

A-2

COMUNE DI TAVERNOLA BERGAMASCA

Provincia di Bergamo

STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI NEL TERRITORIO TAVERNOLESE

Relazione generale

1997

1. PREMESSA	pag.	1
2. ARTICOLAZIONE DEL LAVORO	pag.	1
3. INQUADRAMENTO GEOAMBIENTALE	pag.	4
4. OSSERVAZIONI LITOLOGICHE E STRUTTURALI	pag.	6
5. OSSERVAZIONI GEOMORFOLOGICHE GENERALI	pag.	8
6. OSSERVAZIONI CLIMATOLOGICHE	pag.	12
7. OSSERVAZIONI IDROLOGICHE	pag.	19
8. CONCLUSIONI E SISTEMAZIONI PROPOSTE	pag.	24

1. Premessa

Lo studio geologico del territorio comunale di Tavernola Bergamasca, eseguito nel 1994 a supporto del nuovo progetto di Piano Regolatore Generale, ha messo in luce diverse situazioni di dissesto idrogeologico, alle quali sono collegati significativi fattori di rischio per i centri abitati.

L'Amministrazione comunale, alla luce di quelle indicazioni, ha dunque ritenuto necessario dotarsi sull'argomento specifico di uno strumento conoscitivo e di una valutazione più approfondita ed utili per una pianificazione dei possibili interventi di bonifica e di messa in sicurezza e a tal fine ha commissionato uno studio geologico-tecnico mirato sulle più importanti situazioni di rischio geologico.

Questo studio, attraverso le opportune indagini geomorfologiche, intende individuare le cause dei dissesti e proporre ove possibile opere di risanamento, valutandone di massima anche l'incidenza economica.

Il Comune di Tavernola Bergamasca per la realizzazione di questo studio ha inteso avvalersi della collaborazione di professionisti di specifica competenza ed ha incaricato lo Studio Associato **GeoTer** dei dott. geol. Daniele Ravagnani e Sergio Santambrogio con sede in Ardesio (BG), iscritti all'Albo dell'Ordine dei Geologi della Lombardia rispettivamente ai n.319 e 830.

L'incarico riguarda lo studio delle caratteristiche geomorfologiche e dei dissesti dei terreni e delle masse rocciose di quattro zone ubicate nella parte meridionale del territorio tavernolese: la zona "*Foppa-Roggino*" sul versante che sovrasta il capoluogo, la zona della "*valle di Mondara*" e della "*valle Negrignana*" affluenti di destra della valle del Rino, della "*valle delle Pertiche*" sopra l'abitato di Casella.

2. Articolazione del lavoro

Lo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio, anche ai fini dell'analisi dei dissesti idrogeologici e della conseguente individuazione degli opportuni rimedi, dovrebbe essere supportato in primo luogo da una dettagliata base topografica. Questa permette di distinguere, alla scala di lavoro richiesta, innanzitutto i vari bacini idrografici ed i loro sottobacini e, in secondo luogo, le zone ove si verificano dissesti che possano interessare questi bacini, con accumuli di materiale instabile o con un notevole incremento del trasporto solido lungo le aste torrentizie.

Per il nostro studio è stato utilizzato un nuovo rilievo aerofotogrammetrico digitale messo a disposizione dal Comune di Tavernola, in scala 1:2.000 per le zone urbanizzate ed in scala 1:5.000 (ingrandito in scala 1:2.000) per i bacini idrografici di interesse. Questa cartografia digitale è stata realizzata da CO.GE.ME. utilizzando riprese aeree del 1995.

Questo supporto topografico è stato da noi utilizzato esclusivamente in fase di redazione delle carte tematiche, poiché le sue qualità tecnica e grafica sono piuttosto scadenti, mancando una sufficiente definizione di importanti elementi fisici del terreno. Occorre notare che queste carte, nonostante abbiano una scala minore, sono di gran lunga meno dettagliate della Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000. In particolare occorre segnalare la scarsa densità di punti rilevati, che determina la cancellazione dalla carta di numerosi impluvi e vallecole importanti ai fini di questo studio (vedi valle Negrignana e valle delle Pertiche in particolare) e, in alcune zone, la non affidabilità delle quote topografiche (soprattutto lungo l'asta del torrente Rino); inoltre di questa base topografica occorre evidenziare la carenza di toponimi, di strade comunali e di sentieri.

Per ovviare a questi inconvenienti in fase di rilevamento sul terreno è stata utilizzata anche la carta in scala 1:1.000 (ridotta in scala 1:2.000) di Adriasebina Cementi, per le zone "valle delle Pertiche", "Foppa - Roggino" e parzialmente per la "valle di Mondara", mentre durante l'elaborazione dei dati in studio ci si è avvalsi anche di un ingrandimento al 5.000 della Carta Tecnica Regionale, soprattutto in relazione alla distribuzione e alla morfologia delle aste torrentizie.

La redazione definitiva delle carte tematiche è stata eseguita mediante C.A.D.

Una importante fase del lavoro è stata quella dal reperimento di dati storici inerenti i dissesti che hanno provocato danni nelle aree prese in esame. La ricerca di questi dati è stata estremamente difficoltosa per la mancanza di un'organizzazione efficiente all'interno degli archivi comunali e di quelli di Enti preposti ad interventi sul territorio, come il Genio Civile. Durante l'esecuzione di questo studio era in corso la sistemazione dell'archivio comunale di Tavernola, dal quale potranno probabilmente emergere dati ulteriori rispetto agli scarni eventi qui registrati, reperiti presso il Comune stesso ma soprattutto grazie alle indicazioni fornite da persone incontrate sul territorio che hanno visto l'evoluzione dei dissesti, vissuto gli eventi calamitosi e gli interventi successivi..

Non sono reperibili dati anteriori all'inizio di questo secolo, che potrebbero fornire utili indicazioni riguardo i tempi di ritorno con cui si verificano gli eventi alluvionali critici, poiché anche le possibili registrazioni negli archivi parrocchiali sono andate perse nell'avval-lamento del 1906 che ha colpito il lungolago tavernolese.

Anche il reperimento di dati pluviometrici si è rivelato alquanto complesso ed ha comportato un certo ritardo nello svolgimento del lavoro. Infatti i dati ufficiali forniti dal Servizio Idrografico Italiano del Min. LL. PP. (Magistrato del Po) dal dopoguerra in poi sono molto carenti in questa zona. Le uniche stazioni meteorologiche nelle vicinanze attualmente funzionanti sono quelle di Sarnico, gestita dal Consorzio di Bonifica dell'Oglio, e quella di Tavernola Bergamasca, gestita da Lafarge Adriasebina; esse coprono periodi rispettivamente di cinquanta e di ventotto anni.

Poiché i dissesti idrogeologici che interessano il territorio tavernolese sono associati innanzitutto alle linee di deflusso superficiale è stato necessario realizzare uno studio

geomorfologico di dettaglio, al fine di valutare le zone con maggior erodibilità o concentrazione dei deflussi superficiali e le aree gravate da maggiori rischi. A tale scopo è stato eseguito un rilevamento geomorfologico e litostrutturale in scala 1:2.000, utilizzando in parte i dati già acquisiti in occasione dello studio geologico di supporto al Piano regolatore, in parte i dati ricavati direttamente sul terreno mediante numerosi sopralluoghi effettuati nel corso del presente lavoro.

Sono stati definiti arealmente i dissesti più significativi, con particolare riguardo alla presenza di nicchie di frana e/o smottamenti, erosione lineare accelerata, ruscellamenti, orli di erosione fluviotorrentizia; inoltre sono stati valutati i punti e le direzioni di esondazione dei corsi d'acqua, l'inalveamento dei torrenti o degli impluvi e la presenza di reti fognarie di smaltimento delle acque ruscellanti. Questi dati sono stati integrati con quelli recuperati dalle relazioni tecniche trovate presso l'archivio comunale.

Nel corso dei sopralluoghi sono state anche effettuate misurazioni atte a definire la sezione dei vari corsi d'acqua o l'entità di alcuni dissesti principali, identificando in prima analisi la tipologia dei possibili interventi di bonifica.

La successiva elaborazione dei dati acquisiti sul terreno è stata eseguita in studio mediante appositi software, al fine di valutare i parametri caratteristici dei vari bacini idrografici, le portate di massima piena, il trasporto solido, le soglie di innesco dei dissesti e di indicare gli interventi atti a ripristinare la sicurezza dei siti.

Grazie a queste analisi è stato possibile redigere delle schede descrittive suddividendo le zone indagate in **aree unitarie di intervento**, con diverso grado di priorità; al loro interno sono contenuti i dati utili alla descrizione del dissesto, alla sua possibile sistemazione ed ai relativi costi.

Gli studi ed i rilevamenti sono anche espressi per ciascuna area mediante elaborati grafici qui allegati che costituiscono parte fondamentale di questo lavoro:

- carta geomorfologica dei dissesti alla scala 1:2.000;
- carta dei rimedi alla scala 1:2.000;
- documentazione fotografica;
- scheda delle caratteristiche del bacino;

- scheda delle aree unitarie di intervento, che raccolgono i seguenti dati:
 - ubicazione e corografia;
 - note geologiche e descrizione dei dissesti;
 - interventi già realizzati;
 - proposte di intervento
 - computo metrico estimativo di massima

Lo studio è illustrato da questa relazione geologico-tecnica.

3. Inquadramento geoambientale

Il territorio di Tavernola si affaccia sulla sponda bergamasca del lago d'Iseo ed è caratterizzato da una serie di bacini idrografici che si immettono nello specchio lacustre.

Il bacino idrografico principale è quello del torrente Rino che si estende in territorio di Vigolo verso occidente sino al monte Bronzone e verso Nord sino al colle Cargadura. Questo bacino, impostato prevalentemente in corrispondenza di un'ampia sinclinale degli strati calcareo-marnosi e silicei di età giurassica, presenta un reticolo di drenaggio superficiale sviluppato soprattutto sul suo versante meridionale (valle Vallina, valle Acque Vive, valle Negrignana, valle Mondara), mentre le linee di deflusso sono meno marcate e meno frequenti sul versante orografico sinistro (Rino di Vigolo).

La morfologia di queste valli è dovuta principalmente alla disposizione degli strati rocciosi, alla loro differente erodibilità e all'erosione glaciale.

L'azione dei ghiacciai quaternari ha influito sul controllo strutturale creando profili ad "U" trasversalmente all'asse principale della valle, profili ora mascherati dai considerevoli spessori di terreni morenici ghiaioso sabbiosi, con ampie superfici terrazzate, elevate su entrambe i versanti. Talora lo sbarramento di cordoni morenici laterali ha determinato nel quaternario la formazione di piccoli bairni lacustri sospesi colmati da una prevalente sedimentazione argillosa ciclica (varve).

Il reticolo idrografico del bacino del Rino, risultante dall'azione combinata del controllo strutturale e di quello glaciale, contiene in territorio di Tavernola il solo bacino della valle di Mondara, che si sviluppa alle spalle della frazione di Cortinica, mentre l'asta torrentizia della valle Negrignana segna per un lungo tratto il confine con il territorio di Vigolo.

Sul territorio tavernolesse sono presenti anche bacini idrografici di minore estensione che si immettono direttamente a lago, come il bacino della valle delle Pertiche, alle spalle della località Casella, il bacino della valle di S.Giorgio o di Case il Monte alle spalle di Gallinarga e il bacino del Pingiolo o della Foppa alle spalle del centro storico di Tavernola.

La morfologia delle parti terminali dei bacini, nelle quali le aste torrentizie si immettono nel lago è caratterizzata normalmente da strutture a ventaglio che costituiscono le conoidi dei torrenti stessi; su queste conoidi, costituite da terreni sciolti ghiaiosi e limosi, si è sviluppata intensamente l'urbanizzazione, con insiemi di edifici molto ravvicinati e soprattutto con l'inalveamento forzato dei corsi d'acqua, come accade ad esempio per il Roggino nei pressi dell'attuale porticciolo o per il torrente che scorre nella valle delle Pertiche in località Casella.

Le conoidi, lungo il bordo prospiciente il lago, sono state e possono essere ancora soggette a fenomeni franosi, avvallamenti di notevole entità, come è accaduto nel 1904 e nel 1993 per la conoide del torrente Rino. Analoghi fenomeni di minore estensione si sono verificati lungo altri tratti della sponda lacustre: presso Gallinarga e nella zona della Moia.

TAVERNOLA BERGAMASCA

*Studio dei principali dissesti idrogeologici
GEOTER, 1997*

Nel territorio di Tavernola si osservano anche antiche conoidi ormai inattive; la presenza di questi apparati sullo sbocco a lago delle valli principali è testimoniata da banconi conglomeratici più o meno cementati, alternati anche a materiali sabbiosi, la cui inclinazione è di circa 15°-20° verso il lago. Queste forme “fossili” sono limitate alla zona di Bianica e di via S.Rocco, ai lati dell’attuale corso del Rino, dal quale sono state profondamente incise. La forma di questa antica conoide è disegnata dalle due modeste incisioni a lato della valle principale: quella della Foppa a Sud e quella della Valzella a Nord. Una analoga situazione si rileva allo sbocco della valle delle Pertiche. L’importanza di queste forme in relazione ai dissesti idrogeologici è legata al fatto che in queste situazioni sono venuti a delinarsi degli impluvi, delle depressioni ai lati della conoide stessa, che raccolgono le acque di gran parte del versante alle spalle dei centri abitati senza che queste possano defluire nell’alveo principale.

Alle azioni degli agenti geomorfici antichi si sono sovrapposte e si sovrappongono le azioni delle acque superficiali che svolgono un’azione prevalentemente erosiva, come dimostra la ampia diffusione di scarpate ed alvei incassati, soprattutto lungo il torrente Rino e nella parte inferiore della valle delle Tombe.

In tutti gli impluvi affluenti al torrente Rino e nel torrente Rino stesso si osservano soglie alle altitudini comprese tra 450 e 475 m s.l.m., con formazione di cascatelle di alcuni metri d’altezza, precedute da un tratto di alveo subpianeggiante. Il tratto incassato può presentare approfondimenti superiori a cinquanta metri, come si osserva nei pressi del ponte del Diavolo che unisce le frazioni di Cambianica e di Bianica, con caratteristiche di orrido o forra. Una situazione analoga si verifica anche lungo la valle delle Pertiche.

Questa particolare morfologia è probabilmente associata ad un antico, improvviso abbassamento del livello del lago; fenomeno accreditato da studi precedenti anche nella letteratura scientifica. Questa variazione del livello del lago permette di spiegare oltre ai profondi fenomeni erosivi osservati, anche la presenza delle antiche conoidi attualmente sopraelevate.

Sugli acclivi versanti rivolti a lago la forza di gravità ha un ruolo predominante nell’evoluzione morfologica, con la formazione di detriti di falda di debole spessore; questi detriti venivano anche indicati nella toponomastica locale con il nome di “gere”.

Nel complesso processo evolutivo che interessa il territorio tavernolese è da sottolineare infine la secolare ed incisiva azione antropica che lo ha profondamente modificato, tanto da nascondere talvolta i tratti naturali. I consistenti terrazzamenti agricoli che interessano i depositi morenici ubiquitariamente, i centri abitati di Cambianica e di Tavernola, la cementeria ne sono un esempio.

Particolarmente importante in relazione ai dissesti idrogeologici è il rapporto esistente tra l’uomo ed il bosco. In passato il bosco era considerato fonte di materia prima (legname, castagne, etc.) ed era particolarmente curato; probabilmente proprio per questo motivo non si trova testimonianza storica scritta od orale di dissesti alluvionali antecedenti il 1940.

Il regime autarchico e l'estrema povertà prodottasi nel periodo dell'ultima guerra mondiale determinarono l'abbattimento di estese superfici boschive con il quasi completo denudamento del suolo e, proprio durante gli anni '40, si verificarono numerosi e ripetuti dissesti legati all'erosione delle acque ruscellanti ed al trasporto solido; essi culminarono con l'alluvione del 1° agosto 1950.

Le successive opere di rimboschimento hanno creato un forte deterrente al potere erosivo delle acque meteoriche, soprattutto per l'aumento della superficie su cui cade la pioggia e, per lo stesso motivo, hanno determinato un forte effetto regimante, con l'attenuazione delle punte massime delle portate liquide. Tuttavia, ricreate le condizioni preesistenti al periodo in cui sono avvenuti i dissesti, non è stata più mantenuta questa difesa di primaria importanza: il bosco è invecchiato e si è ammalato, con frequenti cadute di alberi a seguito della minor capacità di coesione sul terreno dell'apparato radicale.

In conseguenza dell'abbandono dei boschi gli eventi alluvionali più recenti (2 luglio 1990) sono ancor più pericolosi di quelli precedenti, sia per il trasporto solido elevato che li caratterizza, con elementi molto ingombranti (alberi), sia per l'intensa urbanizzazione che nel frattempo ha completamente occupato la parte terminale di alcune vie di deflusso diminuendone la sezione o la possibilità di esondazione.

Nel tempo dunque si è passati da situazioni di dissesto causate dall'eccessivo disboscamento (dissesti verificatisi a cavallo tra gli anni 40 e 50) a quelli causati dalla scarsa manutenzione del bosco e dall'eccessiva urbanizzazione (dissesti degli anni 80 e 90); fenomeni comunque associati all'intervento dell'Uomo.

4. Osservazioni litologiche e strutturali

Le aree prese in considerazione in questo studio sono quasi esclusivamente dotate di un substrato da rocce calcareo-marnose e silicee e di terreni ghiaioso sabbiosi morenici o di conoide. Questi elementi sono stati evidenziati nelle varie carte dei dissesti qui allegate (cfr. tavola 1a, 1b, 1c, 1d) con differenti campiture, mentre con opportune simbologie sono stati distinte le varie caratteristiche strutturali (immersione degli strati, faglie, fratture, etc...).

Le rocce (**RO**) o i terreni residuali che da esse si formano occupano soprattutto le zone a quote più elevate oppure quelle prossime alla confluenza con il corso d'acqua ricevente; esse sono costituite prevalentemente da calcari marnosi, talvolta silicei, in strati pluride-cimetrici o metrici; appartengono alla formazione del Calcarea di Domaro (Carixiano - Domeriano, Giurassico inf.).

Queste rocce danno origine a coltri eluviali di spessore inferiore al metro, di natura argilloso sabbiosa e di colore bruno-rossiccio, dotate di scarsa permeabilità ($k < 10^{-4}$ cm/sec). Anche la permeabilità dell'ammasso roccioso è generalmente scarsa o nulla; solo in presenza di

significativi sistemi di fratture si hanno circolazioni idriche in fessura e le rocce acquisiscono una buona permeabilità secondaria (10^{-4} cm/sec $<k<10^{-1}$ cm/sec).

Nella parte superiore del bacino della valle Negrignana affiorano rocce più silicee della Formazione di Concesio (Toarciano-Bajociano, Giurassico medio) e della Formazione delle Radiolariti (Batoniano?-Kimmeridgiano, Giurassico sup.) con permeabilità analoga a quella del Calcare di Domaro.

L'assetto strutturale di queste rocce è caratterizzato da una sinclinale il cui asse (cfr. tavola 1a e 1b) attraversa il torrente Rino presso la confluenza tra la valle di Mondara e la valle del Rino, tagliando la zona della cascina Negrignana per dirigersi a OSO verso il Dosso Brugo. Pertanto il bacino della valle di Mondara, quello della valle delle Pertiche, quello di Foppa e la parte meridionale del bacino di Negrignana sono interessati quasi esclusivamente da strati rocciosi immergenti verso N o NNO con inclinazione media di 40°. Solo il versante settentrionale della valle Negrignana presenta stratificazioni immergenti a SSE con inclinazione compresa tra 50° e 70°. In corrispondenza dell'asse della sinclinale si nota una maggior verticalizzazione degli strati verso OSO; infatti dalle inclinazioni di una decina di gradi visibili lungo il lago si passa ad inclinazioni di 70° in val Negrignana.

Questo assetto strutturale è localmente interrotto da fratture orientate secondo due sistemi principali: OSO-ENE e NNO-SSE. Il primo sistema è parallelo all'asse della sinclinale e parallelo alle faglie inverse che interessano il suo fianco settentrionale (faglie visibili nelle valli Negrignana e Vallina in territorio di Vigolo), il secondo è ortogonale a questo e parallelo al sistema di faglie e fratture ampiamente rappresentato in questo settore della Lombardia.

Le coltri di terreni superficiali sciolti sono quasi esclusivamente costituite da morene (**mo**) di natura ghiaiosa con sabbia e limo. Esse occupano prevalentemente la parte centrale e talvolta quella inferiore dei bacini idrografici in esame (cfr. tavola n.1a, 1b, 1c, 1d). La scarsa compattazione di questi terreni e l'abbondante frazione fine in essi li rende facilmente erodibili, soprattutto laddove non siano coperti da un orizzonte di suolo ben sviluppato, come accade lungo le sponde di tutti i torrenti. Data la loro ubicazione all'interno dei relativi bacini ne favorisce l'erosione a seguito di brevi ed intense precipitazioni. In genere questi terreni sono dotati di buona permeabilità (10^{-4} cm/sec $<k<10^{-2}$ cm/sec) a causa della loro granulometria grossolana. Localmente si osservano depositi argillosi associati ad antichi laghetti interglaciali, come nei pressi di Mondara.

Gli altri terreni che possono avere una certa importanza in questo studio sono quelli delle conoidi antiche e recenti (**co**). Quelli delle forme antiche sono ghiaie e sabbie prevalentemente cementate e, ad esclusione degli orizzonti sabbiosi, sono dotati di permeabilità scarsa (10^{-6} cm/sec $<k<10^{-4}$ cm/sec). I terreni delle conoidi recenti sono invece ghiaie e sabbie sciolte, con lenti di limo che favoriscono i fenomeni di instabilità sulla sponda lacustre.

I detriti di falda (**dt**) che si rinvengono nell'area compresa tra l'impluvio del Roggino e la zona della Moia (cfr. tavola 1c) sono costituiti da ghiaie e ciottoli spigolosi e non hanno rilevanza all'interno di questo studio.

5. Osservazioni geomorfologiche generali

Il rilevamento geomorfologico del territorio di Tavernola a Sud del torrente Rino è stato finalizzato alla qualificazione dei processi e dei fenomeni associati ai dissesti idrogeologici. Le carte dei dissesti (cfr. tavola 1a, 1b, 1c, 1d) mostrano appunto con apposite simbologie e campiture i fattori utili alla comprensione del fenomeno.

Data la specificità della carta si è preferito evidenziare con campiture l'esistenza di terreni o di rocce affioranti in modo da rendere immediatamente visibili quali siano le zone più facilmente interessate dall'erosione. Su queste campiture sono stati indicati i fenomeni geomorfici che possono interessare, anche marginalmente, il verificarsi, l'evolversi o le risultanze dei dissesti idrogeologici.

