



Regione Lombardia



**Comune di Corteno Golgi**



Provincia di Brescia

# **STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

STUDIO CONFORME AI CRITERI ATTUATIVI DELLA L.R. 12/05

DI CUI ALLA D.G.R. n.8/1566 del 22/12/2005

# 01

## RELAZIONE

Scala: -----      Data: *novembre 2008*      N° progetto: *0709824*      Redatto da: -----

AGGIORNAMENTI E REVISIONI		Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
	c					
	b					
	a	<b>11/11/2008</b>	<b>Revisione studio in recepimento della Nota della Giunta Regionale Direzione Generale Territorio e Urbanistica del 14 ott 2008 prot. ZI 2008 18711</b>			

Collaborazione professionale:

*Dott. Geol. Luca Maffeo Albertelli*

Progettazione, coordinamento, implementazione dati e grafica:



Uffici: Via Montegrappa, 41 - 25060 Rogno (BG) Tel. e fax 035 4340011

Sede amministrativa: Piazza Mercato, 5 - 25051 Cedegolo (BS)

Tel. e fax 035 4340011- C.F. e P.I.: 02 179 460 981

[www.cogeo.info](http://www.cogeo.info)

[e-mail: cogeo@cogeo.info](mailto:cogeo@cogeo.info)

SOCIETA' CERTIFICATA  
ISO 9001 / UNI EN ISO 9001 - ED.2000



**GEOLOGIA - GEOTECNICA - GEOLOGIA AMBIENTALE INDAGINI GEOTECNICHE E GEOGNOSTICHE**

## INDICE

<b>1.0 ASPETTI GENERALI</b> .....	2
1.1 PREMESSA .....	2
1.2 RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA.....	3
<b>2.0 FASE DI ANALISI</b> .....	4
2.1 INQUADRAMENTO E STATO DEI LUOGHI.....	4
2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	5
2.3 PARAMETRI GEOTECNICI.....	8
2.4 ELEMENTI GEOMECCANICI.....	11
2.5 ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA.....	12
2.6 ELEMENTI METEO-CLIMATICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI.....	14
2.6.1 Inquadramento meteo-climatico .....	14
2.6.2 Inquadramento generale del sistema idrografico - idrogeologico.....	16
2.7 DESCRIZIONE DEI DISSESTI.....	17
2.8 BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI .....	20
2.8.1 Calcolo delle portate .....	23
METODO RAZIONALE.....	23
METODO RAZIONALE (Modificato da Bacchi, Ranzi, Rossini e Armanelli Università di Brescia) .....	24
METODO DEL CURVE NUMBER (U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE) .....	25
2.9 AGGIORNAMENTO SISMICO .....	26
2.9.1 Analisi di I° livello .....	28
<b>3.0 FASE DI SINTESI</b> .....	29
3.1 CARTA DI SINTESI .....	29
3.2 CARTA DEI VINCOLI .....	29
3.3 CARTA DI FATTIBILITA' .....	30
Classe 1 Fattibilità senza particolari limitazioni .....	30
Classe 2 Fattibilità con modeste limitazioni.....	30
Classe 3 Fattibilità con consistenti limitazioni.....	30
Classe 4 Fattibilità con gravi limitazioni .....	31

## **1.0 ASPETTI GENERALI**

### **1.1 PREMESSA**

Il presente documento, redatto su incarico del Comune di Corteno Golgi(Bs), costituisce, la componente geologica idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio (L.R. 12/05) relativo al territorio comunale.

Lo studio si compone di 3 tavole descrittive e 20 tavole cartografiche delle quali si fornisce l'elenco:

- 01 Relazione generale
- 01.1 Schede di calcolo dei conoidi
- 02 Carta Geolitologica
- 03 Carta geomorfologica
- 04 Carta idrogeologica
- 04.1 Carta dei Bacini
- 05.1 Carta PAI -Corteno Golgi Nord-
- 05.2 Carta PAI -Corteno Golgi Sud-
- 06.1 Carta dei Vincoli -Corteno Golgi Nord-
- 06.2 Carta dei Vincoli -Corteno Golgi Sud-
- 07.1 Carta di Sintesi -Corteno Golgi Nord-
- 07.2 Carta di Sintesi -Corteno Golgi Sud-
- 07A Carta di Sintesi -Corteno Golgi Est-
- 07B Carta di Sintesi -Corteno Golgi Centro-
- 07C Carta di Sintesi -Corteno Golgi Ovest-
- 08.1 Carta della Pericolosità Sismica Locale-Corteno Golgi Nord-
- 08.2 Carta della Pericolosità Sismica Locale-Corteno Golgi Sud-
- 09.1 Carta di Fattibilità -Corteno Golgi Nord-
- 09.2 Carta di Fattibilità -Corteno Golgi Sud-
- 09A Carta di Fattibilità -Corteno Golgi Est-
- 09B Carta di Fattibilità -Corteno Golgi Centro-
- 09C Carta di Fattibilità -Corteno Golgi Ovest-
- 10 Norme Geologiche di Piano

## 1.2 RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA

La raccolta dei dati di letteratura, storici e bibliografici relativi al territorio esaminato è avvenuta attraverso le seguenti fasi di lavoro:

- consultazione degli studi eseguiti nel territorio (depositati presso l'archivio comunale), con particolare riferimento allo Studio Geologico sulla Conoide San Pietro redatto dalla società GeoTec;
- esame delle Carte Inventario dei dissesti realizzate dal Servizio Geologico della Regione Lombardia (2002);
- esame della Carta di localizzazione probabile delle Valanghe dei comuni di Edolo, Corteno Golgi, Sonico, Malonno, Berzo Demo, Cevo, Saviore dell'Adamello (1991);
- SIBCA - Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua della Regione Lombardia
- S.I.T. - Sistema Informativo Territoriale della Regione Lombardia

E' stata inoltre consultata la cartografia geologico geomorfologica seguente:

- Foglio 1:50.000 IGM 057 - "Malonno" - della Carta Geologica derivata dalla banca dati alla scala 1:10.000 Progetto CARG

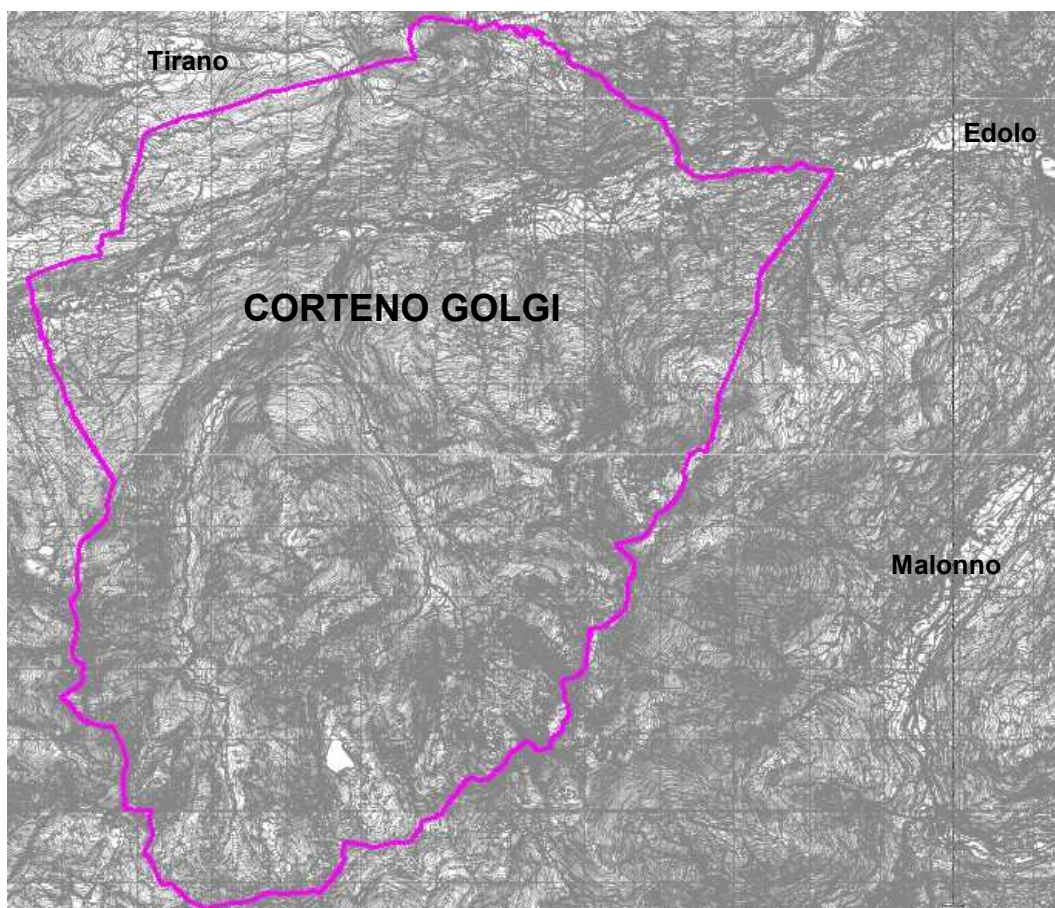
Per il lavoro di rilevamento sono state utilizzate le Sezioni della CTR D3b1, D3b2, D3b3, D3b4, D3c1, D3c2, D3c3, alla scala 1:10.000, mentre per la cartografia di dettaglio è stata utilizzata la base topografica alla scala 1:2.000 del rilievo aereofotogrammetrico del BIM.

