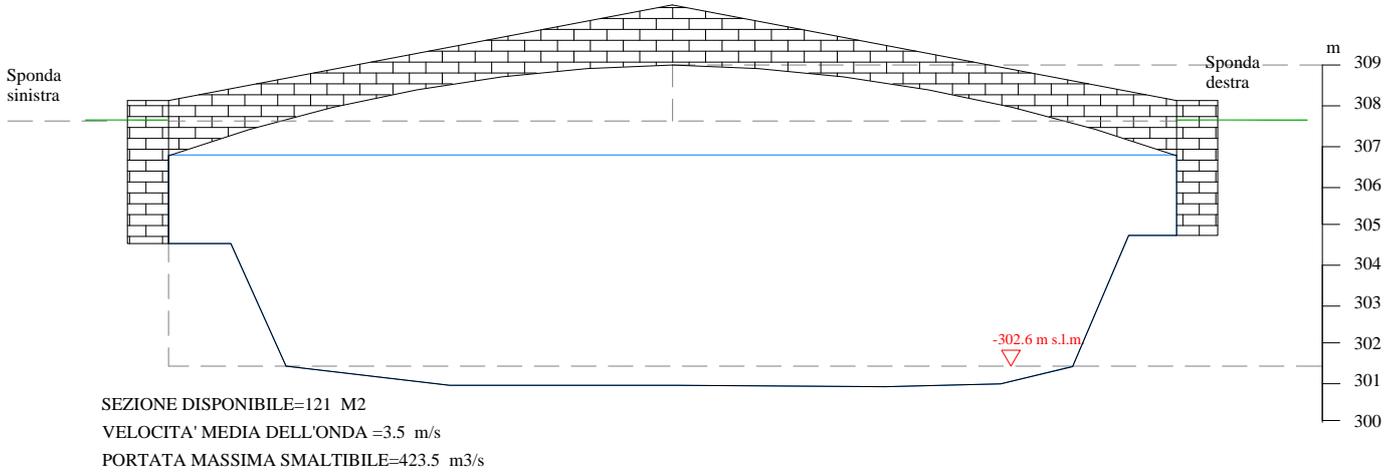
Sponda destra a monte del ponte alla quota di circa 280 m s.l.m.



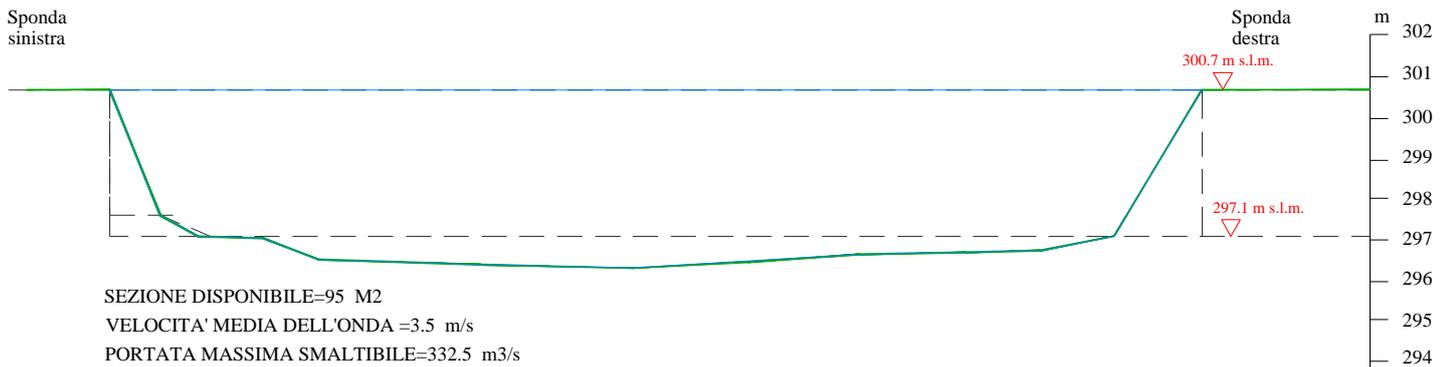
Foce T. Cuccio in lago Ceresio

Di seguito si riportano le sezioni misurate:

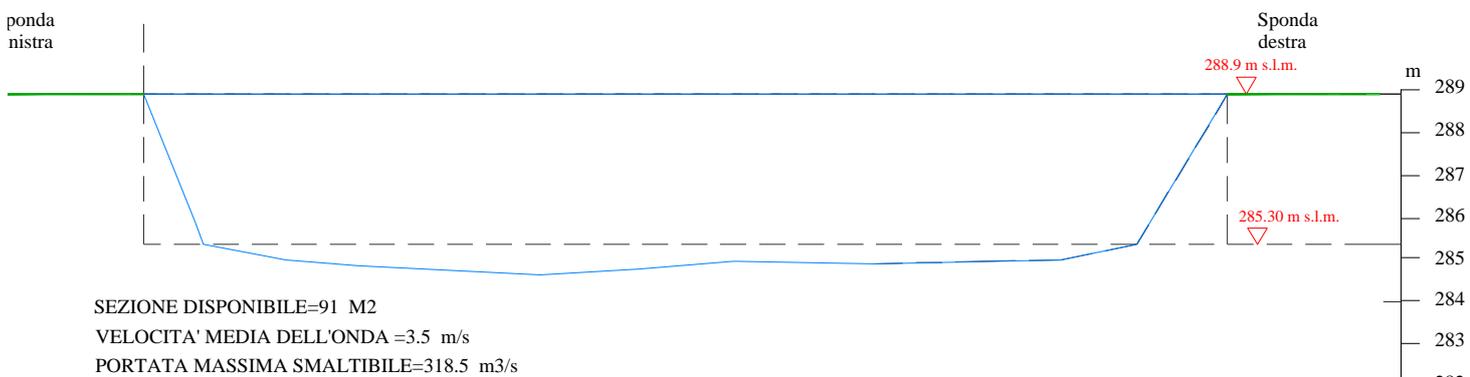
SEZIONE STRATIGRAFICA 1 SCALA 1: 100

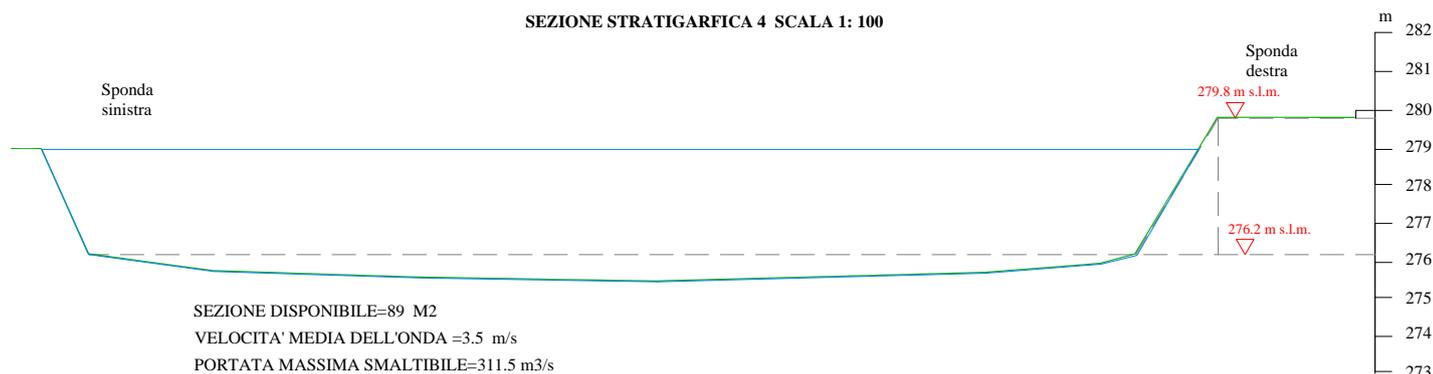


SEZIONE STRATIGRAFICA 2 SCALA 1: 100



SEZIONE STRATIGRAFICA 3 SCALA 1: 100





I rilievi eseguiti in sito hanno permesso di verificare le condizioni morfometriche dell'alveo in corrispondenza delle Sezioni 1-2-3 e 4 sopra raffigurate.

Sulla base dei dati ottenuti è stato possibile calcolare le velocità di piena considerando i valori di massima portata con tempi di ritorno di 50 e 100 anni ricavate sia dal sistema informativo della Regione Lombardia SIBCA, sia dai dati calcolati con il metodo razionale.

I valori di velocità sono stati ottenuti attraverso l'utilizzo del programma ProgramGeo "Piena", ricostruendo le sezioni rilevate e definendo la pendenza tra le sezioni oggetto di studio e i valori di scabrezza secondo Strickler.

IN PARTICOLARE I VALORI DI SCABREZZA (KS) RIPORTATI NELLE TABELLE SUCCESSIVE RISULTANO ESSERE PARI A 20 IN QUANTO SUL FONDO È PRESENTE PIETRAME AD OPERA INCERTA E SUGLI ARGINI ABBIAMO UNA SCOGLIERA/MANTELLATA IN PIETRA.

Si è potuto così ottenere l'altezza idrometrica di piena per ciascuna sezione in relazione della portata e della velocità della corrente.