Come già emerso dalle conclusioni dello Studio Geologico di Supporto al Piano Regolatore Generale di Tavernola *“le principali situazioni di dissesto che limitano fortemente l'area utilizzabile sul fianco destro della valle del Rino e sui terreni allo sbocco a lago sono collegate al disordinato deflusso delle acque ed al sovralluvionamento degli alvei che si verifica specialmente a seguito di precipitazioni intense e di breve durata”*.

Le informazioni fornite dalle carte del dissesto mettono particolarmente in risalto i processi geomorfici connessi con l'acqua (indicati con simboli blu): la presenza di sorgenti e di ristagni d'acqua, gli sviluppi dei principali corsi d'acqua, i ruscellamenti, le erosioni lineari accelerate o le perdite in alveo, le forme particolari come le cascate o i sovralluvionamenti indicanti azione erosiva piuttosto che di sedimentazione, gli orli di erosione dovuti all'azione delle acque incanalate, suddivisi in base alla loro ubicazione all'interno di terreni o di rocce o in base all'altezza delle scarpate (forre) ed infine i punti in cui si possono verificare occlusioni degli alvei, solitamente a causa di opere artificiali, e le direzioni di possibile esondazione.

Altri processi geomorfici collegati coi fenomeni alluvionali sono quelli gravitativi (indicati da simboli rossi) innescati dalla presenza di acqua e dai relativi accumuli. Sono quindi stati segnalati i decorticamenti superficiali del terreno, la presenza di alberi abbattuti a causa di invecchiamento e di scarsa manutenzione del bosco, i fenomeni di soliflusso (lento scivolamento del terreno), gli smottamenti di piccola estensione e gli scivolamenti con accumulo in sito, le nicchie di frana ed i relativi accumuli, gli scavernamenti all'interno degli orizzonti ghiaioso sabbiosi più compatti o cementati, lo scivolamento di strati rocciosi superficiali e lo stacco di blocchi lapidei con i relativi accatastamenti. In questa categoria sono stati anche inseriti gli orli di erosione generici, imputabili a condizioni strutturali (bancatura degli strati) o a fenomeni antropici (intagli stradali, sentieri particolarmente incisi per il trasporto di legname, etc.), distinguendo anche in questo caso gli orli di erosione in roccia da quelli in terreno.

Una terza categoria riguarda i processi geomorfici connessi ai fenomeni glaciali (simbologia di colore verde), poichè questi elementi, come i cordoni morenici o le rocce montonate, possono fornire indicazioni sul limite di un bacino idrografico, o indicare potenziali orli in erosione, come l'orlo di un terrazzo morenico.

L'ultima categoria di elementi geomorfici segnalati riguarda gli interventi antropici che hanno in vario modo e con vari effetti modificato le condizioni naturali (simbologia in colore arancio). Queste modificazioni possono avere effetti positivi nella bonifica di situazioni di pericolo, come la formazione di briglie, di traverse e di difese spondali, oppure negativi, come le discariche che occludono in toto o in parte gli alvei e come le intubazioni e le strette canalizzazioni degli alvei.

A quest'ultimo proposito sono stati segnalati i tratti in cui gli alvei sono stati sepolti, intubati oppure deviati all'interno della rete fognaria. Sono indicate le caditoie stradali per la raccolta delle acque: in questi casi l'effetto positivo o negativo è associato al corretto dimensionamento delle opere idrauliche.

Nelle carte sono state evidenziate con campiture a tratteggio le aree effettivamente soggette ad esondazione ed alluvione (retino rosa) sulla base di dati reperiti presso gli uffici comunali o di segnalazioni orali raccolte sul posto e le aree a rischio di esondazione (retino viola).

Una apposita simbologia permette di identificare l'ubicazione delle riprese fotografiche effettuate all'interno dei vari bacini idrografici.

Complessivamente tutti i bacini osservati sono interessati da fenomeni erosivi legati all'azione dei corsi d'acqua e da processi gravitativi di modesta entità. Forti processi di degrado sono stati rilevati soprattutto nei boschi a quote elevate (scarsa manutenzione, malattie parassitarie e processi di decorticamento) e lungo alcuni tratti delle aste torrentizie (accumuli di frana, accatastamenti di blocchi, occlusioni di alveo con legname, restringimento della sezione idraulica con manufatti non sufficientemente dimensionati, collettamento di torrenti in rete fognaria).

La concentrazione delle acque in queste aste degradate, unitamente alle caratteristiche litologiche e geomorfologiche dei loro tratti terminali (che determinano in genere la formazione di un alveo incassato e di sezione ristretta), favoriscono l'innescarsi di eventi alluvionali in occasione di forti precipitazioni piovose, eventi che possono avere anche epiloghi catastrofici.

Gli eventi alluvionali tavernolesi di cui finora si è a conoscenza sono i seguenti:

3-4 marzo 1906: avvallamento Tavernola con arretramento della sponda di m 37 per un arco di m 250 circa: distrusse completamente o parzialmente numerosi edifici (villa Grasselli, abitazione farmacista, ufficio postale, il pontile, l'abitazione del parroco, l'attigua torre medioevale, casa sorelle Foresti, parte di casa Sorosina, casa Zenti, orto e filanda Capuani, l'intera contrada della Punta, le mura di casa Zatti, casa Foresti Vincenzo con la bottega del tabaccaio, casa Capuani con l'osteria, parte dell'orfanotrofio Cacciamatta), causando per altro la perdita di una sola vita umana.

Gli avvallamenti sono di regola causati dall'eccessiva urbanizzazione della riva con occupazione di parte dell'area di pertinenza lacustre (spiaggia sommersa). Cause secondarie, ma certamente significative, sono la spinta esercitata dalle acque freatiche provenienti dalla zona a monte di Tavernola, a tergo della sponda, e le oscillazioni del livello lacustre. Il Salmoi-raghi nella sua pubblicazione segnala la possibilità che vi sia stato un precedente avvallamento (anteriore al 1830) non segnalato da alcuna fonte storica, sulla base del riconoscimento nello spaccato del terreno di vecchi edifici parzialmente distrutti e sui quali sorgeva la parte di Tavernola sprofondata a lago nel 1906.

- 1938: alluvione Casella: segnalazione incerta; non sono stati ritrovati dati
- ? avvallamento spondale Gallinarga: segnalazione incerta, ma segni fisici ancora evidenti
- estate 1948 alluvione con *“trasporto di detriti che ha determinato la parziale rottura del Ponte del Diavolo”*; il materiale pare sia stato trasportato dalle acque incanalatesi lungo la mulattiera per Vigolo sul versante sinistro del torrente Rino e lungo il trozzo della Cavalla sul versante destro;
- 5 agosto 1948: alluvione lungo la valletta S.Giorgio con *“ostruzione del tombotto sotto la strada Lovere-Sarnico; totale riempimento della valle con ingombro del vicolo servente le case, inghiaimento del prato in sponda destra per straripamento delle acque, scalzamento e pericolo di frana di tratto di muri di sostegno contigui alla valle”*;
- 2 agosto 1950: alluvione che ha interessato il centro abitato di Tavernola e le frazioni di Bianica e Cambianica. *“Tutte le strade mulattiere e la carrozzabile per Vigolo e tutte le strade interne a Tavernola e alle frazioni del comune ne furono sconvolte. Profonde erosioni del fondo stradale alle volte di oltre 3 metri di profondità, selciati totalmente divelti, muri di sostegno e controriva travolti, frane, tombinature otturate o addirittura asportate per qualche tratto, questo il triste bilancio del sinistro che ha colpito il Comune di Tavernola”*. I danni si sono verificati per quanto è dato di ricostruire lungo la strada di Negrignana sino a Nesse, lungo la strada di Mondara sino a Nesse, lungo la strada da Nesse a Cortinica, da qui a Bianica, da Bianica alla Foppa, da Foppa a S.Pietro, in tutto il centro storico (via Mulini, via degli Orti, via della Chiesa, etc.), in via Calchere, a Cambianica (via Calunghe, strada del Frassino, strada degli Ognoli etc.) e nei pressi del Ponte del Diavolo.
- 19 marzo 1954: frana staccatasi dal versante destro della valle del Rino immediatamente a monte (circa 70 m) dal Ponte del Diavolo che ha parzialmente riempito la valle sottostante; *“si tratta di alcune centinaia di mc di terra e pietrame”* e la frana presenta *“larghe fenditure ai margini”*; si ipotizza una possibile occlusione d'alveo con elevato trasporto solido in seguito ad un evento di piena;

TAVERNOLA BERGAMASCA

Studio dei principali dissesti idrogeologici
GEOTER, 1997

- aprile 1957 esondazione del torrente Rino nell'abitato di Tavernola Bergamasca con "*allagamento di cantine, corrosione di muri di sponda e fondazioni di fabbricati di via Valle*". Nella relazione si citano anche "*eccezionali precipitazioni dell'estate 1956*";
- 1962 avvallamento spondale Tavernola villa Sina
- 1964 avvallamento spondale Tavernola villa Sina
- 1964 avvallamento spondale nel piazzale di Pradello
- 1968 avvallamento spondale Tavernola villa Sina
- 1972 avvallamento spondale a Moia
- 26 giugno 1982: intense precipitazioni hanno provocato danni nella zona di Cambianica (via Pozzo e via S.Rocco), nel centro di Tavernola (via Chiese, via Mulini), nella zona di via Moia e in val Negrignana presso la sorgente Burù. In particolare viene segnalato l'accumulo di detriti (trasporto solido del torrente) nella frazione di Cambianica, in via Moia e presso la sorgente Burù;
- 2 luglio 1990: precipitazioni intense e torrenziali (178 mm in 24 ore alla stazione di Tavernola Bergamasca) provocano danni ingenti sul versante idrografico destro della valle del Rino.
- zona Negrignana: danni alla tubazione dell'acquedotto proveniente dalla sorgente Burù;
 - zona Cortinica: ostruzione del tombotto lungo la strada per Negrignana circa 100 mc di materiale; frana di strada, muri di sostegno e fognatura per un tratto di circa 120 m immediatamente a valle del tombotto; ostruzione con materiale ed allagamento del cantinato "Villaggio Bone";
 - zona Bianica: ostruzione del valzello detto "Trozzo della Cavalla", frana del parcheggio ubicato su un terrapieno, ostruzione della strada con materiale;
 - zona Pizzone - Foppa: ostruzione strada detta "Trozzo degli Scapoli" e danni alla rete fognaria;
 - zona S.Rocco: danni alla rete fognaria e a muri di sostegno stradali;
 - zona Cambianica: completo dissesto della rete fognaria nei pressi della zona artigianale ed in località Rinaldi con danni al manto bituminoso stradale in via chiesa S.Michele e piazza S.Michele; strada pedonale tra Tavernola e Cambianica dissestata;
 - centro di Tavernola: danni a muri di sostegno stradali lungo via S.Pietro e alla tubazione fognaria lungo la stessa via; inghiaiamento del tratto terminale del torrente Rino con ostruzione del ponte lungo la strada statale 469 Sebina Occidentale ed esondazione del torrente;

I danni più ingenti si sono registrati nella zona di Cortinica e paiono associati a insufficienti dimensionamenti di manufatti, anche se l'eccezionalità dell'evento piovoso deve essere tenuta in considerazione. Per l'occasione viene segnalato dal prof. Mario Govi del G.N.D.C.I. del C.N.R. di Torino che *“l'alveo del torrente Rino appare diffusamente sconvolto anche nel suo tronco intermedio; depositi di materiale anche molto grossolani si alternano a tratti contraddistinti da forti processi erosivi”* e che *“durante la piena una notevole quantità di detriti e tronchi d'albero trascinati dalla corrente si è ammassata sotto il ponte della S.S.469 e sul suo lato di monte provocando un totale impedimento al deflusso delle acque che si sono riversate lateralmente e sopra il ponte stesso”* (sopralluogo del 9 agosto 1990).

Proprio a causa di questa situazione, viene affermato e verbalizzato che ***“in occasione di piene future il pericolo per la pubblica incolumità può essere considerato molto elevato”***. Infine vengono invitati *“tutti gli enti competenti ad avviare con somma urgenza ogni iniziativa per dare sicurezza all'abitato di Tavernola e alle frazioni attigue”*.

giugno 1993 danni di entità ridotta a strade ed opere pubbliche.

23 agosto 1993: avvallamento a Tavernola di parte della strada statale e della parte frontale di alcune abitazioni in corrispondenza dello sbocco della sorgente Roggino.

1994 erosione spondale lungo il piazzale antistante la caserma dei carabinieri.

27 giugno 1997: precipitazioni intense e torrenziali (maggiori a 100 mm in 12 ore alla stazione di Tavernola Bergamasca) provocano frane nel bacino idrografico del torrente Foppi (comune di Parzanica) e nella parte alta del bacino idrografico del torrente Rino (valle delle Tombe in comune di Vigolo e valle Negrignana, località Vasso, al confine tra i comuni di Vigolo e di Tavernola).

6. Osservazioni climatologiche

Lo studio dei dissesti di origine alluvionale necessita della disponibilità di dati climatologici relativi alla zona interessata o alle sue immediate adiacenze; in particolare sarebbe necessario possedere dati relativi a precipitazioni intense e di breve durata, poiché sono questi eventi ad innescare i dissesti di maggior entità.

Per questo motivo nello svolgimento di questo lavoro è stato ricercato il maggior numero possibile di dati tramite il Servizio Idrografico Italiano del Min. LL. PP. (Magistrato del Po), l'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura (sezione di Bergamo) ed anche Ditte private.

Presso il Servizio Idrografico Italiano sono stati acquisiti dati storici precedenti al 1945, relativi ad alcune stazioni pluviometriche ubicate nei dintorni del lago d'Iseo (Lovere, Iseo, Borgonato, Zone e Parzanica). Questi dati sono elaborati e pubblicati sugli Annali Idrologici e

su una monografia dello stesso S.S.I. (*Precipitazioni massime con durata da 1 a 5 giorni consecutivi - Bacino del Po - Parma*, Pubbl. n.25 del S.I.I. - fascicolo Xib, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma, 1948).

Le pubblicazioni dell'Istituto Sperimentale di Cerealicoltura, sezione di Bergamo (*Osservazioni meteorologiche 1958-1987: note di climatologia e ambiente - Provincia di Bergamo; Trentadue anni di osservazioni meteorologiche a Bergamo: ulteriori considerazioni sui dati del trentennio 1958-87, il biennio 1988-1989 - Provincia di Bergamo*) forniscono dati per un periodo compreso tra il 1880 ed il 1989 ed indicazioni riguardo all'andamento tendenziale della piovosità; ma si tratta di misure relative ad una zona di pianura, con caratteristiche idrologiche, idrografiche, geomorfologiche differenti rispetto all'ambito collinare o montano considerato.

Le uniche stazioni meteorologiche poste nelle immediate vicinanze dell'area di interesse e attualmente funzionanti sono quelle di Sarnico, gestita dal Consorzio di Bonifica dell'Oglio, e quella di Tavernola Bergamasca, proprietà di Lafarge Adriasebina; esse sono in funzione rispettivamente di cinquantuno e ventisette anni.

I dati acquisiti dalle diverse fonti sono tutti a cadenza giornaliera e quindi non sono del tutto idonei ai fini di uno studio sulle precipitazioni di massima intensità e breve durata; comunque essi permettono di correlare in modo indicativo gli eventi piovosi ed i dissesti verificatisi in concomitanza a quell'evento piovoso.

La stazione di Sarnico dispone anche di dati di piovosità oraria, alcuni dei quali sono pubblicati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico Italiano; tuttavia l'assenza di dati continui di questo tipo nell'arco di tempo preso in considerazione (ultimo cinquantennio) non permette l'utilizzo di questi valori con sufficiente affidabilità.

I dati della piovosità giornaliera forniscono comunque valori che permettono di calcolare le portate di piena, il trasporto solido e di valutare le soglie pluviometriche di innesco dei dissesti.

Oltre ai dati pluviometrici sono stati utilizzati anche quelli delle temperature atmosferiche, relativi alla sola stazione meteorologica di Tavernola (ditta Lafarge Adriasebina).

-----00000000000000-----

L'area di indagine è caratterizzata da un clima temperato subcontinentale con valori di temperatura media annua variabili tra 12,2°C e 12,4°C (cfr. grafico n.1) e con un'escursione di 35°C tra il mese più caldo (Agosto con 31°C) ed il mese più freddo (Gennaio con -4°C).

Questi valori sono rilevati alla quota del lago, dove la temperatura risente dell'effetto mitigatore dello specchio d'acqua. A quote più elevate, sopra i 900 m s.l.m., le escursioni divengono decisamente più considerevoli, con valori minimi che possono raggiungere diversi

gradi sotto lo zero. Le precipitazioni nevose interessano generalmente solo le zone a quote elevate, per altro con una permanenza al suolo limitata.

L'analisi delle precipitazioni per la stazione di Tavernola mostra un valore medio annuo di piovosità di 1489,8 mm (cfr. grafico n.2), con un regime di tipo sublitoraneo padano; in primavera vi è il picco di piovosità principale, mentre quello secondario cade o durante l'autunno (ottobre) o durante i mesi estivi (agosto). Il periodo meno piovoso è quello invernale (febbraio).

I valori di precipitazione annua registrati a Tavernola e quelli registrati a Sarnico mostrano un'ottima correlazione durante gli anni 70 e negli anni 80 (cfr. grafico n.3); al contrario si osserva una forte divergenza nei valori a partire dal 1989 sino ad oggi.

La stazione di Sarnico mostra un trend di inaridimento, con una diminuzione delle precipitazioni annue nel corso degli anni considerati, indicato dal decremento delle medie mobili e dall'andamento stesso del grafico; questa indicazione è ben correlabile con i dati dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura relativi alla stazione di Stezzano.

La stazione di Tavernola invece mostra un trend di inaridimento sino al 1988 seguito da un progressivo incremento dei valori di piovosità annua. A partire da quella data si mette in evidenza nel bacino di Tavernola una differente situazione climatica: essa si caratterizza anche per un graduale innalzamento della temperatura media annua, segnalato in diverse località, e per una maggior intensità delle precipitazioni di breve durata.

I dati di piovosità massima giornaliera della stazione di Tavernola Bergamasca (cfr tabella n.1) evidenziano proprio questa situazione. Piogge superiori a 100 mm giornalieri sono avvenute nel periodo compreso tra il 1989 ed il 1996 (il 1979 rappresenta l'unica eccezione, mentre occorre segnalare come nel 1997 vi sia stata una precipitazione nelle dodici ore superiore a 140 mm).

Le precipitazioni di massima intensità e breve durata sono caratteristiche del periodo estivo, come confermano i dati dell'Istituto Sperimentale di Cerealicoltura, e proprio nei mesi estivi si sono verificati a Tavernola quasi tutti gli eventi alluvionali con effetti disastrosi.

Confrontando i valori di massima piovosità giornaliera della stazione di Tavernola con quelle di Sarnico e di Parzanica, per i periodi di funzionamento relativi (cfr tabella n.1, n.2 e n.3 rispettivamente), si osserva una scarsa correlazione soprattutto tra le prime due stazioni; questo fatto rafforza la differenza già segnalata ed indica la peculiarità di ciascun bacino idrografico, come sottolineato da diversi Autori.

La diversità tra i due bacini è confermata anche dalla diversa incidenza dei dissesti al loro interno; infatti mentre nell'area di Tavernola sono segnalati frequentemente dissesti di origine alluvionale, anche se talvolta essi sono di modesta entità (cfr. elenco nelle pagine precedenti), nell'area di Sarnico l'ultimo grande evento alluvionale registrato è riferibile al 21 settembre 1979.

I valori della stazione di Sarnico dunque possono essere utilizzati unicamente in un intorno molto limitato che non comprende il territorio di Tavernola; invece i dati pluviometrici della stazione di Tavernola possono essere utilizzati tanto per il bacino del torrente Rino quanto per il territorio di Parzanica.

L'assenza di registrazioni pluviometriche orarie a Tavernola non consente di effettuare calcoli analitici e statistici accurati, necessari per individuare una soglia critica oltre la quale si verificano dissesti di tipo alluvionale. Infatti confrontando i dati di massima piovosità giornaliera della sola stazione di Tavernola è possibile notare come in corrispondenza dei due massimi di piovosità giornaliera registrati nel 1990 e nel 1992 di analoga intensità (178 mm), solo l'evento del 1990 abbia determinato dissesti nel territorio tavernolese.

Per avere una stima efficace delle precipitazioni utile nella previsione di eventi alluvionali che comportino rischi di danni al territorio occorrerà installare strumentazioni adeguate allo scopo.