## **2.0 FASE DI ANALISI**

### **2.1 INQUADRAMENTO E STATO DEI LUOGHI**

Il Comune di Corteno Golgi è localizzato in alta Valle Camonica e si sviluppa per circa 60 Km<sup>2</sup> principalmente in sponda destra idrografica del Torrente Ogliolo; è delimitato nella sua porzione occidentale dal territorio della Provincia di Sondrio mentre ad oriente i limiti comunali sono costituiti, da nord a sud , dal Comune di Edolo, Malonno e Paisco Loveno.

Per il rilevamento di terreno e le analisi geologiche si è fatto riferimento alla cartografia sopra richiamata e, per la parte relativa all'abitato lungo il torrente Ogliolo , al volo aerofotogrammetrico comunale alla scala 1:2.000.



**Fig. 1** Localizzazione territorio del comune di Corteno Golgi

## 2.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La maggior parte del territorio è interessata dal basamento cristallino sudalpino, rappresentato dalla formazione degli Scisti di Edolo, caratterizzata dalla presenza di micascisti muscovitici spesso a due miche con granati e micascisti quarziticci passanti a filladi. Caratteristica è la presenza di lenti quarzose localizzate entro micropiegamenti e pieghe a scala metrica.

Le rocce principali che si rinvencono sul territorio sono:

### ▪ **Metagranitoidi**

Gneiss granitoidi con tessitura da finemente foliata fino a milonitica, progressivamente più deformati verso il contatto con i micascisti, sono sia intercalati singolarmente nei micascisti, che interposti tra i micascisti e i metagranitoidi a relitti.

Sono caratterizzati mineralogicamente da clorite e mica bianca, mentre mancano gli occhi feldspatici.

Il contatto con i micascisti suggerisce un gradiente di deformazione sovrainposto a un originale contatto intrusivo, ora obliterato da intensissima laminazione (campi di filoni, trasformati molto intensamente dalla deformazione?); il contatto con i metagranitoidi a relitti è soprattutto una differenza di tipo composizionale, e riguarda la mancanza della biotite e l'abbondanza di carbonati e opachi.

La diversità di impronta deformativa pare essere di importanza secondaria.

### ▪ **Micascisti a biotite, granato, cloritoide e/o staurolite**

I micascisti sono le rocce più abbondanti del basamento cristallino delle Alpi Meridionali.

Si tratta di micascisti grigio-plumbei o grigio-verdastri, generalmente con una foliazione differenziata e marcata da sottili letti di mica chiara e clorite, che si alternano a domini ricchi in quarzo e feldspati.

Nei micascisti sono conservati, in livelli localizzati, biotite, granato e più raramente cloritoide, visibili alla scala mesoscopica, e staurolite visibile al microscopio (pressi di P.so Cavalcafciche in Valle di Campovecchio; pressi di Foppo Alto in valle di Belviso).

Nel settore a Sud della Linea del Sellero, sul versante idrografico sinistro della Val Camonica è conservata andalusite. Sono inoltre presenti plagioclasio, rutilo, ± opachi, ± apatite, ± epidoto, tormalina.

Biotite e granato mostrano vari gradi di cloritizzazione che ne oblitera parzialmente i caratteri distintivi primari.

Porfiroblasti millimetrici di albite si sviluppano in bande parallele alla foliazione regionale, soprattutto quando questa diventa milonitica, più finemente spaziata e con riduzione generale della grana della roccia.

All'interno dei micascisti si riconoscono talora sottili livelli di paragneiss cloritici (circo Nord del M. Palone).

I micascisti contengono intercalazioni gneissiche e filladiche, livelli di quarziti, rari e sottili marmi e anfiboliti, distinti solo dove cartografabili; l'associazione è irregolare in abbondanza relativa e dominanza locale.

Micascisti e quarziti sono la coppia più frequentemente intercalata.

Lo spessore dei micascisti, tenuto conto della complessità delle ripetizioni plicative, non è ragionevolmente prevedibile.

#### ▪ **Quarziti**

Quarziti e quarzomicascisti in livelli sino a ettometrici, grigio-rosa sulle superfici alterate, sono intercalati nei micascisti.

I tipi poveri di fillosilicati (clorite e mica chiara) sono massicci; le variazioni di composizione mineralogica sono ampie e gradualmente; talora conservano relitti di granato.

L'associazione di queste rocce ai micascisti ne fa un multistrato dotato di lunga memoria strutturale capace di guidare la ricostruzione della struttura del basamento

#### ▪ **Micascisti a granato, biotite e clorite**

Scisti scuri a grana fine, cloritici (filloniti), localmente con biotite, mica bianca, plagioclasio e granato visibili; formano una fascia allungata ENE-OSO che si estende tra Edolo e Aprica. Sono intimamente associati a livelli da decimetrici a decametrici di quarziti e quarzo micascisti

A ricoprire il substrato roccioso sono presenti i depositi superficiali così distinti:

- **Detrito di versante:** ghiaie massive, da fini e grossolane, e diamicton massivi a clasti spigolosi di provenienza strettamente locale, a supporto clastico, con matrice da poco abbondante o scarsa ad assente;
- **Depositi di frana:** ghiaie massive da fini a grossolane, e diamicton massivi, a supporto clastico o di matrice sabbiosa o limoso-sabbiosa, da assente a molto abbondante, localmente limoso-argillosa quando interessano depositi precedenti (per lo più di origine glaciale), clasti spigolosi di origine strettamente locale, provenienti dalle pareti sovrastanti, o da arrotondati a subangolosi, di provenienza esotica, se prodotti da mobilizzazione di depositi glaciali preesistenti; talora presenti blocchi da metrici a plurimetrici, con assenza di matrice.

Sono il risultato di frane di crollo o scivolamenti rotazionali se interessano il substrato lapideo e frane per scivolamento e colamento se interessano la copertura quaternaria (generalmente depositi glaciali più antichi), talvolta associati a fenomeni di debris- e mud flow;

- **Depositi di conoide di frana:** si tratta di depositi di origine complessa, costituiti da successioni di corpi di frana allo sbocco di valli, vallecicole, canaloni.