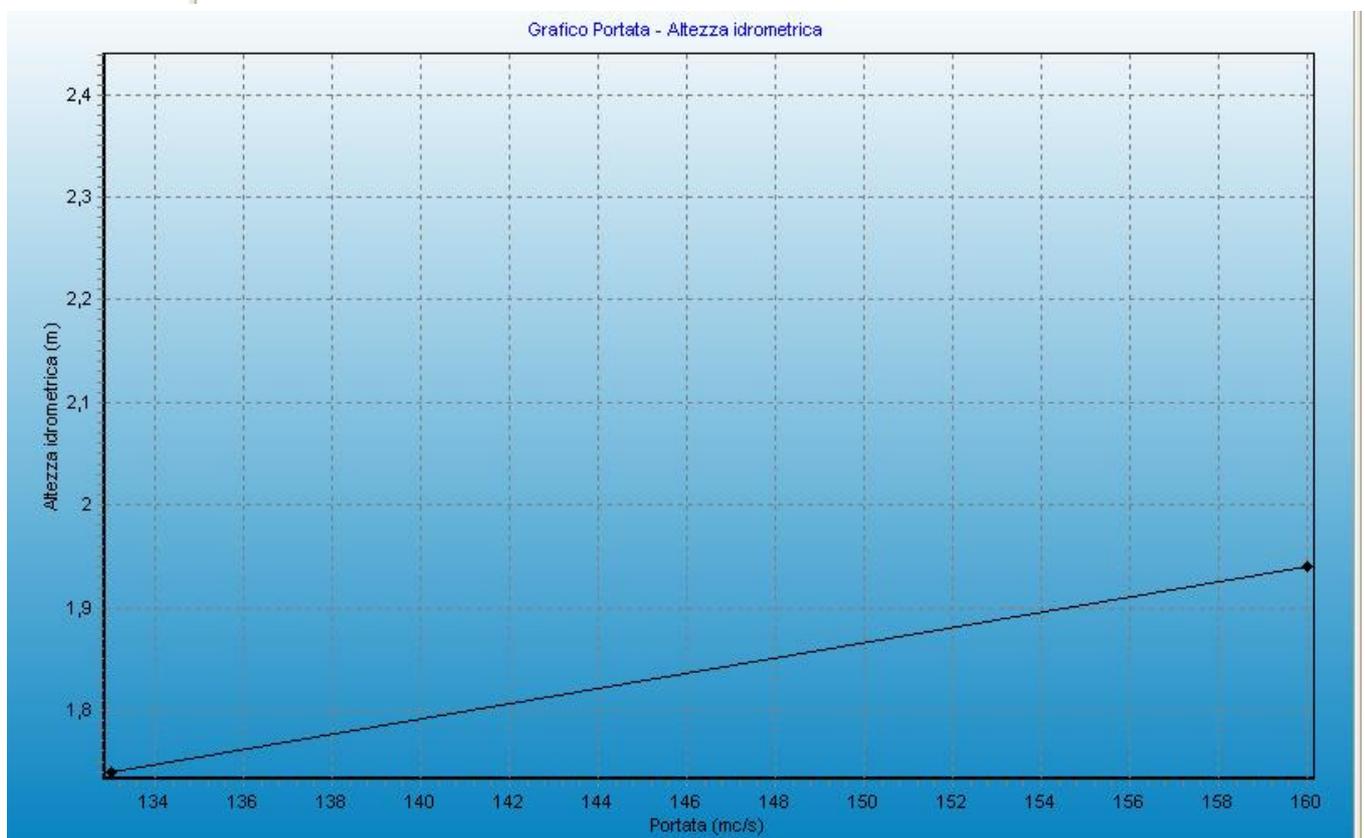
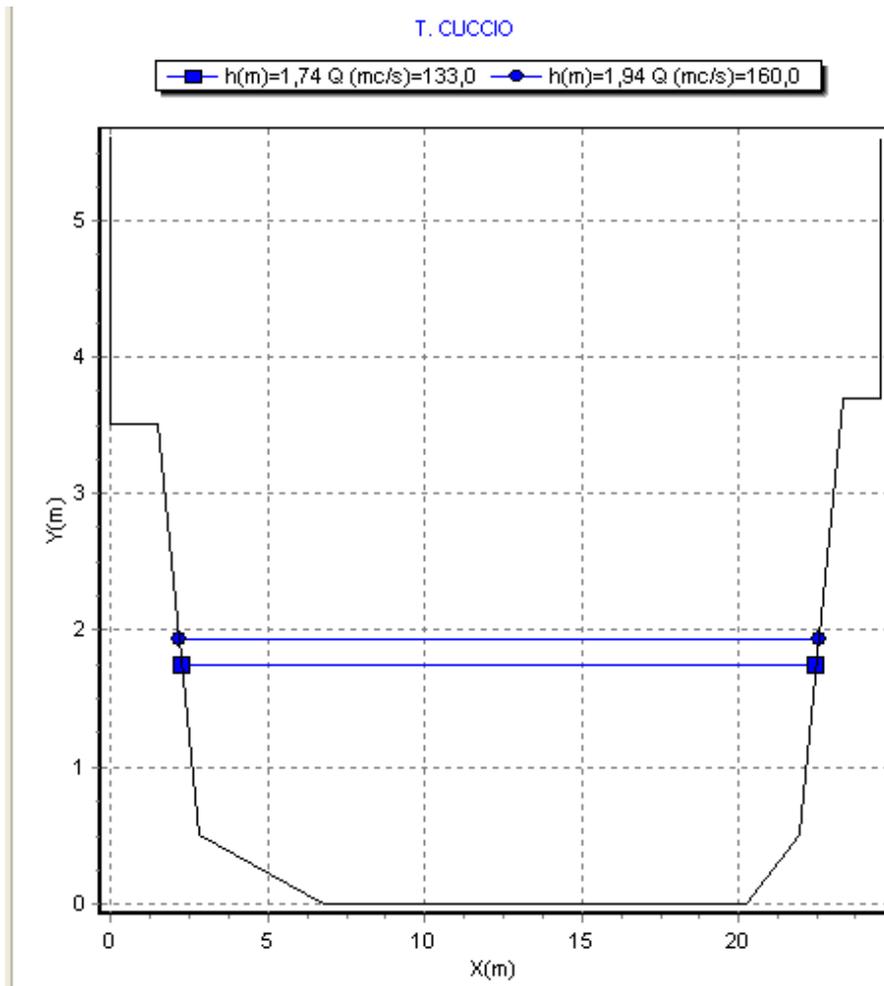
DI SEGUITO SI RIPORTANO LE VERIFICHE IDRAULICHE CONSIDERANDO SIA IL VALORE MASSIMALE OTTENUTO DAL SISTEMA SIBCA REGIONALE PARI A 160 M3/S CHE QUELLO OTTENUTO CON METODO RAZIONALE PARI A 307 M3/S. PER ENTRAMBE LE VERIFICHE LE SEZIONI, IN COMUNE DI CARLAZZO, SONO RISULTATE SUFFICIENTI A SMALTIRE LA PORTATA CALCOLATA.

**CALCOLO DELLA VELOCITA' DELL'ONDA DI PIENA CONSIDERANDO LE
PORTATE DI PIENA SIBCA**

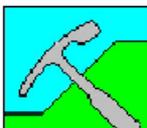
VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 1 –

	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località:		Descrizione: T. CUCCIO	
Note: SEZIONE 1		Sigla:	
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo			
	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	5,6	20
	0	3,5	20
	1,5	3,5	20
	2,8	0,5	20
	6,8	0	20
	20,2	0	20
	21,9	0,5	20
	23,3	3,7	20
	24,5	3,7	20
	24,5	5,6	20
Inclinazione dell'alveo (%): 2,5			
Ks=coef. di scabrezza di Strickler			

	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località:		Descrizione: T. CUCCIO	
Note: SEZIONE 1		Sigla:	
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche			
<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
50	133	4,11	1,74
100	160	4,39	1,94



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 2
TRATTO DA SEZIONE 1 A SEZIONE 2



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

Note:

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	4,3	20
	1,2	1,3	20
	2,1	0,8	20
	3,7	0,7	20
	5	0,2	20
	12,5	0	20
	18,1	0,3	20
	22,2	0,4	20
	23,9	0,75	20
	26	4,3	20

Inclinazione dell'alveo (%): 2,3

Ks=coef. di scabrezza di Strickler



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

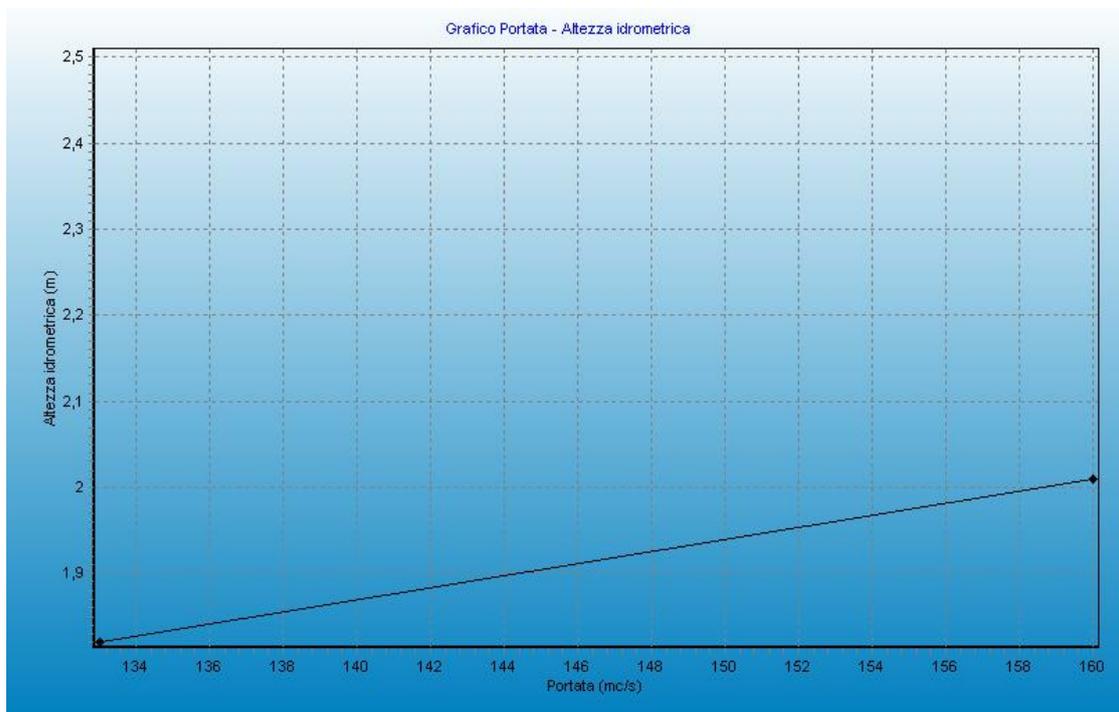
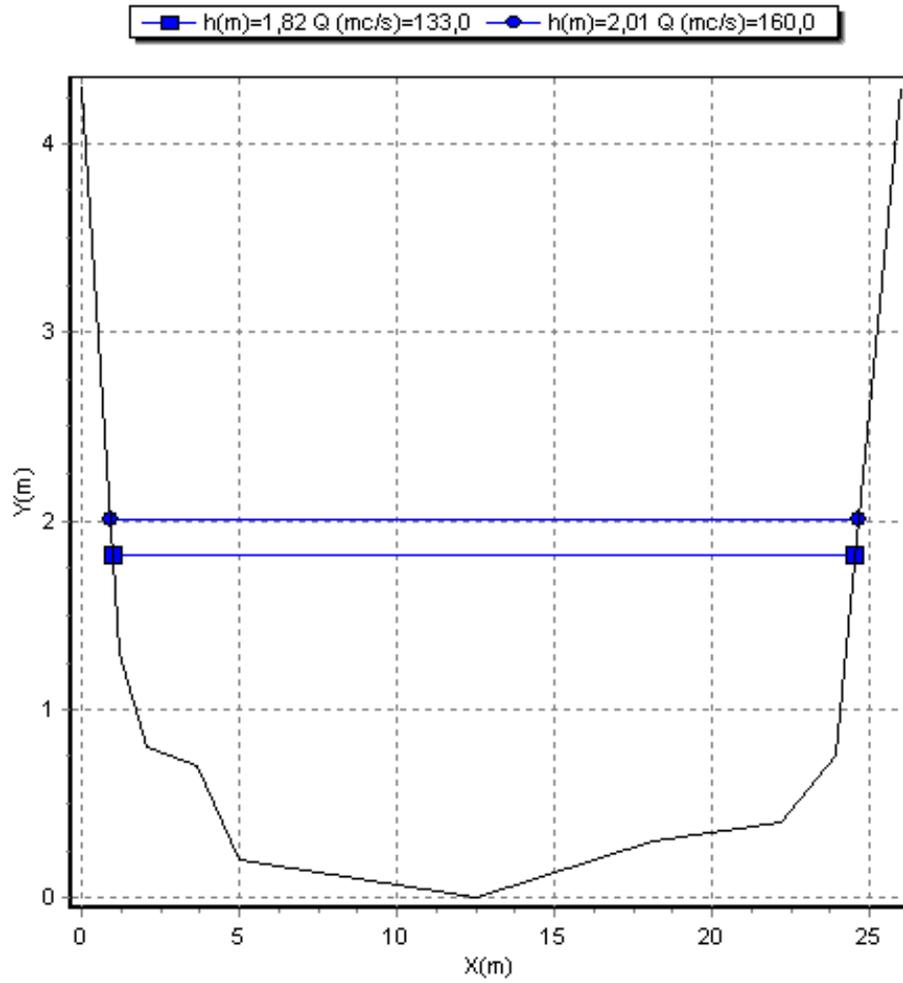
Descrizione: T. CUCCIO

Note:

