

COMUNE DI MARGNO

Provincia di Lecco

Studio geologico di supporto al Piano Regolatore Generale.

(L.R. 24/11/1997 n. 41)



Lecco - Marzo 1999

INDICE

1 - PREMESSA	2
2 METODOLOGIA DI LAVORO	2
3 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE	4
4.1 Cenni sull'assetto strutturale	4
4.2 Cenni di stratigrafia	6
4.3 CARTA GEOLOGICA	7
5 - ANALISI GEOMORFOLOGICA	8
5.1 Carta geomorfologica	8
5.2 - Considerazioni geomorfologiche generali	10
6 - ANALISI IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA	11
6.1 - Climatologia	11
6.2 Idrografia.	15
6.3 Carta idrogeologica	17
7 - CARTA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO CON ELEMENTI LITOLOGICI E GEOTECNICI	20
7.1 Elementi geomorfologici di dettaglio	20
7.2 Elementi litologici e caratteri geomeccanici e geotecnici	21

Allegati al testo:

- All. 1 – Dati climatici
- All. 2 – Tabella disponibilità idriche
- All. 3 – Stima portate di massima piena
- Documentazione fotografica

1 - PREMESSA

Il presente lavoro è stato realizzato su incarico dell'Amministrazione Comunale di Margno (LC), al fine di definire la componente geologica da utilizzarsi a supporto della pianificazione comunale, così come richiesto dalla L.R. 24/11/97 N° 41, e secondo i "Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale" di cui alla Delibera della Giunta della Regione Lombardia n. 5/36147 del 18 Maggio 1993.

Vengono analizzate le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e vincolistiche interessanti il territorio Comunale di Margno.

Sulla base dei rilevamenti di dettaglio effettuati nel territorio comunale, della valutazione dei dati bibliografici reperiti, della valutazione degli elementi emergenti dalle cartografie tematiche e di sintesi prodotte, viene definita la fattibilità geologica delle azioni di piano, con relativa cartografia, utile alla definizione delle problematiche che si potrebbero riscontrare al seguito dell'urbanizzazione delle aree.

Leggere il proprio territorio in funzione della fattibilità geologica degli interventi urbanistici consente all'Amministrazione Comunale di verificare le proprie scelte in materia di pianificazione territoriale, con particolare attenzione alla componente geologico-ambientale sempre più rilevante nel quadro di una corretta gestione ambientale.

2 METODOLOGIA DI LAVORO

Gli studi eseguiti sono stati redatti prendendo come riferimento lo schema di lavoro proposto dal documento della Regione Lombardia indicante " Criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale, secondo quanto disposto dall'art. 3 della legge regionale n. 41 del 24/11/1997 " (D.G.R. n. 6/37918 del 6.8.98) ad opera del Servizio Geologico Regionale, il quale è volto a "specificare ed attuare i disposti del decreto ministeriale 11/3/1988 che, nel fare riferimento a "Piani Urbanistici", non disciplina esplicitamente la metodologia della ricerca in campo geologico relativa agli strumenti urbanistici generali comunali (PRG).

Tali studi hanno compreso una prima fase di raccolta ed analisi critica dei dati esistenti, le cui fonti bibliografiche sono riportate in appendice, ed una seconda fase di rilievo direttamente sul terreno, a cui va aggiunta una serie di informazioni raccolte sul posto circa fenomeni e processi geomorfici. Nella prima fase sono state consultate le foto aeree del territorio comunale, oltre a carte geologiche e tematiche edite da pubbliche amministrazioni o reperite in bibliografia.

Dopo aver raccolto le informazioni di carattere generale è stato effettuato un accurato rilievo originale dell'intera area comunale e dei territori limitrofi alla scala 1:10.000 , 1:5.000 ed 1:2.000 per ottenere una cartografia di base e di dettaglio che evidenzia le caratteristiche geologiche, morfologiche, idrogeologiche e geotecniche del territorio comunale, in particolare durante la fase di rilievo si è data importanza alle strutture presenti ed ai processi morfodinamici potenziali ed in atto.

Sono stati perciò individuati i seguenti specifici obiettivi:

- raccolta dei dati con integrazioni in campagna e realizzazione di una cartografia di base in scala opportuna;
- definizione delle unità geologico-strutturali e geologico-tecniche presenti, dell'assetto geomorfologico e idrogeologico del Comune di Margno per un'analisi incrociata di tutti gli elementi utili ad una corretta pianificazione da un punto di vista geologico-ambientale;
- redazione della carta di sintesi contenente gli elementi più significativi evidenziati nella fase di analisi allo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio preliminare alla valutazione della fattibilità geologica delle azioni di piano.
- realizzazione della cartografia della fattibilità geologica delle azioni di piano, redatta sulla stessa base dello strumento urbanistico, direttamente utilizzabile in sede di pianificazione territoriale.

3 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio comunale di Margno, situato nell'alta Valsassina in provincia di Lecco, si sviluppa prevalentemente lungo una porzione del versante occidentale del Cimone di Margno sino all'asse vallivo del Torrente Maladiga, per una superficie complessiva di circa 3.72 kmq.

Da un punto di vista cartografico l'ambito territoriale oggetto del presente studio risulta compreso all'interno del Foglio 32 della Carta d'Italia a scala 1:100.000 edita a cura dell'Istituto Geografico Militare, compreso nel Foglio B3 sezione d5 della Carta Tecnica della Regione Lombardia a scala 1:10.000, ed all'interno del Foglio 32 - Como - della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000.

Dal punto di vista altimetrico il territorio comunale risulta compreso tra la quota massima di 1805 m s.l.m. corrispondente al Cimone di Margno, e la quota minima di circa 560 m s.l.m. in corrispondenza del tratto di fondovalle del corso del Torrente Maladiga .

Il centro urbanizzato comprende oltre all'abitato principale di Margno posto lungo il fondovalle ad una quota compresa tra 660 e 770 m s.l.m., la frazione di Pian delle Betulle, localizzato ad una quota compresa tra 1450 e 1480 m s.l.m.

Le ipotesi di pianificazione del territorio prevedono il completamento funzionale dell'urbanizzazione prevalentemente in tale ambito.

Le caratteristiche del territorio, se da un lato contribuiscono a fornire all'assetto paesaggistico un patrimonio di indubbia qualità, determinano una serie di problematiche di carattere geologico-applicativo, unitamente alla necessità di salvaguardare con il dovuto rigore le peculiarità ambientali dell'area.

4 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO - STRUTTURALE

L'inquadramento geologico del territorio comunale di Margno non può prescindere dall'elencazione, e relativa analisi, degli elementi geologici convenzionali a partire dalla caratterizzazione litostratigrafica e dall'analisi strutturale, derivata dai rilievi di campagna appositamente condotti e dalla bibliografia di settore consultata.

4.1 Cenni sull'assetto strutturale

I caratteri geologico-strutturali dell'area in esame si inseriscono in un quadro geodinamico regionale complesso, la cui definizione risulta in continuo approfondimento.

La comprensione dei caratteri geologico-strutturali del territorio comunale non può prescindere dall'analisi del contesto tettonico regionale (fig. 2).

L'area oggetto di studio rientra nel settore delle Alpi Meridionali il cui assetto tettonico rappresenta il risultato delle deformazioni conseguenti il processo di raccorciamento crostale che in più fasi ha caratterizzato lo sviluppo dell'orogenesi alpina.

Tale processo ha causato lo scollamento e la frammentazione delle potenti sequenze della copertura di origine sedimentaria, in prevalenza dolomie e calcari, in differenti domini strutturali che in seguito si sono sovrapposti tra loro, determinando a sud dell'area in oggetto l'edificio a scaglie tettoniche che caratterizza l'assetto strutturale della regione ad oriente del Lago di Como.

L'area studiata si localizza al passaggio tra il settore dove affiora il basamento cristallino e l'area di affioramento delle unità di copertura sedimentaria tra loro sovrapposte. Questo passaggio risulta definito da un lineamento strutturale di importanza regionale denominato Linea Orobica, con direzione circa E - W, che provoca la sovrapposizione tettonica del basamento sulle unità sedimentarie.

Tale lineamento nell'area studiata si caratterizza come un piano di sovrascorrimento con inclinazione di circa 30°, in corrispondenza della Val Marcia e del Cimone di Margno, lungo il quale viene stimata una traslazione di circa 3 km.

Risulta invece piuttosto problematica la definizione della terminazione di tale lineamento, in corrispondenza del settore più occidentale del territorio di Margno, dove il quadro geologico-strutturale risulta piuttosto complesso.

Tale settore viene interpretato in bibliografia come caratterizzato da strutture tettoniche essenzialmente plicative generatesi in un regime transpressivo sinistro, o come caratterizzato da una serie di scaglie minori embricate interposte tra il comparto superiore ed inferiore dell'accavallamento, dove la Linea Orobica si riconosce come serie di faglie inverse con piano di faglia inclinato ed immergente verso nord.

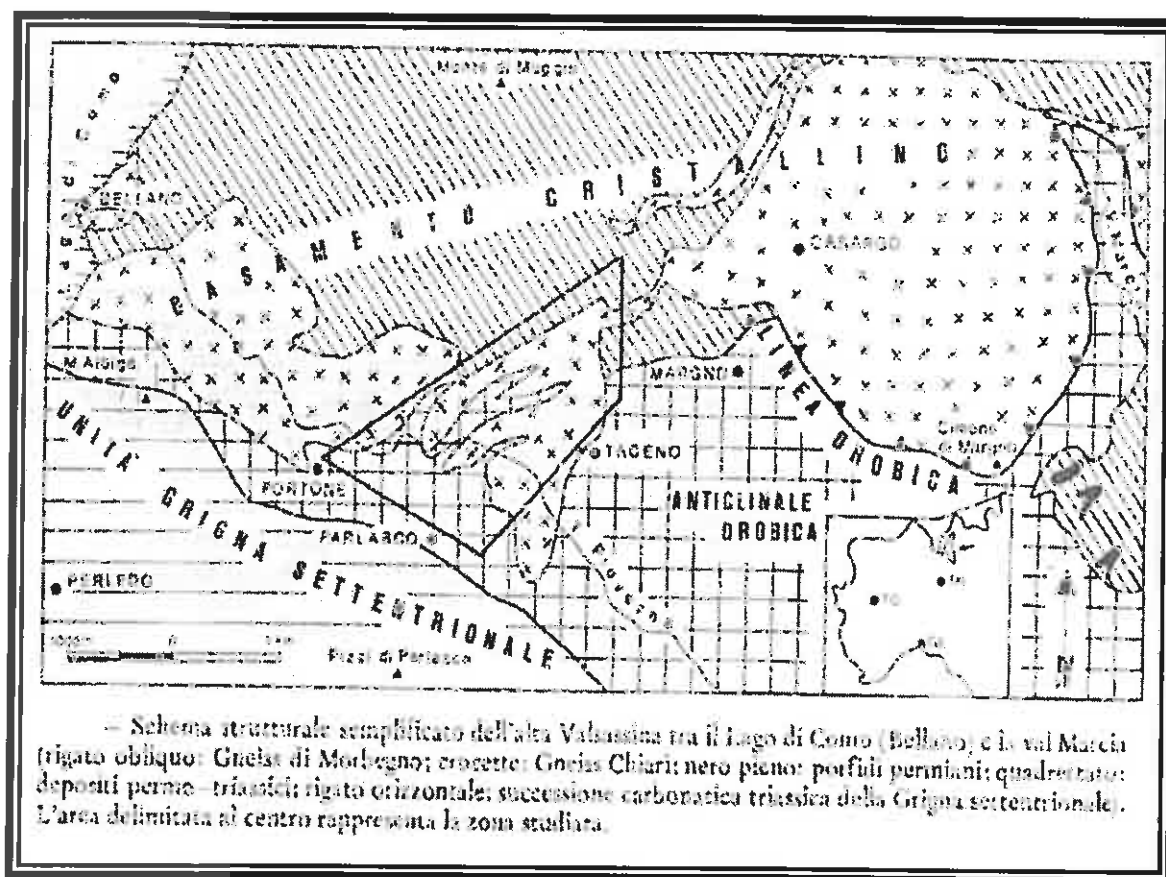


fig.1 - Schema strutturale dell'area in esame (G.DallaGiovanna et al.- 1986)

Le sequenze litologiche dell'area studiata risultano pertanto attribuibili a due differenti domini strutturali:

BASAMENTO CRISTALLINO

Il basamento cristallino dell'edificio sudalpino rappresenta l'antica crosta continentale di età pre-westfaliana, ma in parte anche più antica, poiché chiaramente polimetamorfica. L'ultimo evento metamorfico riconosciuto è precedente all'orogenesi alpina, mentre non vi sono importanti testimonianze di metamorfismo di età alpina.

Nell'area in esame risulta appartenere a tale unità strutturale la porzione sommitale dell'edificio montuoso del Cimone di Margno.

ANTICLINALE OROBICA

Ampia ed estesa culminazione anticlinalica ad asse suborizzontale con direzione circa E-W , che presenta al nucleo affioramenti di basamento cristallino con intrusioni erciniche e prodotti effusivi; è comunque costituita essenzialmente da unità sedimentarie permiane e infratriassiche ed è delimitata a nord dalla Linea Orobica, che definisce il passaggio all'unità del basamento cristallino.

Nell'area in esame risulta appartenere a tale dominio strutturale la porzione di territorio comunale posta a valle della Linea Orobica, la quale decorre lungo il versante passando poco a monte degli alpeggi Alpe Grasso ed Alpe Brodino.