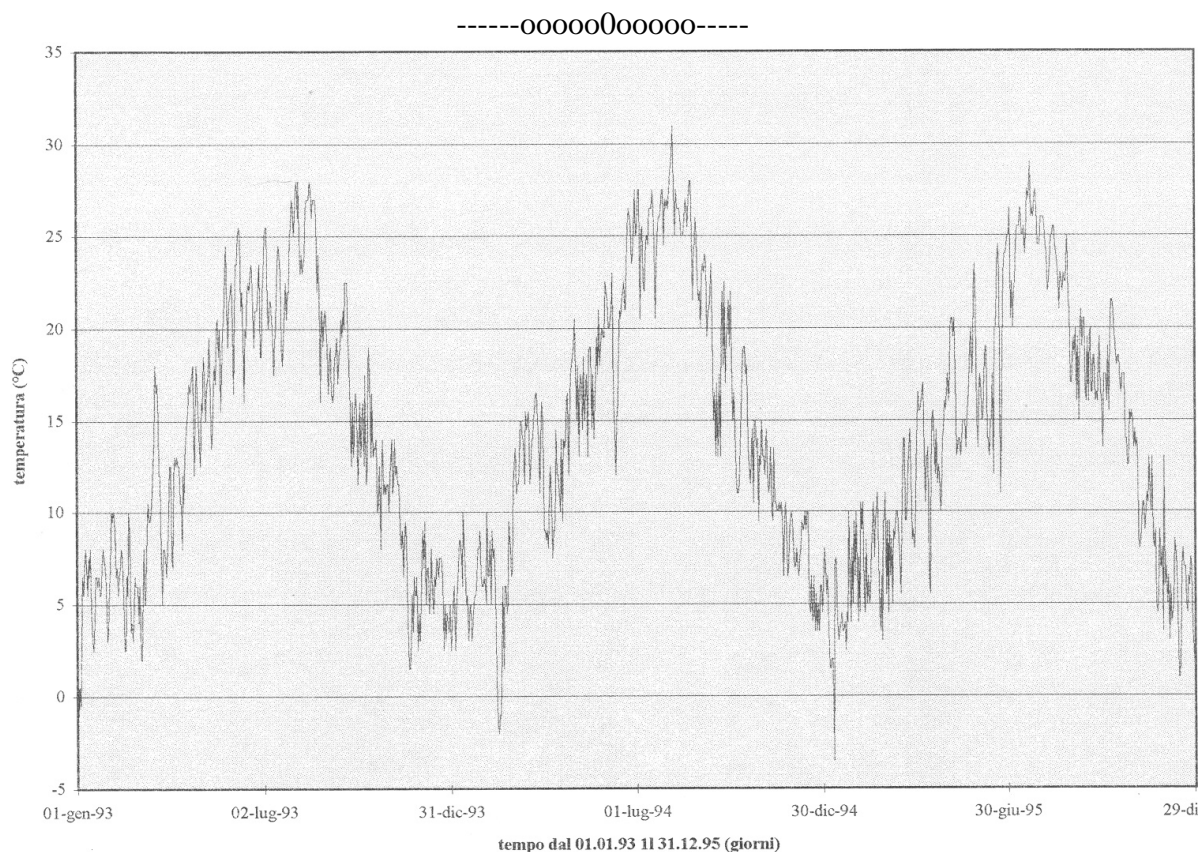


grafico n.1: temperature medie giornaliere alla stazione di Tavernola Bergamasca

TAVERNOLA BERGAMASCA
Studio dei principali dissesti idrogeologici
 GEOTER, 1997

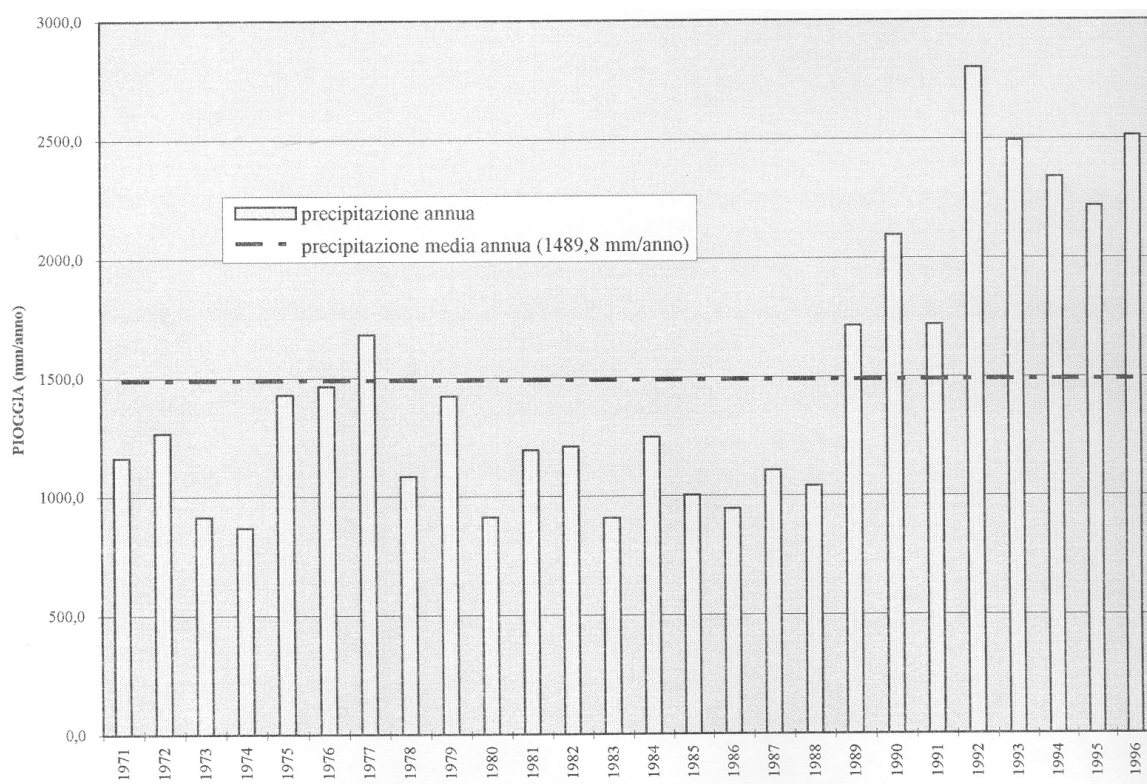


grafico n.2: piovosità annua alla stazione di Tavernola Bergamasca 1971 - 1996

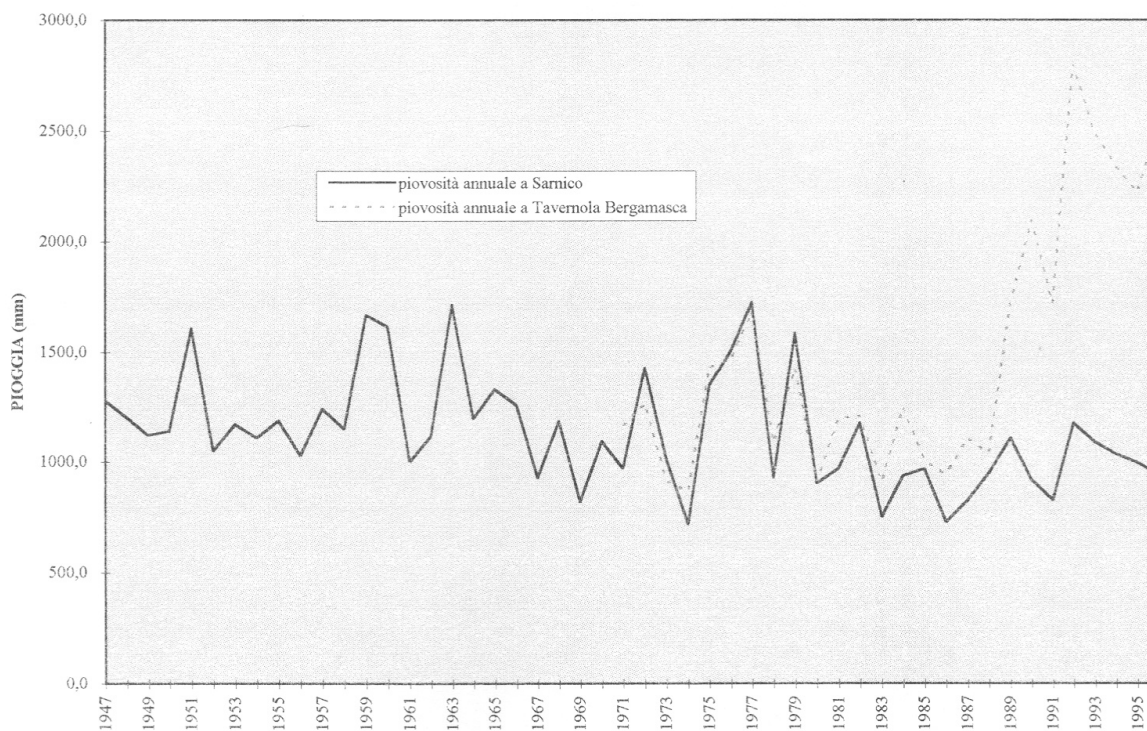


grafico n.3: confronto piovosità annua tra le stazioni di Tavernola Bergamasca e Sarnico

Tabella n.1: Precipitazioni di massima intensità con durata 1,2,3,4,5 giorni
 stazione di **Tavernola**; periodo 1971-1996 (dati forniti dalla società Lafarge Adriasebina)

numero casi	1 giorno		2 giorni		3 giorni		4 giorni		5 giorni		
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	
1	178,0	02/07/1990	225,0	18/06/1992	284,0	23/09/1993	292,0	23/09/1993	320,0	23/09/1993	
2	178,0	19/06/1992	224,0	26/08/1993	277,0	26/08/1996	277,0	25/08/1996	315,0	24/08/1996	
3	150,0	21/09/1979	207,0	02/07/1990	238,0	18/06/1992	243,0	17/06/1992	253,0	18/06/1992	
4	147,0	26/08/1993	197,0	26/08/1996	209,0	31/08/1994	222,0	30/08/1994	222,0	29/08/1994	
5	122,0	23/07/1995	163,0	20/09/1979	207,0	01/07/1990	207,0	30/06/1990	207,0	29/06/1990	
6	115,0	08/07/1994	154,0	01/09/1994	167,0	20/09/1979	173,0	20/09/1979	176,0	29/09/1976	
7	110,0	25/09/1989	140,0	11/10/1991	154,0	11/10/1991	168,0	11/10/1991	174,0	20/09/1979	
8	110,0	26/08/1996	130,0	12/09/1995	142,0	06/10/1977	159,0	03/08/1978	168,0	10/10/1991	
9	96,0	13/07/1991	111,0	11/10/1988	138,0	10/06/1995	149,0	09/06/1995	159,0	02/08/1978	
10	81,0	29/09/1976	110,0	02/09/1989	137,0	02/10/1976	142,0	05/10/1977	159,0	08/06/1995	
11	80,0	06/10/1977	107,0	06/10/1977	126,0	09/07/1989	137,0	01/10/1976	149,0	06/10/1977	
12	80,0	26/05/1981	105,0	16/10/1980	122,0	04/08/1978	126,0	08/07/1989	135,0	15/10/1980	
13	74,0	06/08/1978	99,0	05/08/1978	117,0	11/10/1988	125,0	15/10/1980	132,0	10/07/1989	
14	65,0	26/06/1987	95,0	02/10/1976	115,0	15/10/1980	121,0	11/10/1988	129,0	11/09/1975	
15	63,0	24/10/1980	95,0	25/05/1981	102,0	25/05/1981	102,0	24/05/1981	122,0	10/10/1988	
16	60,0	11/09/1975	92,0	23/08/1987	99,0	23/08/1987	99,0	22/08/1987	107,0	23/05/1981	
17	59,0	02/08/1983	72,0	15/02/1971	87,0	29/01/1986	92,0	29/08/1983	104,0	17/12/1983	
18	57,0	16/02/1971	71,0	30/01/1986	84,0	08/11/1971	91,0	07/11/1971	99,0	21/08/1987	
19	57,0	07/06/1985	66,0	14/09/1975	78,0	05/10/1982	87,0	05/05/1982	96,0	06/11/1971	
20	56,0	12/10/1988	66,0	05/08/1982	76,0	29/08/1983	87,0	28/01/1986	95,0	29/03/1984	
21	55,0	09/09/1986	62,0	07/06/1985	75,0	06/05/1985	82,0	16/01/1975	94,0	29/01/1986	
22	52,0	13/11/1982	61,0	31/08/1983	69,0	15/11/1975	80,0	28/06/1972	91,0	04/05/1982	
23	51,0	25/07/1984	59,0	28/03/1984	62,0	20/06/1973	77,0	19/05/1985	87,0	12/05/1972	
24	46,0	08/07/1973	54,0	21/06/1973	62,0	19/05/1984	72,0	18/05/1984	82,0	01/03/1985	
25	40,0	27/10/1972	53,0	27/10/1972	61,0	14/05/1972	63,0	20/06/1973	73,0	18/09/1973	
26	40,0	17/07/1974	44,0	26/08/1974	51,0	18/11/1974	61,0	23/06/1974	68,0	22/06/1974	
media annuale:		1489,8 mm									

Tabella n.2: Precipitazioni di massima intensità con durata 1, 2, 3, 4, 5 giorni
 stazione di Sarnico; periodo 1947-1996 (dati forniti dal Consorzio dell'Oglio).

numero casi	1 giorno		2 giorni		3 giorni		4 giorni		5 giorni	
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
1	223,0	22/09/1979	240,0	21/09/1979	243,0	21/09/1979	253,0	21/09/1979	288,5	15/10/1953
2	122,0	12/07/1976	155,5	08/11/1951	202,0	15/10/1953	246,5	15/10/1953	258,0	21/09/1979
3	115,0	13/06/1952	150,0	17/10/1980	173,0	17/10/1980	182,0	16/10/1980	202,5	08/11/1951
4	115,0	09/09/1986	138,0	12/07/1976	162,0	08/11/1951	168,5	08/11/1951	202,0	28/08/1976
5	111,8	27/06/1997	134,0	16/10/1953	153,0	25/09/1948	164,0	31/08/1965	187,0	16/10/1980
6	110,0	17/09/1960	133,6	27/06/1997	146,0	01/07/1965	164,0	28/08/1976	166,0	16/09/1960
7	92,0	23/10/1982	125,4	23/09/1993	138,8	23/09/1993	161,4	25/06/1997	164,0	31/08/1965
8	89,0	17/10/1980	115,0	13/06/1952	138,0	12/07/1976	153,0	25/09/1948	162,8	25/06/1997
9	85,0	17/10/1953	115,0	16/09/1960	135,0	27/06/1997	151,0	16/09/1960	158,1	23/09/1993
10	82,0	02/10/1967	115,0	09/09/1986	131,0	26/09/1959	145,8	23/09/1993	156,0	23/09/1948
11	81,4	19/06/1992	114,0	02/07/1965	125,0	01/07/1956	131,0	26/09/1959	137,0	03/11/1966
12	81,0	08/11/1951	112,0	23/10/1982	115,0	13/06/1952	130,0	03/11/1966	136,0	04/08/1982
13	79,0	27/05/1981	108,0	02/10/1967	115,0	16/09/1960	129,0	02/10/1967	131,0	26/09/1959
14	76,0	27/09/1947	108,0	17/09/1977	115,0	04/11/1966	125,0	01/07/1956	129,0	03/11/1963
15	76,0	07/08/1963	104,0	26/09/1997	115,0	17/09/1977	125,0	04/08/1982	129,0	02/10/1967
16	75,0	25/08/1987	101,0	07/07/1949	115,0	09/09/1986	115,0	13/06/1952	125,0	01/07/1956
17	75,0	23/06/1989	101,0	26/05/1981	112,0	23/10/1982	115,0	17/09/1977	125,0	07/10/1977
18	73,0	03/09/1965	100,0	04/11/1966	110,0	07/08/1963	115,0	09/09/1986	116,0	12/09/1975
19	70,0	14/11/1970	97,4	18/06/1992	110,0	02/10/1967	112,0	04/11/1963	115,0	13/06/1952
20	70,0	24/05/1990	91,0	24/08/1987	110,0	26/05/1981	110,0	06/08/1968	115,0	26/07/1972
21	69,0	01/07/1956	89,0	07/08/1963	109,0	07/07/1949	110,0	26/05/1981	115,0	09/09/1986
22	69,0	17/09/1966	87,0	27/09/1959	103,0	24/08/1987	109,0	07/07/1949	114,0	02/04/1958
23	68,0	08/07/1949	86,0	01/07/1956	98,0	07/05/1985	107,0	27/07/1972	113,0	03/08/1968
24	68,0	20/05/1977	84,0	07/10/1961	97,4	18/06/1992	104,0	19/11/1970	110,0	26/05/1981
25	66,0	14/09/1995	79,0	06/06/1988	95,0	20/11/1970	103,0	24/08/1987	109,0	07/07/1949
26	65,0	23/08/1988	78,0	25/05/1962	93,0	02/07/1989	101,0	02/07/1989	108,0	18/06/1992
27	64,0	08/10/1961	77,0	05/06/1969	90,0	11/06/1958	99,0	10/06/1958	105,0	30/06/1989
28	63,8	24/09/1993	76,0	17/11/1968	90,0	28/07/1972	98,0	07/05/1985	104,0	19/11/1970
29	60,0	30/07/1972	76,0	12/01/1978	85,0	05/06/1969	97,4	18/06/1992	103,0	24/08/1987
30	59,0	11/07/1957	76,0	07/05/1985	84,0	07/10/1961	97,0	12/01/1978	101,0	12/01/1978
31	59,0	18/11/1975	75,5	11/07/1955	84,0	05/06/1987	91,8	13/09/1995	99,0	26/05/1971
32	58,0	17/08/1950	75,0	23/06/1989	81,0	25/05/1957	88,0	27/05/1971	98,0	18/12/1983
33	58,0	14/05/1985	73,0	08/10/1964	81,0	13/07/1973	87,1	30/08/1994	98,0	07/05/1985
34	57,0	31/07/1959	72,0	27/06/1958	80,0	06/08/1968	87,0	24/05/1957	96,8	13/09/1997
35	57,0	15/07/1973	71,4	13/09/1995	78,0	25/05/1962	87,0	17/01/1975	96,0	21/11/1990
36	56,0	09/08/1964	71,0	17/08/1950	76,8	21/06/1996	85,0	05/06/1969	94,0	15/04/1962
37	55,0	05/09/1948	71,0	17/11/1975	76,0	12/01/1978	84,0	10/11/1961	93,0	24/05/1957
38	54,0	27/06/1958	71,0	19/06/1994	76,0	12/10/1991	84,0	26/03/1964	92,0	10/11/1961
39	53,0	11/07/1955	70,0	14/11/1970	75,5	11/07/1955	84,0	19/12/1983	91,8	13/09/1995
40	53,0	25/05/1962	70,0	02/06/1972	75,0	17/11/1975	84,0	05/06/1987	91,0	22/08/1954
41	51,0	25/06/1971	70,0	24/05/1990	74,6	31/08/1994	82,5	15/08/1950	91,0	06/10/1964
42	51,0	05/08/1978	67,2	27/08/1996	73,2	13/09/1995	81,0	13/07/1973	89,0	05/06/1987
43	50,0	22/12/1983	66,0	27/01/1948	73,0	08/10/1964	80,8	21/06/1996	86,6	21/06/1996
44	49,2	18/12/1994	66,0	26/05/1957	71,0	17/08/1950	80,5	13/08/1955	85,0	05/06/1969
45	49,0	17/11/1968	65,0	21/12/1983	70,6	24/05/1990	80,2	12/10/1991	83,0	26/01/1948
46	45,0	25/07/1991	64,0	07/06/1973	70,5	21/08/1954	79,5	27/01/1948	82,5	15/08/1950
47	44,0	06/06/1969	61,0	25/06/1971	69,5	26/01/1948	78,0	25/05/1962	81,0	13/07/1973
48	44,0	05/09/1984	61,0	12/10/1991	65,0	21/12/1983	71,0	21/11/1990	80,5	13/08/1955
49	43,6	28/08/1996	59,0	22/08/1954	64,0	08/11/1971	70,5	21/08/1954	80,2	12/10/1991
50	43,0	07/09/1974	47,0	04/05/1984	53,0	28/05/1984	64,0	04/06/1984	66,0	17/05/1984
51	36,0	23/08/1954	43,0	07/09/1974	43,0	07/09/1974	54,0	25/04/1974	65,0	25/04/1974
media annuale: 1033 mm										

Tabella n.3: Precipitazioni di massima intensità con durata 1, 2, 3, 4, 5 giorni
 stazione di **Parzanica**; periodo 1923-1944 (dati riportati dal Servizio Idrografico Italiano).

numero casi	1 giorno		2 giorni		3 giorni		4 giorni		5 giorni	
	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
1	171,0	03/10/1923	216,0	03/10/1923	216,0	03/10/1923	216,0	03/10/1923	230,0	24/09/1940
2	140,0	29/05/1940	160,0	29/05/1940	187,0	22/08/1934	208,0	09/11/1935	227,0	14/05/1926
3	115,0	22/08/1934	141,0	16/05/1935	178,0	15/05/1935	201,0	15/05/1926	219,0	13/05/1935
4	111,0	18/09/1935	138,0	17/05/1926	171,0	06/11/1934	190,0	24/09/1942	216,0	03/10/1923
5	101,0	27/08/1934	137,0	27/08/1934	170,0	16/05/1926	187,0	22/08/1934	212,0	02/10/1935
6	101,0	12/09/1935	136,0	06/06/1935	169,0	06/10/1937	187,0	02/10/1935	208,0	22/08/1934
7	95,0	07/06/1934	136,0	22/08/1934	160,0	29/05/1940	183,0	14/05/1935	208,0	09/11/1935
8	95,0	06/11/1934	127,0	07/10/1937	160,0	24/09/1942	181,0	04/06/1934	207,0	03/06/1934
9	86,0	17/05/1935	122,0	17/11/1935	158,0	26/08/1934	177,0	05/11/1934	177,0	05/11/1934
10	86,0	04/01/1936	116,0	06/11/1934	156,0	02/10/1935	169,0	06/10/1937	170,0	04/10/1937
11	76,0	17/05/1926	112,0	11/11/1935	153,0	10/11/1935	160,0	29/05/1940	161,0	13/04/1936
12	76,0	17/04/1936	111,0	02/10/1935	151,0	05/06/1934	158,0	26/08/1934	160,0	29/06/1940
13	71,0	17/11/1934	108,0	19/07/1923	123,0	06/11/1926	140,0	14/04/1936	158,0	26/08/1934
14	71,0	14/08/1935	106,0	09/04/1934	123,0	15/04/1936	130,0	17/07/1923	152,0	15/11/1940
15	70,0	22/11/1938	103,5	14/08/1937	122,5	13/08/1937	123,0	06/11/1926	145,0	04/11/1926
16	69,5	14/08/1937	102,0	16/11/1934	122,0	17/11/1935	122,5	13/08/1937	138,0	18/11/1935
17	68,0	08/10/1937	100,0	14/09/1942	113,0	18/07/1923	122,0	17/11/1935	131,0	16/07/1923
18	65,0	14/07/1934	97,0	16/04/1936	108,0	16/11/1934	122,0	17/09/1937	127,0	12/06/1940
19	65,0	25/07/1934	96,0	25/07/1934	106,0	09/04/1934	121,0	15/11/1940	126,0	17/09/1937
20	65,0	10/09/1934	92,0	07/11/1926	106,0	14/07/1934	117,0	11/03/1934	126,0	18/05/1938

7. Osservazioni idrologiche

Le modalità con cui si attivano i deflussi idrici superficiali vengono qui valutate innanzitutto tramite un'analisi morfometrica dei bacini idrografici; successivamente, in base anche a questi dati, vengono valutate le portate di massima piena e l'entità del trasporto solido, al fine di un corretto dimensionamento delle opere di sistemazione spondale e di regimazione delle aste torrentizie.

ANALISI MORFOMETRICA

Ciascun bacino idrografico è contraddistinto da proprie peculiarità litologiche, geomorfologiche e vegetazionali che determinano l'organizzazione e la tipologia dei deflussi idrici superficiali e dell'infiltrazione nel sottosuolo.

L'analisi morfometrica del bacino, ovvero lo studio di alcuni dei suoi parametri elementari caratteristici (area, lunghezza dell'asta, perimetro, pendenza media dei versanti, ordine gerarchico, lunghezza delle singole aste del reticolo fluviale, etc.), permette di ottenere informazioni concernenti le caratteristiche di deflusso ed il grado di maturità.

Le caratteristiche morfometriche sono esprimibili tramite opportuni parametri, i cui valori sono qui raccolti in apposite schede nei capitoli dedicati a ciascun bacino studiato.