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

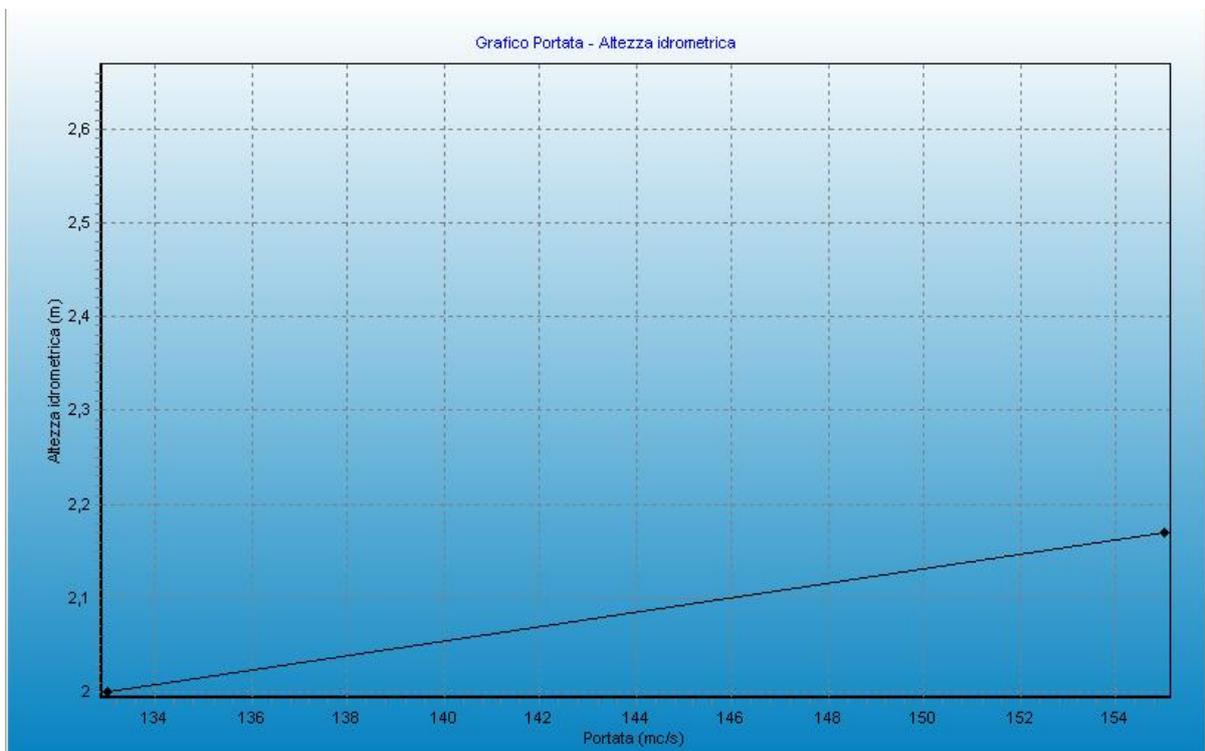
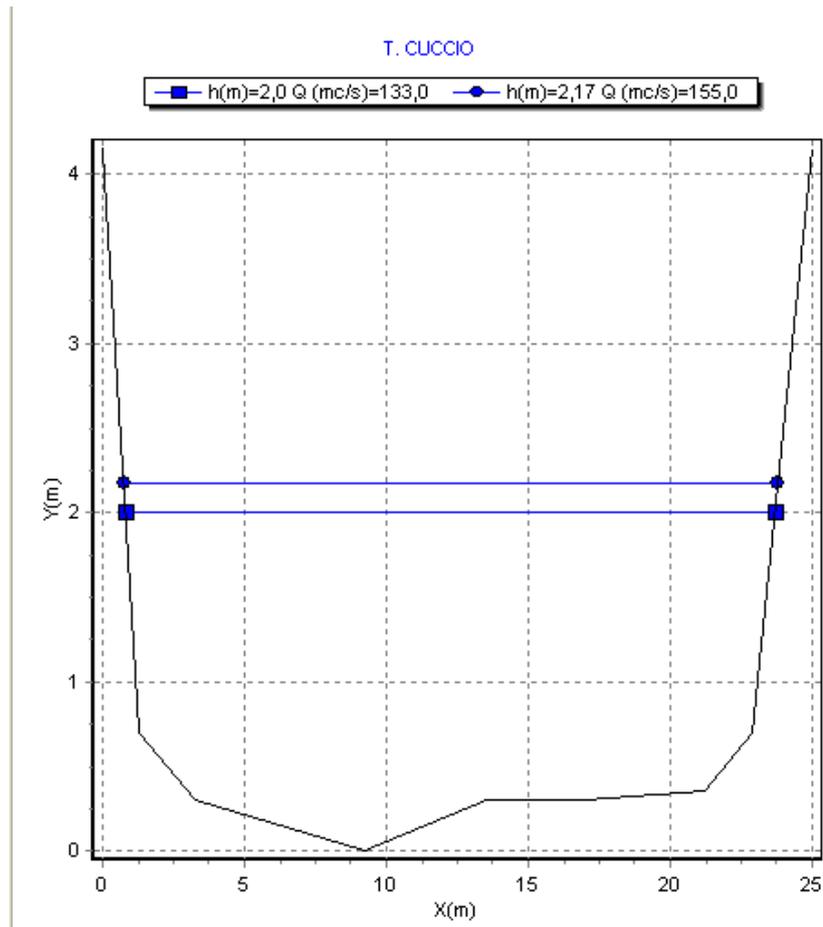
<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
50	133	3,82	1,82
100	160	4,09	2,01



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 3
TRATTO DA SEZIONE 2 A SEZIONE 3

	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località:	Descrizione: T. CUCCIO		
Note: TRATTO SEZ 2 - SEZIONE 3	Sigla:		
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo			
	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	4,15	20
	1,3	0,7	20
	3,3	0,3	20
	9,2	0	20
	13,5	0,3	20
	17	0,3	20
	21,2	0,35	20
	22,9	0,7	20
	25	4,15	20
Inclinazione dell'alveo (%): 1,7			
Ks=coef. di scabrezza di Strickler			

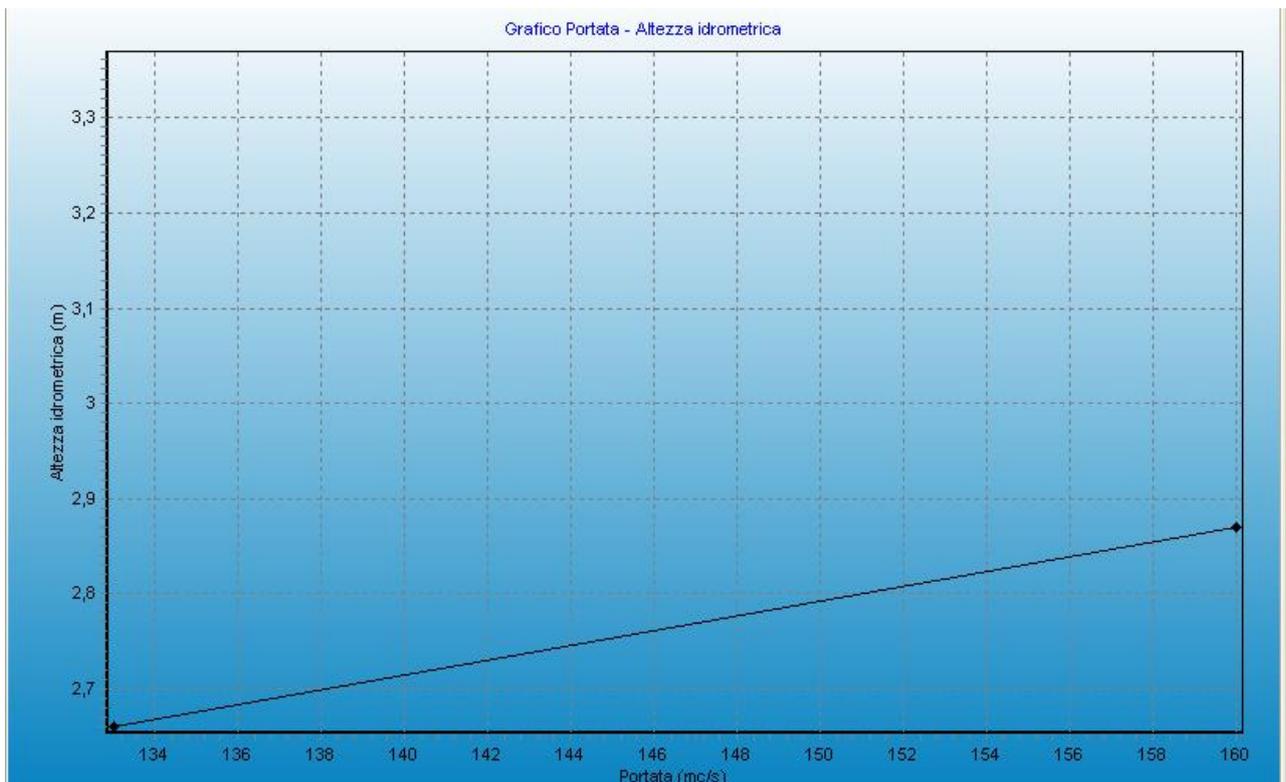
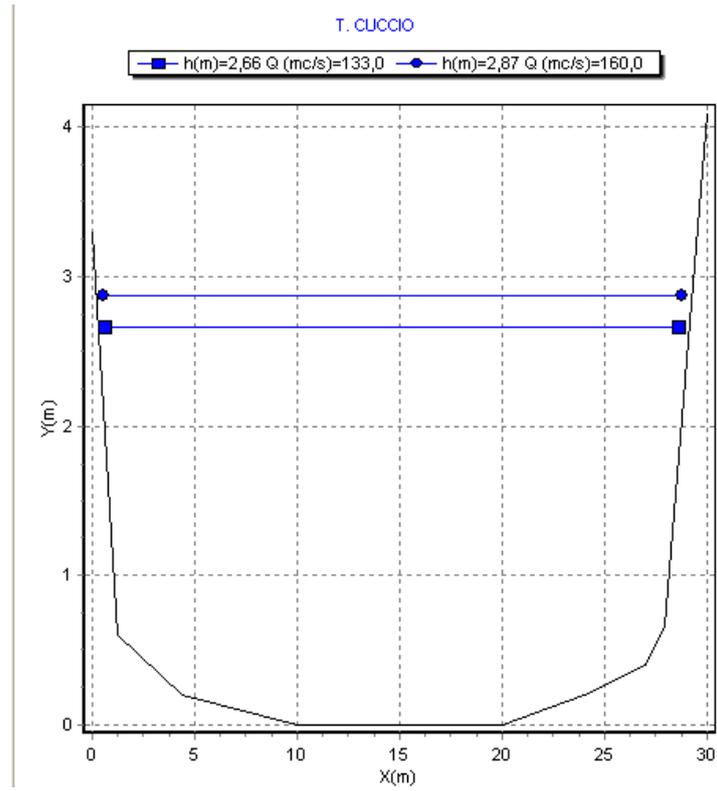
	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località:	Descrizione: T. CUCCIO		
Note: TRATTO SEZ 2 - SEZIONE 3	Sigla:		
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche			
<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
50	133	3,5	2
100	155	3,89	2,17



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 4
TRATTO DA SEZIONE 3 A SEZIONE 4

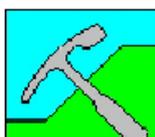
	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località: CARLAZZO		Descrizione: T. CUCCIO	
Note: sezione 3 - sezione 4			Sigla:
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo			
	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	3,3	20
	1,2	0,6	20
	4,4	0,2	20
	10	0	20
	20	0	20
	24	0,2	20
	27	0,4	20
	27,9	0,65	20
	30	4,1	20
Inclinazione dell'alveo (%): 1,1			
Ks=coef. di scabrezza di Strickler			

	STUDIO GEOPLANET		
	FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962		
Committente: COMUNE DI CARLAZZO			
Località: CARLAZZO		Descrizione: T. CUCCIO	
Note: sezione 3 - sezione 4			Sigla:
Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche			
<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
50	133	2,85	2,66
100	160	3,05	2,87



**CALCOLO DELLA VELOCITA' DELL'ONDA DI PIENA CONSIDERANDO LE
PORTATE DI PIENA METODO RAZIONALE**

VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 1 –



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

Note: SEZIONE 1

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	5,8	20
	0	3,5	20
	1,5	3,5	20
	2,8	0,5	20
	6,8	0	20
	20,2	0	20
	21,8	0,5	20
	23,3	3,7	20
	24,5	3,7	20
	24,5	5,8	20