Sono costituiti da diamicton massivi, a supporto di matrice limoso-sabbiosa o limoso-argillosa, clasti da spigolosi ad arrotondati.

Coinvolgono generalmente i materiali della copertura quaternaria, più facilmente mobilizzabili, in particolare depositi glaciali più antichi. Spesso i conoidi di frana sono interessati da fenomeni, successivi e parassiti, di debris- o mud flow o da piccole frane per colata secondarie, che, pur non costruendo direttamente il corpo del conoide, ne caratterizzano comunque la morfologia;

- **Depositi alluvionali:** presentano notevoli differenze in funzione della localizzazione e delle caratteristiche di regime e di portata dei corsi d'acqua.



Nei corsi d'acqua minori, a carattere torrentizio, sono di entità ridotta, e sono per lo più limitati a rimaneggiamento e dilavamento della frazione fine di preesistenti depositi glaciali o fluvioglaciali presenti nell'alveo dei torrenti; formano spesso piccole piane nei tratti a minore inclinazione, impostate su preesistenti piane fluvioglaciali: ghiaie anche ben selezionate, da fini a grossolane, a supporto clastico, matrice sabbiosa da assente ad abbondante, clasti da subangolosi ad arrotondati, massive o grossolanamente stratificate, più raramente sabbie ben lavate. Il grado di arrotondamento dei clasti è molto elevato se i depositi derivano dal rimaneggiamento di materiale di origine glaciale preesistente.

- **Depositi glaciali:** costituiti perlopiù da materiali fluvioglaciali e morenici rimaneggiati. I primi si distinguono per la presenza di una pseudo-stratificazione e per la posizione morfologica (in corrispondenza dei tratti di versante a debole pendenza quali i terrazzamenti morfologici). Litologicamente sono costituiti da ghiaie e sabbie limose con ciottoli e clasti. I materiali morenici rimaneggiati sono caratterizzati dalla presenza di accumuli caotici di clasti, blocchi in matrice, quantitativamente variabile sabbioso - limosa. Si tratta di materiali rimaneggiati dall'azione gravitativa, in quanto frammisti a materiali detritici ed eluviali. Alcuni spaccati sono visibili in corrispondenza di nicchie di distacco di frane inattive (dove possono anche manifestarsi fenomeni di emergenza idrica con relativa saturazione dei depositi caratterizzati da presenza di matrice fine scarsamente permeabile).

## 2.3 PARAMETRI GEOTECNICI

In riferimento ai depositi superficiali individuati, si forniscono descrizioni speditive ed alcuni parametri indicativi relativi alle caratteristiche tecniche dei terreni. Tali parametri, presentati come range di variazione, sono stati ricavati da dati bibliografici o da dati ricavati da indagini geognostiche eseguite in terreni di analoga genesi localizzati in territori comunali limitrofi. La descrizione speditiva relativa alle granulometrie tipiche dei depositi fanno riferimento alla classificazione ASTM (1975) dove:

B = blocchi massi e ciottoli in matrice scarsa o assente

GW - SW = ghiaie e sabbie con frazione fine scarsa o assente

GM - SM = ghiaie e sabbie con frazione fine

GP - SP = ghiaia e sabbia con poco fine

ML = limo inorganico e sabbia fine

Lo stato di addensamento è definito in base alle seguenti classi (Terzaghi e Peck 1948, Skempton 1986):

0% - 15 %: molto sciolto

15% - 35 %: sciolto

35% - 65%: mediamente addensato

65% - 85%: addensato

Relativamente alla permeabilità dei depositi (permeabilità per porosità primaria) e delle rocce (permeabilità per fratturazione/secondaria) sono state distinte le seguenti classi (da Castany):

- permeabilità ridotta <  $10^{-6}$  m /s
- permeabilità medio ridotta da  $10^{-6}$  a  $10^{-4}$  m /s
- permeabilità media da  $10^{-3}$  a  $10^{-4}$  m /s
- permeabilità medio alta da  $10^{-3}$  a  $10^{-2}$  m /s
- permeabilità alta >  $10^{-2}$  m /s

Si sottolinea come i valori siano solo indicativi e non devono essere considerati come sostitutivi di prove eseguite ad hoc.

### **Depositi detritici**

La genesi di questi depositi è legata al disfacimento del substrato roccioso ed in tal senso le caratteristiche di resistenza di tali terreni dipendono dalla roccia madre. Nel territorio esaminato i depositi detritici possiedono matrice fine in quantità estremamente variabile e in prevalenza localizzata nei depositi più antichi. Depositi recenti che fasciano le basi delle pareti rocciose, falde detritiche, sono perlopiù caratterizzate da terreni a granulometria grossolana (B, GP, SP), costituiti da ciottoli e blocchi immersi in matrice sabbiosa (SM). Le falde attive di recente formazione sono maggiormente instabili in quanto caratterizzate da scarsa matrice e relativo scarso assortimento granulometrico. La coesione di tali depositi è quindi nulla, mentre sono caratterizzati di alti valori dell'angolo d'attrito.

Angolo d'attrito  $\varphi = 34^\circ - 38^\circ$

Coesione = 0

Peso di volume = 1.9 - 2.0 g/cm<sup>3</sup>

Permeabilità = medio - elevata

Per i depositi di origine mista detritico - glaciale possono essere adottati valori intermedi dei range di variazione indicati.

#### **Depositi alluvionali:**

Per tali terreni valgono indicativamente i seguenti parametri:

Angolo d'attrito  $\varphi = 36^\circ - 40^\circ$

Coesione = 0

Peso di volume = 1.85 - 1.95 g/cmc

Stato di addensamento = da mediamente addensato ad addensato

Permeabilità = elevata

L'orizzonte più fine è caratterizzato da proprietà tecniche mediocri, dipendenti comunque dalle specifiche caratteristiche granulometriche e dallo stato di addensamento dei depositi. Possono essere assunti pertanto i seguenti parametri indicativi:

Angolo d'attrito  $\varphi = 30^\circ - 34^\circ$

Coesione = 0

Peso di volume = 1.75 - 1.85 g/cmc

Stato di addensamento = da poco addensato a mediamente

Permeabilità = bassa

#### **Depositi glaciali:**

Per i terreni glaciali possono essere assunti a livello generale i seguenti valori indicativi (il range di variazione esprime la stessa variabilità composizionale tipica dei depositi in esame):

Angolo d'attrito  $\varphi = 30^\circ - 36^\circ$

Coesione = 0 - 1 kg/cmq

Peso di volume = 1.8 - 1.95 g/cmc

Stato di addensamento = da mediamente addensato ad addensato (in funzione delle condizioni idrogeologiche locali)

Permeabilità = medio - bassa

Nei depositi glaciali di fondo, ovvero quelli localizzati a diretto contatto con il substrato roccioso, può essere individuata una grossolana stratificazione metrica distinta in base a variazioni cromatiche e granulometriche. Le tonalità della matrice passano dal grigio scuro al grigio chiaro. Generalmente depositi caratterizzati da colori più scuri presentano un maggior quantitativo di frazione fine limoso argillosa, cui corrisponde una più bassa permeabilità.

I depositi possono essere caratterizzati da fenomeni di ristagno idrico, soprattutto in concomitanza della presenza di terreni fini limoso - sabbiosi e in tal caso la coesione si annulla per saturazione dei depositi stessi. L'influenza della saturazione agisce anche

sull'angolo d'attrito che può raggiungere in questi casi anche valori prossimi a 30°.

In termini applicativi tali terreni possiedono discrete caratteristiche di capacità portante in relazione alle opere di fondazione, mentre in presenza di scavi o di problematiche legate alla stabilità dei versanti, gli stessi hanno un comportamento dipendente da alcune condizioni al contorno quali l'acclività degli scavi e delle scarpate, la presenza di ruscellamenti diffusi, lo stato di erosione superficiale e la presenza di acqua d'infiltrazione e di scorrimento sottosuperficiale.