I parametri generali sono l'*area* del bacino, la sua *superficie*, la sua *lunghezza* e la *pendenza media* dei versanti. Essi forniscono i valori necessari allo studio quantitativo dei deflussi superficiali ed i termini di confronto rispetto al teorico bacino maturo.

I parametri di forma indicano la discrepanza del bacino rispetto alla forma circolare, caratteristica del bacino teorico idrogeologicamente maturo; il *rapporto di forma*, quello di *allungamento*, l'*indice di circolarità* e l'*indice di compattezza* sono i parametri necessari alla corretta interpretazione del bacino.

I parametri relativi al drenaggio forniscono indicazioni specifiche riguardo le modalità dei deflussi superficiali. Occorre rilevare che una notevole influenza su questi parametri viene esercitata dalla scala di rappresentazione della cartografia disponibile, che nel caso specifico di questo studio è purtroppo solamente in scala 1:10.000.

Questi ultimi parametri sono maggiormente legati ai processi erosivi in atto. Il valore della *densità di drenaggio* in particolare è inversamente proporzionale alla permeabilità e direttamente proporzionale all'erodibilità dei litotipi affioranti; inoltre questo parametro è legato alle condizioni climatiche, alla copertura vegetale (valori minori in corrispondenza di fitta copertura vegetale) e all'acclività dei versanti.

Oltre al parametro della densità di drenaggio è importante l'esame della disposizione geometrica e dell'organizzazione dei reticoli idrografici; tale esame può contribuire all'individuazione delle tendenze evolutive dei bacini fluviali e alla determinazione delle modalità e delle velocità dei processi erosivi che in esso hanno luogo.

Lo stato di organizzazione del bacino viene valutato quantitativamente mediante parametri che esprimono il grado di gerarchizzazione delle aste fluviali presenti nelle diverse aree (HORTON-STRAHLER); questo studio è stato applicato alla valle Negrignana, alla valle Mondara e alla valle delle Pertiche, mentre le aste dei bacini della zona Foppa non sono identificati alla scala 1:10.000.

I vari rapporti di biforcazione permettono una valutazione quantitativa dell'evoluzione stessa dei reticoli. In particolare valori anomali del *rapporto di biforcazione medio del bacino* (intorno a 5 o superiori) indicano una scarsissima organizzazione gerarchica ovvero la presenza di terreni impermeabili o una tettonica particolarmente attiva; la valle Negrignana, con il valore di 4,75, è caratterizzata in gran parte da terreni e rocce poco permeabili.

L'*indice di biforcazione* fornisce invece indicazioni riguardo lo stadio evolutivo del bacino: valori tendenti a zero sono rappresentativi di bacini ben organizzati gerarchicamente ed in uno stadio maturo, valori superiori a due indicano invece uno stadio giovanile del bacino e di conseguenza un'accentuata erosione. Anche in questo caso il bacino più immaturo, con una maggior azione erosiva risulta essere quello della val Negrignana.

A completamento dell'analisi morfometrica quantitativa è stata eseguita un'analisi ipsometrica, ricavando una curva cumulativa relativa ai vari bacino idrografici; la presenza di un'accentuata convessità verso l'alto nei bacini delle tre valli principali indicano uno stadio relativamente immaturo dei bacini stessi con un'elevata propensione all'erosibilità. Le curve ipsografiche dei bacini della zona Foppa mostrano invece una concavità verso l'alto, indice di maturità ma anche di un bacino con una singola asta isolata.

Sono state calcolate per ciascun bacino le curve di fondo, in modo da caratterizzare visivamente la pendenza dell'asta principale; quest'ultima curva risulta importante in fase progettuale per definire il profilo di compensazione.

In relazione all'analisi ipsografica occorre infine osservare che l'elevata convessità di alcuni bacini è associata ad un abbassamento del livello del lago avvenuto in epoca non precisabile; questo fenomeno ha determinato la formazione di un profondo canyon lungo la valle del Rino e lungo la parte terminale dei suoi affluenti. Un'analogia situazione si verifica anche per la valle delle Pertiche e per i due bacini della zona Foppa. Questo abbassamento ha dunque causato un ringiovanimento di tutti i bacini con il conseguente incremento dei processi erosivi.

PORTATA DI PIENA

Il primo parametro valutato nello studio delle portate di massima piena è il tempo di corrivazione. Le formule utilizzate nel corso di questo studio sono quella di GIANDOTTI, che tiene conto di alcuni parametri morfometrici (area e lunghezza media del bacino e altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura) e quella di TOURNON E MERLO che, oltre a questi parametri, tiene conto della pendenza media del bacino e della pendenza caratteristica dell'asta principale.

$$t_c \text{ (Giandotti)} = \frac{4 * A^{-\frac{1}{2}} + 1,5 * L}{0,8 * h_{mr}^{-\frac{1}{2}}}$$

$$t_c \text{ (Tournon)} = 0,369 * \frac{L}{i_a^{-\frac{1}{2}}} * \left(\frac{A * i_a^{-\frac{1}{2}}}{L^2 * i_m^{-\frac{1}{2}}} \right)^{0,72}$$

dove: t_c = tempo di corrivazione in ore
 A = area del bacino in kmq
 L = lunghezza dell'asta in km
 h_{mr} = altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura in metri
 i_a = pendenza caratteristica dell'asta
 i_m = pendenza media del bacino

I valori ottenuti (riportati nelle schede relative ai singoli bacini) sono ben confrontabili e dello stesso ordine di grandezza. In particolare il valore più elevato di tempo di corrivazione (trentatre minuti) è quello del bacino della val Negrignana, il più esteso; mentre valori inferiori (dodici - venti minuti) sono stati calcolati per i bacini della zona Foppa.

Il calcolo delle portate di massima piena è stato eseguito utilizzando la formula di FORTI (1920) per piovosità massime giornaliere comprese tra 200 e 250 mm, quella di ISKOWSKI (1885) e quella di GIANDOTTI & VISENTINI (1940). Queste formule tengono conto in varia misura di alcuni parametri caratteristici del bacino quali l'area, la copertura vegetale, l'altitudine, la precipitazione media annua, il tempo di corrivazione, la precipitazione nel tempo di corrivazione e l'infiltrazione dell'acqua meteorica nel terreno (i valori sono riassunti nelle schede relative a ciascun bacino).

Poichè non è stato possibile valutare i tempi di ritorno in funzione delle registrazioni di piovosità disponibili, non sufficientemente attendibili, per inserire il valore della piovosità nel tempo di corrivazione si è tenuto conto della relazione del VISENTINI, che calcola le precipitazioni di breve durata in funzione della precipitazione giornaliera, prendendo il valore massimo registrato alla stazione di Tavernola Bergamasca.

$$Q_{\max} (\text{Forti}) = A * \left(2,35 * \frac{500}{A + 125} + 0,5 \right) \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} (\text{Iskowski}) = k * m * h * A \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\max} (\text{Giandotti-Visentini}) = \frac{C * h_c * A}{3,6 * t_c} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

- dove: A = area del bacino in kmq
 k = coefficiente funzione di altitudine, geomorfologia e vegetazione
 m = coefficiente della velocità di deflusso
 h = precipitazione media annua in m
 C = coefficiente di riduzione della piovosità per infiltrazione nel sottosuolo
 h_c = precipitazione nel tempo di corrivazione in mm
 t_c = tempo di corrivazione in ore

I risultati ottenuti per ciascun bacino mostrano sempre valori più elevati per la formula del Forti e valori minimi per quella di GIANDOTTI & VISENTINI. A tale proposito occorre notare che la formula del FORTI è stata ricavata per bacini montani, ma di dimensioni notevolmente più ragguardevoli rispetto a quelle in esame; d'altro canto la formula di GIANDOTTI & VISENTINI non tiene conto dell'effettiva precipitazione nel tempo di corrivazione, ma di un suo valore derivato e quindi probabilmente sottostimato.

La formula di ISKOWSKI, data anche la sufficiente correttezza dei parametri inseriti, sembra essere quella più affidabile. Proprio i valori ottenuti con questa formula sono quelli maggiormente in accordo con altri bacini idrografici di analoga entità ubicati in zone limitrofe al territorio Tavernolese (valle Seriana, valle Cavallina e val Camonica).

I valori di portata di massima piena sono quindi compresi tra 9 m³/s per la valle Negrignana e 2 m³/s per il bacino secondario della zona di Foppa.

TRASPORTO SOLIDO

Il trasporto solido è a Tavernola il processo geomorfico più pericoloso: ad esso sono collegati i danni maggiori nelle alluvioni, a causa della forza erosiva che esercita negli alvei e sulle strutture e soprattutto per il generalizzarsi del fenomeno, con l'innescare di fenomeni tipo *debris flow*. Proprio questi processi sono stati la causa di danni al centro abitato di Tavernola, alle frazioni, alle strade e alle reti acquedottistiche e fognarie nel corso di quest'ultimo cinquantennio.

Per il calcolo quantitativo del trasporto solido sono qui utilizzate le formule di SCHOKLITSCH (1962), poiché queste sono ritenute le più veritiere da diversi Autori (BENINI G., 1990; BATHURST J.C. & AL., 1987, WARBURTON J., 1990) relativamente al calcolo del trasporto di fondo dei corsi d'acqua. La relazione utilizzata è la seguente:

$$g = 2500 S^{3/2} * (q - q_{cr})$$

g = trasporto di fondo specifico (kg*m⁻¹*sec⁻¹):
S = pendenza del canale (m/m)
Q = portata specifica dell'acqua (m²*sec⁻¹)
q_{cr} = portata specifica critica dell'acqua (m²*sec⁻¹)

Per il calcolo della portata specifica critica dell'acqua è stata utilizzata la seguente formula, sempre di SCHOKLITSCH (1962):

$$q_{cr} = 0,26 * ((\rho_s/\rho) - 1)^{5/3} * d_{40}^{3/2} / S^{7/6}$$

ρ_s = densità secca = 2,65 t/m³
 ρ = densità dell'acqua = 1,0 t/m³
d₄₀ = diametro dell'asse medio delle particelle per cui il 40% del sedimento in un'analisi granulometrica è più fine.

Il parametro più incerto da inserire è d₄₀, poiché non esiste un'analisi granulometrica dei sedimenti costituenti gli alvei dei bacini interessati, rappresentati prevalentemente da terreni morenici ghiaioso sabbiosi con ciottoli; comunque una stima in base alle dimensioni medie dei ciottoli visibili lungo l'alveo permette di valutare questo diametro tra 0,05 e 0,10 m, anche in relazione agli eventi sinora verificatisi.

I risultati relativi al trasporto solido G espressi in kg/sec vengono calcolati moltiplicando il valore del trasporto di fondo g per la sezione dell'alveo, che è differente a seconda del bacino interessato; per la val Negrignana si possono raggiungere larghezze di sei metri con una media di quattro metri, mentre per i bacini della zona Foppa la stessa dimensione non supera i due metri, con un valore medio di un metro. Anche in questo caso i dati relativi al trasporto solido sono raccolti nelle schede relative a ciascun bacino.

Alla luce di questi valori occorre effettuare alcune considerazioni. I valori ottenuti dalla relazione di SCHOKLITSCH, forniscono solo l'ordine di grandezza del trasporto solido; infatti alcuni Autori (WARBURTON J., 1990) rilevano che questa relazione può portare a sovrastimare il trasporto solido anche del 111 % rispetto ai valori che si ottengono attraverso misure dirette (trappole torbiometriche).

Nell'alveo delle valli Mondara, Negrignana e delle Pertiche sono disponibili notevoli quantità di sedimenti alluvionali e/o morenici solo nel tratto mediano o iniziale degli alvei, nei quali tratti la pendenza specifica dell'asta risulta essere generalmente inferiore, diminuendo di conseguenza il valore del trasporto solido.

Durante l'evento eccezionale del 1990 la valle Mondara ha trasportato almeno duecento metri cubi di materiale corrispondente a circa 400.000 kg di detriti. Le osservazioni su questo evento fanno ritenere che i valori teorici calcolati portino ad una sovrastima di almeno il 50%. Su questa base si ritiene più probabile che il trasporto solido sia da indicare nell'ordine di 1.000 kg/sec nel caso di massima piena, valore medio relativo a tutti i bacini studiati.

8. Conclusioni e sistemazioni proposte

I bacini idrografici del territorio Tavernolese interessati da questo studio mostrano evidenti fenomeni di dissesto ed erosivi lungo tutte le linee di impluvio.

La morfologia di questi bacini è caratterizzata generalmente da un'ampia area di raccolta (compluvio), da disponibilità di materiale sciolto facilmente erodibile nella parte mediana dell'asta torrentizia e da una ristretta sezione di chiusura, spesso con un incremento della pendenza dell'asta proprio nella porzione terminale del bacino.

A tale situazione geomorfologica, che porta naturalmente a periodici fenomeni di trasporto solido con accumuli nella parte terminale del bacino, si aggiungono gli effetti dell'urbanizzazione delle aree allo sbocco delle vallecole affluenti nell'impluvio di ordine superiore (torrente Rino o Lago d'Iseo).

L'utilizzo dell'acqua come forza motrice nei tempi passati (via Molini nel centro storico di Tavernola non è certo casuale), e la presenza di aree moderatamente acclivi in corrispondenza delle conoidi ha favorito lo sviluppo edilizio vicino alle aste torrentizie, sino a costringere i corsi d'acqua lungo ristrette e forzate canalizzazioni all'interno dei centri abitati. Questo accade a Tavernola, a Gallinarga o a Casella e, anche recentemente, sono state edificate aree limitrofe agli alvei, sebbene esse siano state interessate da esondazioni in epoca storica, come a Cortinica.

Questo restringimento degli alvei, ovvero l'occupazione delle loro aree di naturale espansione durante le piene, in concomitanza di una diffusa edificazione, costituisce un fattore di rischio preoccupante per l'intera comunità tavernolese. Questo pericolo è già stato segnalato in passato, ma finora non si può dire che vi siano state azioni conseguenti. tanto che alcune linee di deflusso idrico sono state anche recentemente interessate da inter-venti di copertura, come la scalinata lungo il Trozzo di Lovera.

I disastri verificatisi il 2 agosto 1950 e quello del 2 luglio 1990 ed anche i pericoli segnalati da periti ed esperti di dissesti idrogeologici sono stati presto dimenticati, e anche in relazioni tecniche molto recenti, come quella sullo stato di fatto della rete fognaria dell'agosto 1997, si afferma che *“per Bianica, Cortinica e Campodosso, non si sono avute particolari segnalazioni e le varie deviazioni verso il Rino delle acque meteoriche sembrano sufficienti a preservare il sistema fognario da danni di piena”* ed inoltre che *“per Tavernola risulta praticamente impossibile pensare a sgravi della rete fognante delle acque meteoriche anche se è pensabile qualche piccolo intervento che recapiti le acque meteoriche direttamente nei collettori di sfioro a valle delle camerette da cui si originano”*. Qui si coglie come l'intervento tecnico sia valutato solo in ordine alla funzionalità di una struttura, vista in modo erroneamente e pericolosamente avulso dalla realtà idrogeologica dello stesso contesto territoriale.

L'Amministrazione comunale, comunque, a seguito delle indicazioni fornite nello studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale che recepiva gli eventi alluvionali cui l'area è stata e può essere ancora soggetta, sta cercando di intervenire per la soluzione almeno parziale di questi problemi idrogeologici e per questo fine ha commissionato questo studio.

Le proposte di sistemazione idrogeologica dei vari bacini sono descritte in dettaglio all'interno delle schede relative a ciascun bacino e sono riportate su alcune tavole grafiche (cfr. tavola 2a, 2b, 2c e 2d).

Le bonifiche dei bacini della val Negrignana, della valle Mondara e della valle delle Pertiche prevedono principalmente sistemazioni lungo le aste torrentizie, con la regimazione delle acque attraverso una serie di briglie in legname e pietrame, o l'inalveamento di alcuni tratti in roccia, soprattutto in corrispondenza degli attraversamenti stradali. Solo nel caso della valle Mondara si prevede la realizzazione di una vasca di calma o di espansione a monte dell'attraversamento stradale che porta a Negrignana.

Un intervento di regimazione particolare è quello previsto per la valle delle Pertiche, con un taglio, una deviazione parziale, dell'attuale alveo, per farlo confluire in quello immediatamente a Sud, evitando la brusca ansa appena a monte delle case della cooperativa di Casella.

Oltre a queste regimazioni sono previsti alcuni interventi di consolidamento delle scarpate con terre armate, viminate e chiodature in situazioni particolari nella valle di Mondara e nella valle delle Pertiche.

Infine l'intervento più rilevante ai fini della sicurezza riguarda i bacini che gravitano sulla località Foppa e sul centro storico di Tavernola, con la realizzazione di canali di gronda che allontanino l'acqua dagli stessi centri abitati. Per la corretta sistemazione di questa situa-zione

si prevede anche un approfondimento della parte terminale dell'alveo del Rino, in relazione all'ostacolo che in certe situazioni critiche può essere rappresentato dai due ponti che lo attraversano.

Per quanto riguarda gli avvallamenti verificatisi lungo la sponda lacustre in diverse posizioni del territorio Tavernolese, si ritiene che l'allontanamento delle acque con i canali di gronda dalla zona dell'abitato possa determinare un positivo abbassamento della componente di spinta da monte, che sempre contribuisce in modo significativo ad attivare questi disastrosi fenomeni. Sarebbe comunque importante a questo fine acquisire un rilievo batimetrico di dettaglio della sponda, proprio per avere delle indicazioni maggiormente dettagliate sui siti dove si verificano questi dissesti e per giungere alla loro eventuale previsione.

La corretta e dettagliata analisi degli eventi piovosi e delle portate di piena dei corsi d'acqua sarebbe oltremodo utile nello studio e nella progettazione degli interventi di bonifica, dunque riteniamo opportuno istituire una piccola (e poco costosa) rete di monitoraggio strumentale con il posizionamento di alcuni pluviografi a registrazione oraria continua. Essi potrebbero essere ubicati: uno nel centro di Tavernola, uno a Cortinica, uno presso la località Calchere ed un altro nella valle delle Pertiche nei pressi del bacino dell'acquedotto. La loro collocazione dovrebbe essere accompagnata dalla realizzazione di uno stramazzone di portata per lo meno lungo il Rino ed eventualmente lungo le altre aste secondarie.

Per quanto riguarda la priorità degli interventi si ritiene che il primo bacino idrografico da sistemare sia quello di Mondara e successivamente quelli della zona di Foppa. Questa serie di interventi porterà ad eliminare i grossi problemi verificatisi in passato nel centro di Tavernola. La priorità della sistemazione della valle di Mondara è associata al fatto che parte dell'acqua dei bacini Foppa verrà smaltita attraverso i canali di gronda nella valle Mondara stessa. Successivamente occorrerà intervenire sulla valle delle Pertiche per garantire la località Casella ed infine sulla valle Negriana.

Infine occorre segnalare che nel corso di questo studio si sono apprese notizie di dissesti riguardanti non solo i bacini studiati, ma tutta l'asta del torrente Rino ed i vari affluenti, sia in comune di Tavernola, sia in comune di Vigolo; in particolare segnalazioni di dissesti sono state registrate nella zona di Cambianica, lungo la valle del Rino di Vigolo e lungo la valle delle Tombe. Questo indica come auspicabile che venga presto preso in considerazione la sistemazione idraulica e idrogeologica di tutto il bacino sotteso dal torrente Rino.

GeoTer

dott. geol. Daniele Ravagnani
dott. geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, 2 ottobre 1997

La relazione completa con le cartografie originali, la documentazione fotografica, le schede morfometriche dei bacini e il computo metrico estimativo di massima per ciascun bacino considerato (relativi al 1997) sono disponibili presso gli uffici comunali, qui di seguito vengono allegate le singole relazioni di dettaglio per ciascun bacino con le valutazioni in merito ai dissesti e ad i possibili interventi di mitigazione del rischio. Per illustrare sinteticamente il lavoro sono state riprodotte le varie cartografie in formato A3.

ALLEGATI

Relazione di dettaglio “MONDARA”

Relazione di dettaglio “NEGRIGNANA”

Relazione di dettaglio “PERTICHE”

Relazione di dettaglio “FOPPA”

CARTA DEL DISSESTO “MONDARA”	tavola 1a
CARTA DEL DISSESTO “NEGRIGNANA”	tavola 1b
CARTA DEL DISSESTO “PERTICHE”	tavola 1c
CARTA DEL DISSESTO “FOPPA”	tavola 1d
CARTA DEI RIMEDI “MONDARA”	tavola 2a
CARTA DEI RIMEDI “NEGRIGNANA”	tavola 2b
CARTA DEI RIMEDI “PERTICHE”	tavola 2c
CARTA DEI RIMEDI “FOPPA”	tavola 2d

COMUNE DI TAVERNOLA BERGAMASCA

Provincia di Bergamo

STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI NEL TERRITORIO TAVERNOLESE

1997

“MONDARA”

1. STATO DI FATTO	pag. 1
2. SISTEMAZIONE	pag. 3

MONDARA

1. Stato di fatto

(cfr. tavola 1A e scheda A)

Il bacino del torrente Mondara è un'ampia conca all'interno della quale si trovano sedimenti glaciali quaternari, in particolare disposti a formare un pianoro presso cascina Mondara. L'asta torrentizia assume una precisa individualità solo a valle di questo pianoro ed è caratterizzata da deflussi in genere scarsi o nulli, anche a causa di forti perdite in alveo per infiltrazione sotterranea lungo un sistema di fratture. Solo in occasione di piogge intense o di prolungati periodi piovosi si osserva un consistente deflusso idrico.

Le caratteristiche morfometriche della conca denotano un bacino mediamente immaturo, caratterizzato da erosione nella sua parte mediana, in corrispondenza di terreni morenici e/o più genericamente di origine glaciale.

I rilievi geomorfologici eseguiti durante questo studio hanno messo in risalto gravi situazioni di dissesto lungo l'alveo, con erosioni pronunciate nel tratto compreso tra il terrazzo di Mondara e i 475 m s.l.m. In particolare si osservano tra il punto 1 ed il punto 7 erosioni delle sponde e del letto profonde circa un metro e larghe tre/quattro metri, oltre a eccessivi accumuli di materiale sedimentato nell'alveo stesso (sovralluvionamenti) presso la piccola sorgente a 525 m s.l.m.

La pendenza dell'alveo in questo tratto è compresa tra il 35% e il 18%, con un valore medio del 26%; procedendo verso valle si registra una progressiva diminuzione della pendenza con il conseguente accumulo di materiale in alveo.