Inclinazione dell'alveo (%): 2,5

Ks=coef. di scabrezza di Strickler



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

Note: SEZIONE 1

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
20	244	5,09	2,5
100	307	5,51	2,88

T. CUCCIO

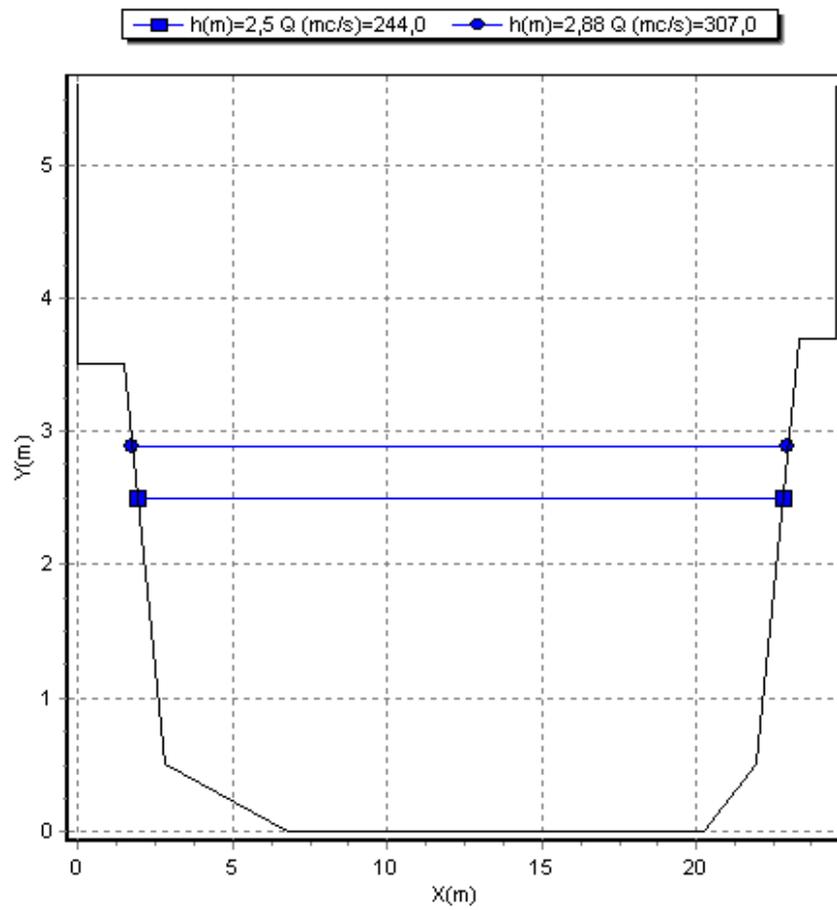
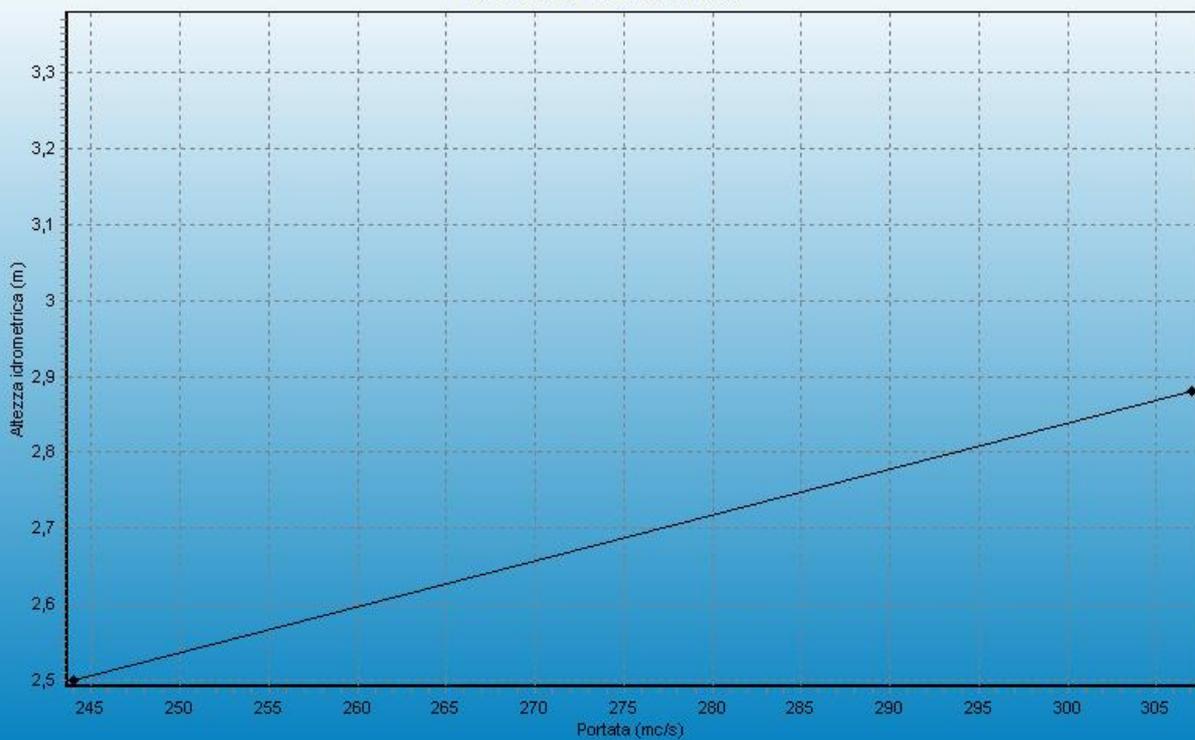
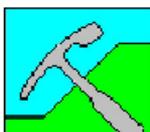


Grafico Portata - Altezza idrometrica



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 2
TRATTO TRA SEZIONE 1 E SEZIONE 2



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

Note:

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	4,3	20
	1,2	1,3	20
	2,1	0,8	20
	3,7	0,7	20
	5	0,2	20
	12,5	0	20
	18,1	0,3	20
	22,2	0,4	20
	23,9	0,75	20
	26	4,3	20

Inclinazione dell'alveo (%): **2,3**

Ks=coef. di scabrezza di Strickler



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

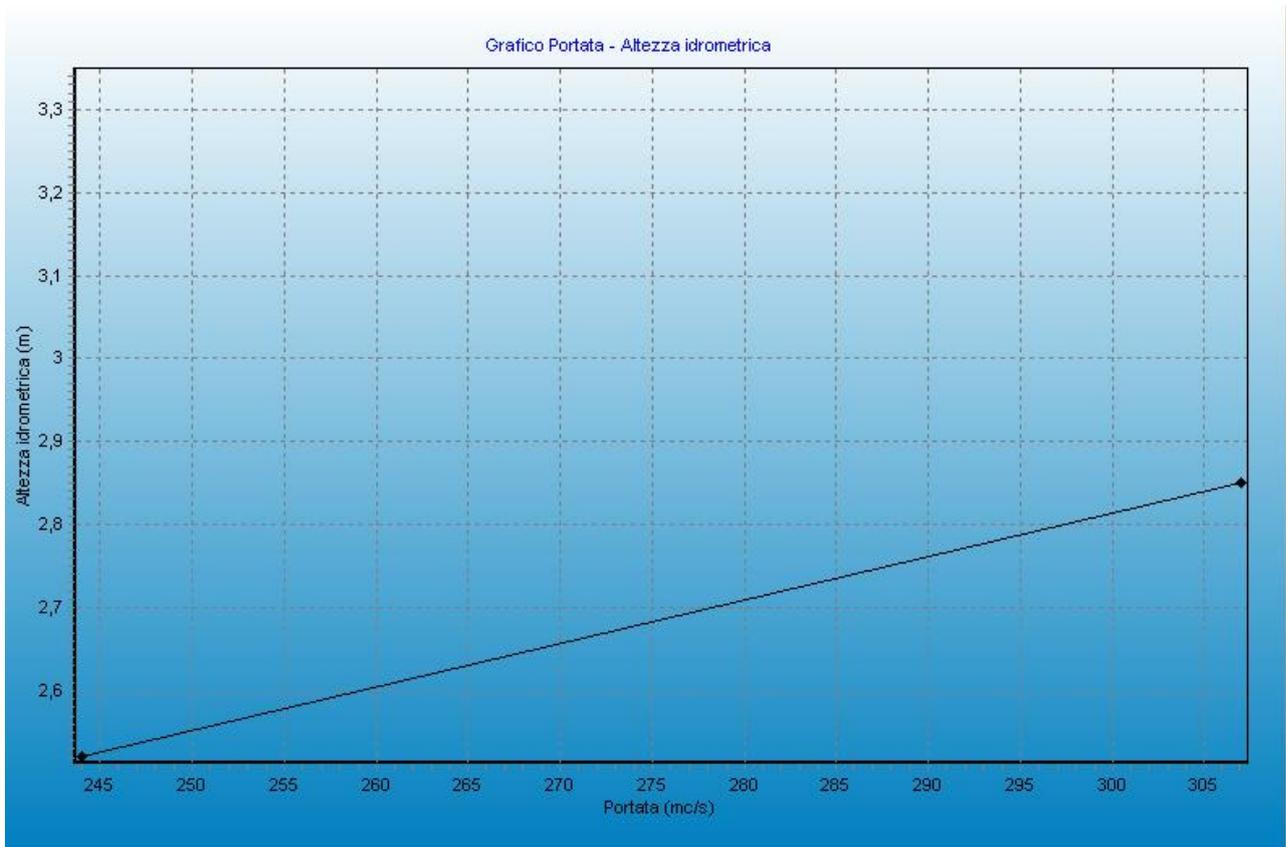
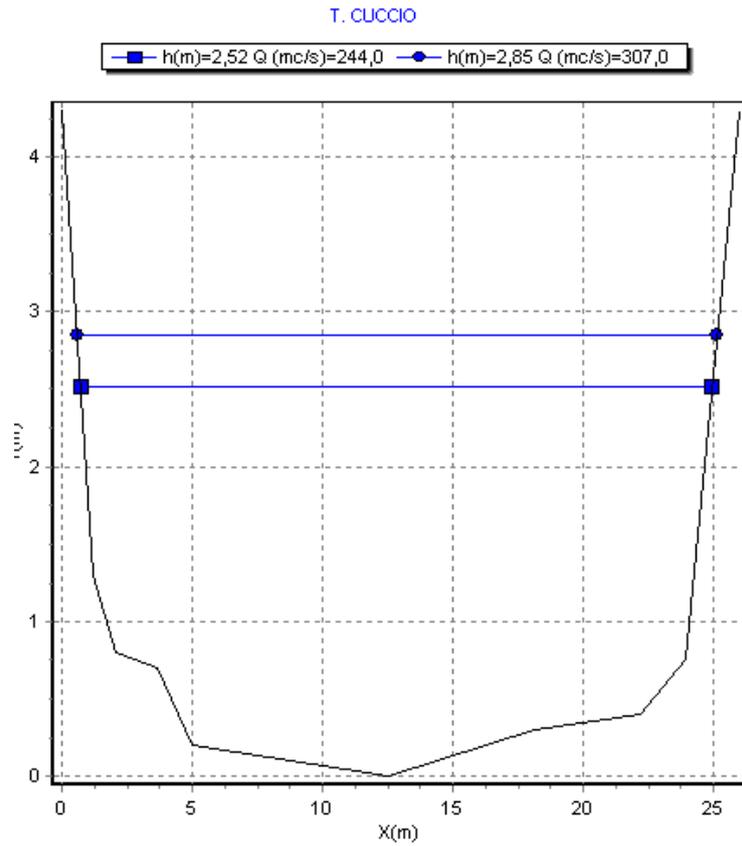
Descrizione: T. CUCCIO