## 2.4 ELEMENTI GEOMECCANICI

In base alla principale formazione individuata ed affiorante nell'area oggetto dell'azzonamento (Scisti di Edolo), sono indicate nel presente paragrafo, analogamente a quanto fatto per i depositi superficiali, alcune caratteristiche geomeccaniche delle formazioni rocciose (intese come parametri caratteristici del materiale roccia) presenti nel territorio esaminato.

Si definisce ammasso roccioso l'insieme del materiale roccia e delle discontinuità o fratture. Con il primo termine ci si riferisce al materiale considerato integro e costituito da particelle discrete, granuli o cristalli, legati tra loro da forze coesive permanenti. Per discontinuità si intende invece una superficie strutturale di debolezza che può coincidere con la stratificazione o con la scistosità o laminazione.

Il comportamento geomeccanico dell'ammasso risulta quindi determinato dalle caratteristiche fisiche e meccaniche del materiale roccia e dalle caratteristiche fisiche e geometriche delle discontinuità.

Le formazioni rocciose affioranti nel territorio comunale presentano in generale un grado di fratturazione medio elevato, per la presenza di alcune fratturazioni legate alla storia tettonica e deformativa dell'area (intrusione dell'Adamello e prima ancora metamorfismo legato all'orogenesi della catena Alpina), che ha apportato oltre alla forte fratturazione, anche un ulteriore indebolimento dell'ammasso a seguito dei processi metamorfici di contatto (soprattutto nelle aree localizzate in prossimità dei laghi glaciali).

Di seguito vengono descritte in sintesi le caratteristiche dei micascisti osservati direttamente sul terreno, specialmente perché questi si possono trovare in prossimità di strade o zone di civile abitazione. I valori dell'intercetta della discontinuità sono, in tutti gli affioramenti rilevati, prossimi ad un valore (sia verticale che orizzontale) di 60 cm.

Sono stati inoltre forniti alcuni valori indicativi per quanto riguarda la resistenza alla compressione monoassiale dei materiali presi in esame.

#### **Ammassi rocciosi con intercetta $\leq 60$ cm**

Rientrano in questa categoria tutte le pareti costituite da micascisti affioranti lungo le pareti che si trovano a monte dei centri abitati e lungo le strade di principale comunicazione (strada del Tonale e dell'Aprica).

Si tratta di una fratturazione localmente più intensa e a tratti spaziata.

Per i micascisti rilevati nel territorio relativo alla parte di azzonamento si possono assumere valori di resistenza alla compressione monoassiale (intesa sempre per il materiale roccia) compresi tra i 50 e gli 80 MPa, valori di angolo d'attrito compresi tra 30° - 36°, coesione 30 KN/mq e Modulo Elastico 1500 - 2000 MPa.

*Questi valori sono comunque solo indicativi, occorrerà valutare in sede di singolo progetto, il valore migliore e più cautelativo da adottare per eventuali analisi di stabilità.*

## **2.5 ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA**

Il riconoscimento delle forme del territorio, dei depositi che le costituiscono e dei processi che le hanno generate, risulta di primaria importanza nella previsione dell'evoluzione che le forme del territorio subiranno nel tempo, evoluzioni che possono richiedere milioni di anni, come lo smantellamento di una catena montuosa, o richiedere tempi brevissimi, come gli eventi franosi in genere.

In un contesto di analisi del territorio queste forme devono essere cartografate, indicandone anche lo stato di attività, per poter fare ipotesi su come si trasformerà il territorio nel tempo e a quali rischi è connessa questa trasformazione.

I principali agenti del modellamento vanno individuati in tettonica, forza di gravità, acqua, neve e ghiaccio, che agiscono in concomitanza sul territorio in esame.

Per quanto riguarda la **tettonica** (intesa in senso "statico") evidenti risultano i vari lineamenti di debolezza strutturale, che dislocano gli ammassi rocciosi, fratturandoli ed accelerandone il fenomeno della naturale degradazione. In termini di "neotettonica" o "tettonica attiva" in senso lato si ricorda come tutta la catena Alpina sia ancora in sollevamento e come questo movimento si possa esplicitare

proprio grazie all'attività disgiuntiva delle faglie e dei movimenti differenziali tra i vari settori della catena.

Un esempio dell'influenza che la tettonica (in senso statico) esercita sulla morfologia, è rappresentato dall'idrografia dell'area: i torrenti che solcano alcune vallecole devono il loro assetto geometrico - spaziale alla presenza di trend di fratturazione connessi alla presenza del lineamento insubrico.

A testimonianza del **modellamento gravitativo**, oltre alle frane superficiali e profonde individuate, vi sono i versanti della parte meridionale del territorio ricoperti da detriti provenienti dal disfacimento delle pareti sovrastanti.

Generalmente tali depositi sono costituiti da blocchi spigolosi, ghiaia e ciottoli con subordinata matrice sabbiosa, che aumenta in percentuale più il deposito è stabilizzato e colonizzato dalla vegetazione. Nel caso di falde detritiche ancora attive e scarsamente colonizzate dalla vegetazione, si possono osservare massi anche di qualche metro di lato.

Anche l'attività legata allo scorrimento delle **acque superficiali** risulta intensa nel territorio unita all'azione della gravità, con la formazione di conoidi alluvionali alla base dei versanti, soprattutto in relazione agli apporti del versante destro della valle dell'Ogliolo.

Aree con fenomeni di **erosione accelerata** sono localizzate anche lungo tutti gli alvei torrentizi e in particolare lungo i canali di valanga (localizzati per la maggior parte nel settore meridionale del territorio), le vallecole e i solchi di ruscellamento concentrato che interessano soprattutto i depositi glaciali rimaneggiati localizzate diffusamente lungo tutti i versanti a quote medio-elevate

L'impronta **glaciale**, infine è sicuramente quella che più ha condizionato il territorio a sinistra idrografica del torrente Ogliolo dove l'assetto morfologico risulta legato soprattutto all'azione delle lingue di ghiaccio che discendevano verso il passo dell'Aprica dal Monte Palabione e che confluivano ad Ovest verso il ghiacciaio dell'Adda e a Est con il ghiacciaio dell'Oglio.

A testimonianza delle diverse fasi di avanzamento del ghiacciaio sono diffusi gradini in roccia ( che si manifestano come brusche rotture di pendenza ) e orli di terrazzamenti che devono la loro genesi all'azione concomitante del passaggio glaciale e all'impronta tettonica.

## 2.6 ELEMENTI METEO-CLIMATICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

### 2.6.1 Inquadramento meteo-climatico

Gli elementi meteo-climatici che interferiscono con il territorio rappresentano un elemento di pericolosità nei confronti della probabilità del verificarsi di un evento di dissesto, sia esso di esondazione o franoso.

In termini più generali le condizioni meteorologiche costituiscono un background per gli eventi di dissesto verificatisi in passato e come tali sono in grado di esaltare o mitigare gli effetti di tali eventi: da ciò l'importanza di definire in termini quantitativi le condizioni meteorologiche e climatiche dell'area in studio. La conoscenza di tali dati in tempo reale, nonché la raccolta storica degli stessi permette quindi la previsione di eventi eccezionali anche con tempi di ritorno molto lunghi.

Se consideriamo l'aspetto fisico e l'ambito geografico, emergono alcuni elementi fondamentali ai fini della caratterizzazione climatica del territorio quali la variazione di altitudine con conseguente forte escursione termica in breve raggio di spazio.

Globalmente, prescindendo dalle variazioni locali influenzate dai fattori sopra descritti (orientamento degli assi vallivi), il clima dell'area è di tipo continentale alpino, con forti escursioni termiche diurne e piogge abbondanti concentrate nel periodo estivo - autunnale.