4.2 Cenni di stratigrafia

Dal punto di vista stratigrafico, le litologie caratterizzanti le formazioni rocciose del territorio comunale risultano appartenere alle seguenti unità stratigrafiche:

BASAMENTO CRISTALLINO

- Gneiss chiari

Gneiss quarzoso-feldspatico-muscovitici a tessitura da mediamente scistosa a massiccia e struttura talora blastomilonitica di colore grigio chiaro. Sono considerati dalla maggior parte degli autori come ortoderivati di intrusioni granitiche del carbonifero.

Si presentano con bancatura da decimetrica a metrica, con netta fratturazione in blocchi parallelepipedi; nell'area in esame affiorano estesamente costituendo l'edificio montuoso del Cimone di Margno, dove risultano sovrascorsi tettonicamente sulle più recenti formazioni della successione sedimentaria, e si estendono oltre il solco della Valle di Casargo affiorando alla base del versante orientale del Monte Muggio.

- Gneiss di Morbegno

Da gneiss biotitici, granatiferi, talora staurolitici o sillimanitici passanti localmente a tipi quarzitici a micascisti granatiferi a staurolite; a grana fine con marcata scistosità si presentano in bancate da decimetriche a metriche talvolta intensamente fratturate. Nell'area in esame affiorano alla base del versante del Monte di Muggio in corrispondenza del tracciato della S.P. 68.

COPERTURA SEDIMENTARIA

- Verrucano Lombardo (Permiano sup.)

Conglomerati grossolani a matrice arenacea e subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche specie nella parte alta della successione; il caratteristico colore rosso violaceo ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di prodotti effusivi tardo ercinici, e in subordinate elementi quarzitici, gneissici e micascistosi con clasti che presentano talora un discreto arrotondamento.

Si presentano in bancate di spessore da decimetrico a metrico ed affiorano limitatamente, in scaglie tettoniche, nella porzione occidentale del territorio comunale alla base del versante meridionale del Monte di Muggio.

- Servino (Scitico)

Sequenza di rocce terrigene con alla base quarzareniti pure a grana grossa, talora conglomeratiche, di colore biancastro e patina di alterazione giallastra e verdastra, quindi arenarie conglomeratiche, arenarie a grana media e fine, chiare a matrice silicea rossastra, e nella parte superiore siltiti e peliti grigio-verdi in strati decimetrici con intercalazioni di dolomie siltose giallastre. Si presentano in

bancate da decimetriche a metriche nella parte bassa a litologia arenaceo-conglomeratica e sottilmente stratificate e talora fittamente scagliate nella parte alta a litologia siltitico-pelitica.

Affiorano estesamente nella parte bassa del versante del Cimone di Margno al di sotto del sovrascorrimento che lo attraversa, e localmente nella parte bassa del territorio comunale, al di sotto della copertura morenica, nelle incisioni dei corsi d'acqua principali.

DEPOSITI SUPERFICIALI

- Depositi glaciali:

Depositi quaternari di origine glaciale caratterizzati da granulometria eterometrica, per lo più costituiti da clasti grossolani quali ciottoli e ghiaie, con sparsi blocchi di dimensioni notevoli, immersi in matrice limosa-sabbiosa. I componenti rispecchiano in parte la natura del substrato ma sono maggiormente frequenti clasti appartenenti a formazioni alloctone quali rocce cristalline e metamorfiche.

Depositi morenici si rinvengono estesamente in corrispondenza dell'abitato e lungo tutto il fondovalle. Nella parte alta dell'abitato tali depositi passano lateralmente a depositi prettamente detritici o di conoide alluvionale con locali fasce di depositi che presentano caratteristiche intermedie. Sono inoltre individuabili estesi depositi glaciali in corrispondenza dell'ampio terrazzo morfologico che caratterizza la località Pian delle Betulle.

Localmente si sono rinvenute tracce di morenico sparso in altri tratti del versante, in particolare in corrispondenza delle rotture di pendio, ma la loro limitata estensione non ne consente una efficace rappresentazione cartografica.

- Detrito di versante

Tali depositi sono costituiti essenzialmente da accumuli detritici la cui litologia rispecchia quella delle formazioni del substrato di monte, formati da clasti spigolosi grossolani, di dimensione dal ciottolo al blocco, moderatamente selezionati, privi di matrice fine; sono formati per lo più in seguito al distacco di singoli clasti dalle soprastanti pareti rocciose o per crollo e frantumazione di maggiori blocchi rocciosi, ed in questo caso sono caratterizzati da granulometria molto grossolana.

Altri processi che non siano la semplice azione della gravità possono rielaborare tali depositi (creep, acque di dilavamento, ecc.) distribuendoli secondo angoli inferiori al proprio angolo di riposo.

Sono stati attribuiti a tale categoria anche gli accumuli di conoide alluvionale, localizzati a monte dell'abitato e depositi lungo il vecchio corso del Torrente Bandico, i quali sono caratterizzati da maggiore selezione dei clasti.

Nell'area in esame tali depositi sono presenti limitatamente lungo i versanti, trattandosi per lo più di accumuli detritici attivi e solo parzialmente stabilizzati ricoperti da suolo e vegetazione. In genere sono accumuli detritici rimaneggiati, in parte, dall'azione delle acque di dilavamento, e possono eventualmente essere soggetti a processi erosivi.

- Alluvioni attuali

Tali depositi corrispondono agli accumuli detritici attuali lungo i principali alvei torrentizi, in particolare i torrenti Maladiga e della Valle Noci, e sono costituiti da ghiaie grossolane, ciottoli e blocchi.

4.3 CARTA GEOLOGICA

Il rilievo e la rappresentazione in carta dei caratteri litologici e strutturali delle rocce e dei terreni affioranti risulta preliminare ad una corretta lettura dei fattori di potenziale dissesto del territorio e della loro eventuale evoluzione.

L'area in esame risulta caratterizzata dalla presenza di un lineamento strutturale regionale, lungo il quale si verifica l'anomalo accavallamento del Basamento Cristallino sui terreni della copertura

sedimentaria di età più recente, riconducibile alle intense deformazioni conseguenti al raccorciamento crostale che ha causato inoltre i grandi movimenti di scaglie di copertura sedimentaria che hanno interessato la regione.

Lo sviluppo dei fenomeni erosivi ed il modellamento dei versanti hanno risentito dell'andamento dei limiti strutturali, e dei conseguenti contrasti tra formazioni litologiche a diversa competenza.

I lineamenti strutturali vengono rappresentati in carta con simboli convenzionali, ma sono da intendersi non come un singola linea di frattura ma piuttosto come una fascia più o meno ampia di fratture, con sviluppo subparallelo tra loro.

Le litologie gneissiche del basamento denotano una scistosità piuttosto marcata e generalmente un discreto grado di compattezza, ma localmente si presentano intensamente tettonizzate con presenza di una diffusa cataclasi, riscontrabile talora in corrispondenza dei lineamenti strutturali presenti, che determina inoltre un locale scadimento delle caratteristiche geomeccaniche delle rocce con conseguente accelerazione dei processi erosivi, oltre che a condizionare lo sviluppo della circolazione sotterranea delle acque.

Le formazioni terrigene al di sotto del piano di sovrascorrimento, in particolare la formazione del Servino, presentano un elevato grado di tettonizzazione con frequenti fenomeni di deformazioni plicative a piccola scala ed elevata fratturazione. In particolare in corrispondenza degli orizzonti pelitici e di dolomia cariata sono frequenti i fenomeni di minuto piegamento.

Il nucleo abitato di Margno sorge su di un'estesa fascia di terreni morenici che, in corrispondenza del raccordo col versante di monte, passano a depositi detritico-alluvionali formanti una serie anastomizzata di detriti di falda e conoidi torrentizi. Questi ultimi sono depositi messi in posto lungo il corso del torrente Bandico, che sino al secolo scorso prima della deviazione artificiale scorreva all'incirca lungo la linea di massima pendenza attraversando il centro abitato.

La transizione tra i differenti tipi di deposito risulta di fatto difficilmente definibile in relazione sia al naturale rimaneggiamento dei terreni che alla scarsità di affioramenti per l'intensa antropizzazione dell'area. Lo spessore dei depositi di copertura aumenta progressivamente verso l'asse vallivo raggiungendo presumibilmente alcune decine di metri.

La frazione di Pian delle Betulle sorge su di un ampio terrazzo morfologico caratterizzato da estesa copertura di depositi morenici.

5 - ANALISI GEOMORFOLOGICA

Particolare importanza riveste, ai fini della caratterizzazione di un territorio nella sua vocazione all'urbanizzazione, la rappresentazione di una serie di fenomeni di evoluzione delle forme del paesaggio, al seguito del disfacimento degli elementi morfologicamente rilevati e della rielaborazione di questi da parte dell'azione degli agenti morfodinamici. La disciplina delle Scienze della Terra che affronta tali argomenti è la Geomorfologia e la carta omonima è il sistema di rappresentazione convenzionale dell'insieme delle situazioni riscontrabili in un territorio.

5.1 Carta geomorfologica

La sintesi degli elementi cartografati, ai fini dell'analisi geomorfologica del territorio comunale di Margno può essere descritta secondo lo schema di legenda che qui di seguito riportiamo, nella suddivisione di forme del territorio derivate, e dei relativi meccanismi generatori.

Substrato lapideo:

Nella carta geomorfologica le formazioni rocciose costituenti il substrato sono rappresentate indifferenziatamente dove direttamente affioranti o con sottile copertura regolitica.

Si intende per regolite l'insieme dei prodotti di disgregazione e alterazione delle rocce (nonché il suolo eventualmente sviluppato su di essi), formati in sito, incoerenti e privi di espressione

morfologica propria. Nell'area in esame lo spessore della regolite è in genere esiguo o dell'ordine dei decimetri sino al metro.

Depositi superficiali:

Si definiscono come tali gli accumuli di materiale originatosi dallo smantellamento dei rilievi ad opera dell'azione erosiva degli agenti morfodinamici, in seguito rimaneggiati e rideposti. Si differenziano dalla copertura regolitica per possedere morfologia di accumulo propria e per lo spessore più rilevante. Sono differenziati a seconda dei processi che li hanno generati in depositi di versante, depositi glaciali e depositi alluvionali attuali; per le descrizioni litologiche si rimanda al precedente capitolo.

Processi geomorfici in atto

Sulla carta geomorfologica vengono rappresentate, con dei simboli indicativi, le tracce lasciate dai processi geomorfici in atto sul territorio, ad eccezione di quelle già evidenziate sulla base topografica. Si tratta di processi esogeni, legati all'azione delle acque, del gelo e disgelo, della neve, della gravità e dell'uomo, alcuni dei quali agiscono arealmente sui versanti e, quindi, non possono essere fedelmente riportati alla scala della rappresentazione cartografica.

La corretta valutazione di tali processi consente di chiarire il quadro degli eventuali dissesti presenti sul territorio e di definirne l'evoluzione potenziale.

Forme processi e depositi gravitativi di versante

Forme di erosione dei versanti originatesi in seguito all'azione prevalente della gravità e subordinatamente a seguito dell'azione delle acque superficiali e dei processi crionivali e di gelo/disgelo. Sono differenziate a seconda che il processo morfogenetico sia ancora attivo, quiescente o non più attivo.

Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana

Indicano la presenza di gradini morfologici e di scarpate rocciose soggette ad erosione attiva ad opera dell'azione prevalente della gravità e subordinatamente delle acque superficiali, lungo le quali si registrano distacchi localizzati di materiale roccioso, talvolta anche di estensione considerevole definendo vere e proprie nicchie di distacco di frane.

Orlo di scarpata modellata da più processi morfogenetici

Indicano la presenza di gradini morfologici di probabile origine glaciale o tettonica che attualmente sono interessati dall'azione morfodinamica erosiva esercitata dalla gravità e dalle acque superficiali.

Corpo di frana

Indicano l'accumulo detritico conseguente al distacco ed alla mobilitazione di materiale roccioso lungo i versanti, distinti a secondo della differente tipologia del fenomeno.

Area interessata da creep generalizzato

Indica un lento movimento verso il basso della copertura regolitica; rappresenta il risultato di un insieme di movimenti parziali degli elementi che costituiscono la copertura detritica ad opera della gravità, dell'azione delle acque circolanti nella copertura regolitica ed all'azione del gelo e disgelo. Tale processo si sviluppa arealmente interessando in particolare i tratti più acclivi dei versanti.

Forme processi e depositi per acque correnti superficiali

Forme derivanti dall'azione morfodinamica esercitata dalle acque correnti superficiali, sia come processi erosivi che come accumulo.

Orlo di scarpata di erosione fluviale o torrentizia

Indicano gli orli di scarpate morfologiche che delimitano il corso dei torrenti nei tratti dove l'alveo attuale risulta incidere le formazioni rocciose o i depositi di copertura.

Alveo in approfondimento

Alvei torrentizi nei quali si verifica intensa erosione lineare e laterale, che raggiunge e incide profondamente il substrato roccioso formando stretti valloni, talvolta delimitati da scarpate.

La causa di queste erosioni accelerate sono sia la locale tettonizzazione che rende la roccia più facilmente degradabile, sia il notevole salto morfologico che i torrenti devono superare per raggiungere il loro livello di base rappresentato dal livello delle acque del lago.