Note:

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
20	244	4,75	2,52
100	307	5,14	2,85



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 3
TRATTO TRA SEZIONE 2 E SEZIONE 3



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

Note: TRATTO SEZ 2 - SEZIONE 3

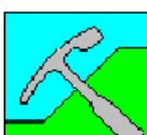
Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	4,15	20
	1,3	0,7	20
	3,3	0,3	20
	9,2	0	20
	13,5	0,3	20
	17	0,3	20
	21,2	0,35	20
	22,9	0,7	20
	25	4,15	20

Inclinazione dell'alveo (%): 1,7

Ks=coef. di scabrezza di Strickler



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località:

Descrizione: T. CUCCIO

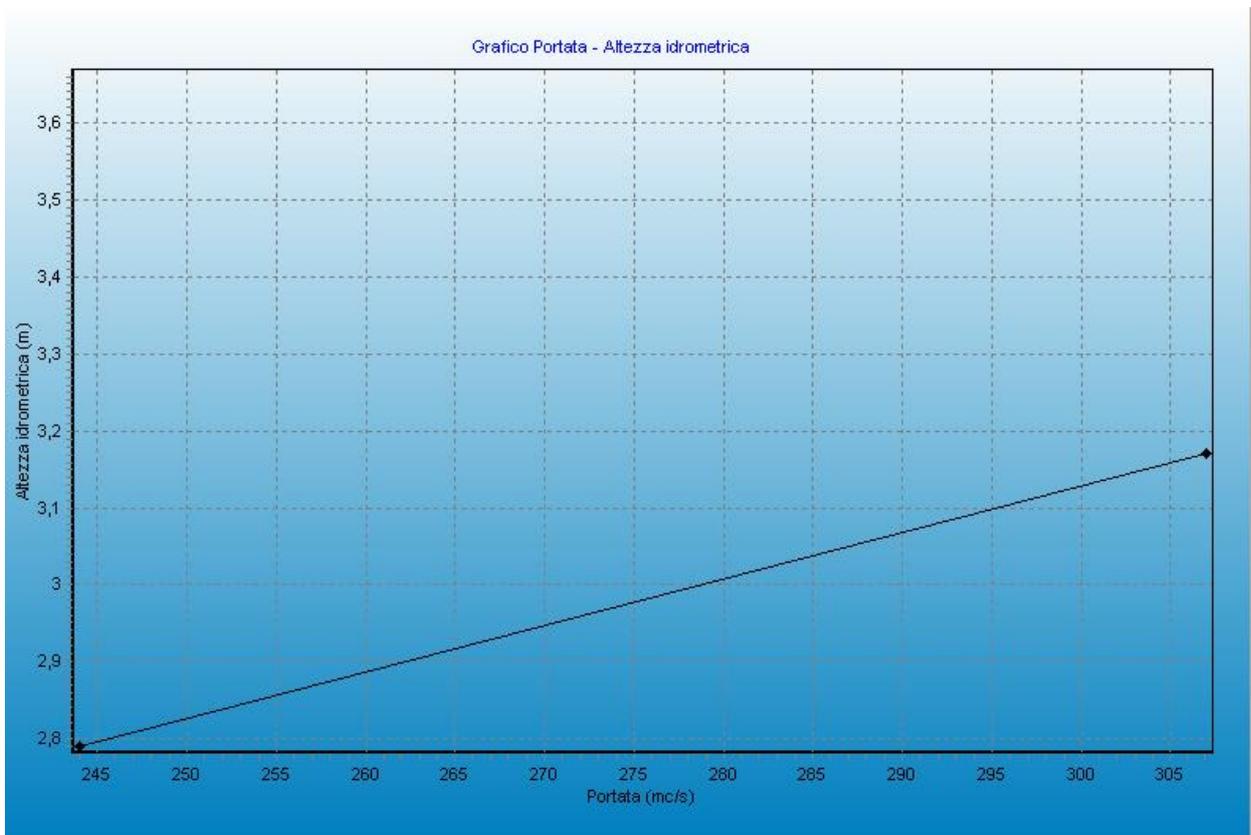
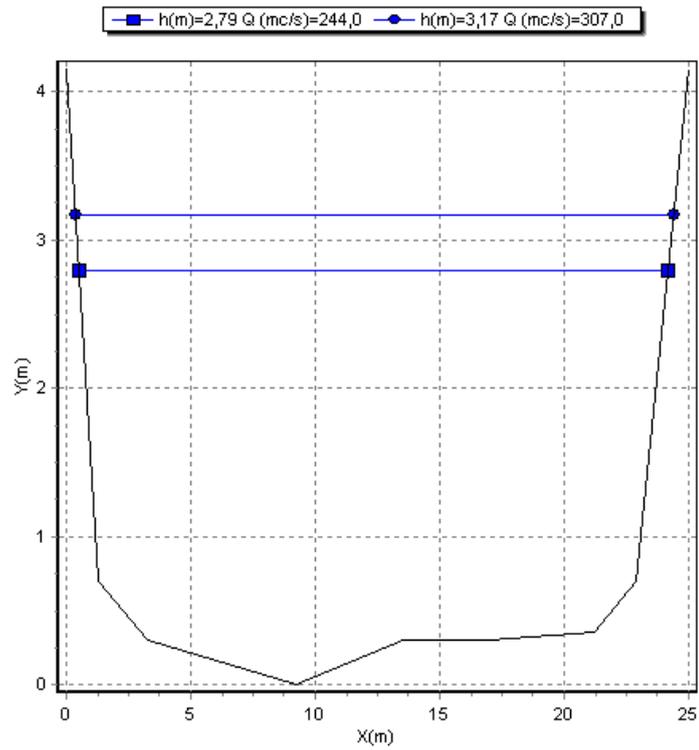
Note: TRATTO SEZ 2 - SEZIONE 3

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
20	244	4,34	2,79
100	307	4,89	3,17

T. CUCCIO



VERIFICA IN CORRISPONDENZA DELLA SEZIONE 4
TRATTO TRA SEZIONE 3 E SEZIONE 4



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località: CARLAZZO

Descrizione: T. CUCCIO

Note: sezione 3 - sezione 4

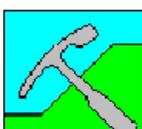
Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - profilo alveo

	<i>X (m)</i>	<i>Y (m)</i>	<i>Ks (m^{1/3} / s)</i>
	0	3,3	20
	1,2	0,6	20
	4,4	0,2	20
	10	0	20
	20	0	20
	24	0,2	20
	27	0,4	20
	27,9	0,65	20
	30	4,1	20

Inclinazione dell'alveo (%): 1,1

Ks=coef. di scabrezza di Strickler



STUDIO GEOPLANET

FRAZIONE Olgiasca n.8-23823 Colico (Lc)-tel./fax 0341-931962

Committente: COMUNE DI CARLAZZO

Località: CARLAZZO

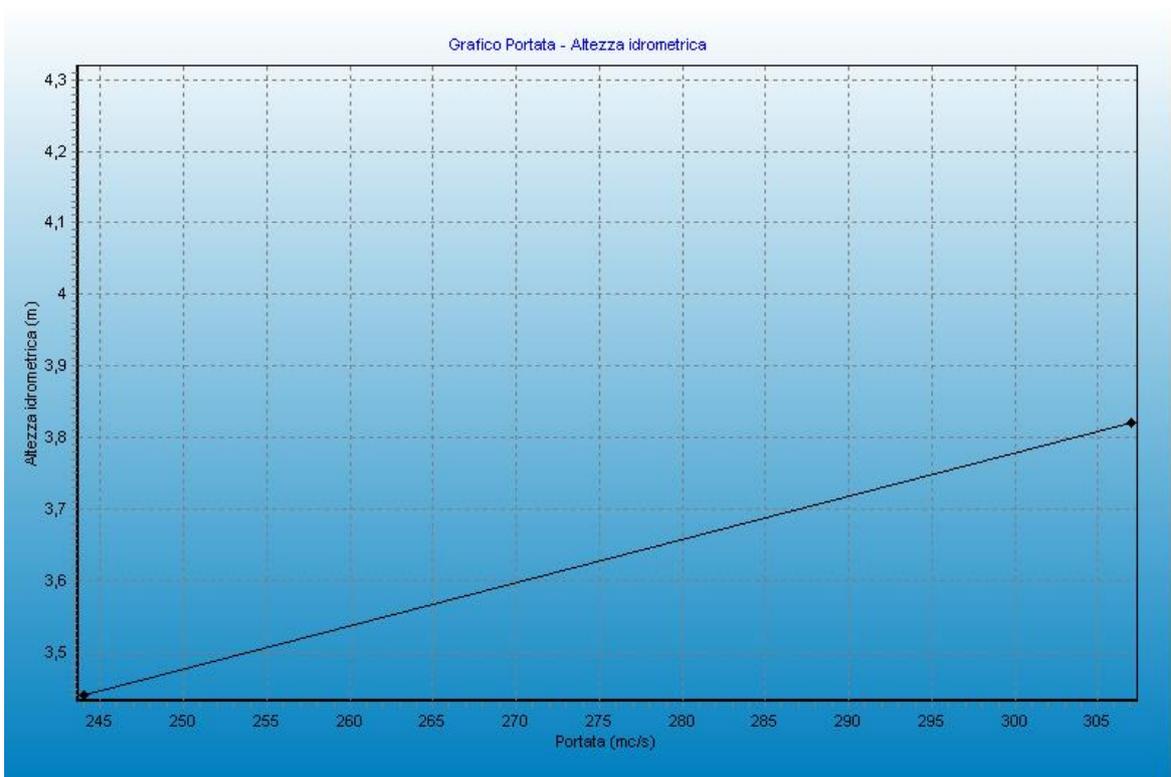
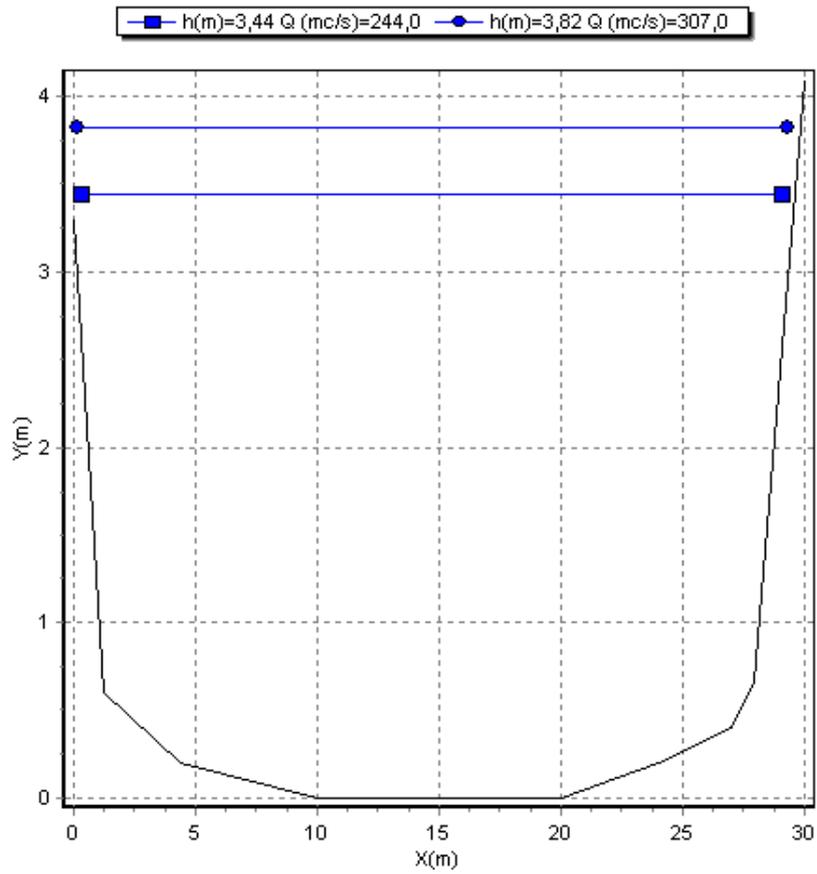
Descrizione: T. CUCCIO

Note: sezione 3 - sezione 4

Sigla:

Verifica di sezione d'alveo in condizioni di moto uniforme - altezze idrometriche

<i>Tempo di ritorno(anni)</i>	<i>Portata di verifica (mc/s)</i>	<i>Velocità (m/s)</i>	<i>Altezza idrometrica (m)</i>
20	244	3,55	3,44
100	307	3,85	3,82



2.4 VALUTAZIONE DEI VOLUMI MASSIMI RIMOBILIZZABILI SUL BACINO

La valutazione del volume complessivo di sedimenti che può essere mobilizzato in un torrente montano in occasione di un evento idrologico estremo gioca un ruolo fondamentale nella progettazione degli interventi di sistemazione idraulica e nella stima del grado di rischio delle aree soggette ad esondazioni. Le alluvioni manifestano frequentemente i loro effetti sull'area del cono di deiezione e su porzioni territoriali ad esso limitrofe.