In corrispondenza dell'attraversamento della strada per Negrignana, dopo l'alluvione del 1990, è stato ridimensionato il tombotto ed una decina di metri a monte è stata realizzata una piccola briglia di trattenuta. L'alluvione aveva causato in effetti l'ostruzione del vecchio tombotto e provocato l'uscita di acqua e detriti sulla sponda destra. Questa sponda a tutt'oggi risulta essere insufficiente al contenimento delle acque di piena, soprattutto nel caso si verificasse nuovamente un notevole trasporto solido come quello del 1990.

Una settantina di metri a monte della briglia esistente, sul versante sinistro è presente un profondo solco di erosione che si immette nella valle principale; esso è ingombro da detriti legnosi e di materiale vario scaricato dalle cascate limitrofe. Questo solco costituisce il collettore di acque ruscellanti da numerosi altri solchi d'erosione che interessano il versante sinistro del bacino principale, sotto la strada che sale a cascina Mondara.

L'alveo del torrente Mondara tra quota 475 m s.l.m. e l'attraversamento della strada di accesso a villaggio Bone presenta fondo e pareti rocciose con piccoli salti e la sponda destra è in qualche punto instabile a causa della disposizione a franapoggio degli strati rocciosi sui quali poggiano i terreni morenici. Questa condizione nel 1990 ha determinato i dissesti più gravi a seguito dell'esonazione del torrente lungo la strada all'altezza del tombotto di anzi

MONDARA

citato e al suo rifluire nell'alveo principale dopo poche decine di metri. Ancora oggi si vedono alcuni solchi di erosione causati da quell'evento, mentre in loco c'è una gabbionata realizzata per la sistemazione della scarpata a valle della nuova costruzione appena sotto la strada.

In questo tratto la pendenza dell'alveo è compresa tra il 23% e il 27%, con un valore medio del 25%. Nel dettaglio si osserva un incremento delle pendenze rispetto alla parte finale del tratto precedente e un'oscillazione dei valori di pendenza; quest'ultima caratteristica indica la presenza di salti di fondo naturali all'interno dell'alveo. Il tratto terminale è nuovamente subpianeggiante in prossimità dell'attraversamento della strada di accesso alla località villaggio Bone.

Presso questa località si nota un naturale allargamento dell'area di pertinenza del corso d'acqua e, per contro, un restringimento artificiale dell'alveo con la formazione di un piccolo canale e di un tombotto. Questo tratto è stato interessato da un consistente accumulo di detriti in occasione dell'alluvione del 1990 e attualmente si presenta come una strozzatura (tombotto) con una canalizzazione dotata di difese spondali sottodimensionate e scalzate alla base dall'erosione dell'acqua.

La briglia realizzata subito sopra l'attraversamento della strada per Negrignana trattiene ora il materiale solido trasportato dal corso d'acqua, almeno in condizioni di deflusso normale, ma la mancanza di altre sistemazioni a valle favorisce una forte erosione delle sponde.

A valle dell'attraversamento per Villaggio Bone si ha una brusca variazione di pendenza a causa dell'immissione della valle Mondara nella forra del Rino; la pendenza assume valori superiori al 90% e le pareti in roccia divengono subverticali (valle sospesa). Occorre notare che anche la stratificazione delle rocce tende a verticalizzarsi e che in questo tratto si verificano scivolamenti lungo strato, ribaltamento e/o stacco di blocchi con accumuli nell'alveo del Rino.

L'evento alluvionale del 1990, come quello del 1950, ha provocato danni soprattutto sul versante destro della valle, sotto l'attraversamento della strada per Negrignana. La zona a rischio attuale coincide con quella interessata da quegli eventi.

Il calcolo della portata di piena relativo alla sezione di chiusura del bacino fornisce valori di $5 \text{ m}^3/\text{s}$ ed un trasporto solido che può raggiungere 2700 kg/s . Per i detriti accumulatisi nel corso dell'ultimo evento alluvionale si stima un volume di circa 500 m^3 .

MONDARA

2. Sistemazione

(cfr. tavola 2a)

Una caratteristica comune a tutti i bacini esaminati durante questo studio deve essere valutata attentamente: si tratta della situazione di generale degrado in cui si trova il bosco. Sia lungo il corso d'acqua, sia nella parte alta del bacino imbrifero si osservano numerosi alberi caduti per malattia o per vecchiaia. Occorre quindi che ogni eventuale lavoro di bonifica idrogeologica sia accompagnato, se non preceduto, prima di tutto dalla pulizia dell'alveo dal legname presente e secondariamente dalla manutenzione del patrimonio boschivo, elemento quest'ultimo importante anche per la regimazione del deflusso delle acque meteoriche.

La sistemazione del bacino della valle Mondara, considerati i suoi caratteri geomorfologici e idraulici, dovrà essere realizzata soprattutto attraverso una corretta regimazione delle acque di deflusso in modo da garantire la diminuzione del trasporto solido e preservare l'alveo dall'erosione.

Si prevede che la regimazione delle acque avvenga attraverso la formazione di briglie per il rallentamento del deflusso idrico superficiale e per favorire il trattenimento del materiale solido trasportato. Poiché l'alveo nel tratto compreso tra i 650 m e i 500 m s.l.m. è largo circa tre metri e presenta erosioni spondali per circa un metro di altezza (sezione massima bagnata), le briglie potranno avere un'altezza di due metri ed una larghezza di sei metri, compresa l'immorsatura nelle sponde (cfr. tavola 2a).

Poiché si ha una variazione graduale di pendenza del torrente, in questo tratto si ritiene di modulare la distanza tra le briglie in funzione della pendenza attuale ottenendo una pendenza di correzione accettabile. Dunque tra quota 650 m e quota 600 m, per uno sviluppo di centoquarantadue metri, si prevedono otto briglie alla distanza di diciassette metri l'una dall'altra. Tra quota 600 e quota 525 per un tratto lungo trecento metri verranno inserite dodici briglie alla distanza di venticinque metri l'una dall'altra. Tra quota 525 e quota 475 m per un tratto di duecentocinquanta metri si costruiranno infine altre otto briglie alla distanza di trentatre metri l'una dall'altra.

A causa dell'erosione generalizzata dell'alveo si ritiene necessario inoltre prevedere un rinverdimento forzato delle sponde mediante la semina di sementi erbacee e la messa a dimora di talee completata con la posa di reti in materiale biodegradabile. Lo sviluppo areale complessivo di questa sistemazione spondale è di circa 3.000 m².

Il tratto di torrente compreso tra i 475 m e i 380 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada di accesso al villaggio Bone, presenta alveo roccioso, con salti di fondo naturali. In questo tratto ci sembra più opportuno prevedere un inalveamento modificando l'alveo con ulteriori salti di fondo ed eventuali briglie di rallentamento.

In particolare, nel tratto a monte dell'attraversamento della strada per Negrignana, la regolarizzazione dell'alveo avverrà abbassando il fondo dello stesso con salti alti due metri ogni venticinque metri, creando prima dell'attraversamento una vasca di calma che possa trattenere almeno 200 m³ di materiale; questa quantità è inferiore al valore teorico del trasporto solido, ma occorre tener presente che la realizzazione delle briglie ridurrà

MONDARA

drasticamente già a monte i detriti trasportati dal corso d'acqua. La realizzazione di tale vasca è da considerarsi come una sicurezza anche in caso di eventi eccezionali.

Considerata la larghezza dell'alveo, compresa tra tre e quattro metri, questa vasca di calma può essere realizzata tra due soglie successive creando una briglia selettiva a valle della vasca; quest'ultima briglia avrà dimensioni analoghe a quelle predisposte nel tratto a monte. L'unica differenza è costituita dal materiale con cui essa verrà realizzata e che, vista la funzione richiesta e la natura del terreno, è previsto sia muratura in c.a. con rivestimento in pietrame.

Poiché la sponda sinistra nei pressi dell'attraversamento della strada per Negrignana è molto bassa e facilmente l'acqua del torrente può esondare, con la modifica dell'alveo si prevede anche la costruzione di un muro di sponda, per una lunghezza di una quindicina di metri a monte della strada ed un'altezza di tre metri rispetto al letto del torrente; questo muro di sponda verrà realizzato in c.a. e pietrame.

Anche il tratto di alveo compreso tra la strada per Negrignana e la strada del villaggio Bone sarà modificato in maniera analoga al precedente, ovvero con salti di fondo di due metri in roccia distanziati tra loro di venticinque metri, e dotato di briglia di rallentamento sul lato di monte dei due attraversamenti stradali. Poiché queste briglie avranno solo funzione di rallentamento del flusso idrico vengono previste del tipo in legno e pietrame, alte due metri, larghe sei metri e spesse un metro.

La sistemazione del tratto in corrispondenza della strada del villaggio Bone prevede l'allargamento del tombotto esistente fino ad avere una larghezza di almeno quattro metri, poiché l'alveo deve essere allargato alla dimensione consueta di tre metri.

A valle della strada suddetta l'acqua potrà defluire liberamente nel tratto roccioso, ma al fine di limitare l'erosione lungo le sponde e l'accentuarsi della frana che interessa la roccia in sponda destra, si ritiene necessario un disgaggio della parete rocciosa ed un consolidamento con reti e chiodi d'acciaio; la superficie rocciosa interessata dal bonifica è di circa 450 m², mentre la posa di reti in maglia d'acciaio si può estendersi solo a 150 m².

Oltre alla riprofilatura dell'alveo è necessario impedire il progredire dell'erosione del terrazzo di Mondara, dove inizia l'alveo principale e dove sono presenti piccole nicchie di scivolamento del terreno. La sistemazione di questo dissesto può avvenire mediante la realizzazione di una muratura di sostegno in terre armate con geogriglia; la struttura avrà una lunghezza di venticinque metri e un'altezza di sette metri; al di sopra il terreno verrà regolarizzato e stabilizzato.

GeoTer

dott.geol. Daniele Ravagnani
dott.geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, 2 ottobre 1997.

COMUNE DI TAVERNOLA BERGAMASCA

Provincia di Bergamo

STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI NEL TERRITORIO TAVERNOLESE

1997

“NEGRIGNANA”

1. STATO DI FATTO	pag. 1
2. SISTEMAZIONE	pag. 3

NEGRIGNANA

1. Stato di fatto

(cfr. tavola **1B** e scheda **B**)

Il bacino della valle Negrignana è il più ampio di quelli considerati in questo studio ed è caratterizzato da un notevole accumulo di terreni morenici sul versante destro. L'asta torrentizia assume una sicura identità solo a valle della sorgente "Burù" (comune di Vigolo) ed è caratterizzata da deflussi superficiali di portata inferiore a 1-2 l/sec. Solo in occasione di forti precipitazioni o di prolungati periodi piovosi si osserva nell'alveo un consistente deflusso idrico, che può creare seri pericoli al versante meridionale del bacino presso le località Vasso e Negrignana.

Le caratteristiche morfometriche indicano per la valle di Negrignana un bacino mediamente immaturo, analogo a quello della valle di Mondara, caratterizzato da fenomeni erosivi nella sua porzione mediana e terminale, in corrispondenza dei terreni glaciali.

I rilievi geomorfologici eseguiti allo scopo hanno evidenziato situazioni di dissesto concentrate sia lungo l'alveo principale sia lungo gli impluvi secondari, erosioni accentuate soprattutto nei tratti che attraversano i terreni morenici. In particolare si osservano tra il punto 1 ed il punto 6 erosioni delle sponde e dell'alveo per profondità di circa un paio di metri e larghezze fino a cinque metri, con sovralluvionamenti localizzati soprattutto alla confluenza delle aste tributarie con la valle principale e lungo il tratto a valle della confluenza principale di Negrignana. Lungo le aste tributarie si segnala anche la presenza di accumuli di legna (fascine) derivati dal taglio di aree boschive.

Anche presso la sorgente "Burù" si osservano erosioni lungo il letto del torrente, soprattutto laddove questo interessa i terreni morenici; a causa di eventi alluvionali anche la captazione della sorgente, ubicata praticamente nell'alveo, è stata parzialmente danneggiata.

La pendenza delle aste tributarie nel tratto in cui esse attraversano i terreni morenici è compresa tra 30% e 25%, con un valore medio di 27%, mentre l'asta principale a valle della Sorgente Burù, sino alla quota 475 in corrispondenza del guado della strada sterrata che porta a Pressana, ha una pendenza compresa tra 22% e 12%, con un valore medio del 16%.

I dissesti più importanti, come smottamenti e piccole frane, si originano anche al limite del terrazzo di Vasso e di Negrignana, presso l'inizio dell'asta torrentizia; l'esteso bacino sotteso da alcune di questi alvei tributari permette la concentrazione di considerevoli quantità di acqua proprio in questi punti, a seguito di precipitazioni brevi ed intense.

L'alveo principale lungo il tratto compreso tra la 525 e 475 m s.l.m. presenta punti in forte erosione alternati a punti sovralluvionati; colmi di detriti ghiaiosi. La sponda destra è stata interessata da numerosi piccoli smottamenti per erosione al piede della scarpata; questi fenomeni hanno determinato nel 1990 la parziale rottura della tubazione dell'acquedotto ripristinata d'urgenza con una tubazione provvisoria tuttora in opera. Queste instabilità del terreno sono favorite dalla presenza di una zona sorgentizia ubicata circa a 570 m s.l.m. subito a valle della strada che da Negrignana conduce al pianoro di Vasso.

TAVERNOLA BERGAMASCA

*Studio dei principali dissesti idrogeologici
GEOTER, 1997*

NEGRIGNANA

A valle di questa zona vi sono tratti sovralluvionati con grossi blocchi e ciottoli, colmate che durante il deflusso normale sono attraversate da un ruscello sinuoso. Anche la presenza di vegetazione lungo sul greto del torrente indica come quest'ultima parte dell'alveo, prima di giungere all'attraversamento della strada che porta a Pressana, sia in condizioni tranquille. In questo tratto la pendenza media del torrente si riduce al 14%.

A valle dell'attraversamento il fondo dell'alveo diviene roccioso, con la presenza di alcune cascatelle che permettono un rapido raccordo della valle Negrignana alla profonda incisione del Rino. In quest'ultimo tratto si osservano stacchi di blocchi e scivolamenti degli strati rocciosi superficiali dovuti alla loro stessa disposizione a franapoggio. Il notevole incremento della pendenza del torrente è solo parzialmente indicato nella tabella relativa ai dati della curva ipsografica di questo bacino a causa della scala di rappresentazione della cartografia utilizzata.

Alla confluenza con la valle del torrente Rino si osservano abbondanti depositi ghiaiosi e ciottolosi successivamente erosi da entrambe i torrenti; questi depositi indicano che il trasporto solido della val Negrignana in occasione di eventi di piena può contribuire ad alimentare anche il torrente Rino.

L'evento alluvionale del 1990, così come quello del 1950, ha interessato soprattutto il versante destro del bacino e parzialmente la sua testata. I dissesti più evidenti, visibili ancor oggi, sono ubicati nella valletta che stabilisce il confine tra i comuni di Vigolo e di Tavernola Bergamasca e lungo l'asta della valle Negrignana sotto la confluenza con quest'ultima valle.

La strada che porta dal terrazzo di Vasso a Negrignana e poi a Cortinica svolge in parte il ruolo di canale di gronda; tuttavia a causa della sua elevata pendenza e della mancanza di adeguati recapiti nelle vallette tributarie della val Negrignana, l'acqua raccolta diviene eccessiva e ha provocato in passato danni notevoli alla strada stessa. Inoltre la scarsa regimazione delle acque meteoriche ruscellanti porta talvolta al loro deflusso incontrollato verso alcune vallecole secondarie, provocando smottamenti e dissesti che possono interessare anche la sede stradale.

La zona a rischio attuale, per la presenza di questa strada, è confinata soprattutto al tratto di versante compreso tra la stessa strada ed il fondovalle, espandendosi verso la sorgente "Burù" lungo l'asta torrentizia principale e gli altri impluvi secondari.

Il calcolo della portata di massima piena per questo bacino fornisce valori di 9 m³/s alla sezione di chiusura del bacino ed un trasporto solido che può raggiungere 3500 kg/sec. Al di là delle formule l'esame dei detriti accumulatisi nel corso dell'ultimo evento alluvionale portano a considerare una quantità di materiale trasportabile pari a circa 500 m³.

NEGRIGNANA

2. Sistemazione

(cfr. tavola n.2b)

Il patrimonio boschivo della valle Negrignana, soprattutto sul versante esposto a Nord, appare in condizioni decisamente migliori rispetto alla vegetazione esistente negli altri bacini studiati. Alcune aree sono soggette periodicamente al taglio e questa manutenzione ha il merito di garantire una corretta efficacia dell'effetto regimante del bosco.

D'altro canto occorre notare che queste aree sono sempre più frequentemente limitate alle sole fasce adiacenti la strada che collega Vasso a Negrignana e Cortinica, mentre la vegetazione lungo le sponde e nei settori più acclivi non è più mantenuta. Inoltre le modalità con cui vengono eseguite le operazioni di taglio determina spesso l'abbandono lungo il pendio (e talvolta negli impluvi) delle ramaglie scartate durante le prime operazioni di pulizia dei tronchi e questa situazione può comportare un danno anche notevole in occasione di precipitazioni intense (effetto diga).

Occorre dunque adoperarsi per svolgere una corretta manutenzione del patrimonio boschivo e soprattutto per provvedere alla pulizia dell'alveo con l'asportazione di sterpaglie, ramaglie, ceppaie e detriti legnosi. Questa operazione di pulizia riguarda gran parte del corso della valle Negrignana e dei suoi principali tributari per una complessiva lunghezza di circa millequattrocento metri lineari.

La sistemazione del bacino della valle Negrignana, date le sue caratteristiche geomorfologiche e quelle idrauliche dell'asta torrentizia, dovrà essere realizzata anche in questo caso attraverso una corretta regimazione delle acque di deflusso, integrata da alcuni consolidamenti alla testata degli impluvi tributari principali.

Occorre osservare che i dissesti che colpiscono questa vallata sono marginali rispetto a quanto accade per gli altri bacini considerati e proprio per questo motivo si ritiene che la sistemazione di questo bacino debba avvenire al termine della bonifica delle altre aste torrentizie. L'evento alluvionale qui infatti non coinvolge direttamente le persone, ma interessa un'infrastruttura del comune di Tavernola: la rete di adduzione della sorgente "Burù". A tale proposito si potrebbe pensare ad una nuova sistemazione della tubazione seguendo un percorso ubicato prevalentemente sul versante sinistro della valle, interessato da processi erosivi e di dissesto molto più limitati.

La regimazione delle acque si prevede avvenga attraverso la formazione di briglie che rallentino i deflussi, permettendo la sedimentazione del materiale trasportato. Poiché l'alveo nel tratto compreso tra la sorgente "Burù" e la quota 475 m presenta erosioni spondali di un paio di metri di altezza ed ha una larghezza di tre/cinque metri, le briglie potranno avere un'altezza di due metri ed una larghezza di sei-otto metri, inserendosi sufficientemente nelle sponde (cfr. tavola 2b).

Anche le principali valli tributarie della valle Negrignana incise nei terreni morenici dovranno essere correttamente regimate.

NEGRIGNANA

Poiché si ha una variazione graduale di pendenza dell'asta principale e di quelle tributarie occorrerà modulare la distanza tra le briglie in funzione della pendenza originale, ottenendo una correzione accettabile.

Le valli tributarie hanno una pendenza media del 27% e per ottenere una loro regimazione occorre realizzare una serie di briglie alla distanza di ventidue metri l'una dall'altra. In particolare saranno necessarie dodici briglie per il tratto della valle principale compreso tra Melcampo, la quota 675 e la quota 600 m s.l.m.; dieci briglie sono previste lungo la vallecchia tributaria maggiormente dissestata che discende dal pianoro di Vasso; altre nove briglie occorrono lungo la valletta ad Ovest di Negrignana e otto sono necessarie lungo la valletta a Nord della medesima località.

Lungo l'asta principale, dalla quota 600 alla quota 500 m s.l.m., potranno essere sufficienti sedici briglie alla distanza di quaranta metri l'una dall'altra.

Il tratto più a valle possiede già una pendenza che in condizioni normali consente la sedimentazione del materiale; la regimazione effettuata a monte non richiede la necessità di intervenire anche su questo tratto.

A causa dell'erosione generalizzata dell'alveo occorre inoltre prevedere un rinverdimento delle sponde mediante inerbimento forzato e piantumazione, ovvero mediante la posa di reti in materiale biodegradabile con la preventiva semina di sementi erbacee e la messa a dimora di talee. Lo sviluppo complessivo di questa sistemazione delle sponde è di circa 6.200 m².

Oltre alla regolarizzazione dell'alveo è necessario impedire il progredire dei cedimenti che si verificano all'inizio delle vallette tributarie della zona di Vasso e Negrignana; a tale scopo è sufficiente realizzare delle murature di contenimento in terre armate alte al massimo sei o sette metri con una lunghezza di una decina di metri ciascuna.

GeoTer

dott.geol. Daniele Ravagnani
dott.geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, 2 ottobre 1997.

COMUNE DI TAVERNOLA BERGAMASCA

Provincia di Bergamo

STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI NEL TERRITORIO TAVERNOLESE

1997

“PERTICHE”

1. STATO DI FATTO	pag. 1
2. SISTEMAZIONE	pag. 4

PERTICHE

1. Stato di fatto

(cfr. tavola 1C e scheda C)

La valle delle Pertiche è un bacino isolato, con un'asta principale che si immette direttamente nel Lago d'Iseo. Essa è costituita prevalentemente da terreni rocciosi; solo nella parte sua alta e in quella terminale si trovano terreni morenici prevalentemente ghiaiosi e, probabilmente, la minor estensione delle coltri superficiali è collegata con la minor pericolosità di questo bacino. Infatti non sono state raccolte notizie certe riguardo ad eventi alluvionali che abbiano causato danni a persone o cose, ma occorre tenere presente che proprio nel suo tratto terminale la valle è ora parzialmente ostruita a seguito del recente sviluppo urbanistico della zona di Caselle.

L'asta torrentizia delle Pertiche è normalmente percorsa da deflussi idrici di scarsissima portata, anzi l'acqua dovuta ad alcune sorgenti ubicate a q.370 m s.l.m. si infiltra normalmente nel substrato roccioso, in una fascia fessurata in corrispondenza del bacino dell'acquedotto. D'altra parte scaturigini sorgentizie sono più concentrate nella zona di via Moia, immediatamente a Nord di Caselle, e a monte di Gallinarga.

Le caratteristiche morfometriche indicano trattarsi di un bacino mediamente maturo, caratterizzato da dissesti principalmente associati allo stato di fessurazione dell'ammasso roccioso; più modesti sono i dissesti localizzati nella coltre morenica della parte sommitale del bacino.