Solco di erosione concentrata

Solchi dove si raccolgono le acque superficiali conseguenti al progressivo approfondimento dei rivoli con il graduale aumento della concentrazione dei flussi entro linee preferenziali.

Conoide alluvionale

Forme di accumulo alluvionale a geometria a ventaglio più o meno ampio, depositate allo sbocco delle incisioni vallive, dei torrenti sia perenni che stagionali, legate al brusco cambiamento di pendenza che determina la diminuzione della velocità della corrente dei corsi d'acqua, con conseguente deposizione del materiale detritico trasportato.

Forme crionivali

Canalone di valanga

Indicano la presenza sui versanti di incisioni o vallecole lungo le quali si verifica lo scoscendimento di valanghe e colate miste di detrito e neve.

Forme e depositi antropici

Muri di contenimento

Interventi di contenimento e sostegno di tratti di pendio soggetti a dinamiche erosive ed in progressiva degradazione.

5.2 - Considerazioni geomorfologiche generali

Dal punto di vista geomorfologico il territorio di Margno presenta caratteristiche piuttosto omogenee, proprie di un ambiente di montagna qual è l'ambito territoriale in esame.

Il versante del Cimone di Margno che costituisce la parte alta del territorio comunale è attualmente sede di diffusi processi morfodinamici caratterizzati da intensa degradazione fisica per l'azione specifica e/o concomitante esercitata dalle acque superficiali, della gravità e per processi crionivali e di gelo e disgelo.

L'evoluzione morfologica dei versanti risulta inoltre condizionata da diversi fattori quali litologia, giacitura e grado di fratturazione del substrato roccioso, che risulta per lo più affiorante o subaffiorante con copertura regolitica comunque sempre di esiguo spessore, dall'andamento dei lineamenti tettonici principali, dall'orientazione dei versanti stessi e dalle caratteristiche climatiche dell'area.

I processi morfodinamici in atto sono essenzialmente processi erosivi legati all'azione della gravità e delle acque superficiali che agiscono su di un paesaggio precedentemente modellato dall'azione glaciale, come testimoniato dalla presenza dell'esteso terrazzo morfologico di Pian delle Betulle e dai rilevanti depositi morenici presenti lungo il fondovalle.

La porzione di monte del versante del Cimone di Margno, caratterizzata da substrato a litologia gneissica piuttosto alterabile, si sviluppa con pendenza omogenea sino al terrazzo morfologico di località Pian delle Betulle, la cui origine è riconducibile all'ablazione glaciale, poi risulta fortemente acclive con sviluppo di scarpatine rocciose in erosione regressiva soggette localmente a fenomeni di dissesto.

L'intensità dei fenomeni erosivi è evidenziata anche dall'arretramento delle curve di livello relativamente a tratti di versante circostante come ad esempio della dorsale di Brodino.

L'alterazione del substrato roccioso a litologia gneissica, come per tutte le rocce ricche di feldspato, avviene ad opera degli agenti atmosferici ed è rapida e completa trasformando la roccia in massa argillosa di scarsa resistenza meccanica, con conseguente degradazione accelerata in particolare sui fronti più ripidi del versante.

Anche al di sotto del piano di sovrascorrimento la natura del substrato roccioso si caratterizza per litologie piuttosto alterabili e intensamente tettonizzate, e pertanto risulta sede di intensi processi di degradazione progressiva. Il pendio si presenta quindi con acclività progressivamente minore sino al raccordo con la base del versante in corrispondenza dell'abitato.

I processi erosivi interessano estesamente anche la copertura detritico-regolitica ed i depositi superficiali determinando, in particolare in concomitanza di elevati apporti meteorici, la potenziale instabilità delle stesse con rischio di scollamenti e franamenti.

Risulta infatti molto intensa l'attività erosiva esercitata dalle acque incanalate lungo tutti gli impluvi che caratterizzano il versante; tutti i torrenti sia perenni che a carattere stagionale incidono profondamente il versante e sono caratterizzati da alvei in continuo approfondimento e da sponde fortemente acclivi.

Il blando pendio su cui sorge l'abitato di Margno, conseguente alla deposizione dei materiali erosi, rappresenta il risultato dei processi di demolizione che interessano il versante

I depositi torrentizi attuali, rappresentati da ciottolame e grossi blocchi, sono quasi assenti e comunque dove presenti di estensione non cartografabile, ad eccezione dei tratti di fondovalle.

Si sottolinea come l'estesa copertura arborea presente contribuisca alla protezione del terreno dall'azione erosiva delle acque superficiali non incanalate.

Risulta piuttosto diffuso su tutti i versanti il fenomeno del creep generalizzato, che peraltro rappresenta un processo di progressivo assestamento della copertura regolitica.

6 - ANALISI IDROLOGICA ED IDROGEOLOGICA

Per la corretta caratterizzazione della situazione idrologica ed idrogeologica del territorio comunale di Margno si è ritenuto importante inserire in questo capitolo alcune considerazioni di carattere meteo-climatico, per la valutazione della dinamica dei fenomeni ad essa ricollegabili. Tali informazioni sono poi state correlate con valutazioni quali la permeabilità dei terreni ed altre componenti idrogeologiche, per la estrinsecazione della potenzialità all'isolamento, o tutela, della falda acquifera.

6.1 - Climatologia

Per caratterizzare gli elementi meteo-climatici dell'area di studio ci si è basati sulle informazioni derivate dalla stazione di Casargo (periodo di osservazione 1957-1966) e da stazioni contermini, pubblicate sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico del Ministero dei Lavori Pubblici. Data la vicinanza geografica si è potuto fare riferimento ai dati climatici derivati dalle misurazioni condotte presso la stazione di Barzio, Pagnona, Introbio e del Museo di Lecco, utili alla caratterizzazione meteorologica complessiva del comparto.

Di particolare interesse ai fini del presente studio, è la definizione del regime pluviometrico con riferimento ai valori di piovosità media e di piovosità massima sull'area, per il dimensionamento delle opere idrauliche di smaltimento e di collettamento.

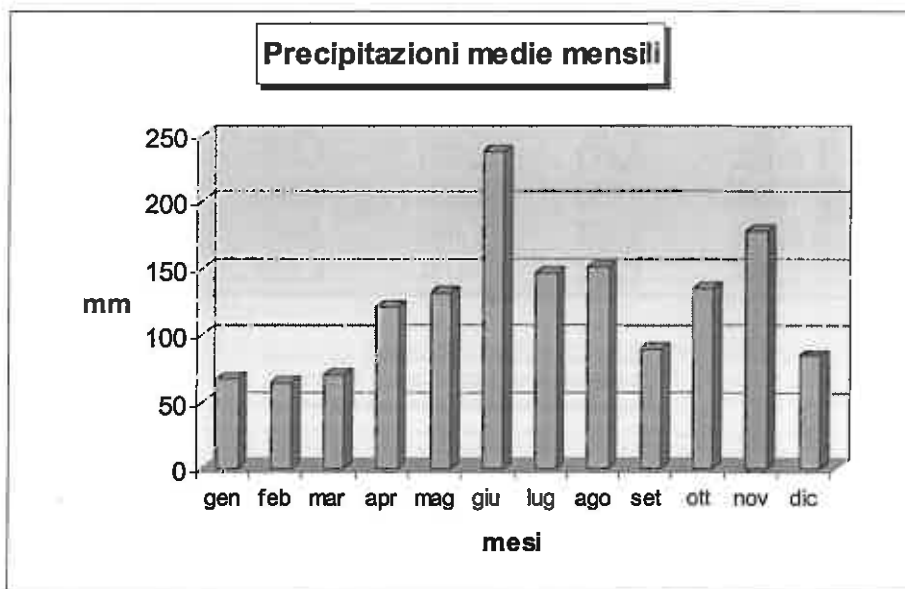
Dall'analisi dei dati bibliografici si evidenzia come la zona sia interessata da un regime di piovosità annuale media che dagli autori (Bini, Belloni) viene definito come medio-elevato, riscontrandosi valori compresi tra 1200 e 1700 mm di pioggia/anno (con valore medio ponderato di 1478.5 mm/anno).

I dati pluviometrici indicano un regime di tipo prealpino, con una distribuzione bimodale delle precipitazioni con due massimi, uno tra Maggio e Giugno e l'altro tra Ottobre e Novembre, con il picco primaverile che prevale su quello autunnale. Le precipitazioni minime si registrano invece nel periodo invernale.

Nelle tabelle e grafici seguenti vengono riportati i valori delle precipitazioni medie mensili ed il valore medio del numero di giorni piovosi:

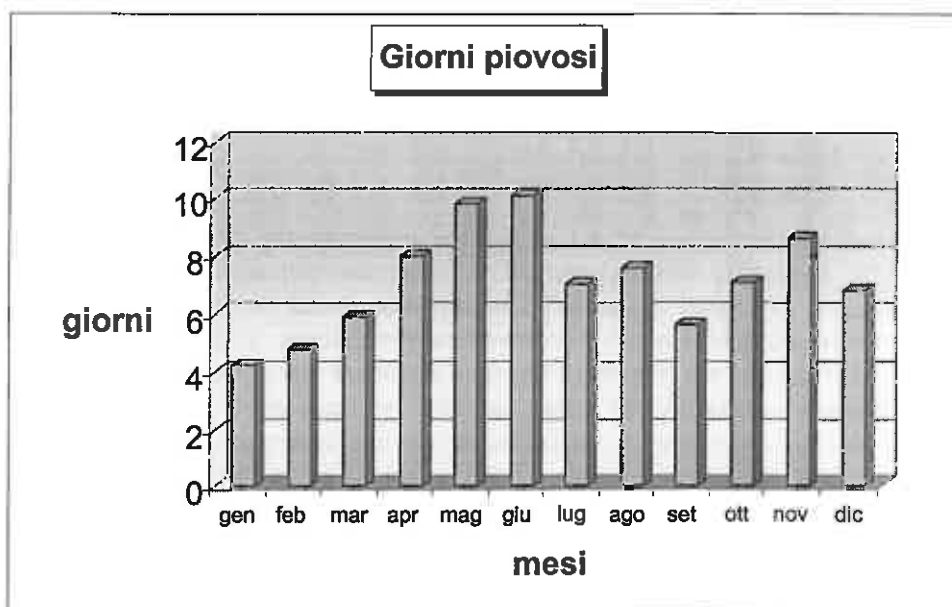
Precipitazioni medie mensili –Stazione di Casargo quota 825 m s.l.m.

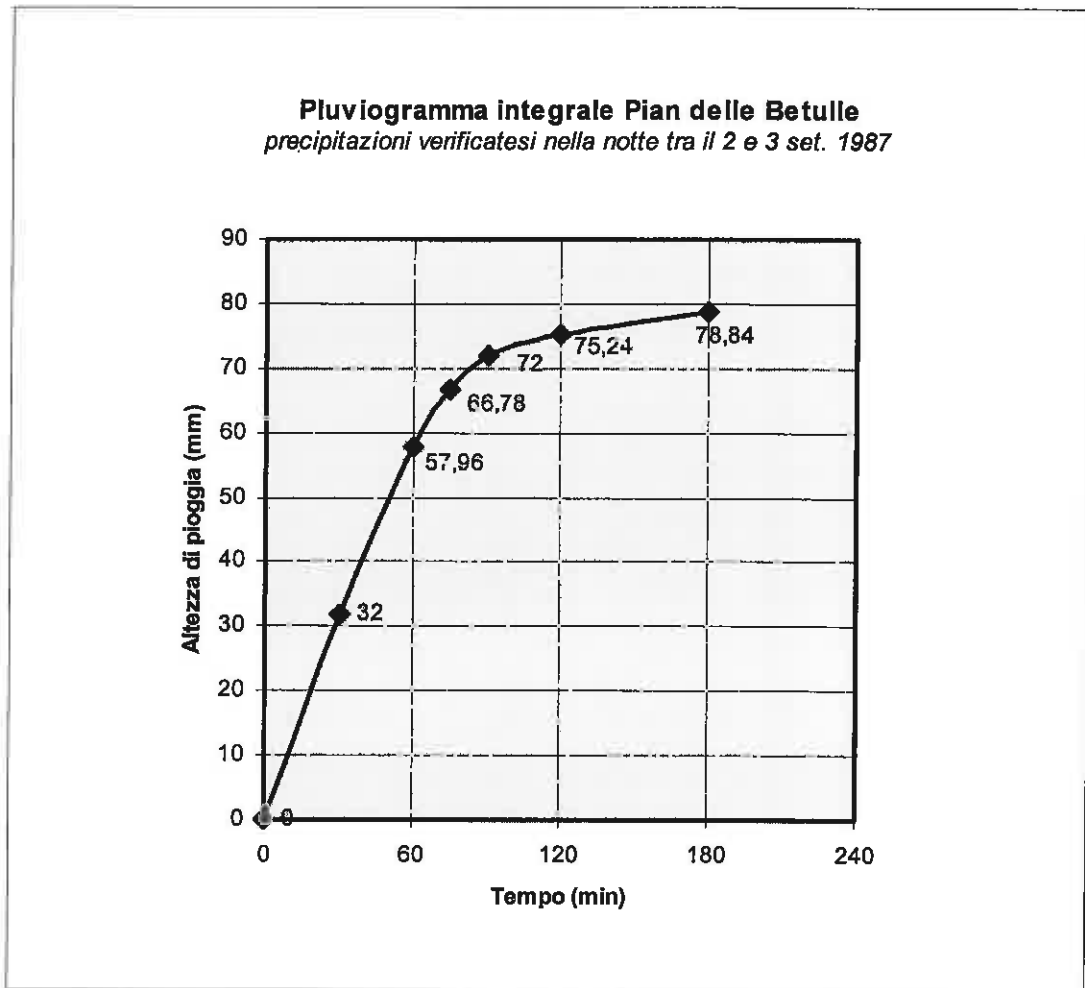
G	F	M	A	M	G
67.9	64.9	70.8	120.8	131.5	237.4
L	A	S	O	N	D
146.8	150.9	90.3	134.6	177.9	84.7



Giorni piovosi –Stazione di Casargo quota 825 m s.l.m.