Per una corretta progettazione degli interventi di sistemazione è inoltre essenziale che la stima quantitativa dell'evento sia preceduta da una previsione sulla tipologia di trasporto associata all'evento stesso. Infatti, la forma di trasporto condiziona le modalità di traslazione e di deposizione dei sedimenti e, conseguentemente, i danni prodotti dall'alluvione. Si passa infatti dalla deposizione quasi totale del sedimento sulla conoide in occasione delle colate a forte componente detritica ad una deposizione solo parziale per le piene accompagnate da trasporto di fondo.

Aulitzky (1973, 1982) ha proposto la determinazione di un fattore di torrenzialità per mezzo di una serie di indicatori "silenti" ed ha individuato, grazie a questo fattore, le seguenti categorie di trasporto solido: *debris flow* (colata di detriti caratterizzata da un moto pulsante e gravitativo e da un fluido di tipo non-newtoniano), *debris flood* (flusso di massa ad alta concentrazione di detriti e con caratteristiche del fluido ancora di tipo newtoniano), *bedload* (trasporto di fondo per scorrimento del letto), *flood creek* (piena con basso potenziale di trasporto solido e prevalenza di sedimento fine). Per la determinazione dell'indice di Aulitzky è stata anche proposta una integrazione degli indicatori originari (Baoyuan et al., 1994) con due ulteriori test concernenti la pendenza media ed il grado di sinuosità del corso d'acqua.

Baoyuan et al., in linea con le osservazioni di altri autori (Takahashi 1981, Yazawa e Mizuyama, 1987), individuano le pendenze d'alveo a maggior rischio di debris flow per valori superiori al 27%. A questa classe segue, con indice di rischio decrescente (debris flood), il campo di pendenze compreso fra il 27% ed il 14%.

Di più complessa determinazione risulta l'individuazione di un limite superiore di pendenza per il trasporto di fondo. Smart e Jaeggi (1983), nelle loro minuziose esperienze di laboratorio sulla capacità di trasporto, hanno osservato nella pendenza del 20% il limite inferiore di transizione fra il movimento di massa ed il trasporto di fondo, limite che si è innalzato al 25% con l'utilizzo delle granulometrie di sedimento più grossolane.

Per la previsione della forma di trasporto Marchi et al. (1993) hanno seguito un approccio puramente morfologico, già avviato da Jackson et al. (1987), ed hanno classificato le conoidi alluvionali sulla base dei processi di trasporto prevalente che le hanno generate: debris flow, trasporto di fondo e trasporto di tipo "misto" nel quale coesistono le due precedenti tipologie.

La ricerca, condotta su un campione di 52 bacini dell'Italia Nord-Orientale, ha portato ad una classificazione delle conoidi per mezzo di due soli parametri: la pendenza della conoide ed il numero di Melton del bacino (Me), essendo quest'ultimo espresso dalla relazione:

$$Me = \Delta H A^{-0.5} \quad (1)$$

dove ΔH indica il dislivello fra la quota massima e la quota minima del bacino ed A la superficie del bacino stesso.

Nel caso del bacino del T. Cuccio l'indice di Melton $Me=13.94$

Relativamente alla stima del volume complessivo (“magnitudo”) di sedimento prodotto da un evento estremo risultano ancor oggi prevalenti metodologie di tipo empirico o basate su rilevazioni condotte in campo.

La valutazione del volume massimo di materiale detritico mobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su una conoide, in occasione di eventi di precipitazione intensi e prolungati nel tempo, nel conteso in esame è di principale importanza.

Tale parametro, definito anche come Magnitudo, è tuttavia di difficile quantificazione; infatti esiste una enorme differenza tra l’intensità del trasporto di fondo durante i periodi di normale deflusso, facilmente quantificabili, da quella relativa a piene a carattere eccezionale.

Durante questi ultimi eventi lungo l’asta torrentizia, soggetta ad un rapido incremento della portata, si innescano movimenti turbolenti che provocano intensi processi di erosione spondale (scalzamento del versante alla base) e di fondo, in grado di mobilizzare ingenti quantità di materiali con pezzature anche grossolane.

Il rapido incremento di portata del torrente tende quindi a trasformarsi in un processo di trasporto torrentizio in massa di una miscela solida-liquida che può raggiungere una densità molto elevata, sino a 1,5-2 t/m³. L’aumento della densità contribuisce inoltre ad incrementare la capacità di trasporto e di erosione del fondo e delle sponde del torrente. Tali fenomeni di norma si sviluppano ed esauriscono in un intervallo di tempo molto breve dando luogo ad ambienti ad elevatissima energia, per cui come precedentemente detto, diviene assai difficoltoso poter effettuare qualsiasi tipo di misurazione.

Uno dei più comuni approcci per determinare la Magnitudo consta nell’eseguire un rilievo di dettaglio lungo l’asta idrica (metodo di Scheuringhen, 1998), stimando i volumi di materiali presenti.

Esistono tuttavia formulazioni empiriche basate su elaborazioni ed interpolazioni statistiche riportate nella letteratura tecnica che permettono di determinare un campo di valori della Magnitudo.

La valutazione della possibilità che in un bacino montano avvengano colate detritiche (debris flow) e la quantificazione del materiale movimentabile è di importanza fondamentale per una corretta gestione del territorio e per la predisposizione di opere di sistemazione o difesa [p. es. Benini, 1990].

La predizione della magnitudo e della probabilità di accadimento di un evento non sono operazioni semplici a causa della complessità del fenomeno e della scarsa disponibilità di dati per validare le metodologie. La complessità del fenomeno è dovuta al fatto che i numerosi fattori geologici, idraulici e pluviometrici connessi alle fasi di innesco, propagazione e deposito di una colata detritica sono caratterizzati da una variabilità sia spaziale che temporale che ne rende difficile la determinazione [p. es. Takahashi, 1991].

In letteratura si trovano metodologie che consentono di valutare la possibilità che nel bacino effettivamente avvengano colate di detriti, senza stimarne la quantità [Melton, 1965; Aulitzky, 1980].

Nella fattispecie è stata utilizzata la seguente formulazione di Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000) che considera parametri morfometrici del bacino nel calcolo, al fine di avere un primo confronto interpretativo:

$$M = 1000 \cdot K \cdot Ab \cdot Mb^{0.8} \cdot Scl_c \cdot (I_F)^{-2} \quad (1)$$

dove:

$K = 5.4$ per fenomeni di debris flow

$Ab =$ area del bacino $\Rightarrow (60 \text{ km}^2)$

$Mb = H_{\max} - H_{\min} / Ab^{0.5}$

$H_{\max} =$ quota massima del bacino $\Rightarrow (2245 \text{ m s.l.m.})$

$H_{\min} =$ quota minima del bacino $\Rightarrow (272 \text{ m s.l.m.})$

$Scl_c =$ pendenza del collettore sulla conoide $\Rightarrow (13\%)$

$I_F^{-2} =$ indice di frana pari a 1 per frane di grandi dimensioni e/o frane lungo la rete idrografica, per frane di piccole dimensioni considerato pari a 3

Il valore della **Magnitudo** calcolato secondo la (1) ammonterebbe pertanto a **648.000 m³**.

Inoltre il valore della magnitudo è stata calcolata utilizzando metodi empirici riportati nella letteratura tecnica. In particolare è stato utilizzato il metodo Bottino, Crivellari & Mandrone (1996):

$$M = 21241 \cdot Ab^{0.28} \quad (2)$$

Dove Ab è l'area del bacino

Il valore della **Magnitudo** calcolato secondo la (2) ammonterebbe pertanto a **66.843 m³**.

E' stato utilizzato il metodo D'agostino et al. (1996):

$$M = 39 \cdot Ab \cdot Scl^{1.5} \cdot (I.G.) + (I.T.)^{-0.3} \quad (3)$$

Dove:

$Ab =$ area del bacino $\Rightarrow (60 \text{ km}^2)$

$Scl =$ pendenza del collettore sulla conoide $\Rightarrow (13\%)$

$I.G. =$ valore che dipende dai litotipi costituenti il bacino

$I.T. =$ indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky

$C.S. =$ coefficiente di sistemazione

D'Agostino et al. [1996], elaborando i dati relativi a bacini e corsi d'acqua del Trentino definiscono la magnitudo attraverso due relazioni che presuppongono la determinazione di un cosiddetto indice geologico, variabile tra 0.5 e 5, che esprime l'erodibilità e le caratteristiche litologiche della rete idrografica. Il valore di tale parametro dipende dai litotipi costituenti il bacino e viene calcolato come media pesata degli indici geologici delle diverse litologie sulle aree da esse occupate.

Il valore della **Magnitudo** calcolato secondo la (3) ammonterebbe pertanto a **101.088 m³**.

E' stato utilizzato il metodo di Bianco (1999):

$$M = 14000A * i^{(1.5-i)} * I.G.^{(1+0.1 I.G.)} \pm 13000A^{0.6}$$

Dove:

A = area del bacino

⇒ (60 km²)

i = pendenza del collettore sulla conoide

⇒ (13%)

I.G. = valore che dipende dai litotipi costituenti il bacino

Il valore della **Magnitudo** calcolato secondo la (3) ammonterebbe pertanto a **126.000 m³**.

Oltre a queste metodologie speditive, si può anche considerare l'uso di un metodo molto semplice che consiste nello stimare con gli usuali metodi dell'idrologia la portata liquida del bacino Q_0 e valutare la portata di debris flow Q_T mediante la [Takahashi, 1991]:

$$Q_T / Q_0 = C^* / C + - [Sb + (1-Sb) \cdot C^*] \cdot C$$

dove c^* è la concentrazione del materiale solido "impaccato" (usualmente posto pari a 0.65), c la concentrazione della colata ed Sb il grado di saturazione del letto prima del passaggio della colata detritica. Inoltre Armanini [1996] propone di porre $Sb = 1$. In altri termini, la portata complessiva attesa è pari a 2 – 3 volte la portata liquida. L'andamento della funzione è riportato in figura 3.