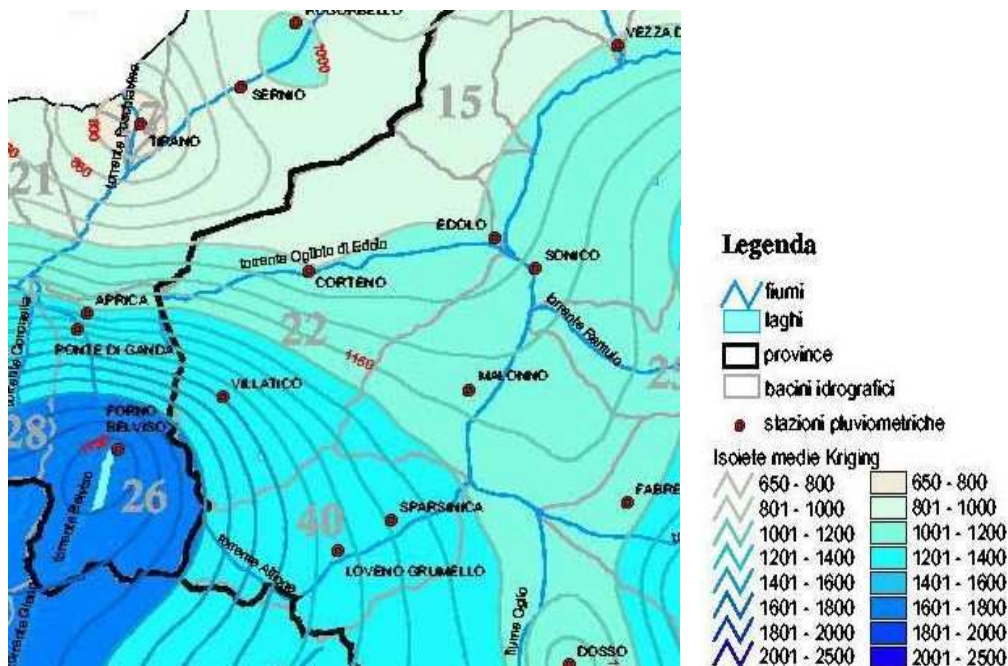
Si registrano inoltre:

- radiazione solare intensa, in funzione dell'esposizione;
- temperature invernali decrescenti dalle quote meno elevate alle pendici;
- temperature estive poco elevate;
- distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno caratterizzate da un minimo invernale ed un massimo estivo - autunnale, con valori abbondanti nella fascia altimetrica dai 500 ai 2000 metri (la maggior parte della superficie areale del territorio esaminato);
- venti di incanalamento lungo la Valle dell'Ogliolo e le valli minori.

In realtà il clima dell'area varia in modo sostanziale nel giro di poche centinaia di metri, sia in funzione del variare dell'altitudine, sia per effetto dell'esposizione, fattore predominante tenuto conto dell'assetto orografico.

Per quanto riguarda la tipologia di precipitazioni, soprattutto a carattere temporalesco, esse sono caratterizzate da:

- insolita violenza, durata limitata (1 - 3 ore);
- ridotta estensione spaziale;
- precipitazioni intense anche a carattere di rovescio, spesso associate a grandine, raffiche di vento e turbinii, brusche variazioni di temperatura e pressione;
- attività elettrica atmosferica più o meno intensa.



**Fig. 2** Carta delle precipitazioni medie annue

Per quanto riguarda i venti non è stato possibile accedere a dati storici pluriennali, ma è comunque chiaro che un'impronta rilevante al quadro anemologico generale dell'area è fornito dalle brezze di monte. Inoltre devono essere rammentati i venti moderati o forti associati agli episodi di Föhn, che secondo le statistiche relative agli anni 1991 - 1997, si presentano in media 15 - 20 giorni l'anno. Ai fenomeni di Föhn, si associano alcuni effetti caratteristici: elevata probabilità di incendi boschivi, manifestazioni di tipo valanghivo e slavine, precoce scioglimento delle nevi con aumento delle portate dei corsi d'acqua e alimentazione delle sorgenti e delle emergenze idriche.

Le piogge hanno durata limitata (1 - 3 ore e sono soprattutto a carattere temporalesco).



## 2.6.2 Inquadramento generale del sistema idrografico - idrogeologico

Il sistema idrografico può essere diviso in due settori principali: la zona a nord del Torrente Ogliolo (sinistra idrografica) e la zona che si sviluppa a sud dell'Ogliolo (destra idrografica) e che comprende la parte più ampia del territorio comunale di Corteno Golgi.

I versanti in sinistra idrografica presentano un'acclività piuttosto marcata e sono caratterizzati da aste torrentizie con scorrimento prevalentemente in roccia e sviluppo da poche centinaia di metri a poco più di un chilometro; il territorio comunale in destra idrografica è caratterizzato da un maggior numero di corsi d'acqua con sviluppo anche di qualche chilometro e un notevole bacino idrografico.

In generale il reticolo idrico minore del Comune di Corteno Golgi è costituito da aste di maggior importanza subparallele a direzione nord-sud e aste tributarie di sviluppo minore (da poche centinaia di metri a poco più di un chilometro) in numero significativo alle quote più elevate del territorio esaminato.

Le forme di scorrimento idrico localizzate alle quote maggiori presentano attività perlopiù stagionali, mentre quelle localizzate in prossimità degli abitati di Corteno Golgi, Ronco, Galleno, S.Pietro e lungo la strada che conduce dall'abitato di Corteno Golgi alla località Santicolo, sono caratterizzati da deflussi a portata variabile ma continui.

In tavola 04.1 sono stati distinti i bacini idrografici sottesi alle aste torrentizie più significative.

## 2.7 DESCRIZIONE DEI DISSESTI

I dissesti rilevati nell'area indagata possono essere distinti in alcune tipologie fondamentali, descritte in ordine di pericolosità e rischio e individuate nella cartografia di sintesi (cfr. tavola 07.1; 07.2 e su volo aerofotogrammetrico tav. 07A; 07B; 07C):

- fenomeni di esondazione del Torrente Ogliolo (individuati su base morfologica e storica);
- fenomeni di esondazione su conoide;
- fenomeni di crollo di blocchi dalle pareti rocciose;
- fenomeni franosi;
- fenomeni di cattiva regimazione delle acque superficiali;
- fenomeni valanghivi.

### **Fenomeni di esondazione del Torrente Ogliolo**

Relativamente al Torrente Ogliolo, esso ha origine in prossimità del Passo dell'Aprica, si sviluppa lungo tutto l'abitato di Corteno Golgi e il bacino sotteso è dell'ordine dei 100 kmq.

Le aree ubicate lungo il corso del Torrente Ogliolo potenzialmente interessate dai fenomeni di esondazione, caratterizzate da portate liquido fangose, sono riportate nella carta di sintesi (cfr. tavola 07.1 e tavole 07A; 07B; 07C; 07D).

Dall'esame morfologico delle aree, risultano possibili fenomeni di tracimazione nella zona del Camping, nella zona Le Fucine e nella zona di Pisogneto.

### **Fenomeni di esondazione su conoide**

Interessano principalmente la zona meridionale (destra idrografica del torrente Ogliolo), caratterizzata da un fitta rete idrografica lungo la quale sono facilmente riconoscibili una serie di fenomeni di dissesto attivi.

La forte incisione degli alvei, favorita dalle scadenti proprietà meccaniche di rocce e terreni, la rettilineità degli stessi e la pendenza associato alla stessa presenza di terreni facilmente erodibili e di rocce localmente fratturate che danno luogo a crolli, rende possibili fenomeni di trasporto solido, che perlopiù rimangono contenuti in alveo sino agli apparati di deiezione che si localizzano al passaggio tra i versanti e la piana alluvionale urbanizzata.