G	F	M	A	M	G
4.2	4.8	5.9	8.0	9.8	10.1
L	A	S	O	N	D
7.0	7.6	5.6	7.1	8.6	6.8



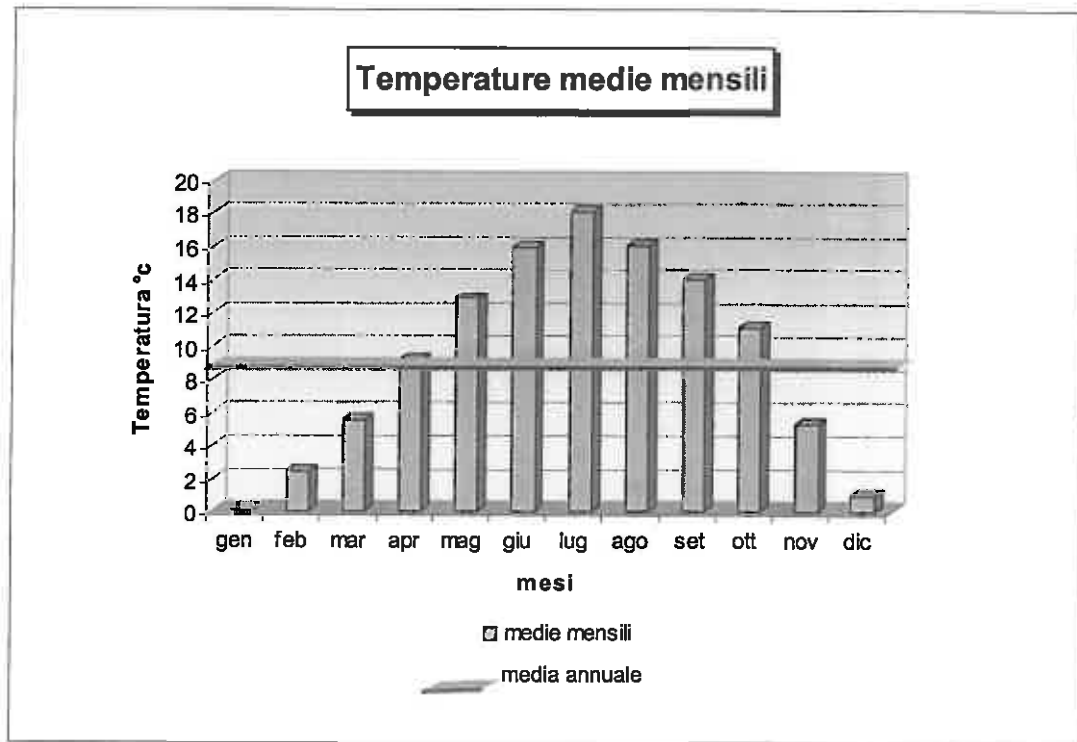


Nel caso dell'evento alluvionale considerato si deriva un valore di precipitazione massima oraria pari a 57,96 mm, ma in via cautelativa si ritiene di utilizzare, come criterio per il dimensionamento di opere idrauliche, il valore di massima precipitazione oraria pari ad 82 mm utilizzato per la progettazione dei sistemi fognari di Lecco e Bergamo.

Per quel che attiene il regime termico dell'area di studio, si sono presi in considerazione i dati termometrici misurati alla stazione di Premana nel periodo 1975-1980 confrontati con quelli rilevati dalla stazione Enel della diga di Pagnona i quali presentano un "trend" analogo.

Nella tabella seguente vengono riportati i valori delle temperature massime, minime e medie stagionali misurati dalla stazione di Premana nel periodo 1975/80, e nel grafico seguente viene evidenziato l'andamento dei valori medi mensili ed il valore medio annuo calcolati in base alle osservazioni relative al periodo 1976/88 dalla stazione Enel di Pagnona:

Anno	INVERNO			PRIMAVERA			ESTATE			AUTUNNO		
	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med
1975				17,8	17,6	12,7	23,3	13,7	18,5	13,3	7,9	10,6
1976	4,72	-1,9	2,14	14,6	5,7	10,1	22,2	13,3	17,8	11,1	6,3	8,7
1977	4,6	-2,4	1,1	12,3	5,2	8,8				13,1	7,4	10,2
1978	3,4	-3,1	0,2	9,4	2,4	6	20,3	10,9	15,6	12,9	5,1	9
1979												
1980				10,6	2,5	6,6	18,3	9,2	13,8	13,3	5,5	9,4
75-80	4,4	-2,2	1,1	12,9	4,6	8,7	21,2	12,3	16,8	12,7	6,6	9,6



Tali valori fanno riferimento alla zona dei centri abitati, poiché a causa delle differenziazioni morfometriche, particolarmente significative in loco non risulta significativo attribuire valori di temperatura omogenei estensibili all'intero territorio comunale.

E' peraltro da prevedersi un significativo ruolo del ciclo gelo-disgelo sull'intero meccanismo dell'evoluzione geomorfologica dei luoghi, in particolare per il settore di alta montagna.

Secondo le misurazioni effettuate nei periodi considerati i giorni di gelo sono distribuiti da novembre a marzo con massimo in gennaio e dicembre; mediamente si verificano 60 giorni di gelo in un anno, con un massimo di 80 giorni/anno.

In allegato vengono raccolti i dati climatici illustrati nel presente capitolo.

6.2 Idrografia.

L'acqua riveste una duplice importanza in rapporto alla pianificazione territoriale, essendo uno dei maggiori agenti morfodinamici, e quindi elemento di modificazione del territorio e particolarmente degli equilibri geomorfologici che devono essere considerati per la valutazione del rischio, ed essendo inoltre risorsa essenziale per la vita e le differenti attività antropiche che si svolgono sul territorio.

Per quel che concerne il deflusso delle acque superficiali, l'ambito comunale di Margno risulta caratterizzato da un reticolo idrografico che risente fortemente dei caratteri fisiografici e morfologici del territorio, con corsi d'acqua che presentano un profilo longitudinale con pendenze che nel tratto di monte raggiungono valori del 100 %, in particolare in corrispondenza del tratto di versante a valle di Pian delle Betulle, e pertanto caratterizzati da intense dinamiche erosive.

Il versante occidentale del Cimone di Margno si sviluppa per un dislivello complessivo di circa 1000 m dalla vetta sino a monte dell'abitato, ed è caratterizzato da un reticolo idrografico poco articolato con aste torrentizie subparallele tra loro sviluppate sino al quarto ordine.

Si tratta di corsi d'acqua a regime torrentizio ed a carattere per lo più stagionale o temporaneo, che sottendono bacini idrografici di estensione ridotta, localmente alimentati da sorgenti di portata molto limitata.

La corretta valutazione dei relativi parametri morfometrici ed idrologici risulta però essenziale in quanto tali impluvi, il cui corso attraversa i nuclei abitati e le infrastrutture del fondovalle, rappresentano un elemento di potenziale dissesto idrogeologico in corrispondenza di afflussi meteorici particolarmente elevati.

Procedendo da nord i torrenti che incidono il versante sono il torrente della Valle di Corda, il torrente Bandico ed il torrente della Valle di Castello - Valle Grasso. Il corso del torrente Bandico è stato artificialmente deviato nel secolo precedente, determinando il suo fluire in direzione nord a margine del centro abitato e non più attraverso di esso, per evitare i danneggiamenti conseguenti ad episodi alluvionali.

In generale i corsi d'acqua a regime torrentizio presenti sono caratterizzati da portate massime in primavera ed autunno e minimi estivi ed invernali, legate alle precipitazioni meteoriche ma anche alla permeabilità del substrato, e quindi caratterizzati da piene improvvise e periodi di secca prolungati.

In seguito ad episodi alluvionali (i più recenti dei quali verificatisi nel 1979 e nel settembre 1987 sul torrente Bandico) conseguenti ad afflussi meteorici particolarmente intensi, in passato si sono verificati fenomeni di colate miste di acqua e materiale detritico (debris flow) che hanno causato considerevoli danneggiamenti agli insediamenti di fondovalle in corrispondenza del condominio Mughetto nel territorio comunale di Casargo.

A seguito di ciò numerosi interventi sono stati eseguiti sui torrenti principali a difesa delle infrastrutture e del nucleo abitato, quali i consistenti lavori di inalveamento, arginatura e riduzione della velocità dei flussi idrici eseguiti lungo il corso del Torrente Bandico, del Torrente della Valle di Corda e lungo il tratto del Torrente Maladiga a valle dell'abitato di Margno.

Lungo il torrente Bandico si riconoscono una serie di opere di regimazione idraulica realizzate a più riprese nel tempo e da enti differenti, a partire dalla traversa in pietrame realizzata nel secolo scorso che alla quota di 860 m s.l.m. deviava il torrente facendolo confluire nell'impluvio della Valle di Casargo nei pressi dell'abitato di Codesino. Nei primi anni del secolo vennero quindi realizzate dal Corpo Forestale delle briglie e controbriglie in pietrame nel tratto fra le quote 830 ed 980 m s.l.m.; verso la fine degli anni '70 vennero eseguiti dei lavori di inalveamento nel tratto di valle in corrispondenza del Condominio Mughetto consistenti nella creazione di un canale in c. a., ed infine negli anni '80 vennero realizzati dal Genio Civile degli interventi di inalveamento ed una serie di briglie e salti di fondo oltre ad una parete di sponda in c.a. nel tratto a monte del precedente.

A seguito dei danneggiamenti conseguenti all'ultimo episodio franoso-alluvionale, sono stati realizzati rilevanti lavori di risistemazione del tratto di valle del torrente, consistenti nella demolizione di un ponticello che riducendo la sezione utile dell'alveo è stata la causa ultima della tracimazione della colata, nella prosecuzione dell'inalveamento sino alla confluenza nel torrente Maladiga, nell'ampliamento della sezione del canale in c.a. che presenta una serie continua di soglie di fondo e di briglie, nell'innalzamento della parete di sponda con un franco di circa 2.5 m rispetto al terreno naturale, nella realizzazione degli argini artificiali in sponda sinistra nel tratto terminale del corso d'acqua.

Per tutti gli impluvi che risultano attraversare direttamente nuclei abitati ed infrastrutture principali sono stati valutati i principali parametri idrologici al fine di stimare valori di portata di massima piena, utilizzando le formule maggiormente in uso. I relativi parametri morfometrici, ed il dettaglio delle stime della portate di massima piena viene riportato in allegato.

I valori di portata di massima piena per tempi di ritorno pari a 100 anni vengono riportati nelle seguente tabella riassuntiva:

BACINO	FORMULA GIANDOTTI Q max in m ³ /s	FORMULA PER PICCOLI BACINI Q max in m ³ /s
T. VALLE DI CORDA SOTTESO AL T. MALADIGA	25.0	23.7
T. VALLE DI CASTELLO SOTTESO ALLA S.P. 67	28.8	27.5
T. BANDICO SOTTESO AL T. MALADIGA	14.4	13.6

Appare evidente che volumi d'acqua quali quelli stimati provocherebbero eventi alluvionali nei tratti di valle dove gli impluvi attraversano le aree urbanizzate. Per una corretta valutazione dei dati ottenuti dall'applicazione delle formule più comuni occorre però considerare i valori di portata ottenuti in funzione della reale situazione idrogeologica del territorio.

Inoltre la copertura arborea presente in gran parte lungo i versanti, e la presenza di opere di regimazione e controllo del deflusso idrico superficiale nei tratti di valle dei torrenti principali, rappresentano ulteriori fenomeni mitiganti degli effetti di piena.

6.3 Carta idrogeologica

La carta idrogeologica è stata redatta tenendo conto delle caratteristiche litologiche delle formazioni presenti nella zona, della geologia strutturale dell'area e della giacitura degli strati rocciosi. La conducibilità idraulica (comunemente chiamata permeabilità) di un ammasso roccioso, sia esso costituito da rocce lapidee o da rocce sciolte (terreni), è determinata dalla presenza di vuoti comunicanti fra loro in modo continuo, così da permettere il flusso di un fluido (acqua, aria, ecc.) attraverso l'ammasso stesso. Per quanto concerne le rocce lapidee la permeabilità è determinata dalla somma della permeabilità della roccia propriamente detta (cioè del litotipo, ad esempio gneiss, arenarie, argilliti, ecc.) e dalla permeabilità che deriva dallo stato di fessurazione dell'ammasso (dovuto alla presenza di superfici di stratificazione, diaclasi, fessure varie). La prima è denominata permeabilità primaria, mentre la seconda permeabilità secondaria. Un ammasso è sempre interessato da un certo grado di fessurazione (in particolare in quest'area che ha subito complesse evoluzioni strutturali) e la permeabilità ad esso dovuta è di gran lunga superiore a quella derivante dalla matrice roccia; pertanto quest'ultima viene generalmente trascurata.