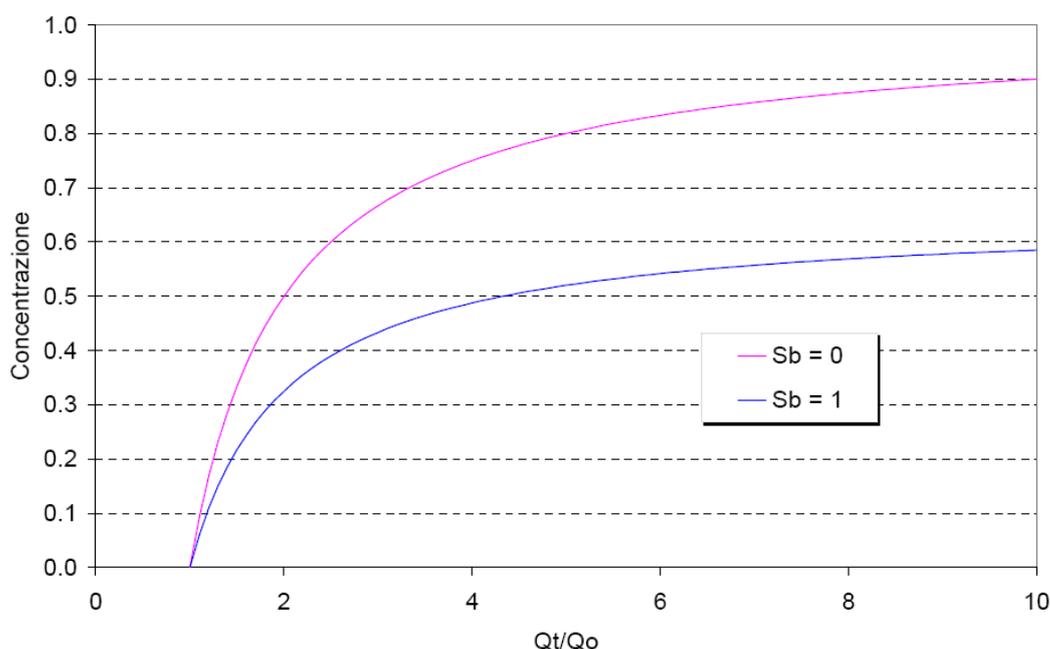


Figura 3: funzione che lega la concentrazione delle colate di detriti ed il rapporto tra portata delle colate e portata liquida, al variare del grado di saturazione del terreno prima del passaggio della colata.

Nel nostro caso il valore di $Q_T = 150.000 \text{ m}^3$

Questo metodo oltre al vantaggio della semplicità, ha anche quello di potere esprimere la portata di colata detritica in funzione del tempo di ritorno, ciò che i metodi precedenti non consentivano e che invece è di estrema importanza quando occorre progettare strutture difensive.

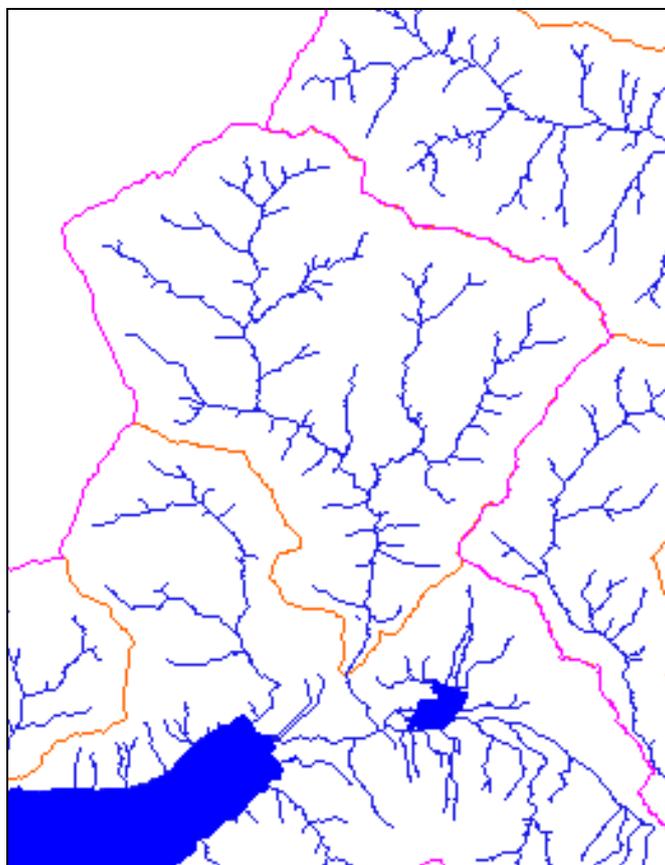
Di seguito si riporta una tabella con indicati i valori di magnitudo calcolati con i diversi metodi empirici:

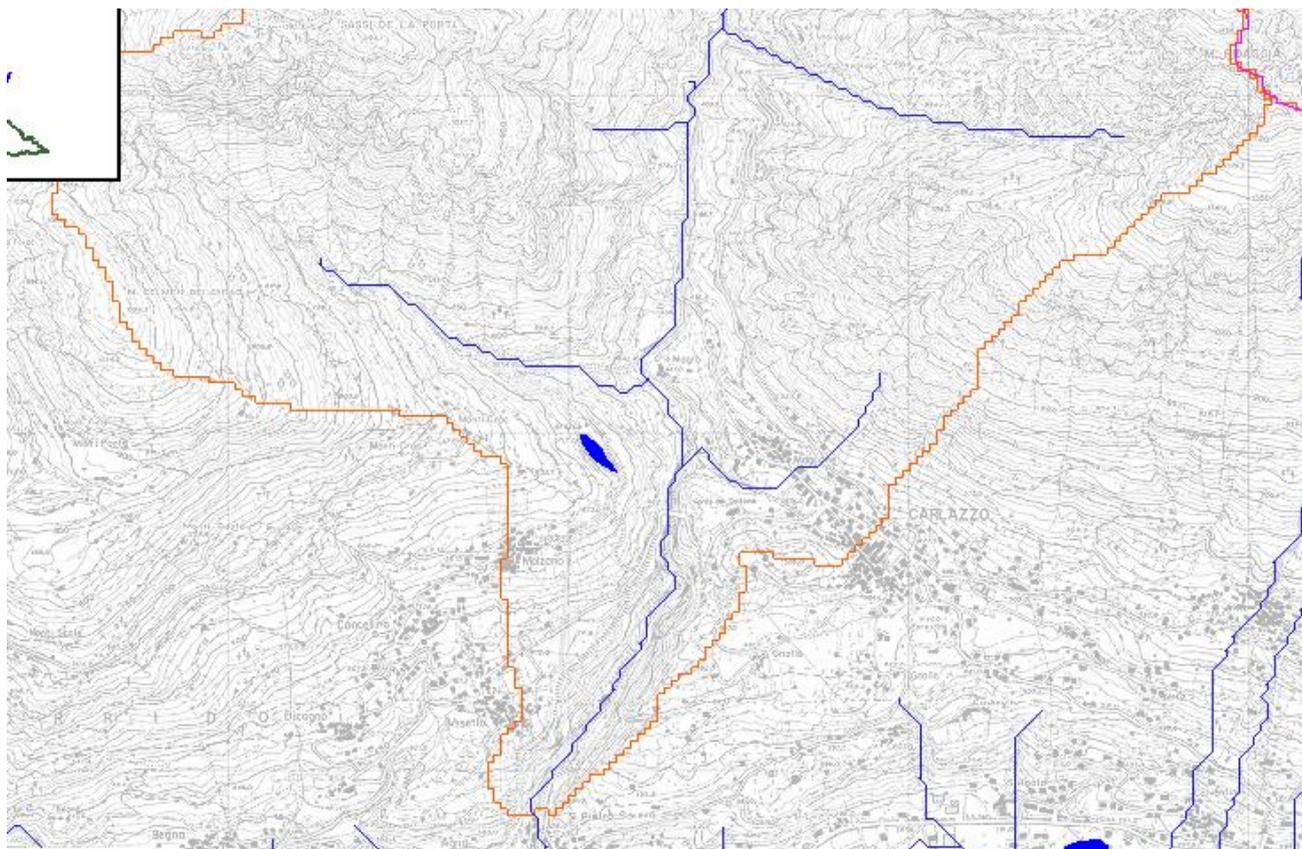
METODO UTILIZZATO	MAGNITUDO (M3)
<u>Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)</u>	648.000
<u>Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)</u>	66.843
<u>D'agostino et al. (1996)</u>	101.088
<u>Bianco (1999)</u>	126.000
<u>Takahashi, 1991</u>	150.000

I dati calcolati sono stati confrontati con quelli riportati nel Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua (SIBCA) della Regione Lombardia.

Tale sistema permette di:

- identificazione di un punto di chiusura di un bacino e calcolo dei parametri idromorfologici ad esso relativi;
- calcolo degli indicatori/coefficienti relativi al bacino, effettuato sulla base degli strati informativi preelaborati e derivati dalle carte tematiche;
- calcolo della portata e della magnitudo utilizzando i dati idromorfologici e i coefficienti precedentemente calcolati.





REC	1
NOME BACINO	T. CUCCIO
CODICE CT10	23731
PORTATA TR50 (mc/s)	133,12244
PORTATA TR100 (mc/s)	145,89342
PORTATA TR20 (mc/s)	0
PORTATA ISKOWSKI (mc/s)	160,68833
MAGNITUDO BOTTINO (mc)	64.798,37811
MAGNITUDO D'AGOSTINO (mc)	159.964,27924
MAGNITUDO CERIANI (mc)	38.014,71443
MAGNITUDO BIANCO (mc)	274.357,22376
COEFFICIENTE DEFLUSSO	0,45787
INDICE FRANOSITA'	1,7198
DENSITA' DRENAGGIO (1/km)	3,20258
LUNGHEZZA TOTALE IDROGRAFIA (Km)	171,9734
DISTANZA MASSIMA RETICOLO COPRENTE (Km)	14,07968
AREA PLANIMETRICA (Km2)	53,6984
AREA EFFETTIVA (Km2)	115,01514
RAPPORTO AREE	0,46688
INDICE MELTON	0,26473

PENDENZA MEDIA BACINO (m/m)	0,63765
QUOTA MASSIMA BACINO (m s.l.m.)	2243,55
QUOTA MINIMA (m s.l.m.)	303,59
QUOTA MEDIA (m s.l.m.)	1342,42

E' evidente una differenza notevole tra i valori di magnitudo calcolati per lo stesso bacino. Ciò significa che queste formule, come in generale tutti i metodi empirici basati su parametri morfologici del bacino, della rete idrografica e della conoide, forniscono solo delle stime approssimative.

Come si vede dalle tabelle sopra riportate, non considerando per entrambi i metodi di calcolo i valori massimali di circa 274.000 m³ e 648.000 m³, gli altri valori risultano molti simili tra di loro compresi tra 65.000 e 160.000 m³.

PERTANTO CONSIDERANDO LA MORFOMETRIA DEL BACINO IDROGRAFICO E GLI ELEMENTI MORFODINAMICI IN ATTO, SI È CONSIDERATA UNA PORTATA DI TRASPORTO SOLIDO DI 98.000 M³.

2.5 ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA'

La zonazione della pericolosità è stata condotta previa raccolta ed analisi in dettaglio delle caratteristiche della conoide interessata dal corso del T. Cuccio in quanto la perimetrazione delle aree a rischio deriva dall'incrocio degli aspetti morfologici, idraulici, idrografici, di utilizzo del suolo e dello sviluppo delle opere di regimazione dell'area di possibile propagazione delle colate di detrito.

Si è proceduto pertanto ad effettuare le seguenti operazioni che hanno permesso di redarre le cartografie di dettaglio richieste dalla normativa, proposte e descritte nei paragrafi successivi:

- analisi della documentazione catastale e delle destinazioni d'uso contenute nei P.R.G. comunali;
- rilievo morfologico di dettaglio dell'asta idrica e delle sue pertinenze;
- analisi delle destinazioni d'uso pertinenti all'abitato;
- analisi storica dei dissesti avvenuti;
- ricostruzione in dettaglio delle aree soggette a tracimazione arginale, passate storiche e recenti.