Al fine di valutare la portata di massima piena dei principali bacini che interessano il territorio di Corteno Golgi, si è provveduto ad effettuare una valutazione sulla base delle metodologie disponibili in

letteratura come spiegato in dettaglio nel paragrafo successivo (cfr. Allegati e Tavola 4.1)

### **Fenomeni di crollo di blocchi dalle pareti rocciose**

Interessano principalmente la zona settentrionale (sinistra idrografica del torrente Ogliolo) dove si ha la presenza di terrazzi morfologici impostati in roccia con scarpate ripide lungo le quali il substrato si presenta mediamente fratturato, con blocchi rocciosi svincolati dall'ammasso roccioso.

I fenomeni di crollo generano tuttavia condizioni di pericolosità nel territorio comunale soprattutto lungo le vie di comunicazione principali quali la Strada Statale del Tonale e dell'Aprica, diffusamente interessate sia da opere di difesa attiva (barriere paramassi) sia passiva (reti addossate, chiodature e ancoraggi).

La presenza di acqua, inoltre agisce negativamente a favore della stabilità dei cunei potenzialmente in distacco, sia a causa dell'alterazione che ha luogo lungo le superfici interessate, con conseguente perdita delle caratteristiche di resistenza al taglio degli stessi giunti, sia perché, date le caratteristiche climatiche dell'area, favorisce i fenomeni di crioclastismo e l'apertura dei giunti di fratturazione.

### **Fenomeni franosi**

I fenomeni franosi che interessano il territorio comunale appartengono a molteplici tipologie di frana. L'area esaminata è infatti caratterizzata da fenomeni di frana in roccia, perlopiù crolli di singoli blocchi rocciosi, esaminati nel paragrafo precedente, fenomeni franosi profondi in roccia (localizzati perlopiù nel settore meridionale del territorio), fenomeni di scivolamento - colata che interessano i depositi glaciali (diffusi soprattutto all'interno dei solchi vallivi in quanto spesso legati a fenomeni erosivi al piede del versante) ed infine fenomeni franosi superficiali. Proprio questi ultimi rivestono nel territorio in esame particolare importanza in quanto, nonostante siano caratterizzati da modesti volumi in frana, sono tuttavia localizzati in aree prossime a quelle edificate e antropizzate.

Nel territorio comunale sono state osservate alcune aree definite nella carta di sintesi come "aree a franosità diffusa" e nella carta dei vincoli individuabili dalla fitta presenza di frane non fedelmente cartografabili con il corrispondente stato di attività.

### **Fenomeni di erosione incanalata e trasporto solido legati allo scorrimento delle acque superficiali**

Tali fenomeni sono in particolar modo diffusi lungo le incisioni torrentizie a quote superiori ai mille metri. L'assenza di vegetazione e quindi la predisposizione all'erosione dei terreni, l'abbondanza delle acque di ruscellamento diffuse, in particolare nei periodi estivi e autunnali e favorite nei mesi primaverili dallo scioglimento delle nevi, fa sì che si verifichino le condizioni ideali per l'innesco di tutti quei processi che interessano quelle aree definite "ad alta energia del rilievo" e i "solchi di ruscellamento concentrato in approfondimento".

Nelle aree ad alta energia del rilievo i canali nei periodi primaverili convogliano anche le nevi in scioglimento dalle porzioni più alte del versante.

Tali fenomeni rivestono particolare importanza quando si accompagnano a pendenze elevate, presenza di incisioni vallive e alla presenza di terreni con caratteristiche tecniche medio scadenti (come ad esempio i depositi detritico colluviali).

In questi casi l'attività erosiva intensa fa sì che l'acqua possa infiltrarsi nei terreni ai quali viene a mancare un adeguato manto vegetativo che ne impedisca l'infiltrazione. La stessa infiltrazione che si compone di fenomeni di filtrazione, con spinta sui terreni e di dilavamento delle porzioni più fini dei depositi (dotate di coesione) mobilizza i terreni che, in caso di saturazione, assumono caratteristiche reologiche del tutto simili a quelle dei liquidi viscosi (fanghi), scivolando e colando con velocità generalmente elevate e percorrendo distanze anche dell'ordine delle centinaia di metri in assenza di ostacoli che ne impediscano l'arresto e l'accumulo.

### **Fenomeni di cattiva regimazione delle acque superficiali**

L'area che maggiormente risulta interessata da fenomeni di emergenza idrica, con bassa soggiacenza della falda e scadenti caratteristiche meccaniche-geotecniche è individuabile in zona a sud-est dell'abitato di San Pietro

Tali fenomeni necessiterebbero della realizzazione di opere di canalizzazione superficiale e di drenaggio sub superficiale, al fine di "alleggerire" le masse di terreno dotate di bassa permeabilità e limitare i fenomeni di sottospinta idraulica che ne compromettano la stabilità.

## **Fenomeni valanghivi**

Nell'area esaminata i fenomeni valanghivi sono localizzati prevalentemente nella zona meridionale del territorio comunale.

I fenomeni valanghivi si concentrano lungo gli stessi impluvi caratterizzati dai fenomeni di trasporto solido e di ruscellamento concentrato con approfondimento del solco di erosione via via più intensi al susseguirsi dei fenomeni stagionali.

Il trasporto verso valle delle masse nevose avviene in concomitanza con i periodi di disgelo ed è favorito dalle pendenze notevoli e dalla presenza di canali con andamento rettilineo (che si impostano peraltro anche su linee di fratturazione tettonica). Durante la discesa tali masse nevose tendono a caricarsi anche di materiale incoerente (dalle falde detritiche che attraversano), trasportandolo verso valle e talora facendolo confluire negli alvei torrentizi

L'arresto dei fenomeni valanghivi che avviene perlopiù a quote superiori rispetto al fondo degli alvei, più raramente in corrispondenza del raggiungimento dell'alveo torrentizio.

Ogni singolo fenomeno individuato nel territorio comunale è rilevabile dall'esame delle cartografie di sintesi su volo aerofotogrammetrico alla scala 1:2000; dalle cartografie di sintesi alla scala 1:10.000, oltre che dalla carta geomorfologica redatta alla scala 1:25.000.

## **2.8 BACINI IDROGRAFICI PRINCIPALI**

I bacini idrografici presi in esame sono, da ovest a est:

- Bacino del Torrente Ogliolo
- Bacino del torrente S. Antonio
- Bacino del torrente Valle de Rocazzana
- Bacino del torrente Val Dovala
- Bacino del torrente Val Moranda
- Bacino del torrente Vecla
- Bacino del torrente Valle del Romellero

### Tratto superiore del torrente Ogliolo

Il torrente Ogliolo raggiunge la zona del passo dell'Aprica e defluisce poi verso Est, seguendo la direzione dell'asse vallivo principale.

Il bacino è impostato su un corpo di frana per deformazione gravitativa profonda di versante, quindi caratterizzata dalla presenza di substrato roccioso intensamente fratturato ed alterabile.

### Torrente S. Antonio

Il bacino sotteso all'apice del conoide alluvionale comprende le vallate di Campovecchio e di Brandet, che si estendono verso sud per oltre 9 km, con elevata percentuale di territorio in quota.

Le valli sono entrambe da considerarsi sospese e nel bacino sono individuati numerosi fenomeni di dissesto attivi oltre a dinamiche che interessano il manto nevoso.

In entrambe le valli i versanti sono caratterizzati dalla presenza di deformazioni profonde con la presenza di substrato roccioso molto alterato.

A monte della confluenza con il torrente Ogliolo l'alveo forma un'ansa in sinistra idrografica.

L'area di conoide presenta un'estensione limitata rispetto alle dimensioni del bacino idrografico.