L'asta principale attraversa i depositi morenici tra i 700 m e i 550 m s.l.m., creando un profondo solco, con sponde localmente interessate da modesti smottamenti. In questa zona, come su tutta la testata della valle dove sono diffuse coltri eluviali di limitato spessore, si osserva uno stato di profondo abbandono del patrimonio boschivo: alberi sradicati e detriti legnosi sono visibili lungo i numerosi sentieri, ormai quasi completamente abbandonati.

In questo tratto l'alveo ha pendenze elevate, comprese tra il 40% e il 60%, analoghe a quelle dell'asta tributaria di maggior estensione, proveniente dalla località Casello di Mondara; l'unica differenza che esiste tra questi due alvei è la diversa natura litologica del fondo: terreni morenici per il primo e letto roccioso per il secondo. Anche questa seconda asta presenta processi di erosione lineare accelerata, con un profondo solco in roccia, di altezza variabile tra uno e due metri.

Immediatamente a valle della confluenza tra questi due impluvi, che avviene già su fondo roccioso, la pendenza dell'alveo si attenua (20%), creando una soglia dove si è accumulato e si accumula materiale detritico di pezzatura grossolana trasportato in occasione di piene. In questo tratto la vegetazione del sottobosco è cresciuta abbondantemente nell'alveo.

Da questa soglia, che ha termine a 470 m s.l.m. circa, l'alveo scorre esclusivamente in roccia sino a pochi metri dal suo sbocco nel lago d'Iseo. L'orientazione dell'asta torrentizia è parallela alla direzione della stratificazione delle rocce, inclinata verso Nord di circa 40°. Questa situazione crea una valle fortemente asimmetrica: pareti più acclivi, dalle quali si

PERTICHE

possono staccare blocchi, sul versante idrografico sinistro, pareti inclinate circa 40° che mostrano frequenti scivolamenti lungo strato sul versante destro.

Questa particolare morfologia interessa soprattutto il tratto compreso tra 460 m e 275 m s.l.m. Il versante maggiormente in dissesto appare quello destro, anche perché la locale fessurazione dell'ammasso roccioso facilita gli scivolamenti di piccoli blocchi, che vanno ad accumularsi nel torrente.

La pendenza dell'alveo qui è molto elevata nonostante la presenza di alcune piccole cascatelle ed assume un valore medio del 40%; anche alcune vallette tributarie mostrano analogo carattere, con forte accumulo di detriti nell'alveo. Occorre notare anche come in questo tratto l'alveo sia praticamente rettilineo.

Sul versante destro della valle, a monte della zona che presenta scivolamenti lungo strato, esiste un sentiero profondamente inciso nella morena e un po' anche in roccia; esso funge da canale di gronda, portando parte dell'acqua che sgronda dal bosco Riviera verso la cascina di quota 410, vicina alla località il Dosso. In questo sentiero, canale improprio, si può attivare un notevole trasporto solido, che si incanala o nella valle di S. Giorgio in direzione di Gallinarga, o nella piccola valletta che si riinserisce quasi al termine della valle delle Pertiche.

Dai 300 m s.l.m. alla quota 275 m, in corrispondenza dell'attraversamento della strada che porta a Case il Monte, la pendenza dell'alveo si attenua decisamente, sino a valori del 15-20%. Questa condizione, assieme alla presenza di una briglia/guado presso lo stesso attraversamento, favorisce l'accumulo di materiale trasportato. Occorre notare la discrepanza tra quanto si osserva in loco, rispetto a quanto si riesce a valutare dalla cartografia in scala 1:2.000: la scarsa definizione della carta topografica è origine di grossolani errori nei calcoli delle pendenze.

Questo tratto è caratterizzato da un andamento sinuoso, dovuto forse ad un antico e più elevato livello del lago o, più probabilmente ad uno sbarramento glaciale. Sono presenti nella massa rocciosa fessure dirette N-S che provocano l'infiltrazione in sottosuolo di parte delle acque di deflusso. L'alveo è maggiormente incassato con pareti che sul versante sinistro raggiungono i quindici metri d'altezza e dalle quali si sono verificati distacchi franosi; mentre il versante sinistro mantiene la sua inclinazione analoga a quella degli strati, con scivolamenti di porzioni rocciose. La luce del ponte sembra essere sufficiente a garantire il deflusso delle acque di piena.

A valle dell'attraversamento della strada per Case il Monte l'alveo continua ad essere scavato in roccia, con la presenza di alcuni salti di fondo e cascatelle alti al massimo tre metri. Localmente si osservano accumuli di ghiaia dovuti prevalentemente al franamento delle scarpate o al distacco di piccoli blocchi; talvolta questi sono frammisti a rifiuti legnosi e/o ferrosi di piccole discariche. L'alveo, comunque incassato, presenta valori medi di pendenza superiori al 35%, ed un andamento pressoché rettilineo.

PERTICHE

A 190 m s.l.m., alle spalle delle case a Sud di via Caselle, l'alveo ha un brusco cambiamento: la sua pendenza diviene inferiore al 15% e il corso disegna una strettissima doppia curva a gomito. È questa la posizione più pericolosa di tutto l'alveo, ove nell'eventualità di elevato trasporto solido si può creare un'occlusione ed esondazione verso le abitazioni. Ad aggravare questa situazione vi è anche l'ostacolo frapposto dall'attraversamento dell'acquedotto del pozzo di Caselle.

In corrispondenza della seconda curva a gomito si ha l'immissione di un piccolo valzello in sponda destra; questo impluvio, anch'esso scavato in roccia ha una direzione parallela a quella dell'ultimo tratto della valle principale ad una distanza inferiore a cinque metri. Da questo punto l'alveo si dirige verso il lago, "regimato" mediante un muro sulla sponda sinistro a protezione delle case e con una serie di blocchi forse con funzione analoga sulla sponda destra.

Prima di immettersi nel lago l'alveo è coperto da un piccolo ponticello per permettere l'attraversamento della strada statale Sebina occidentale. In quest'ultimo tratto l'alveo è inghiaiato e pieno di materiale detritico che ne riduce la sezione e che può determinare l'ostruzione del tombotto stradale in caso di alluvione, con la fuoriuscita dell'acqua e del materiale trasportato lungo la strada stessa.

Avute alcune notizie riguardanti alluvioni che hanno interessato la zona di Gallinarga (5 agosto 1948), oltre ad esaminare questo bacino, nel corso di questo studio è stato preso in considerazione anche l'ultimo tratto della valle di San Pietro. In quest'ultimo caso il bacino sotteso è quello che giunge sino a Case il Monte, costituito per gran parte da materiale roccioso, con depositi morenici solo nella zona di Case il Monte e al suo sbocco nel lago.

Nel suo ultimo tratto l'alveo devia bruscamente di circa 70° e in questa posizione si osservano erosioni al piede di una scarpata conglomeratica. Da qui ha inizio una piccola conoide sulla quale sorge l'abitato di Gallinarga. Il torrente, anche in questo caso spesso asciutto, scorre a Sud dell'abitato in una canalizzazione artificiale, sfociando nel lago d'Iseo attraverso un tombotto che permette l'attraversamento alla strada statale.

In questo caso la situazione di pericolo è rappresentata dall'esigua luce del tombotto e del canale; questi nell'alluvione del '38 sono stati intasati dai detriti, provocando l'esondazione del corso d'acqua verso il prato immediatamente a Sud della frazione e verso le abitazioni di Gallinarga.

Il valore della portata di massima piena per il bacino della valle delle Pertiche, calcolato alla sua sezione di chiusura, indica portate superiori a 7 m³/s ed un trasporto solido che può superare i 5000 kg/sec; quest'ultimo valore assai catastrofico è dovuto principalmente alla forte inclinazione dell'alveo. Occorre dire che questi valori, già decisamente sovrastimati a causa delle formule normalmente utilizzate, nel caso considerato lo sono ancor più, poiché essi sono riferiti alla sezione di chiusura del bacino, mentre i tratti della valle sui quali intervenire si trovano a quote superiori, in posizioni più interne, dove le portate di piena sono molto più ridotte.

PERTICHE

2. Sistemazione

(cfr. tavola 2c)

La valle delle Pertiche è caratterizzata da un significativo stato di abbandono dei soprassuoli, che si nota soprattutto per la scarsa praticabilità di alcuni vecchi sentieri e dal pessimo stato di manutenzione del patrimonio boschivo. Proprio quest'ultima realtà, tipica di quasi tutti i bacini studiati, va opportunamente valutata. La pulizia degli alvei dai tronchi caduti e dai detriti legnosi, soprattutto nel tratto a monte dell'attraversamento della strada per Case il Monte è di fondamentale importanza per la salvaguardia del tratto a valle.

Anche la manutenzione di tutta la superficie boscata dovrebbe essere svolta periodicamente e con una particolare cura nell'allontanamento o nell'eliminazione di tutti i detriti legnosi prodotti dal taglio.

La sistemazione idraulica dell'alveo, considerate le sue elevate pendenze e la difficoltosa accessibilità della zona risulterà piuttosto disagiata. Essa tuttavia deve essere realizzata almeno in quei tratti meno pendenti dove è possibile rallentare la velocità dell'acqua e permettere il deposito di materiale in carico alla corrente. Inoltre è necessario deviare l'alveo principale nel tratto immediatamente a monte delle abitazioni di Caselle per evitare i disastrosi effetti che potrebbe avere l'esondazione verso gli stessi edifici.

Oltre a questi interventi di regimazione idraulica occorrerà prevedere la bonifica di una parte del versante destro della valle, ove si verificano scivolamenti dei terreni corticali lungo la stratificazione, con accumuli in alveo. E' opportuno infine raccogliere correttamente le acque piovane che ruscellano sullo stesso versante destro non permettendone il deflusso lungo il sentiero che scende in direzione di Gallinarga.

Nel tratto compreso tra la 700 m e 550 m s.l.m., lungo l'alveo che scende da Punta Alta occorre prevedere una sistemazione delle scarpate franose, mediante viminate e palificate in legname per uno sviluppo complessivo di circa ottocento metri. Inoltre dovranno essere realizzate due briglie in legno e pietrame a distanza di circa venti metri l'una dall'altra nell'ultima parte di questo tratto (quota 550) per rallentare il deflusso delle acque e permettere la sedimentazione del materiale trasportato. Date le caratteristiche dell'alveo le briglie dovranno essere alte un paio metri e lunghe una decina di metri.

Nel tratto compreso tra 500 m e 460 m d'altitudine, in corrispondenza di un'altra diminuzione di pendenza dovranno essere realizzate tre briglie in legno e pietrame dell'altezza di due metri a distanza di venticinque metri l'una dall'altra; la luce di queste briglie dato il restringimento della sezione dovrà essere di circa sei metri.

A 400 m s.l.m. circa l'alveo presenta un'altra soglia a minor pendenza, presso l'attraversamento di un sentiero. In questo tratto vi è già del detrito depositatosi naturalmente. Per facilitare la sedimentazione del trasporto solido è qui opportuno prevedere la realizzazione di un'altra briglia in pietra e legname di dimensioni analoghe a quelle immediatamente precedenti.

PERTICHE

Il tratto compreso tra questo punto e la quota 300 m s.l.m. ha forte pendenza e presenta numerosi dissesti, sebbene di piccola entità, quali scivolamenti lungo strato e decorticamenti del terreno. Questi fenomeni di instabilità tendono a progredire arretrandosi verso monte. Qui, oltre alla regimazione idraulica per consentire la trattenuta del materiale detritico presente e che si otterrà realizzando quattro briglie in legname e pietrame con dimensioni analoghe alle precedenti, occorrerà predisporre opere di presidio del versante destro.

In particolare, poiché i processi di degrado del versante sono dovuti soprattutto al ruscellamento diffuso di acque, è necessario provvedere a raccogliere ed allontanare queste acque realizzando un fosso di guardia in corrispondenza del sentiero prima citato, portando l'acqua a defluire verso la briglia a quota 400. La realizzazione di questo fosso di guardia in elementi prefabbricati in cemento, o in legname e pietrame, prolungata sino alla linea spartiacque della valle delle Pertiche con la valle di Case il Monte, potrà anche servire a raccogliere e deviare le acque ruscellanti lungo il sentiero che dalle cascate di bosco Riviera scende in direzione di Gallinarga. La lunghezza di questo fosso di guardia dovrà essere di circa 360 m con una pendenza del 3-4%. La sua sezione è da definire in funzione dalla scelta del materiale costruttivo: con elementi prefabbricati di cemento sono sufficienti sezioni di 0,25 m², mentre con legname e pietrame occorrono sezioni di 0,4 m² circa.

Oltre alla realizzazione del fosso di guardia si prevede di realizzare delle viminate per consolidare i terreni sciolti superficiali per un complessiva lunghezza di circa novecento metri, ovvero di costruire una serie di terrazzamenti con legname o pietrame.

Tra i 300 m e i 270 m s.l.m., in corrispondenza dell'attraversamento della strada che porta a Case il Monte, la pendenza dell'alveo diminuisce nuovamente, permettendo l'accumulo di materiale; ciò è dovuto anche alla presenza della briglia/guado appena sotto il ponticello. In questo tratto è necessario prevedere la realizzazione di quattro briglie in legname e pietrame di dimensioni analoghe a quelle utilizzate più a monte; le briglie dovranno avere una distanza di trenta metri l'una dall'altra.

Il tratto tra quota 270 m e quota 190 m, dove l'alveo subisce una brusca deviazione, è quello che occorre regolarizzare per evitare problemi alle abitazioni di Caselle. La presenza di un alveo secondario parallelo al principale a pochi metri di distanza verso Sud permette di proporre un taglio e una deviazione in sponda destra dall'alveo principale sino a raggiungere quello secondario e la regolarizzazione di quest'ultimo sino alla sua immissione nello stesso alveo principale. Si tratta di creare un tratto di alveo artificiale che elimini la brusca curva sopra le abitazioni di Caselle e che sia ben allineato con il tratto terminale.

Questa regolarizzazione interesserebbe un tratto lungo circa 100 metri. Contestualmente si costruirà una massicciata spondale in calcestruzzo e pietra-me per escludere definitivamente il deflusso delle acque nel vecchio alveo.

Per limitare le forti pendenze e limitare il trasporto solido che potrebbe intasare lo sbocco a lago della valle, a monte del nuovo tratto artificiale è stata prevista la formazione di quattro

PERTICHE

briglie in legname e pietrame ammorsate in roccia alla distanza di quindici/venti metri l'una dall'altra.

Il tratto terminale del torrente dovrà essere riprofilato e abbassato (per una lunghezza di 50 m circa) per ottenere una maggiore luce del tombotto di attraversamento stradale, prevedendo la sistemazione della sponda destra con una mantellata con pietrame e con eventuale impianto di talee per un tratto di circa venti metri.

Per quanto riguarda la sistemazione della valle alle spalle dell'abitato di Gallinarga occorre prevedere la realizzazione di una mantellata o di una difesa spondale con pietrame e talee sulla curva del torrente, per un tratto di circa trenta metri, e la formazione di due piccole briglie in legname e pietrame, una a monte e l'altra a valle del rinforzo spondale (dimensioni 2x1x6 m).

Anche in questo caso nel tratto successivo alla realizzazione delle briglie è necessario prevedere il rifacimento della canalizzazione canale esistente con un suo approfondimento ed un ampliamento della larghezza, in modo da ottenere una maggiore luce del tombotto della strada statale. Il rifacimento dell'alveo si prevede venga realizzato mediante la formazione di una massiciata ed una mantellata con pietrame annegato nel calcestruzzo, dunque una struttura impermeabile per evitare infiltrazioni d'acqua negli scantinati delle abitazioni di Gallinarga, rispetto alle quali l'alveo è e rimarrà comunque sopraelevato. La lunghezza del tratto sul quale intervenire con questa riprofilatura è di circa cento metri.

GeoTer

dott.geol. Daniele Ravagnani
dott.geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, 2 ottobre 1997.

COMUNE DI TAVERNOLA BERGAMASCA

Provincia di Bergamo

STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI NEL TERRITORIO TAVERNOLESE

1997

“FOPPA”

1. STATO DI FATTO	pag. 1
2. SISTEMAZIONE	pag. 4

FOPPA

1. Stato di fatto

(cfr. tavola **1D** e schede **D, E**)

In questa zona si considerano due bacini che si protendono dal monte Pingiolo verso il torrente Rino, ma che a causa di modificazioni naturali o antropiche intervenute in quest'area convogliano la maggior parte dell'acqua direttamente nel lago d'Iseo, dopo aver attraversato la frazione di Bianica ed il centro storico di Tavernola.

La causa naturale di questa deviazione è legata alla presenza di una conoide antica allo sbocco della valle del Rino. Questa, a causa di un repentino abbassamento del livello del lago in età postglaciale, è stata incisa dal torrente in un profondo cañon, e contemporaneamente lo stesso corso d'acqua ha iniziato a formare una nuova conoide più in basso. In questo modo la convessità della conoide antica ha costituito nei confronti delle acque ruscellanti dal versante un ostacolo al loro defluire verso l'asta del Rino, costringendole a scorrere all'interno della depressione della Foppa. Il costone che forma questa specie di spartiacque tra la Foppa e il Rino ha inizio a Bianica e prosegue almeno sino a via Molini nel centro di Tavernola.

Il bacino isolato da questa struttura morfologica (denominato **FOPPA A**) ha una estensione di 0,419 kmq ed è caratterizzato da terreni eluviali o da fondo roccioso a quote superiori ai 475 m s.l.m., mentre a quote inferiori vi sono terreni ghiaioso-sabbiosi di origine glaciale o alluvionale (conoide).

Qui non esiste un alveo individualizzato come negli altri bacini esaminati, tuttavia sui terreni morenici si osservano numerosi solchi d'erosione che confluiscono in un "collettore" detto Trozzo di Lovera, presso la località Pizzone. Questi solchi sono profondi circa mezzo metro e si trovano in corrispondenza soprattutto di alcuni vecchi sentieri, che probabilmente in passato avevano anche la funzione di fossi di drenaggio o di fossi di guardia a protezione delle aree prative coltivate.

Il concentrarsi dei deflussi idrici da questi solchi nel Trozzo di Lovera in occasione di precipitazioni intense e di breve durata determina un consistente trasporto di ghiaia e terra; questo materiale di solito si ferma presso Pizzone, ma in qualche caso, come nell'alluvione del 1950, raggiunge il centro storico di Tavernola.

Il Trozzo di Lovera è stato inalveato man mano nel tempo con l'innalzamento dei suoi argini; ciò sembra di poter dedurre osservando l'andamento delle curve di livello sulla cartografia disponibile ed anche la stessa morfologia della struttura. In tempi recenti, forse sottovalutandone la funzione, invece di garantirne la funzionalità si è completamente distrutto il suo assetto, in particolare laddove il Trozzo è stato attraversato da strade sterrate o asfaltate.

Presso Pizzone dove confluiscono i solchi d'erosione l'incanalamento è stato completamente distrutto, mentre un altro ostacolo lungo questa linea di deflusso è presente presso la località Foppa.

FOPPA

Il Trozzo di Lovera nel suo complesso non è soggetto ad alcuna manutenzione ed è ostruito da vegetazione infestante e in qualche punto da detriti legnosi e piccole discariche. Il degrado dell'originario assetto funzionale di questo "trozzo", dovuto allo sviluppo degli insediamenti abitativi in questa zona e all'impermeabilizzazione di alcuni altri vecchi sentieri (come il Trozzo di Pizzone), ha causato l'instaurarsi di differenti linee di deflusso superficiale, che hanno creato solchi di ruscellamento anche al di fuori del Trozzo di Lovera.

A partire dalla zona della Foppa il Trozzo di Lovera prende il nome di Trozzo degli Scapoli sino a dove confluisce nella vecchia mulattiera di S.Pietro. Questo tratto ha perso tutte le sue caratteristiche originarie ed attualmente è caratterizzato dalla presenza di una scalinata sotto la quale sono state poste una tubazione fognaria ed una tubazione di raccolta delle acque meteoriche che si dimostrano fortemente sottodimensionate.

Il Trozzo degli Scapoli è stato completamente sconvolto durante l'alluvione del 1950, così come anche parte della strada che da Foppa scende al cimitero e come la vecchia mulattiera di S.Pietro. Al giorno d'oggi il rischio che in caso di alluvione il fenomeno porti agli stessi effetti c'è ancora, anzi probabilmente esso è maggiore a causa della forte impermeabilizzazione del suolo intervenuta negli ultimi decenni e alla presenza dei muretti che delimitano le proprietà private e che conferiscono a via S.Pietro e alla mulattiera di S.Pietro la struttura di un vero e proprio canale.

Questo deflusso concentrato all'interno di Tavernola, che non ha sfogo se non lungo le strette vie del centro abitato, costituisce sicuramente uno dei problemi più gravi e dei pericoli maggiori del paese.

Oltre al rischio diretto a seguito di eventi alluvionali, la presenza di acqua nei terreni sottostanti, con moto di filtrazione verso il lago, può esercitare un ruolo determinante nei fenomeni di avvallamento che si verificano periodicamente sul lungolago Tavernolese. Questa ipotesi è avvalorata anche dall'ubicazione di questo tipo di dissesti. Occorre osservare infatti che essi sono avvenuti tutti in corrispondenza di linee di impluvio che solcano il versante; l'avvallamento del 1906 fu sulla prosecuzione del Trozzo degli Scapoli; quelli avvenuti davanti a Villa Sina furono in corrispondenza del Trozzo di S.Rocco e l'avvallamento del 1993 si è verificato allo sbocco della valletta che scarica l'acqua della sorgente Roggino.

"FOPPA B" è denominato in questo studio il bacino che gravita sul tratto di strada tra Bianica ed il ponte del Diavolo e sulla sorgente Milesi. Esso è di per sé in condizioni di serio pericolo; ha caratteristiche molto simili a quello che gravita su Tavernola. Infatti non ha un vero e proprio alveo; la sua parte che si sviluppa a quote più elevate è prevalentemente caratterizzata da boschi su terreni eluviali molto sottili; alcuni sentieri sono percorsi da solchi di erosione sino ad un "collettore" rappresentato dal Trozzo della Cavalla.

Proprio da questo "trozzo" iniziano i problemi più gravi. Esso si immette sulla strada che da Bianica porta a Cortinica e, oltre a non essere mantenuto, è anche ostruito al suo sbocco. La strada, come accade per il tratto più a valle presso il cimitero, ha le caratteristiche di un vero e

FOPPA

proprio canale, che raccoglie le acque e le riversa all'interno della frazione di Bianica, dove si sono avuti frequenti accumuli di detriti ghiaiosi a seguito di piogge intense.

Nel 1990 l'acqua e la ghiaia hanno attraversato la frazione riversandosi nella zona del parcheggio, costruito su un terrapieno, facendolo parzialmente franare. In altre occasioni, come nel 1950, l'alluvione si è sfogata anche lungo la strada che da Bianica porta alla Foppa, aumentando il carico di acqua e di ghiaia del bacino precedentemente descritto. Il pericolo maggiore è costituito proprio da questa strada che praticamente funge da canale di gronda, senza poter disperdere l'acqua in modo diffuso lungo il suo percorso e con una pendenza troppo elevata.