Diversamente da quanto sopra affermato, nei terreni la permeabilità non è dovuta alla fessurazione (ad eccezione di alcuni terreni fissurabili superficialmente), ma ai vuoti intercomunicanti presenti tra i granuli, ovvero alla porosità che è una caratteristica strettamente dipendente dalla granulometria, dalla tessitura e dallo stato di addensamento.

Pertanto si è redatta la carta idrogeologica attribuendo ad ogni formazione una propria permeabilità in base alla fratturazione, stimata sia con rilevamenti, sia da rilievi strutturali reperiti in bibliografia o eseguiti in loco. Per speditezza e per la vastità del territorio da esaminare, la valutazione della conducibilità idraulica è comunque rimasta qualitativa, rimandando ad eventuali studi di dettaglio riguardo a problematiche particolari, la sua precisa misurazione. La lettura della carta deve comunque essere compiuta attraverso l'analisi degli elementi tettonici, che condizionano in maniera determinante la circolazione idrica sotterranea.

Le formazioni presenti nell'area sono state suddivise in tre unità, rispettivamente una riguardanti gli ammassi lapidei e due riguardanti i terreni, riconosciute attraverso la stima della loro permeabilità.

Si riporta di seguito la legenda commentata delle varie unità:

I Unità: rocce a permeabilità da media a ridotta

Comprende tutte le formazioni rocciose presenti nell'area, sia del basamento metamorfico a litologia gneissica sia della copertura sedimentaria a litologia conglomeratica, arenacea, siltitica e marnosa caratterizzate da permeabilità primaria pressoché nulla e da permeabilità secondaria lungo i piani di stratificazione ed i piani di discontinuità. Il grado di permeabilità è pertanto in relazione al grado di fratturazione degli ammassi rocciosi

II Unità: terreni a permeabilità da elevata a media

Tale unità comprende i depositi superficiali incoerenti e grossolani quali il detrito di versante, anche parzialmente cementato, e le alluvioni recenti caratterizzate da elevata permeabilità primaria per porosità .

III Unità: terreni a permeabilità da medio a ridotta

Questa unità corrisponde ai depositi morenici caratterizzati da permeabilità per porosità, si tratta di depositi a granulometria eterometrica con prevalenza della frazione grossolana ma con discreta percentuale di frazione fine; il grado di permeabilità del deposito risulta variare a seconda della percentuale di matrice fine presente.

Data la natura litologica delle formazioni presenti, la circolazione idrica sotterranea risulta in stretta relazione con il grado di alterazione e fratturazione dei livelli più superficiali degli ammassi rocciosi, quindi legata agli effetti della tettonica e della decompressione della porzione superficiale della roccia.

La dislocazione tettonica delle rocce comporta lo sviluppo di una fascia di massima fratturazione intorno alle faglie, ed una serie di fenomeni meno intensi man mano che ci si allontana da esse. Solitamente risulta possibile distinguere altre due fasce oltre a quella di massima fratturazione, una immediatamente confinante con quella dislocata nella quale prevalgono le discontinuità legate alla faglia, ed una più distante in cui predominano scistosità o stratificazione.

A causa della maggior deformabilità di alcuni livelli, e per la presenza di altre faglie di minor entità e sviluppo, è comunque frequente la presenza di bancate rocciose altamente fratturate anche nei settori meno tettonizzati.

Il meccanismo di circolazione delle acque sotterranee è quindi legato all'infiltrazione delle acque meteoriche nei settori subsuperficiali degli ammassi rocciosi maggiormente fratturati e/o alterati, che progressivamente si accumula saturando le fratture ed andando quindi a costituire i principali acquiferi ovvero le maggiori riserve idriche della zona.

Nell'ambito del territorio in esame sono presenti diverse risorgenze, per lo più in relazione alla presenza di fasce maggiormente tettonizzate quali il piano di sovrascorrimento della Linea Orobica.

La maggior parte delle risorgenze presenti, nessuna delle quali con portata superiore ai 5 l/s sono captate per l'approvvigionamento idropotabile comunale. Date le caratteristiche degli acquiferi descritte in precedenza le potenzialità degli stessi risultano strettamente relazionate all'entità e distribuzione degli apporti meteorici.

La rete dell'acquedotto comunale risulta alimentata da 5 sorgenti captate, per una portata media complessiva di circa 10 l/s; sul territorio sono inoltre dislocati 2 serbatoi di accumulo con una capacità totale di circa 500 mc.

A valle dell'abitato di Margno, lungo il corso del torrente Maladiga e del torrente della Valle delle Noci, sono presenti risorgenze captate per la rete di Taceno.

Il fabbisogno idrico complessivo del comune di Margno risulta attualmente stimato in circa 140.000 mc/anno in relazione ai dati sulla popolazione residente e fluttuante che vengono di seguito riportati (fonte: Studio allegato al Progetto Cartografia Geoambientale della Provincia di Lecco):

▪ popolazione residente	347 ab.
▪ popolazione stabile non residente	120 ab.
▪ popolazione fluttuante	4.000 ab.
▪ popolazione totale	4.467 ab.

- consumo pro-capite 260 l/giorno
- consumo totale medio 140.318 mc/anno

Le sorgenti captate dalla rete dell'acquedotto forniscono un quantità d'acqua complessiva stimata in circa 315.360 mc/anno, che copre ampiamente il fabbisogno idrico comunale per un bilancio idrico complessivo positivo di circa 175.000 mc/anno.

La tutela delle risorse idriche e la loro disponibilità sono legate al rispetto ed alla protezione della qualità delle acque contenute negli acquiferi e in quelle superficiali responsabili della loro ricarica. Le risorse idriche che alimentano le sorgenti captate dall'acquedotto comunale provengono da acquiferi contenuti in rocce fratturate. Questo tipo di deposito è caratterizzato da una elevata conducibilità idraulica dello strato non saturato.

Queste caratteristiche comportano uno scarso potere depurante dell'acquifero (Rhesse W., 1977) ed una elevata velocità di propagazione degli inquinamenti (B.R.G.M., 1977): queste risorse sono quindi da considerare ad elevata vulnerabilità.

Le fonti di potenziale inquinamento sono quindi legate alla eventuale presenza di abitati od infrastrutture, di attività agricole ed antropiche in generale e dall'efficienza della rete fognaria.

E' quindi consigliabile una generale protezione dei bacini di alimentazione delle risorgenze, che coprono vaste aree del territorio comunale, in ottemperanza al D.P.R. 236/88 "Attuazione alla direttiva CEE n. 80/778 concernenti la qualità delle acque destinate al consumo umano,...", attraverso una appropriata pianificazione dello sviluppo del territorio.

7 - CARTA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO CON ELEMENTI LITOLOGICI E GEOTECNICI

Su tale elaborato di dettaglio, relativo alla parte urbanizzata del territorio comunale e del suo intorno, vengono riportati due differenti tematismi, la litologia del substrato roccioso e dei depositi superficiali, con indicazioni geomeccaniche e geotecniche, ed il dettaglio delle forme del territorio e dei processi morfologici in atto. Queste ultime risultano infatti essere direttamente in relazione, sia per la tipologia che per la loro possibile evoluzione, con la natura del substrato e dei depositi di copertura.

Tale elaborato pone in evidenza, per l'importanza che rivestono ai fini della caratterizzazione del territorio, i fenomeni ed i processi di evoluzione delle forme del paesaggio a seguito dell'azione dei diversi agenti morfogenetici, fornendo inoltre una prima valutazione geomeccanica qualitativa degli ammassi rocciosi ed una preliminare valutazione geotecnica delle coperture utile per una valutazione di massima delle condizioni complessive di stabilità.

Ciò consente di "leggere" il territorio in esame ponendone in risalto le dinamiche evolutive, rappresentando quindi un utile ausilio per una corretta gestione e pianificazione del territorio.

7.1 Elementi geomorfologici di dettaglio

Dall'analisi dei processi morfodinamici in atto si evidenzia come nel suo complesso tutto il versante montuoso compreso nel territorio comunale risulti soggetto ad intense dinamiche erosive, mentre solo in corrispondenza del fondovalle sono in atto significative dinamiche di trasporto ed accumulo (in caso di fenomeni di sovralluvionamento) dei materiali derivanti dallo smantellamento dei versanti.

Lungo il versante risulta significativa l'azione erosiva della gravità in corrispondenza delle aree con substrato affiorante e pendenza molto elevata, e/o caratterizzate da elevato grado di fratturazione.

In tali aree per l'azione prevalente della gravità, ed in subordine delle acque superficiali non incanalate, dell'azione gelo-disgelo e per l'azione di scalzamento esercitata dagli apparati radicali della copertura arborea, si verificano distacchi di materiale roccioso in particolare dove questo si presenta maggiormente fratturato. L'evolvere del fenomeno erosivo produce il progressivo lento arretramento delle scarpate rocciose, e può dar luogo anche a distacchi di blocchi le cui dimensioni sono in relazione alla disposizione e frequenza delle discontinuità degli ammassi rocciosi. Nelle porzioni di territorio rappresentate in carta tale dinamica si riscontra solamente in alcuni settori a valle del Pian delle Betulle.

I tratti di versante a media acclività risultano soggetti ad erosione progressiva per l'azione combinata delle acque superficiali non incanalate e della gravità. L'evolvere dei fenomeni erosivi potrebbe portare allo sviluppo di forme di dissesto, anche se di limitata estensione, in relazione alla natura del substrato ed all'energia del rilievo, da fenomeni di creep diffuso sino a distacchi della copertura regolitica ed al coinvolgimento del substrato ove questo si presenta maggiormente fratturato.

La dinamica erosiva prevalente è comunque esercitata dall'azione delle acque incanalate, che determinano il progressivo approfondimento degli alvei torrentizi nei tratti di monte, con potenziale innesco di fenomeni di dissesto lungo le sponde per erosione laterale del piede dei versanti.

In corrispondenza di precipitazioni meteoriche di carattere eccezionale, lungo gli impluvi che affluiscono nel collettore di fondovalle si sono verificati significativi episodi alluvionali con fenomeni di colate miste di acqua, fango e detriti presi in carico lungo le sponde dei tratti di monte, scivolose a valle per gravità comportandosi come un fluido viscoso e tracimate nei punti dove si verificavano deviazioni del corso d'acqua o restringimenti della sezione.

Anche nel settore di territorio corrispondente al fondovalle lungo i corsi d'acqua, pur essendo significative le dinamiche di trasporto ed accumulo in seguito alla progressiva diminuzione della pendenza e quindi dell'energia del rilievo, sono comunque prevalenti le dinamiche erosive. I torrenti

hanno progressivamente inciso il loro alveo attuale che risulta notevolmente approfondito rispetto ai terreni adiacenti, determinando gli alti morfologici relativi su cui sorgono l'abitato di Margno ed il nucleo abitato della località Linate.

Lungo le scarpate fluviali, caratterizzate da pendii molto acclivi, sono attive dinamiche di dissesto dei terreni di copertura in quanto prossimi all'equilibrio limite, anche in seguito dell'azione erosiva esercitata dalle acque correnti al piede delle scarpate stesse.

7.2 Elementi litologici e caratteri geomeccanici e geotecnici

Per ciò che concerne la natura litologica del substrato e dei terreni di copertura sono state distinte in carta, prescindendo dall'appartenenza formazionale, le differenti unità litologiche presenti caratterizzandole inoltre dal punto di vista geologico-tecnico.

Vengono perciò analizzati i principali aspetti geomeccanici degli ammassi rocciosi e geotecnici delle coperture.

Le unità relative al substrato roccioso vengono indicate come affioranti o subaffioranti quando l'eventuale copertura regolitica presente non superi il massimo di 1 - 2 m di spessore. In tal caso si ritiene di poter comunque attribuire a tali unità i parametri di massima del substrato, che saranno in seguito descritti, in quanto qualsiasi intervento od opera che si possa prevedere di realizzare andrebbe comunque ad interessare il substrato roccioso.

Per ciascuna delle unità discriminate, si presentano i campi di variazione dei principali parametri geotecnici e geomeccanici (angolo d'attrito, coesione dei materiali), desunti da bibliografia, da studi eseguiti in situazioni vicine, da osservazioni dirette su scavi e fronti rocciosi.

In particolare sono stati eseguiti una serie di rilievi strutturali di dettaglio al fine di classificare dal punto di vista geomeccanico gli ammassi rocciosi presenti.

Tali rilievi sono condotti allo scopo di identificare i parametri più significativi che influenzano il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso. Nello specifico si tratta di definire la configurazione geometrica delle discontinuità presenti nell'ammasso roccioso, rilevandone orientazione, spaziatura, persistenza, dimensione e forma dei blocchi rocciosi, e di definire il meccanismo di trasmissione degli sforzi e della circolazione idrica rilevando scabrezza ed apertura delle discontinuità, resistenza della roccia, permeabilità e caratteristiche del materiale di riempimento delle discontinuità.

L'insieme dei dati raccolti sono stati elaborati e mediati al fine di sintetizzare le caratteristiche geomeccaniche di ciascun litotipo presente, e di procedere alla classificazione tecnica degli ammassi rocciosi secondo l'RMR System (Rock Mass Rating System di Bieniawsky 1973), e la BGD (Basic Geotechnical Description of rock masses).

Per la caratterizzazione geotecnica i terreni sono stati classificati secondo il Sistema unificato di classificazione delle terre CNR UNI 10006.