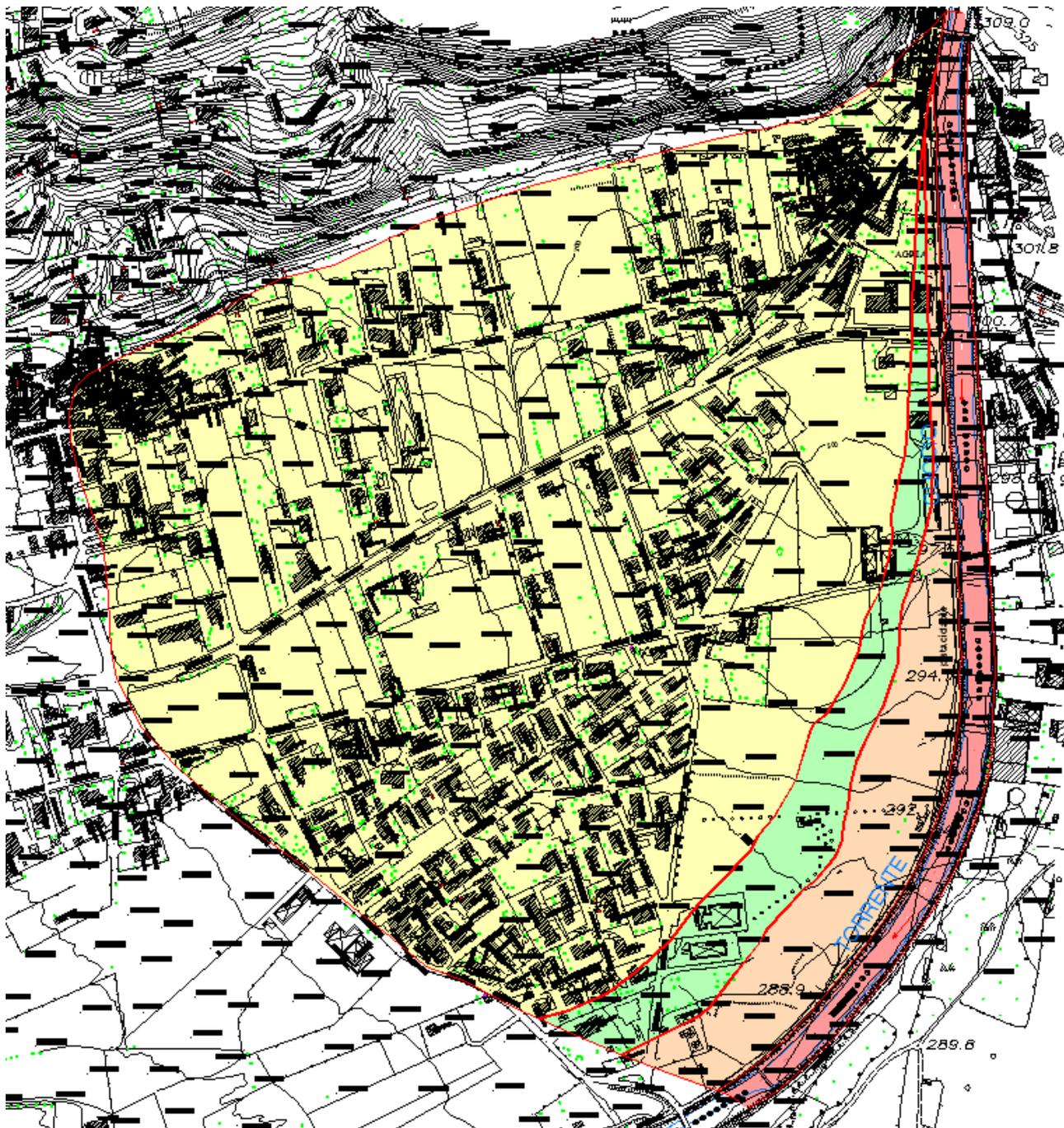
Considerando la possibilità di un trasporto sia liquido (200 m³/s) che solido (98 m³) con i valori di portata riportati nei precedenti paragrafi si è valutata la zona di esondazione del corso d'acqua in condizioni catastrofiche.

Il rilievo lungo la conoide ha evidenziato una differente configurazione sia morfologica che urbanistica nella porzione apicale e distale.

In particolare come si osserva sia dall'estratto dell'aerofotogrammetrico comunale che dall'analisi della fotografia aerea, il primo tratto in sponda destra nel territorio comunale di Porlezza è

caratterizzato dalla presenza oltre che dalle sponde arginali del T. Cuccio, di muri portanti in c.a. e da pareti di edifici disposti parallelamente all'alveo.

Tali strutture con altezze variabili tra 4.0 e 3.0 m dalla sommità dell'argine del T. Cuccio, per un tratto complessivo di circa 150 ml dal ponte storico ubicato in posizione apicale della conoide, costituiscono un impedimento all'onda di piena di tracimare verso la porzione distale della conoide.



Oltre tale distanza è presente un'estesa area parzialmente urbanizzata delimitata da muri in c.a. e cls di altezza di circa 1.0 m dal p.c. esistente delimitata lateralmente da cordoli in cls.

In corrispondenza dell'attraversamento carraio della S.s. n.340, il ponte esistente potrebbe costituire un ostacolo (soprattutto per eventuale trasporto di materiale legnoso) con conseguente rallentamento dell'onda di piena e quindi tracimazione in sponda destra.

In corrispondenza di tale zona è presente la pista ciclopedonale che scende parallelamente all'alveo del T. Cuccio. Tale strada presenta una pendenza tale che risulterebbe la via preferenziale di scorrimento.

Come si osserva dall'aerofotogrammetrico oltre la curva di livello 297.00 l'area parzialmente urbanizzata finisce ed è presente un'ampia zona prativa che rappresenta la porzione distale della conoide.

In corrispondenza di tale area la particolare configurazione morfologica permetterebbe di aprire un ventaglio laterale sempre in sponda destra delimitato dalla configurazione morfologia del terreno.

La conoide terminerebbe alla quota media di 288.4 m nella porzione più depressa.

Come si osserva dalla Carta della Pericolosità della conoide in scala 1: 5.000 tra la porzione di conoide attiva non protetta Ca e la conoide protetta Cn, è stata raffigurata una porzione di area di conoide parzialmente protetta Cp.



Tale superficie interessa prevalentemente una zona poco urbanizzata.

La particolare configurazione morfologica e la presenza strutture ha permesso di tracciare la linea di separazione tra l'area di conoide attiva non protetta (Ca) e quella parzialmente protetta (Cp). Oltre la curva di livello 295 m s.l.m. l'area urbanizzata finisce ed è presente un'ampia zona prativa che rappresenta la porzione più distale della conoide.

La conoide terminerebbe alla quota media di circa 289.5 m s.l.m. nella porzione più depressa.

Si ricorda che tutta la sponda idrografica destra risulta sempre più alta della sponda idrografica sinistra di 0.8-3.0 m e di conseguenza un'eventuale esondazione si verificherebbe prevalentemente in sponda sinistra.



2.5.1 Carta della pericolosità

L'incrocio tra le informazioni raccolte, con particolare riguardo alle aree di espansione di possibili colate stante l'attuale assetto idraulico e le classi di pericolosità indicate nella seguente Tabella prospetto, è stata redatta la carta della pericolosità finale, alla scala 1:5.000.

Classi di pericolosità	
H 1	Pericolosità Molto Bassa: area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto (comprensivi di esondazione e trasporto in massa)
H 2	Pericolosità bassa: area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto
H 3	Pericolosità media: area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali (esondazione): area interessata nel passato da eventi alluvionali documentati su basi storiche. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi
H4	Pericolosità alta: area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido e con danneggiamento di opere e manufatti
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

Si evince pertanto come per la conoide del T. Cuccio, i settori di maggiore pericolosità riguardano l'alveo posto in classe H5 e la zona di esondazione liquida e solida, in classe H4.

La classe H3 che risulta poco sviluppata arealmente, occupa la porzione in adiacenza alla classe H4, stabilita dall'esondazione considerando sia il trasporto solido sia il trasporto liquido.

In adiacenza alla classe H3 è posta la classe H2 che, anche considerando i valori di magnitudo e portata liquida calcolati, risulta essere esterna ad una ipotetica tracimazione.

3. CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

E' stata redatta la carta di fattibilità geologica che pone le zone H5 ed H4 in classe di fattibilità 4, mentre la zona H3 in classe di fattibilità 3* con norma restrittiva dell'art.9, comma 8, delle N.T.A. del PAI, mentre la zona H2 in classe di fattibilità 3.

CLASSE 3 - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Questa classe comprende quelle aree che presentano consistenti limitazioni alla modificazione delle destinazioni d'uso dei terreni. In tale contesto, preventivamente alla progettazione urbanistica devono intervenire supplementi di indagine di carattere geologico-tecnico, campagne geognostiche, prove in situ e/o di laboratorio, volte in particolare a verificare la stabilità dei pendii interessati dagli interventi e alla definizione dei sistemi di controllo e drenaggio delle acque superficiali. Tali dati dovranno essere valutati ai fini di precisare le idonee destinazioni d'uso dei terreni, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e di bonifica. Per gli eventuali edifici già esistenti entro queste aree dovranno essere date indicazioni per la mitigazione degli effetti negativi indotti dalla presenza dell'edificato. E' auspicabile che l'Amministrazione, in funzione dell'eventuale sfruttamento urbanistico di tali porzioni di territorio comunale, metta in essere idonee forme di monitoraggio continuo della dinamica dei fenomeni in atto o indotti a seguito dell'intervento.

CLASSE 3* - FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Di seguito si riporta uno stralcio della normativa di riferimento - Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter - Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001 - 7. Norme di attuazione

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

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

○ *frane:*

- Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),
- Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),
- Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata),
 - - *esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:*

- Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
- Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,
- Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,

○ - *trasporto di massa sui conoidi:*

- Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),
- Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata),

- Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa – pericolosità media o moderata),
 - - *valanghe*:
- Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,
- Vm, aree di pericolosità media o moderata.

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

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

3. Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale;
- gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle alinee successive;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

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

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

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
- l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
- l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

6. Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:

- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico funzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
- il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.

6bis. Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n.225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.

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 valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
 - l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.
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 igienicofunzionale;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.
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.
10. Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.
11. Nelle aree Vm, oltre agli interventi di cui al precedente comma 10, sono consentiti:
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
 - le opere di protezione dalle valanghe.
12. Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

CLASSE IV- FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI:

L'elevato rischio comporta gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso, dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, eccezion fatta per quelle opere che saranno tese al

consolidamento o alla sistemazione idrogeologica dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti interventi così come definiti dall'art.31 lettere a), b) c) della legge 457/1978. Ogni istanza di intervento su questi terreni dovrà essere accompagnata da idoneo studio geologico che attesti la compatibilità degli interventi entro il contesto generale e che verifichi la possibilità di interventi di sistemazione idonei all'eventuale declassazione della zona interessata.

Si precisa inoltre che le indagini geologiche e geotecniche devono essere eseguite secondo i criteri esposti nel D. M. 11.3.88 e D.M.14.01.2008 “ norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

ELENCO TAVOLE ALLEGATE A FINE TESTO

TAVOLA A.1 – BACINO IDROGRAFICO T. CUCCIO- CARTA LITOLOGICA – scala 1: 20.000

TAVOLA A.2 – SEZIONE IDRAULICHE T. CUCCIO – scala 1: 100

TAVOLA A.3– CARTA DELLA PERICOLOSITA' DELLA CONOIDE - – scala 1:2.000

TAVOLA A.4– CARTA DELLA PERICOLOSITA' DELLA CONOIDE – scala 1:5.000

CARTA DEI DISSESTI CON LEGENDA UNIFORMATA PAI - – scala 1:10.000

CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA - – scala 1:10.000

ALLEGATO 2

SITO VALANGHIVO DELLA VALLE GRAMISCIOLA
Relazione Nivologica
Dimensionamento argine deviatore

Dott. Geol. Giovanni Songini