La strada Bianica-Foppa raccoglie tutta l'acqua del versante settentrionale del monte Pingiolo convogliandola verso i centri abitati. Il collettore fognario che la percorre non è in grado oggi di smaltire le portate di massima piena.

I deflussi disordinati dei bacini FOPPA A e FOPPA B costituiscono in alcune condizioni, che purtroppo si ripetono frequentemente, il pericolo più grave per i centri abitati di Bianica e di Tavernola e determinano anche la scarsa fruibilità del territorio indicata nello studio di supporto al Piano Regolatore Generale del comune. L'area a rischio ha dimensioni paragonabili a quelle del bacino della val Negrignana, ma qui la zona presenta una elevata densità abitativa.

Il calcolo della portata di piena fornisce valori alla sezione di chiusura di circa 3 m³/s per il bacino di Tavernola (Foppa A) e di circa 2 m³/s per il bacino di Bianica (Foppa B).

I valori calcolati del trasporto solido sono compresi tra 1500 e 2500 kg/s, sempre alla sezione di chiusura. Occorre precisare anche in questo caso che il valore teorico di 2500 kg/sec è poco significativo, poiché l'alimentazione nel bacino Foppa A avviene prevalentemente nella parte mediana del bacino ove sono presenti terreni sciolti e non nella parte terminale, che è completamente impermeabilizzata. Il valore teorico di 1500 kg/s relativo al bacino Foppa B è invece attendibile anche in pratica e può costituire un riferimento valido per entrambe i bacini.

Alla luce di questi numeri il problema della strada che funge da canale di gronda appare ancora più evidente e preoccupante, poiché tutto converge sul centro abitato di Tavernola.

FOPPA

2. Sistemazione

(cfr. tavola 2d)

La sistemazione di quest'area risulta alquanto problematica proprio per la presenza delle abitazioni; non è pensabile la ricostruzione di un solco vallivo, dal momento che essa richiederebbe la demolizione di parte dei fabbricati o di alcune infrastrutture esistenti.

Va anche detto che, ammesso che fosse praticabile, una soluzione di questo tipo non comporterebbe la riduzione del rischio idrogeologico per gli avvallamenti della sponda lacustre, poiché non verrebbe eliminata una delle componenti che li determina.

Riteniamo che l'unica soluzione possibile per la bonifica idrogeologica e la messa in sicurezza del centro di Tavernola sia quella di intercettare le acque di ruscellamento e quelle piovane a monte dell'abitato, portandole a defluire in punti che non creino rischi di alcun genere.

Per questo fine si prevede l'esecuzione di una serie di fossi di guardia da eseguirsi con elementi prefabbricati o con canalette in pietrame e legname, ubicati come indicato nella tavola 2d. Ciascun fosso avrà una pendenza del 3-4 % ed una sezione utile di 0,5 m², capace di smaltire almeno 1,5 m³/s.

Il **primo fosso** verrebbe realizzato a monte di Campodosso per uno sviluppo in lunghezza di circa 430 metri, partendo dalla quota altimetrica 480 m lungo lo spartiacque che separa il bacino Foppa A dal bacino Foppa B e svolgendosi in direzione della valle di Mondara, dove saranno recapitate le acque raccolte. Proprio per questo motivo si sottolinea la necessità di provvedere alla sistemazione della valle di Mondara, almeno nel tratto necessario, prima o contestualmente alla realizzazione di questa bonifica.

La realizzazione di questo fosso comporta anche la pulizia e la sistemazione del bosco su un'area di circa 4.700 m².

Il **secondo fosso di guardia** in progetto è lungo circa settecentocinquanta metri e, partendo da quota 420 m s.l.m. lungo lo spartiacque orientale del bacino Foppa A, con una pendenza del 3% dovrebbe raggiungere l'alveo del torrente Rino a valle di Cortinica, nei pressi del punto dal quale inizia la strada per il villaggio Bone. Questo fosso capterà anche gran parte dell'acqua del bacino Foppa A e contestualmente alla sua costruzione si prevede di sistemare l'area immediatamente a monte della località Pizzone con una serie di palizzate in legno e pietrame per una lunghezza complessiva di circa centocinquanta metri e con una serie di viminate che si svilupperanno in totale per trecento metri; viene anche prevista la pulizia del bosco per un'area di circa 13.500 m².

Per la sicura realizzazione del tratto finale di questo secondo fosso occorrerà consolidare la parete rocciosa nel punto dove il fosso confluirà nel Rino per evitare problemi di caduta massi o di erosione. Per questa sistemazione si prevede la pulizia ed il disgaggio della parete per

FOPPA

un'area di circa 500 m² e la posa di reti in aderenza in maglia d'acciaio per una superficie complessiva di 200 m².

Il **terzo fosso di guardia** lungo circa cinquecentosessanta metri sarà realizzato in modo che esso attraversi la strada Foppa-Bianica presso il piazzale che si trova a quota 310 m. Verso SO il fosso dovrà attraversare la valle del torrente Roggino, intercettandone le acque, e il Trozzo di S.Rocco; l'estremità occidentale del fosso raggiungerà quota 322 m. Questo fosso permetterà di captare anche le acque del Trozzo di Lovera nella parte non drenata dal secondo fosso di guardia.

Questa canalizzazione raggiungerà il torrente Rino; anche in questo presso la confluenza sono necessari alcuni interventi di consolidamento della scarpata detritica della valle del Rino: si prevede una serie di viminate che saranno realizzate previa pulizia dell'area (circa 2.800 m²). Queste viminate avranno complessivamente trecento metri di sviluppo.

Il **quarto fosso di guardia** verrà realizzato appena sotto il cimitero e la vecchia mu-lattiera di S.Pietro, in modo da captare l'ultima acqua residua eventualmente non intercettata dagli altri fossi e le venute sorgentizie della zona cimiteriale. La lunghezza del fosso è prevista in circa trecento metri, sviluppati tra le quote 210 m e 220 m; le acque raccolte verranno convogliate nel vecchio Trozzo di S.Rocco e da qui con circa altri ottanta metri di percorso raggiungeranno il lago. In questo caso è prevista la riprofilatura del "trozzo" mediante la formazione di due briglie di rallentamento in legname e pietrame e la realizzazione di un tombotto al di sotto della strada statale Sebina Occidentale. Le briglie avranno un'altezza di due metri ed una larghezza di cinque metri; il tombotto si precede con una luce di circa tre metri ed un'altezza di due metri.

Poiché questa sistemazione idrogeologica prevede di convogliare gran parte dell'acqua raccolta nel torrente Rino, necessariamente viene previsto il ripristino della parte terminale dell'alveo, con la pulizia dai detriti che lo ingombrano e una riprofilatura, in modo da abbassare il fondo (tratto di 180 m parallelo a via Valle). Si tratta comunque di un'operazione necessaria, considerando le caratteristiche geologiche del bacino del torrente Rino (cfr. relazione generale).

GeoTer

dott.geol. Daniele Ravagnani
dott.geol. Sergio Santambrogio

Ardesio, 2 ottobre 1997.



**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"MONDARA"

Tavola 1a
CARTA DEL DISSESTO
scala 1:2.000 agosto 1997

GeoTer

servizio pubblico di tutela del territorio di Tavernola Bergamasca e della Provincia di Bergamo

AREE URBANIZZATE: terreni rimarginati e/o coperti dall'edificazione, dalle reti viarie, da piazzali e simili.

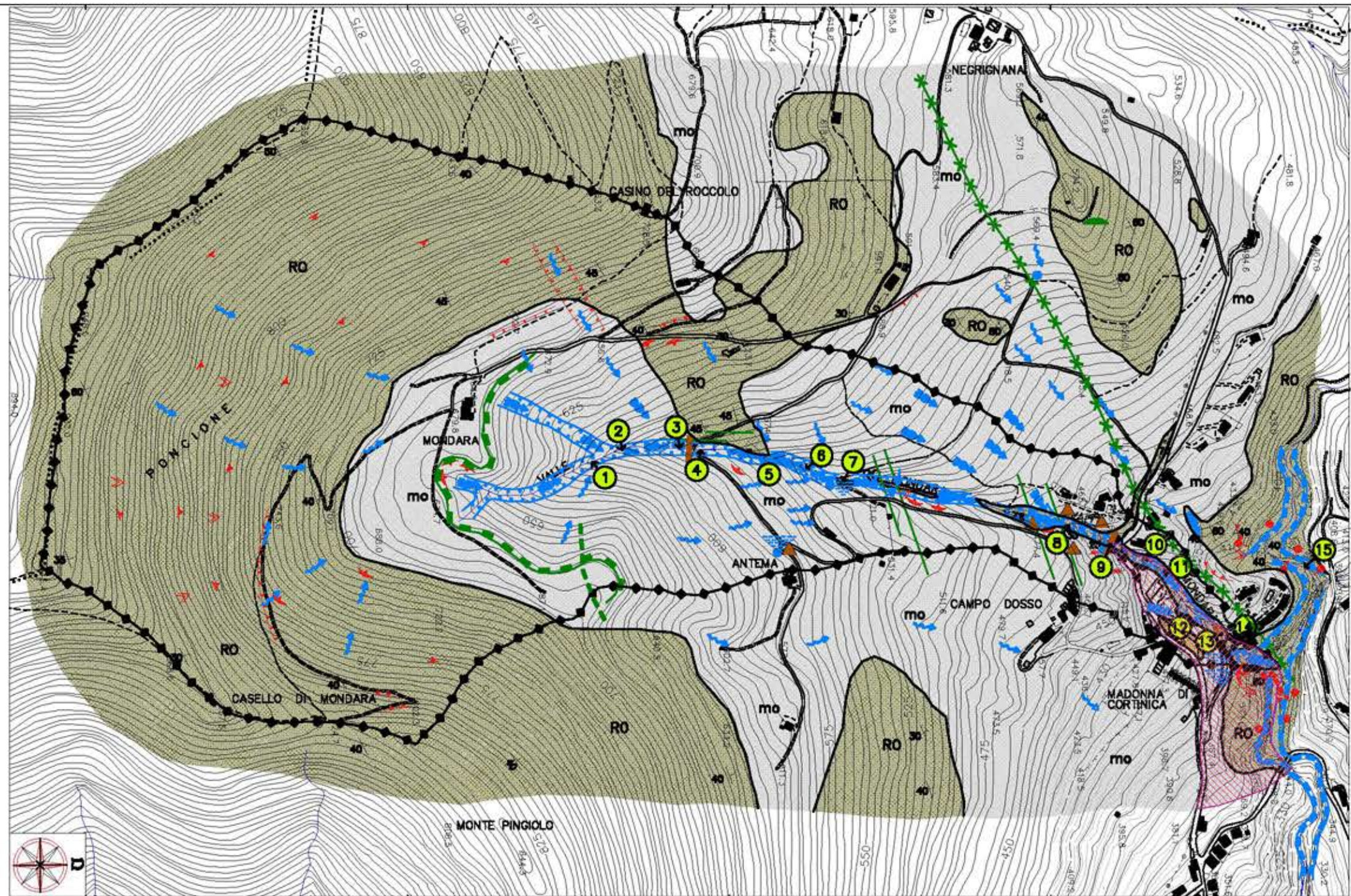
REPORTI E TERRAPENI: stabilmente e brevemente salde con stabilità del terreno elevata.

TORRENI MORNICI: ghiaie e ciottoli sciolti e in matrice sabbiosa-fine con il colore bruno; locali depositi interglaciali argillosi.

AFFIORAMENTI ROCCE: calcari marnosi e calciferi con areni e noduli di sabbia in strati decimetri o in tonnellate metri appartenenti al Calcare di Demone e al Calcare di Madonna Cortinica; arenarie con marne verticali appartenenti alla Formazione di Conosco e sabbie grigie della Formazione delle Rodolferi.

- faglia
- smembramento
- frattura
- impermeabilità degli strati
- ossa di stoffa
- spartacqua superficiale
- sorgente
- sorgente captata
- ritegno d'acqua

- corso d'acqua superficiale
- ruscellamento
- erosione fredda accelerata
- perdita in viva
- casuale
- oscillazione di alveo
- punti e direzione di principali inondazioni
- orlo di erosione frantumata in terreno
- orlo di erosione frantumata in roccia
- fessura
- sovralluvionamento
- orlo di erosione in terreno
- orlo di erosione in roccia
- decorrenza superficiale e/o alveo obliquo
- infiltrazione
- smembramento
- risalita di frana attiva
- movimento
- coinvolgimento di strati rocciosi
- sfacelo di blocchi
- corpo di frana
- accostamento di blocchi
- orlo di terreno mornico
- cordone mornico
- roccia mantovata
- discesa di lavai
- briglie e/o traversi
- difesa sponda
- drenaggio sotterraneo
- punto di ripresa fotografica
- area interessata da processi frantumati superficiali
- area a rischio





**COMUNE DI
Tavernola
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"NEGRIGNANA"

Tavola 1b
CARTA DEL DISSESTO
scala 1:2.000 agosto 1997

GeoTer

Studio geologico e idrogeologico del territorio di Tavernola Bergamasca e della frazione di Negrignana

AREE URBANIZZATE: terreni rimangiati e/o coperti dall'edificazione, dalle reti viarie, da piazzali e orti.

REPORTI E TERRAPIEDI: abitazioni e brucce isolate con sottali del terrapièdi strisciati.

TORRENTI MORENICI: ghiaie e ciottoli scelti e in matrice sabbiosa-fine con ciottoli bruno; locali depositi interglaciali argillosi.

AFFIORAMENTI ROCCE: calcari marnosi e calciferi con areni e noduli di sabbia in strati discontinui o in lami di matrice calcareo-arenosa con marne verticali appartenenti alla Formazione di Corno e alla griglia della Formazione delle Rodolani.

Tagli:

scossonamento

fratture

40/ **Interruzione degli strati**

oss di stoffe

spartacqua superficiale

sorgente

sorgente captata

ritagno d'acqua

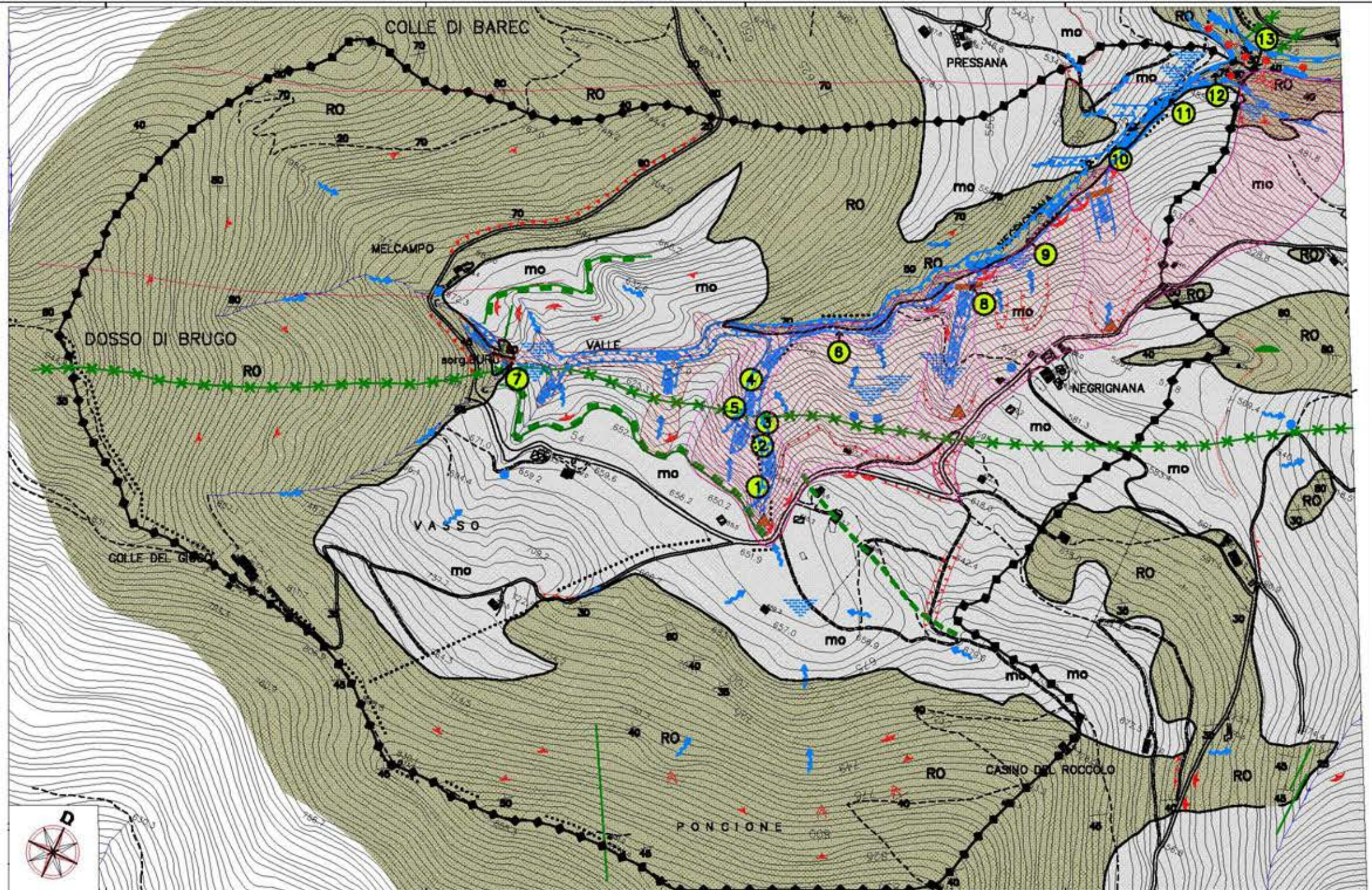
- corso d'acqua superficiale
- ruscellamento
- erosione freata accelerata
- perdita in viva
- canale
- oscillazione di alveo
- punto di direzione di portata sversatoria
- orlo di erosione frantumata in terreno
- orlo di erosione frantumata in roccia
- fessura
- sovrallineamento

- orlo di erosione in terreno
- orlo di erosione in roccia
- decorrenza superficiale e/o altra abbettuta
- infiltrazione
- smottamento
- rischio di frana attiva
- movimento
- coinvolgimento di strati rocciosi
- stracca di blocchi
- corpo di frana
- accostamento di blocchi

- orlo di terreno morenico
- cordone morenico
- roccia mantovata

- discesa di lavai
- briglia e/o traverso
- difesa spondale
- drenaggio sotterraneo
- punto di ripresa fotografica

- area interessata da procedimenti restrittivi difensivi
- area a rischio



STUDIO DEI PRINCIPALI DISSESTI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO TAVERNOLESE

"VALLE PERTICHE"

Tavola 1c
CARTA DEL DISSESTO
scala 1:2.000 agosto 1997

GeoTer
Società di studi di Ingegneria e Geologia
via S. Maria, 11 - 24012 Tavernola Bergamasca (BG)

AREE UMIDIFICATE: terreni disorganizzati e/o saturati dall'umidità, dalle falde sotterranee, da pianure a valle.

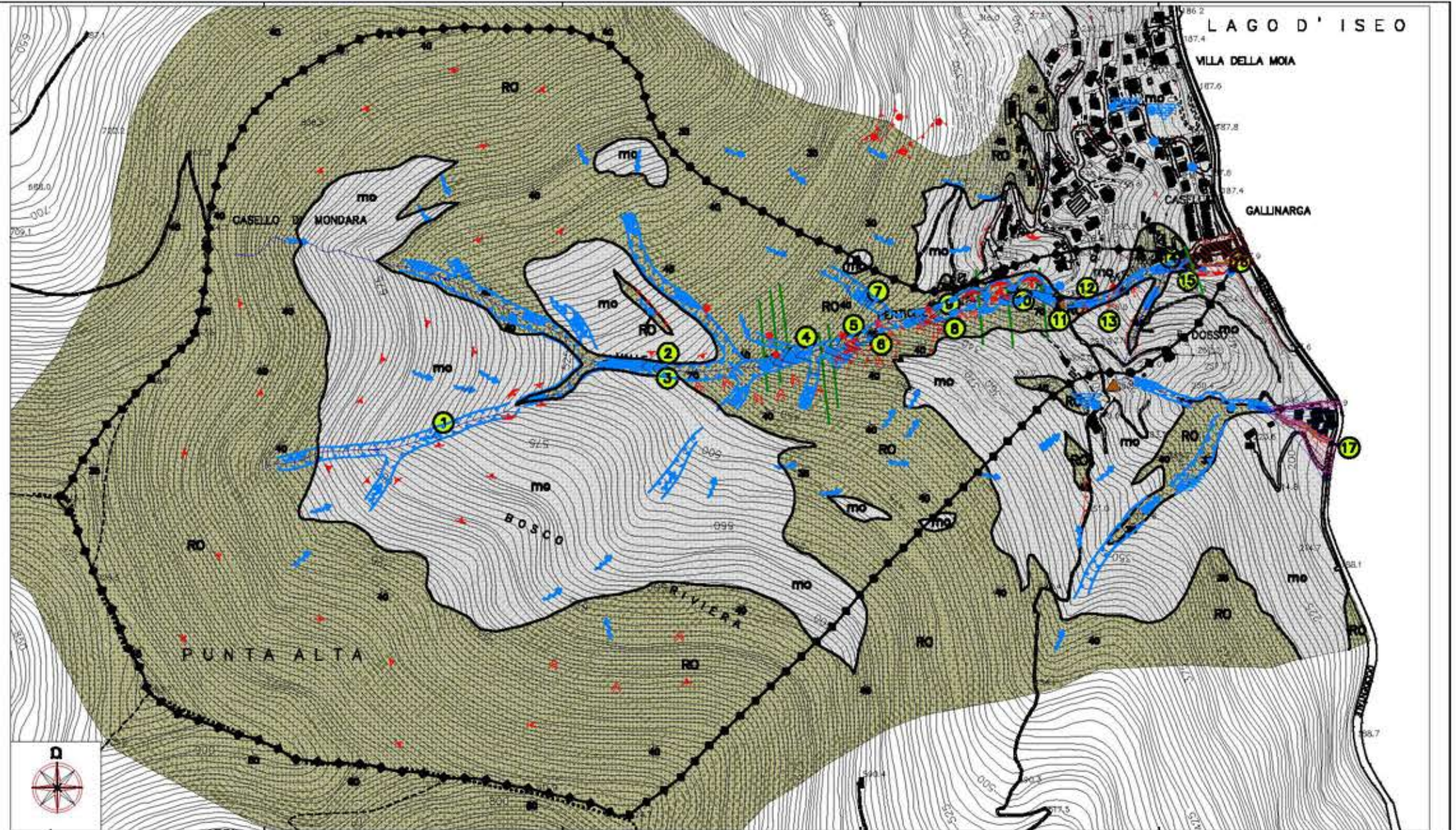
AREE E TENDENZE: stabilizzate o in fase di erosione con rischio di frangenti strutturali.