L'estrema variabilità delle condizioni degli ammassi rocciosi riscontrate, in relazione al grado di fratturazione e secondariamente del grado di alterazione, rende però poco rappresentativa una definizione univoca delle caratteristiche geomeccaniche dei differenti litotipi.

Le misurazioni effettuate sono state condotte su affioramenti rappresentativi di condizioni intermedie di quelle effettivamente riscontrabili arealmente sul territorio comunale nell'ambito dell'abitato, e pertanto vanno considerati come suscettibili di un discreto range di variabilità.

I valori riportati non si devono intendere come pronti all'uso per progettazioni geotecniche ma piuttosto come prima classificazione delle rocce e dei terreni urbanizzabili, non sollevando chi di dovere dall'eseguire gli accertamenti e le prove geotecniche, quando previste, a livello di singolo progetto (D.M. 11/03/1988, Circ.Minist. 24/09/1988 n.30483).

Sono state distinte le seguenti unità litologiche e geologico - tecniche:

- Gneiss quarzoso feldspatico-muscovitici

Gneiss quarzoso-feldspatico-muscovitici a tessitura mediamente scistosa e struttura talora blastomilonitica di colore grigio chiaro. Si presentano in bancate da decimetriche a metriche con grado di fratturazione variabile; le discontinuità, che risultano per lo più persistenti con spaziatura media variabile da 0.4 a 1 m, suddividono l'ammasso in blocchi parallelepipedi regolari, e si presentano generalmente serrate o con apertura millimetrica con materiale argilloso di riempimento. Il grado di alterazione risulta piuttosto variabile e localmente intenso a seguito dell'alterazione dei minerali feldspatici, con rapido passaggio lungo piani definiti da roccia compatta a fortemente alterata.

Secondo la classificazione BGD questa unità può essere mediamente valutata come: gneiss W2 L2-3 F3 S2, mentre secondo la classificazione RMR può essere attribuita alla classe 3 o 4 (quando fortemente tettonizzata), stimando valori di angolo d'attrito dell'ammasso da 30° a 38° con coesione da 210 a 290 Mpa.

Di seguito viene riportato uno schema medio significativo di rilievo strutturale e la relativa classificazione geomeccanica:

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

TIPO DI OPERA: ▼

famiglie di discontinuità	immersione (°)	Inclinazione (°)
Fronte	270	70
S	40	35
K1	200	80
K2	300	90

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	55	5
RQD%	70	14
Intercetta discontinuità (m)	0,5	9
Condizione idrauliche generali	asciutto ▼	15
Condizioni delle discontinuità		
persistenza/continuità	10-20m ▼	1
apertura	0,1-1mm ▼	4
rugosità/scabrezza	legg. scabro ▼	3
riempimento	tenero <5mm ▼	2
alterazione	moder. alterato ▼	3
Compensazione in funzione delle discontinuità	favorevole ▼	-5
R.M.R.		51

Classe	III
Descrizione	discreta
Angolo d'attrito (°)	31
Coesione (KPa)	255

- Gneiss biotitici

Da gneiss biotitici, granatiferi, talora staurolitici o sillimanitici passanti localmente a tipi quarzitici a micascisti granatiferi a staurolite; a grana fine con marcata scistosità si presentano in bancate da decimetriche a metriche talvolta intensamente fratturati.

Le discontinuità presentano spaziatura media variabile da 0.4 a 1.5 m, risultano da persistenti a mediamente persistenti e suddividono l'ammasso in blocchi parallelepipedici regolari; si caratterizzano per essere generalmente serrate o con apertura millimetrica con materiale argilloso di riempimento.

Secondo la classificazione BGD questa unità può essere mediamente valutata come: gneiss W2 L2-3 F3 S2, mentre secondo la classificazione RMR può essere attribuita alla classe 3 o 4 (quando fortemente tettonizzata), stimando valori di angolo d'attrito dell'ammasso da 30° a 38° con coesione da 210 a 290 Mpa.

Di seguito viene riportato uno schema medio significativo di rilievo strutturale e la relativa classificazione geomeccanica:

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

TIPO DI OPERA: ▼

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione (°)
Fronte	170	70
S	80	45
K1	20	60
K2	310	75

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	60	6
RQD%	75	15
Intercetta discontinuità (m)	0,7	9
Condizione idrauliche generali	asciutto ▼	15
Condizioni delle discontinuità		
persistenza/continuità	3-10m ▼	2
apertura	0,1-1mm ▼	4
rugosità/scabrezza	scabro ▼	5
riempimento	tenero <5mm ▼	2
alterazione	moder. alterato ▼	3
Compensazione in funzione delle discontinuità	favorevole ▼	-5
R.M.R.		56

Classe	III
Descrizione	discreta
Angolo d'attrito (°)	33
Coesione (KPa)	280

- Arenarie con intercalazioni siltitiche

Sequenza litologica caratterizzata da arenarie pure a grana grossa di colore chiaro con patina di alterazione giallastra e verdastra, arenarie conglomeratiche, arenarie a grana media e fine con stratificazione ben distinta in bancate da decimetriche a metriche, con intercalazioni di siltiti e peliti grigio-verdi sottilmente stratificate in strati da decimetrici a centimetrici,

Le discontinuità risultano persistenti ed a spaziatura variabile da circa 0.2 a 1 m, si caratterizzano per essere per lo più alterate, mediamente serrate o con apertura millimetrica e con presenza di materiale di riempimento.

Secondo la classificazione BGD questa unità può essere mediamente valutata come: arenarie W2 L3 F3 S2, mentre secondo la classificazione RMR può essere attribuita alla classe 3 o 4 (quando fortemente tettonizzata), stimando valori di angolo d'attrito dell'ammasso da >30° a 36° con coesione da 210 a 265 Mpa.

Di seguito viene riportato uno schema medio significativo di rilievo strutturale e la relativa classificazione geomeccanica:

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

TIPO DI OPERA: ▼

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione (°)
Fronte	160	60
S	90	45
K1	40	55
K2	330	80

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	50	5
RQD%	55	11
Intercetta discontinuità (m)	0,4	9
Condizione idrauliche generali	asdotto ▼	15
Condizioni delle discontinuità		
persistenza/continuità	3-10m ▼	2
apertura	0,1-1mm ▼	4
rugosità/scabrezza	scabro ▼	5
riempimento	tenero <5mm ▼	2
alterazione	molto alterato ▼	1
Compensazione in funzione delle discontinuità	favorevole ▼	-5
R.M.R.		49

Classe	III
Descrizione	discreta
Angolo d'attrito (°)	30
Coesione (KPa)	245

- Conglomerati grossolani a matrice arenacea

Corrispondono alla Formazione del Verrucano Lombardo caratterizzata da conglomerati grossolani a matrice arenacea con subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche specie nella parte alta della successione in prossimità del contatto con le soprastanti bancate arenacee del Servino. Risulta talora evidente una gradazione granulometrica dell'originario deposito terrigeno con presenza di tasche di materiale arenaceo. Si presentano in bancate di spessore metrico con caratteristico colore rosso violaceo che ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di prodotti effusivi tardo ercinici, e in subordinate elementi quarziticci, gneissici e micascistosi con clasti che presentano talora un discreto arrotondamento. Si rilevano discontinuità

molto persistenti con spaziature da 1.5 a 2.5 m, per lo più serrate o con aperture dell'ordine del millimetro.

Secondo la classificazione BGD questa unità può essere mediamente valutata come: conglomerati W2 L1 F2 S2, mentre secondo la classificazione RMR può essere attribuita alla classe 2 o 3 (in relazione al grado di fratturazione) stimando valori di angolo d'attrito dell'ammasso da 36° a 41° con coesione da 300 a 360 Mpa.

Di seguito viene riportato uno schema medio significativo di rilievo strutturale e la relativa classificazione geomeccanica:

CLASSIFICAZIONE AMMASSO ROCCIOSO "RMR"
Rock Mass Rating (Bieniawsky - 1973)

TIPO DI OPERA: versante ▼

famiglie di discontinuità	immersione (°)	inclinazione (°)
Fronte	260	30
S	280	25
K1	200	75
K2	100	65

Parametro	Dati di campagna	Valore
Resistenza a compressione monoassiale (MPa)	60	6
RQD%	100	21
Intercetta discontinuità (m)	1,5	14
Condizione idrauliche generali	asciutto ▼	15
Condizioni delle discontinuità		
persistenza/continuità	10-20m ▼	1
apertura	0,1-1mm ▼	4
rugosità/scabrezza	molto scabro ▼	6
riempimento	tenero <5mm ▼	2
alterazione	moder. alterato ▼	3
Compensazione in funzione delle discontinuità	favorevole ▼	-5
R.M.R.		67

Classe	II
Descrizione	buona
Angolo d'attrito (°)	39
Coesione (KPa)	335

- Depositi di versante

Depositi generalmente monolitologici, con elasti che rispecchiano la natura del substrato, eterometrici ma per lo più a granulometria grossolana dal ciottolo al blocco in matrice ghiaiosa, spigolosi e localmente con moderata selezione. Si presentano per lo più sciolti o con basso grado di cementazione. Non si hanno evidenze di strutture particolari e lo spessore risulta sempre molto ridotto.

Derivano dalla progressiva degradazione e smantellamento del substrato e della copertura regolitica. Risultano generalmente colonizzati dalla vegetazione.

Le caratteristiche meccaniche possono essere stimate pari a:

$$Y_t = 1.7 - 2.0 \text{ t/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ - 35^\circ \text{ (per detriti sciolti)}$$

con valori di coesione non drenata per eventuali plaghe di detriti cementati variabili da 0 a 3 t/m², ma con distribuzione irregolare.

- Depositi morenici

Depositi di origine glaciale costituiti prevalentemente da clasti di natura prevalentemente ignea e metamorfica, a granulometria prevalentemente ghiaiosa con blocchi e ciottoli sparsi in matrice sabbioso-limosa. I clasti presentano arrotondamento da angoloso a subangoloso e non si rilevano accenni di stratificazione o strutture particolari.

In base a dati derivati da indagini sismiche eseguite dallo scrivente, si evince come lo spessore dei depositi morenici, in corrispondenza della parte bassa dell'abitato di Margno, possa raggiungere circa 25 – 28 m di profondità dal piano campagna.

Questi terreni ad eccezione di un eventuale strato di decarbonizzazione e pedogenesi superficiale, presentano valori medi:

$$Y_t = 1.7-1.9 \text{ t/ m}^3$$
$$\phi = 28^\circ-35^\circ$$

con una coesione non drenata, considerando la loro natura prevalentemente granulare piuttosto ridotta e comunque variabile in funzione della percentuale di matrice fine.

Possono essere definiti secondo la Classificazione CNR UNI 10006 come variabili da A1 ad A3.

- Depositi di conoide alluvionale

Depositi fluvio-torrentizi granulometricamente costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice sabbiosa con sparsi blocchi, con clasti da subangolosi di origine metamorfica e subordinatamente ignea al seguito del rimaneggiamento di soprastanti depositi morenici.

Si rileva talora discreta stratificazione con orizzonti prevalentemente ghiaiosi e ciottolosi e lenti prettamente sabbiose con riconoscibili deboli laminazioni parallele e gradazione inversa.

Ad eccezione dello strato pedogenizzato superficiale si possono stimare i seguenti parametri per i detriti sciolti:

$$Y_t = 1.7-1.9 \text{ t/ m}^3$$
$$\phi = 30^\circ-35^\circ$$

con una coesione, considerando la loro natura prevalentemente granulare piuttosto ridotta e comunque variabile in funzione della percentuale di matrice fine, da 1 a 5 T/m², e con distribuzione irregolare.

Possono essere definiti secondo la Classificazione CNR UNI 10006 come appartenenti al gruppo A1.

- Depositi misti

Depositi di copertura detritico-regolitica frammisti ad elementi di natura glaciale talora sparsi o in livelli più consistenti. Presentano caratteristiche intermedie sensibilmente variabili a seconda del prevalere dell'una o dell'altra tipologia di deposito.