### Torrente Valle de Rocazzana

Il torrente, affluente destro del Torrente Ogliolo, è localizzato nella zona ovest di Corteno Golgi: in località Piazza compie un'ampia curva verso destra per poi dirigersi verso l'Ogliolo con direzione di scorrimento ovest-est. La lunghezza dell'asta sul conoide è di 621 m s.l.m.

Il bacino si sviluppa tra la quota massima di 2052 m s.l.m. e la quota minima di 934 m s.l.m. con una forma allungata che si allarga verso Ovest nella parte finale.

### Torrente Val Dovala

Morfologicamente il bacino della Val Dovala presenta forma allungata in direzione Nord-Sud.

L'asta principale si sviluppa dalla confluenza con il Fiume Ogliolo a quota 896 m slm sino a quota 1900 m slm circa. L'asta è pressoché rettilinea tranne una porzione dove è evidente una curvatura a quota 1140. Le aste minori sono principalmente due, localizzate una poco a monte della conoide a quota 1160 m slm e l'altra a quota 1400 m slm.

La porzione più alta del bacino si presenta stabile, con forma a conca senza che vi sia un reticolo idrografico prevalente.

Per quanto riguarda l'area di conoide appare evidente l'ampiezza della stessa che ha comportato la deviazione del Fiume Oglio verso Nord. E' inoltre evidente l'immissione perpendicolare dell'asta torrentizia entro il Fiume e la distinzione dell'apparato di conoide in tre distinte zone a diversa pendenza. La zona alta allo sbocco del torrente nel fondovalle è caratterizzata da pendenze elevate dell'ordine dei 13°, sono evidenti massi e blocchi indici di fenomeni

di trasporto solido avvenuti nel tempo ed evidenti appaiono inoltre i lobi di colata distribuiti a raggiera a partire dall'asta verso valle. La zona media è più ampia della precedente e le pendenze si riducono a  $9^\circ$  è questa la zona che ha visto le recenti urbanizzazioni in sponda sinistra orografica mentre in destra sono presenti solo aree agricole. Le tracce di passati fenomeni di esondazione sono in tal caso meno evidenti in parte mascherati dall'azione antropica. La zona bassa si apre morfologicamente verso sud-ovest dove le acque del fiume Ogliolo hanno generato minori fenomeni erosivi. L'Ogliolo scorre incassato entro il versante in sponda sinistra orografica ed i depositi di conoide in destra. Le pendenze dell'apparato di conoide si riducono considerevolmente sino a valori di  $6,8^\circ$ .

#### Torrente Val Moranda

Il torrente è affluente destro del Torrente Ogliolo e si localizza a metà strada tra Santicolo e Corteno Golgi. Nel tratto finale (da quota 920 a 830 m. s.l.m.) l'alveo presenta uno sviluppo rettilineo.

Il bacino idrografico di alimentazione risulta di significativa estensione con possibilità di generare deflussi di piena di una certa importanza: sul fondo dell'alveo sono infatti presenti notevoli quantitativi di detrito legati al trasporto solido del corso d'acqua. Al vertice della conoide, in destra idrografica, è presente una scarpata di erosione di medie dimensioni che favorisce la deposizione

#### Torrente Vecla

Il torrente in esame, affluente destro del Torrente Ogliolo, è il primo corso d'acqua che si incontra sulla strada comunale lasciando Santicolo in direzione di Corteno.

Non si evidenziano particolari situazioni di criticità fatta eccezione per l'attraversamento in corrispondenza della strada comunale Santicolo-Corteno: a monte dell'attraversamento infatti l'asta torrentizia risulta ingombra di resti vegetali e detriti che, se mobilizzati da eventi di piena, potrebbero intasare la sezione di deflusso dell'attraversamento stesso provocando l'esondazione delle acque sulla sottostante sede stradale.

Il bacino sotteso presenta una forma allungata e stretta che alimenta la conoide a ovest dell'abitato di Santicolo.

## 2.8.1 Calcolo delle portate

Nello studio idraulico di un corso d'acqua la variabile fondamentale è la portata di massima piena. Tale variabile deve essere associata ad un tempo di ritorno  $T_r$  che indica il numero di anni in cui la portata è raggiunta o superata in media una sola volta. Il  $T_r$  va scelto in base alle normative vigenti, al rischio e al tipo di sistemazione del bacino. In questo studio sono stati considerati tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni utilizzando i seguenti metodi per la stima della portata di massima piena:

1. Metodo Razionale;
2. Metodo Razionale con le modifiche Università di Brescia (studio Ranzi, Mariani, Rossini e Armanelli);
3. Metodo Curve-Number (metodo CN dell'U.S. Soil Conservation Service);
4. Metodo afflussi-deflussi con istogrammi costanti e triangolari.

### **METODO RAZIONALE**

Il metodo indiretto di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi, come indicato dalle direttive PAI dell'autorità di Bacino del Po - legge 18 maggio 1989 n.183, è condotto utilizzando la seguente formula per il calcolo della portata critica  $Q$  (assumendo nota la precipitazione temibile di assegnato tempo di ritorno) :

$$Q = \Phi \cdot A \cdot i(d_c, T_r, r) \cdot \varepsilon$$

$\phi$  indica il coefficiente di deflusso di progetto,  $A$  l'area del bacino in  $\text{km}^2$ ,  $i$  è l'intensità di precipitazione in funzione della durata critica  $d_c$ , del tempo di ritorno  $T_r$  e del coefficiente di ragguglio  $r$ ,  $\varepsilon$  il coefficiente di laminazione.

Il tempo di corrivazione  $T_c$  viene calcolato con la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{(H_m - H_0)}}$$

$S$  indica la superficie del bacino in  $\text{km}^2$ ,  $L$  la lunghezza dell'asta principale,  $H_m$  l'altezza media del bacino in m s.l.m.,  $H_0$  la quota della sezione di chiusura in m s.l.m..

Le altezze di pioggia vengono calcolate utilizzando la relazione tra i parametri  $a$  e  $n$  della stazione pluviometrica di riferimento (Temù):

$$h_{(t)} = at^n$$



t indica il tempo di progetto in ore posto pari al tempo di corrivazione.

La portata di massima piena viene quindi così calcolata:

$$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)} S}{T_c}$$

c indica il coefficiente di deflusso.

**METODO RAZIONALE (Modificato da Bacchi, Ranzi, Rossini e Armanelli  
Università di Brescia)**

L'analisi è stata condotta con riferimento alle indicazioni dello studio di Ranzi, Mariani, Rossini, Armanelli e Bacchi sull'Analisi e sintesi delle piogge intense nel territorio Bresciano (1999), nel quale l'altezza di pioggia viene ipotizzata appartenere ad una popolazione la cui funzione di probabilità è la distribuzione asintotica del massimo valore, nota come distribuzione di Gumbel. Di seguito si riportano le formule che hanno portato alla stima della portata.

Per il calcolo delle altezze di pioggia si utilizzi la seguente relazione:

$$h = a_T T_c^{n_1}$$

Posto:

$$a_T = m_1 \left\{ 1 - \frac{CV\sqrt{6}}{\pi} \left[ \varepsilon + \text{Ln} \left( \text{Ln} \left( \frac{T}{T-1} \right) \right) \right] \right\}$$

(T è il tempo di ritorno ed

$\varepsilon$  il numero di Eulero)

$$T_c = \frac{3.3\sqrt{A+3.2L}}{\sqrt{Q_{med} - Q_{min}}}$$

(A è l'area del bacino e

L la lunghezza dell'asta principale)

Per il calcolo della portata si utilizzi invece la seguente relazione:

$$Q = \frac{1}{3.6} \cdot \phi \cdot r \cdot A \cdot a_t \cdot T_c^{n_1-1}$$

Dove  $\phi$  rappresenta il coefficiente di afflusso locale, e r un coefficiente che dipende dall'area del bacino e dal tempo di corrivazione.