TERRINI SENSIBILI: ghiaie e sabbie saturate o in fase di erosione - Strati di natura argillosa con spaccature verticali originali.

AVVERTIMENTI: ROCCHE saturate o saturate con l'acqua o saturate di carboni fossili o di altri minerali o di altri materiali - Strati di natura argillosa con spaccature verticali originali - Strati di natura argillosa con spaccature verticali originali - Strati di natura argillosa con spaccature verticali originali.

- faglia
- sismotettonica
- frattura
- Versamenti degli strati
- zone di distacco
- perimetri superficiali
- sorgenti
- pozzi
- rifugio d'acqua

- zone d'acqua superficiale
- rimbombante
- eroso in fase moderata
- pendio in erosione
- stabile
- instabilità di strati
- perimetri di strati di natura argillosa
- perimetri di strati di natura argillosa
- perimetri di strati di natura argillosa
- zone
- sismotettonica
- stabile
- zone di erosione in lavoro
- zone di erosione in corso
- dissestamento superficiale a/o altro instabile
- soffocamento
- sismotettonica
- rischio di frangenti strutturali
- sismotettonica
- stabilizzazione di strati rocciosi
- strati di sabbie
- scarpate di strati
- sismotettonica di strati
- zone di terreno roccioso
- versanti erosi
- rimbombante
- discese di lastre
- frange a/o frange
- altre opere
- drenaggio sotterraneo
- punti di ripresa idrografica
- zone idrografiche di precedenti interventi idraulici
- zone a rischio





**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"FOPPA"

Tavola 1d
CARTA DEL DISSESTO
scala 1:2.000 agosto 1997



GeoTer
Sede sociale di Ponte di Lughet di Tavernola Bergamasca - 24040 - Italia. Numero Verde 800 200000

AREE URBANIZZATE: terreni drenagevoli e/o aperti dall'edificazione, dalle reti viarie, da piazzali e verili.

REPORTI E TERRAPIEDRE: pietre e blocchi scolti con sabbia dai terreni strutturali.

TERRENI MORENICI: ghiaie e ciottoli scolti e in matrice sabbiosa - Strati di colore bruno, locali depositi interglaciali argillosi.

TERRENI DEIRITICI: ghiaie e ciottoli apicali frequentemente poliarctici, porre sabbie. Locali depositi transglaciali (corp. Roggno).

TERRENI DI CONGLO: ciottoli, ghiaie e sabbie con locali interconglomerati calcarei in corpi beniferenti i depositi più antichi appaiono cementati.

AFFIORAMENTI ROCCIOSI: calcari marziali e calcari con limi e noduli di selce in strati dendroclinali o in lastre marziali appartenenti al Calcare di Dosso e al Calcare di Madonna colatai associati con marne varicolori appartenenti alla formazione di Concesio e sabbie grigie della formazione delle Beldicelle.

fratture
40/
interazione degli strati
cani di struttura

spartizione superficiale
sorgente
sorgente captata e pozza
follage d'acqua

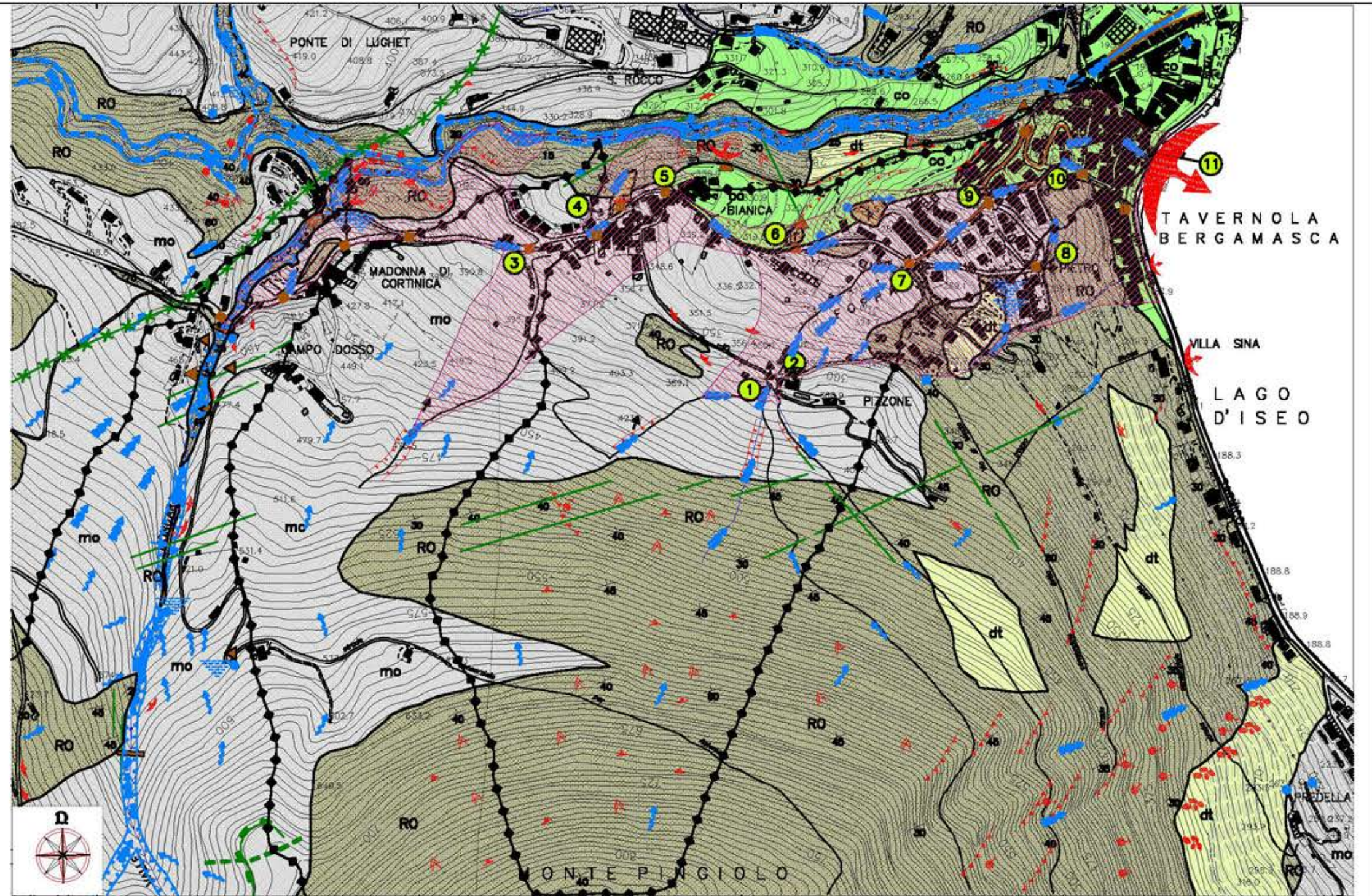
- corso d'acqua superficiale
- ruscamento
- erosione frane accelerata
- perdita in cava
- cascati
- oscillazione di alveo
- punti e direzione di possibile oscillazione
- orlo di erosione fuorviante in terreno
- orlo di erosione fuorviante in roccia
- forre
- smottamento

- orlo di erosione in terreno
- orlo di erosione in roccia
- dissestamento superficiale e/o altro sbalzo edifluo
- smottamento
- rischio di frane attive
- scossonamento
- sollevamento di strati rocciosi
- strati di blocchi
- corpo di frane
- smottamento di blocchi

- orlo di lavaggio marziale
- cordone marziale
- roccia mantolata

- discarica di inert
- briglie e/o traversi
- difese spondali
- drenaggio sotterraneo
- griglia raccolta acque piovane

- punto di ripresa fotografica
- area interessata da procedimenti formativi strutturali
- area a rischio





**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"MONDARA"

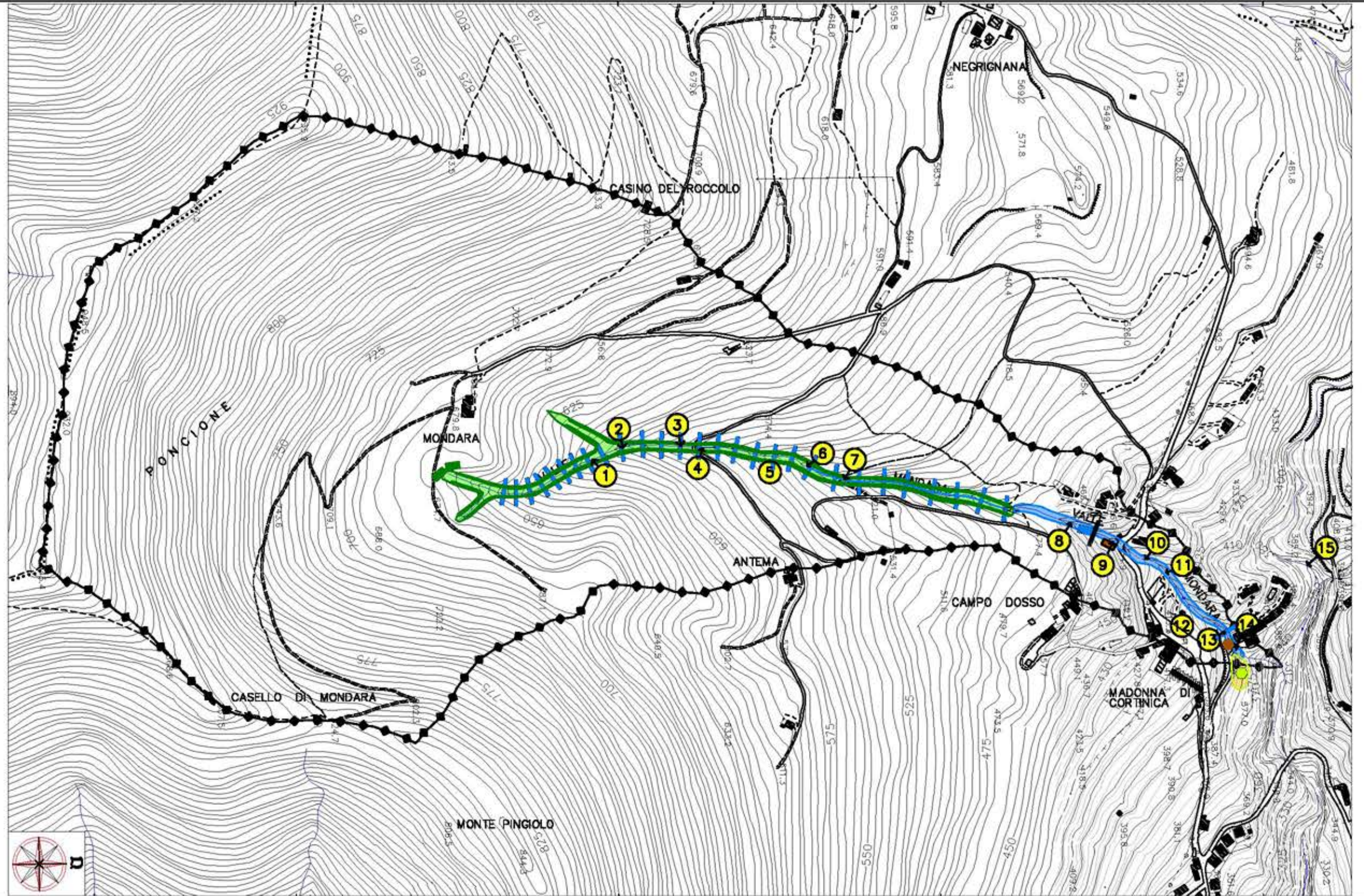
Tavola 2a
CARTA DEI RIMEDI
scala 1:2.000 settembre 1997



GeoTer

servizi geologici di progetto nel territorio di Taverno Bergamasca e lungo l'autostrada
SS 9 in Val Seriana - Val San Giacomo (Gruppo) - Val San Felice (Gruppo) - Val San Giacomo

- sporteque superficiali
- punto di ripresa fotografica
- dissestamento e pulizia dell'altivo
- riprofilatura, regolarizzazione e/o inasamento
- vase di sedimentazione
- briglia in legno
- briglia in muratura
- masselciata e/o montata in muratura e pietrame
- rivernimento spondale
- formazione di tombotto
- fossa di guardia
- palificata
- venata
- terre armate
- pulizia e distacco di parete rocciosa
- reti di tenuta addossate





**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

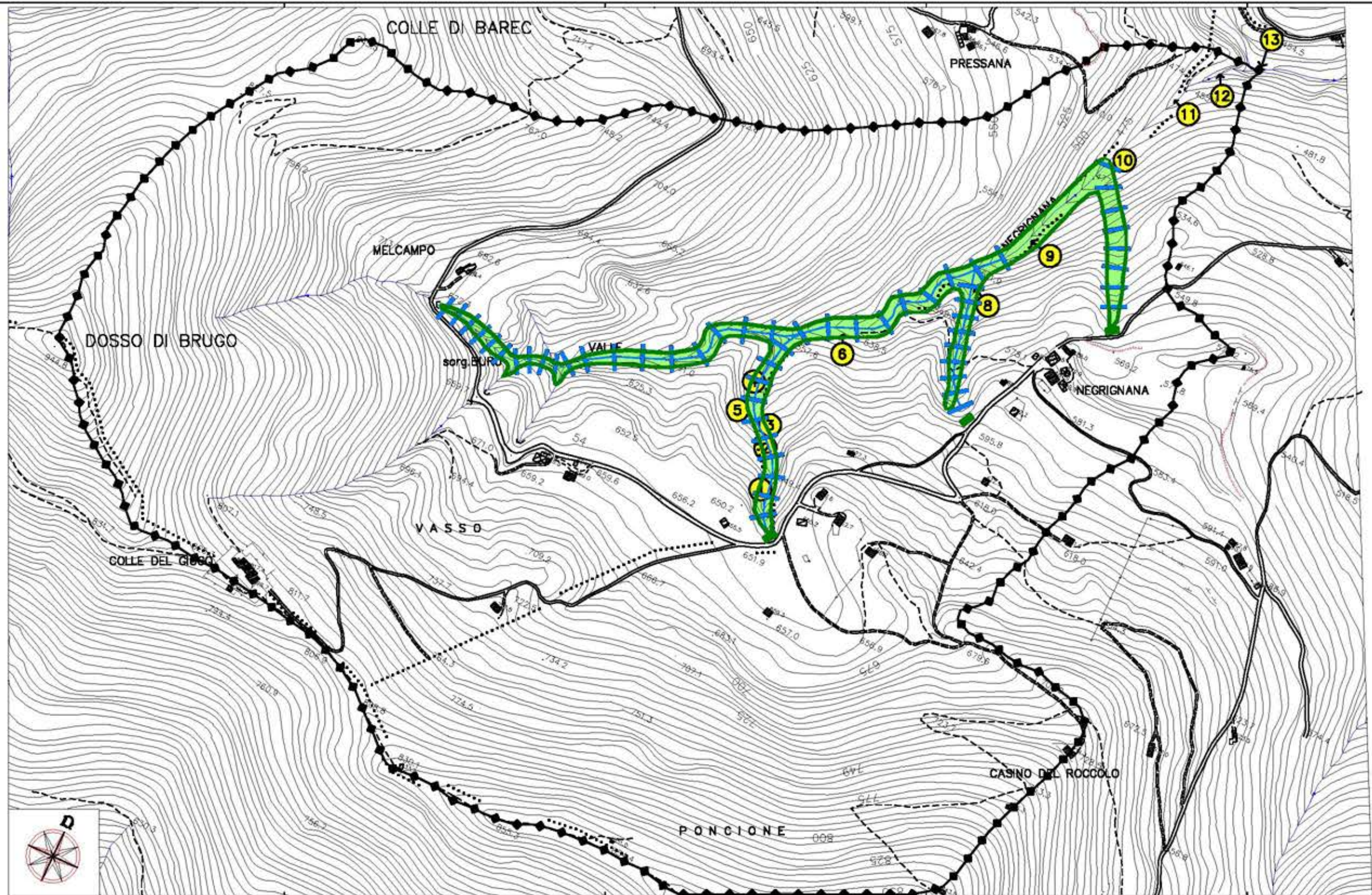
"NEGRIGNANA"

Tavola 2b
CARTA DEI RIMEDI
scala 1:2.000 settembre 1997



GeoTer
Servizio tecnico di gestione del territorio di natura idrogeologica e idraulica
via S. Bartolomeo, 11 - 24020 - Tavernola Bergamasca (Bergamo) - tel. 035/240111

- spartiacque superficiale
- punto di ripresa fotografica
- sfasciamento e pulizia dell'olivo
- ripulitura, regolarizzazione e/o trattamento
- vasca di sedimentazione
- briglie in legno
- briglie in muratura
- massicciata e/o mantellata in muratura e pietrame
- rivestimento sponda
- formazione di torbato
- fossa di guardia
- palizzata
- vinfite
- terre arate
- pulite e dragaggio di canale rocciosi
- reti di tenuta addizionale





**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"VALLE PERTICHE"

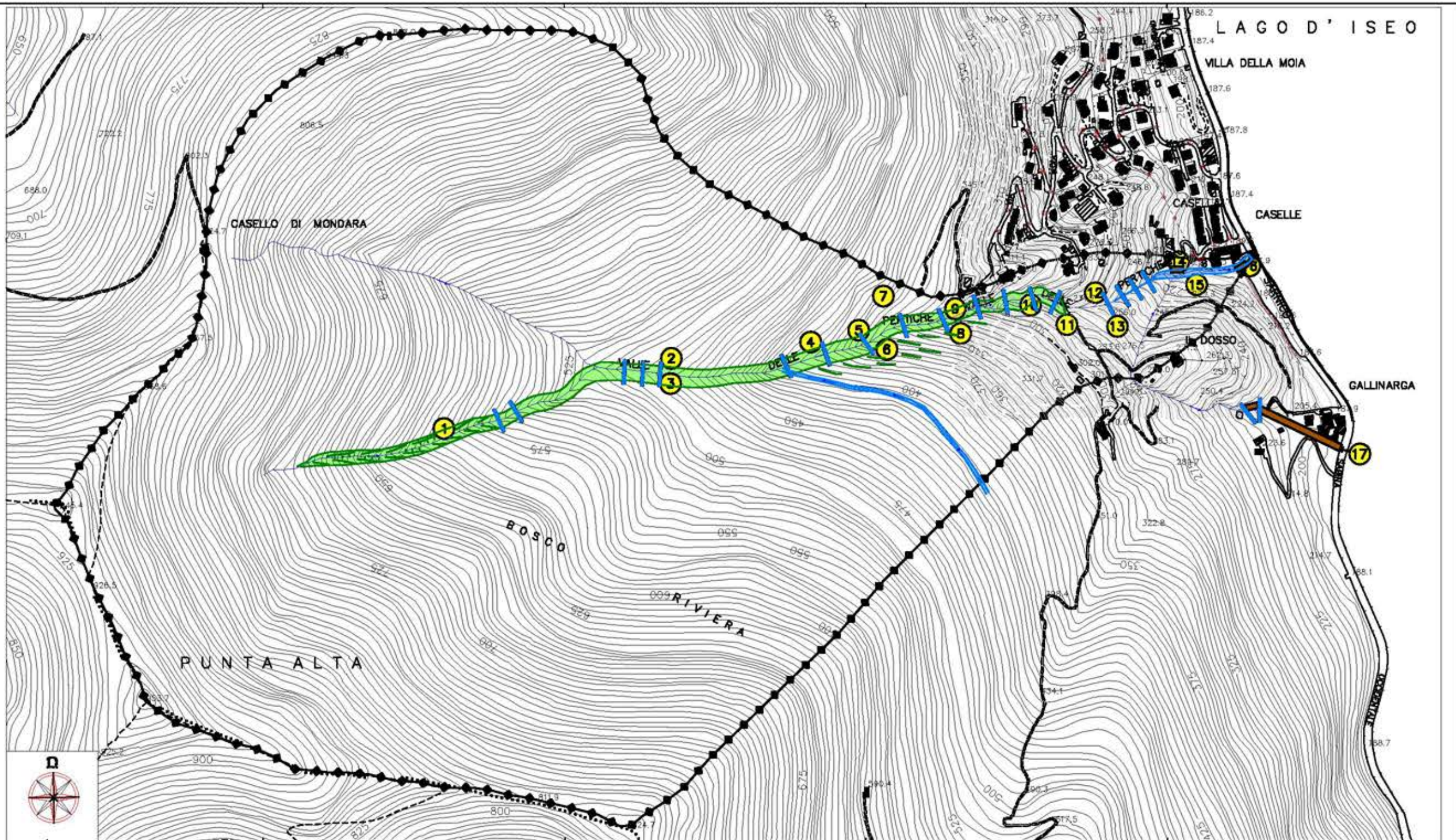
Tavola 2a
CARTA DEI RIMEDI
scala 1:2.000 settembre 1997



GeoTer

Atto consultivo di paragrafo del territorio di Tavola Bergamasca e della Provincia di Bergamo
in G. B. n. 1000 del 1997 - Atto (Proposta) n. 1000/1997

- spartiacque superficiale
- punto di ripresa fotografica
- abbassamento e pulizia dell'area
- riflettore, regolarizzazione e/o inasprimento
- vasca di sedimentazione
- briglie in legno
- briglie in muratura
- muretti a secco o muretti in muratura a pilastro
- rivestimento spondale
- fermata di fornice
- tosa di guardia
- palificata
- vinata
- terre armate
- pulizia e dragaggio di parete rocciosa
- reti di larve oblique





**COMUNE DI
TAVERNOLA
BERGAMASCA**
Provincia di Bergamo

**STUDIO DEI PRINCIPALI
DISSESTI IDROGEOLOGICI
DEL TERRITORIO TAVERNOLESE**

"FOPPA"

Tavola 2d
CARTA DEI RIMEDI
scala 1:2.000 settembre 1997



GeoTer

servizi geologici del territorio di Tavola Bergamasca e delle frazioni
di S. Rocco di - Ponte di Lughet - Madonna Cortina - Campo Dosso - Pizzone - Villa Sina - Predella

- sportivazione superficiale
- punto di ripresa fotografica
- dissestamento e pulizia dell'alveo
- riprofilatura, regolarizzazione e/o inasprimento
- vasca di sedimentazione
- briglia in legno
- briglia in muratura
- massicciata e/o mantellata in muratura e pietrame
- rivestimento spondale
- formazione di tombotto
- fosso di guardia
- palificata
- viminata
- terra armata
- pulizia e disaggio di parete rocciosa
- reti di tenuta edicola