11 - BIBLIOGRAFIA

- A. Bini (1986) - Il clima del gruppo delle Grigne - Monografie dei Musei Civici di Lecco Anno I Num. 1, Lecco;
- S. Belloni, (1975) - Il Clima delle province di Como e Varese in relazione allo studio dei dissesti idrogeologici - CNR, Fond. Probl. Mont. Arco Alpino, vol. 99, n. 171, Milano;
- S. Belloni e altri, (1982) - Note illustrative ai saggi di cartografia geo-ambientale - CNR, Programma Finalizzato "Promozione Qualità dell'Ambiente", Roma;
- R. Carimati et al. (1986) - Il bacino del Torrente Pioverna; studio idrogeologico. - Istituto di Vie e Trasporti del Politecnico di Milano
- G. Dallagiovanna et al. (1986) - Strutture transpressive in corrispondenza della terminazione occidentale della Linea Orobica (Alta Val Muggiasca). - Mem. Soc. Geol. It., vol. 32, Roma;
- P. Della Torre, L. Scesi, (1978) - Studio idrogeologico di un torrente montano. Torrente Pioverna-Valsassina. - Le Strade n. 2, 1978.
- V. Francani, (1986) - Circolazione idrica degli ammassi rocciosi del Lario - Mem. Soc. Geol. It., vol. 32, Roma;
- M. Gaetani e R. Gianotti, (1981) - Foglio 32, Como - in "Castellarin - Carta Tettonica delle Alpi Meridionali alla scala 1: 200.000;
- M. Gaetani et al, (1986) - Carbonifero superiore, permiano e triassico nell'area lariana. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.
- R. Gianotti, (1968) - Considerazioni sul margine settentrionale del gruppo delle Grigne - Atti Ist. Geol. Un. Pavia, vol. XVIII, Pavia;
- R. Gianotti, C. Pierotti, A. Piccio, (1986) - Fenomeni di dissesto idrogeologico nel bacino lariano - Mem. Soc. Geol. It. v. 32;
- M. Giuliacci, (1989) - Analisi degli eventi piovosi nella zona di Margno nel periodo luglio-agosto 1987. - Osservatorio meteorologico di Brera-Duomo
- F. Jadoul e M. Gaetani, (1986) - L'assetto strutturale del settore lariano centro - meridionale. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.
- G. Nangeroni, (1971) - Note geomorfologiche sul territorio montuoso comasco ad oriente del Lario - Atti Soc. It. Sc. Nat., 112, 1, Milano
- M. Panizza, (1972) - Schema di legenda per carte geomorfologiche di dettaglio - Boll. Soc. Geol. It., vol. 91, Roma;
- M. Panizza, (1973) - Proposta di legenda per carte della stabilità geomorfologica - Boll. Soc. Geol. It., vol. 92, Roma;
- G. Pellegrini, A. Carton et alii (1993) - Studio di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo - Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia - Roma

C. Perotti, (1988) – Caratteristiche idrogeologiche e condizioni di stabilità del bacino del torrente Bandico. – Università degli Studi di Pavia, Dip. di Scienze della Terra.

M. Pesce (1986) - Sull'utilità della carta dell'acclività dell'ambiente alpino, finalizzata all'utenza urbanistica: introduzione di nuove soglie. - Mem. Soc. Geol. It. , vol. 32, Roma.

G. Schonborn, H.P. Laubscher, (1986) – The suborobic imbrications near Taceno. - Mem. Soc. Geol. It., vol. 32, Roma;

G. Schonborn, (1992) – Alpine Tectonics and Kinematics models of the central southern Alps – Memorie di Scienze Geologiche, Padova.

P. Sembelli, (1991-1993) – Relazioni tecniche e perizie procedimento penale n° 928/90/21 per l'evento sul torrente Bandito in comune di Margno del 2/3 settembre 1987.

Commissione per la cartografia geologica e geomorfologica del C.N.R. (1992) - Guida al rilevamento della carta geologica d'Italia - Proposta di segni convenzionali. - Roma.

Comunità Montana Valsassina - Val Varrone - Val d'Esino e riviera. - Carta dei fenomeni di dissesto idrogeologico

Regione Lombardia - Cartografia tematica regionale - Morfologia, foglio B4 Como - Lecco.

ALLEGATO 1
DATI CLIMATICI

Stazione pluviometrica di Casargo (825 m.s.m.)

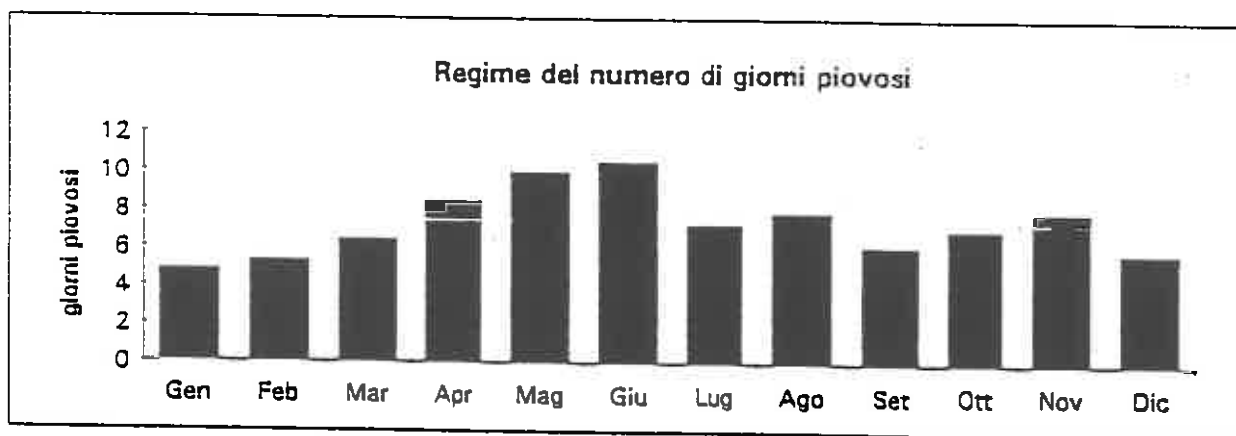
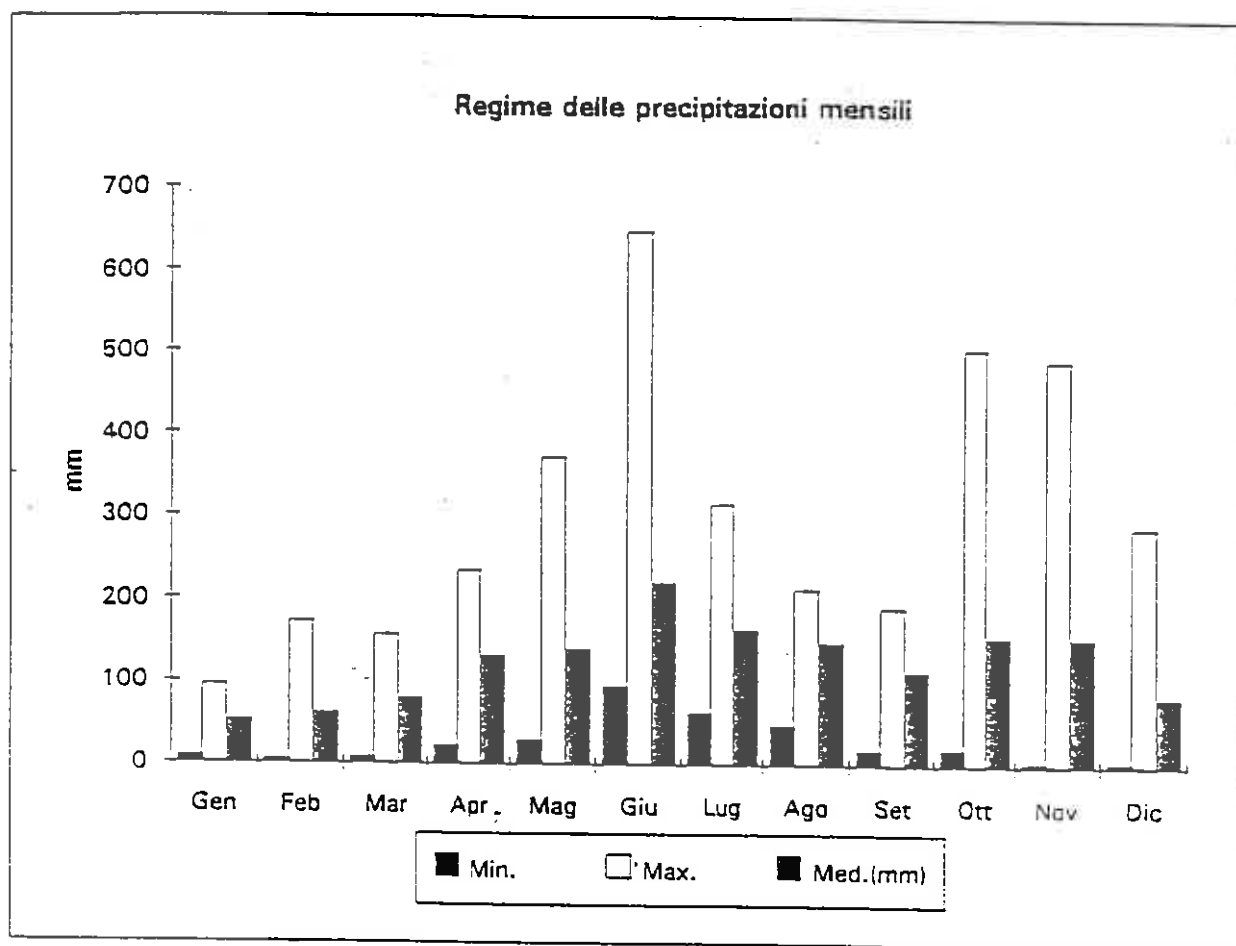
Precipitazioni medie mensili e valore annuo (mm).

<i>Anni</i>	Gen	Feb	Mar	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	<i>Anno</i>
21-50	46	60	89	196	151	152	162	133	152	137	66	1475
51	44	173	157	372	364	128	183	69	158	490	29	2220
52	38		51	127	95	218	158	191	105	76	92	1382
53	9	16		29	187	186	48	170	504	4	14	1297
54	35	60	36	136	175	63	171	164	52	80	288	1394
55	19	102	43	113	125	200	125	105	224	50	30	1136
56	76	35	118	55	138	315	165	170	145	60	5	1517
57	95	62	60	206	647	204	110	55	62	156	148	1974
58	26	115	8	82	135	188	174	117	106	210	76	1418
59	17	18	135	140	191	211	134	52	266	240	163	1711
60	96	122	85	90	150	105	193	143	277	138	120	1541
61	95	63	17	177	360	219	75	18	175	213	50	1694
62	95	40	70	139	150	95	135	55	75	195	115	1294
63	65	5	90	122	251	131	213	153	60	221	25	1446
64	30	48	152	116	302	75	145	50	105	100	70	1238
65	45	6	91	138	103	140	180	185	20	110	45	1093
Min.	9	5	8	29	95	63	48	18	20	4	5	1093
Max.	96	173	157	372	647	315	213	191	504	490	288	2220
Med.(mm)	52	62	80	140	220	164	148	114	155	155	84	1489

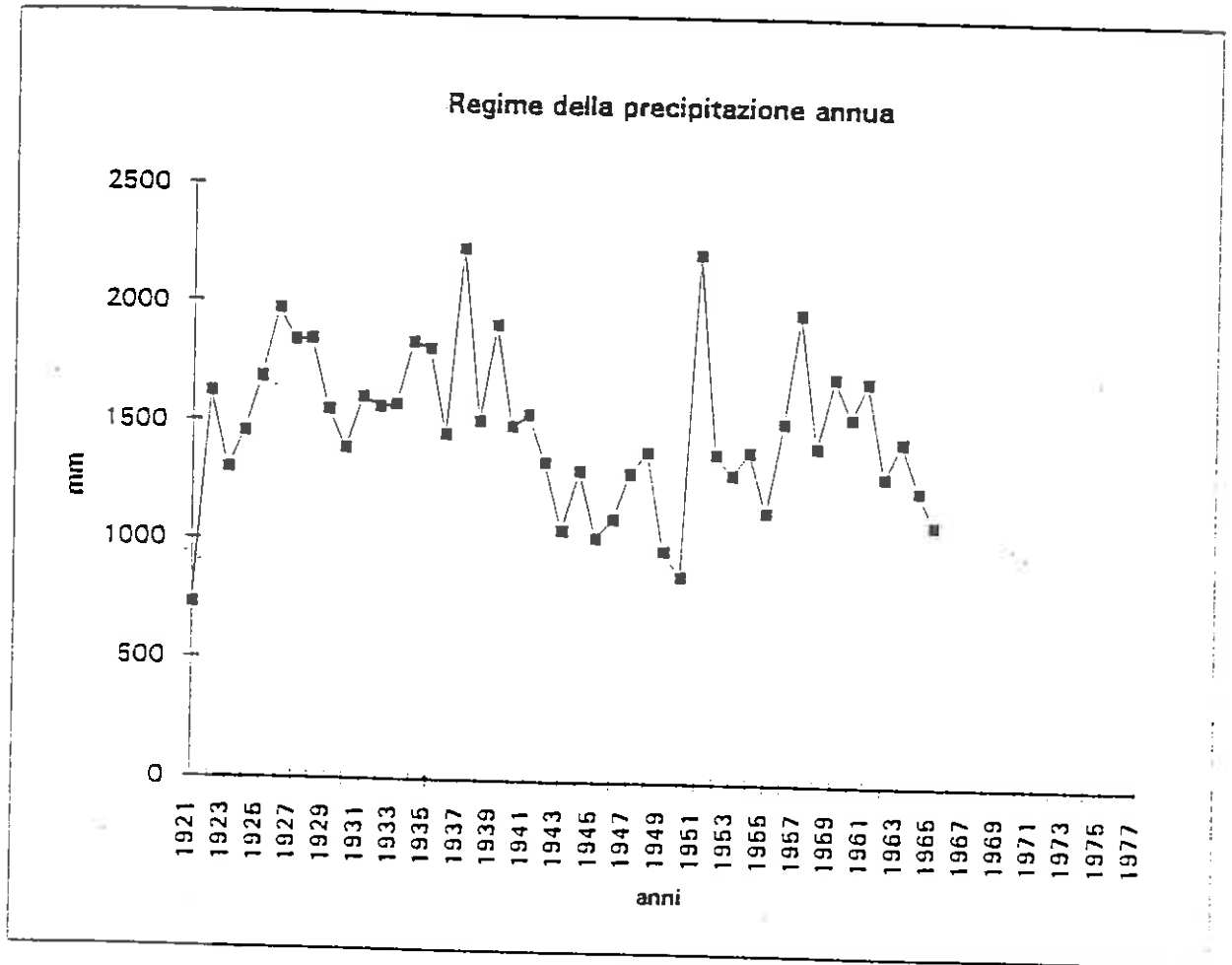
Numero di giorni di pioggia mensile e valore annuo.