## **METODO DEL CURVE NUMBER (U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE)**

Il metodo dell'U.S. Soil Conservation Service prevede l'utilizzo del modello SCS-CN. Con tale modello vengono depurati i dati di pioggia dalle perdite che si hanno a causa dell'infiltrazione e dell'accumulo temporaneo negli strati superficiali del suolo attraverso la seguente formula:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$

$I_a$  indica l'assorbimento iniziale ed è posto pari a  $I_a = 0.2S$ .  
Il valore di  $S$  si ricava dalla formula:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il parametro CN rappresenta l'attitudine di un bacino a produrre deflussi e può assumere valori che variano da 0 a 100 in base alle caratteristiche idrologiche dei suoli, alla copertura vegetale del bacino in esame e alla condizione di umidità del terreno agli inizi dell'evento meteorico (denotata con Antecedent Moisture Condition, AMC).

Nel caso in esame il bacino è stato suddiviso in aree a diversa copertura distinguendo tra:

- Roccia;
- Deposito Glaciale;
- Deposito detritico e alluvioni.

Per ognuna di queste aree è stato attribuito un valore di CN preliminare arrivando così a calcolare un valore medio ponderato del bacino.

Successivamente si è proceduto scegliendo come condizione di umidità del terreno agli inizi dell'evento meteorico la AMC di classe III corrispondente a situazioni molto umide (situazione più cautelativa). Per questa classe le altezze di pioggia nei 5 giorni precedenti all'inizio dell'evento sono poste pari a 58mm per il periodo vegetativo, e 28 mm per il periodo di riposo.

Per stimare la portata è necessario calcolare il tempo di corrivazione  $T_c$  ed il tempo di ritardo  $T_l$ .  
L'US del Soil Conservation Service propone queste formule:

$$T_c = \frac{100L^{0.8} \left[ \left( \frac{1000}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7}}{1900s^{0.5}}$$

$$T_l = 0.342 \cdot \left( \frac{L^{0.8}}{s^{0.5}} \right) \cdot \left( \frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

L indica la lunghezza dell'asta principale e s la pendenza media dei versanti.

Con questi due parametri è possibile calcolare il tempo di accumulo  $T_a$  pari a

$$T_a = 0.5T_c + T_l$$

Il calcolo finale della portata è effettuato utilizzando la seguente formula:

$$Q_p = 0.208 \cdot \frac{V \cdot A}{T_a}$$

A indica la superficie del bacino e V il volume di deflusso e si calcola come:

$$V = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

P indica la precipitazione critica calcolata per assegnati valori di tempo di ritorno.

I risultati ottenuti sono riassunti nelle schede specifiche relative ai singoli bacini allegate in fondo alla relazione.

## 2.9 AGGIORNAMENTO SISMICO

Il Comune di Corteno Golgi è classificato in zona sismica 4. La normativa, ed in particolare i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" definiscono che, per i comuni appartenenti alla zona sismica 4:

- è obbligatorio il 1° livello in fase pianificatoria;
- è obbligatorio il 2° livello, sempre in fase pianificatoria, nelle zone classificate nella carta di pericolosità sismica

locale (PSL) come Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03);

- è necessario effettuare un'analisi di 3° livello, solo in fase progettuale, nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale e nelle zone di PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici.

Per completezza si riporta l'elenco tipologico definito dal d.d.u.o. 21 novembre 2003, n. 19904 che individua come:

- Edifici ed opere strategiche:
  - Edifici destinati a sedi "istituzionali" (Regione, Province, Comuni, Comunità Montane)
  - Strutture o Sale operative per la gestione delle emergenze
  - Centri funzionali di Protezione Civile
  - Edifici ed opere individuate nei Piani di Emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
  - Ospedali e strutture sanitarie dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
  - Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali
  - Centri Operative 118
  
- Edifici ed opere rilevanti:
  - Asili e scuole
  - Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e intrattenimento in genere
  - Edifici aperti al culto
  - Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc)
  - Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio suscettibili di grande affollamento

## 2.9.1 Analisi di I° livello

Tale procedura 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 carta geologica e dei dissesti, e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che sono oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali. Le diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali sono riportate in tabella (all. n.5 l.r. 12/2005).

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
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 è stata redatta in scala 1:10000 sulla Carta Tecnica Regionale ricoprendo tutto il territorio Comunale (cfr carta 04.A) e in scala 1:2000 sul volo aerofotogrammetrico limitatamente all'abitato di Corteno Golgi (cfr carta 04.B).

Per il territorio in esame si potrebbero verificare effetti di instabilità ed effetti dovuti sia ad amplificazione topografica sia ad amplificazione litologica, in quanto si hanno i seguenti scenari:

- Z1a - zona caratterizzata da movimenti franosi attivi;
- Z1b - zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti;
- Z1c - zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana;
- Z3a - zona di ciglio  $H > 10$  m (bordo di cava, orlo di terrazzo fluviale);
- Z4a - zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali granulari;
- Z4b - zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale;
- Z4c - zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi.

## **3.0 FASE DI SINTESI**

### **3.1 CARTA DI SINTESI**

La carta di Sintesi è stata redatta su tutto il territorio Comunale alla scala di 1:10.000 (cfr Tav. 07.1, 07.2), e sul volo aerofotogrammetrico, limitatamente all'abitato di Corteno Golgi, alla scala di 1:2.000 (cfr Tav. 07A, 07B e 07C), definendo i diversi ambiti di pericolosità e vulnerabilità. Più specificatamente il territorio comunale è stato suddiviso in aree omogenee riferite al fenomeno che genera la pericolosità; tali aree possono essere raggruppate in:

- Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti;
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico;
- Aree vulnerabili dal punto di visto idraulico;
- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche.

### **3.2 CARTA DEI VINCOLI**

La carta dei Vincoli è stata redatta su tutto il territorio Comunale alla scala di 1:10.000 (cfr Tav. 06.1, 06.2), rappresentando le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani in vigore, di contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001;
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con d.p.c.m. 24 luglio 1998;
- Quadro del Dissesto come presente nel SIT regionale.

### 3.3 CARTA DI FATTIBILITA'

La carta di fattibilità geologica per le azioni di piano fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio ed è stata desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli attribuendo i diversi valori di classe di fattibilità. Sulla carta sono state sovrapposte le aree soggette ad amplificazione sismica locale e le aree soggette ad instabilità desunte dalla carta di pericolosità sismica locale. ( Cfr. Tav. 09.1, 09.2, 09A, 09B, 09C )

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "norme geologiche di Piano" che ne riportano la relativa normativa d'uso.

Di seguito vengono riportate le definizioni attribuite a ciascuna classe di fattibilità:

#### **Classe 1 Fattibilità senza particolari limitazioni**

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

#### **Classe 2 Fattibilità con modeste limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

#### **Classe 3 Fattibilità con consistenti limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione dell'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

##### **Sottoclasse 3 \* (zona 2 ex area 267)**

Questa sottoclasse comprende quelle aree in dissesto idrogeologico a pericolosità elevata nella zona della conoide della Val Dovala.

Si tratta di aree che potrebbero essere indirettamente interessate da fenomeni di esondazione di carattere torrentizio/valanghivo.

#### **Classe 4 Fattibilità con gravi limitazioni**

La classe comprende le zone nelle quali l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) delle l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

#### **Sottoclasse 4 \* (zona 1 ex area 267)**

Questa sottoclasse comprende quelle aree in dissesto idrogeologico a pericolosità elevata nella zona della conoide della Val Dovala. Si tratta di aree che potrebbero essere direttamente interessate da fenomeni di esondazione di carattere torrentizio/valanghivo.

Rogno, Aprile 2008

*Dott. Geol. Luca Maffeo Albertelli*