<i>Anni</i>	Gen	Feb	Mar	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	<i>Anno</i>
21-50	5	4	6	13	10	8	8	8	8	8	6	94
51	6	12	14	22	13	6	9	5	5	17	2	121
52	4		3	6	7	5	9	5	6	7	6	66
53	2	3		3	16	15	4	10	20	1	3	87
54	8	8	4	10	11	3	12	9	3	5	7	88
55	7	8	5	8	7	8	9	6	7	5	3	73
56	5	5	6	6	10	9	10	6	5	6	1	79
57	3	6	3	21	17	7	10	4	4	9	7	101
58	2	6	1	4	9	10	7	6	5	4	10	76
59	2	2	9	9	14	9	7	3	5	9	12	89
60	7	11	13	10	8	7	10	8	16	10	11	113
61	4	4	1	10	8	7	3	2	12	10	7	81
62	5	4	9	9	6	6	5	3	4	14	5	78
63	9	2	5	12	14	5	10	8	5	11	3	95
64	3	3	10	5	10	4	9	3	6	5	7	70
65	5	2	8	12	9	8	5	13	2	7	4	77
Min.	2	2	1	3	6	3	3	2	2	1	1	66
Max.	9	12	14	22	17	15	12	13	20	17	12	121
Med.(gp)	5	5	6	10	11	7	8	6	7	8	6	87

Stazione pluviometrica di Casargo (825 m.s.m.)



Stazione pluviometrica di Casargo (825 m.s.m.)



Stazione pluviometrica di Casargo 825 m.s.m.)

Retta compensatrice e parametri

$$Y = e^{(H-b)}$$

Parametri statistici	1gg	2gg	3gg	4gg	5gg
Hm = altezza media	103,68	137,48	164,80	172,46	184,70
SQM = scarto quadratico medio	23,06	31,45	33,55	37,67	42,47
$s = 1,283/SQM$	0,06	0,04	0,04	0,03	0,03
$b = Hm - 0,46SOM$	83,30	123,34	139,70	155,50	165,58

Legge probabilistica di Gumbel

Dato Y = tempo di ritorno

$$H(T) = b + 1/a \cdot \ln[-\ln(1-1/T)]$$

$$\text{pozzo } H(T) = -\ln(1-1/T)$$

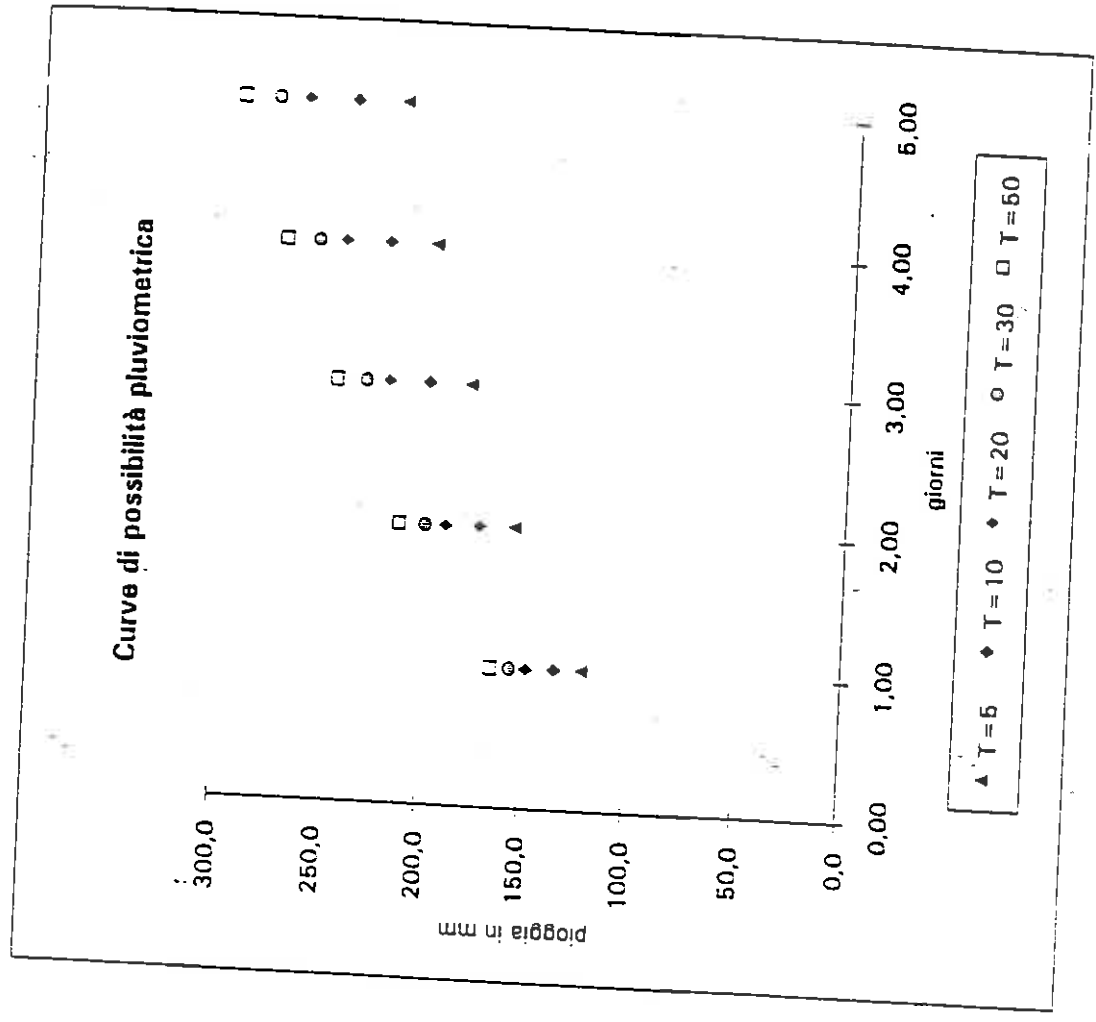
$$H(T) = b + 1/a \cdot \ln(1 - \ln(H(T)))$$

H(T)	Ln(H(T))	T	1gg	2gg	3gg	4gg	5gg
0,22	-1,50	T=5	120,3	160,1	178,9	189,6	215,2
0,11	-2,25	T=10	133,7	178,5	188,8	221,6	240,1
0,06	-2,97	T=20	146,7	188,2	217,4	242,7	263,8
0,03	-3,38	T=30	154,1	208,3	228,2	264,8	277,8
0,02	-3,90	T=50	163,4	219,0	241,7	270,1	294,8

Parametri curve di possibilità pluviometrica

Regressione lineare nella forma: $H = e^{t \cdot n}$
 In tabella sono riportati i valori di H calcolati.

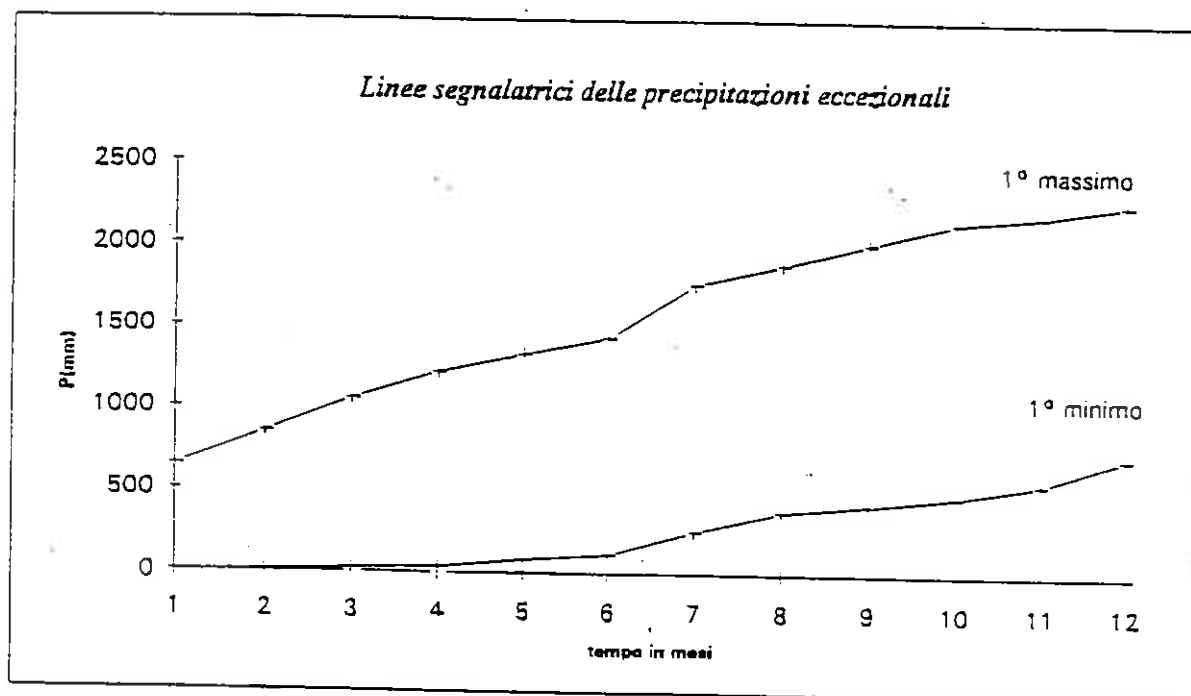
T	n	Ln a	e	1	2	3	4	6
5	0,357	4,80	121,8	156,0	180,3	189,8	218,4	218,4
10	0,357	4,91	136,4	173,6	200,6	222,3	240,7	240,7
20	0,358	5,00	148,5	180,3	220,0	243,8	264,1	264,1
30	0,358	5,05	156,1	200,0	231,2	258,3	277,6	277,6
50	0,358	5,11	165,5	212,1	246,2	271,8	294,4	294,4



Stazione pluviometrica di Casargo (825 m.s.m.)

Precipitazioni massime e minime da 1 a 12 mesi consecutivi, anni dal 1921 al 1965.

	1m	2m	3m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m
Min.	1	6	25	86	115	257	380	425	479	560	724
Max.	647	853	1057	1336	1437	1764	1889	2017	2147	2196	2267



Stazione pluviometrica di Casargo (825 m.s.m.)

Precipitazioni intense da 1 a 5 giorni: dati rilevati, elaborazione statistica.

N°	1 giorno			2 giorni			3 giorni			4 giorni			5 giorni		
	Hi	Hi-Hm	(Hi-Hm) ²	Hi	Hi-Hm	(Hi-Hm) ²	Hi	Hi-Hm	(Hi-Hm) ²	Hi	Hi-Hm	(Hi-Hm) ²	Hi	Hi-Hm	(Hi-Hm) ²
1	186	62,3	3884,2	241	103,6	10713,8	285	130,2	16962,0	314	141,6	20038,4	342	156,8	24687,3
2	162	48,3	2336,1	212	74,6	5561,2	229	74,2	5505,6	248	73,1	5338,3	268	74,3	5521,0
3	141	37,3	1383,0	200	62,8	3944,7	200	46,2	2043,0	228	63,6	2867,6	249	63,8	4070,8
4	140	36,3	1318,4	178	38,6	1482,8	181	24,2	688,4	208	33,1	1092,3	230	44,8	2007,3
5	136	31,3	981,2	167	19,6	380,6	174	19,2	368,8	200	27,8	776,6	228	41,3	1708,0
6	125	21,3	464,7	148	11,0	121,1	169	13,7	187,7	189	16,8	273,8	215	30,3	818,3
7	110	6,3	40,0	142	4,0	16,1	188	11,2	126,4	198	16,8	273,8	201	16,3	266,8
8	108	4,3	18,7	139	1,6	2,3	183	8,2	67,2	187	12,6	157,6	201	16,3	266,8
9	107	3,3	11,0	136	-1,6	2,2	167	2,2	4,8	186	12,8	167,6	198	1,6	2,3
10	107	3,3	11,0	136	-1,6	2,2	167	2,2	4,8	186	12,8	167,6	198	1,6	2,3
11	107	3,3	11,0	136	-1,6	2,2	167	2,2	4,8	186	12,8	167,6	198	1,6	2,3
12	106	1,3	1,8	136	-2,6	6,2	163	-1,8	3,2	182	8,8	91,2	185	0,3	0,1
13	108	4,3	18,7	134	-3,6	6,2	162	-2,8	7,8	172	-0,4	0,2	185	0,3	0,1
14	100	-3,7	13,6	133	-4,6	20,2	161	-4,3	18,6	170	-2,4	6,0	182	-2,7	7,3
15	100	-3,7	13,6	133	-4,6	20,2	148	-6,6	72,3	170	-2,4	6,0	182	-2,7	7,3
16	100	-3,7	13,6	133	-4,6	20,2	148	-6,6	72,3	170	-2,4	6,0	182	-2,7	7,3
17	88	-6,7	32,2	131	-6,6	42,2	145	-8,8	98,0	164	-8,9	80,1	179	-6,7	32,5
18	93	-10,4	68,8	128	-8,6	63,8	143	-11,8	139,2	162	-10,5	109,2	175	-9,7	84,0
19	91	-12,7	160,7	128	-8,6	63,8	143	-11,8	139,2	162	-10,5	109,2	175	-9,7	84,0
20	90	-13,7	187,1	128	-11,6	132,1	141	-13,8	190,4	166	-16,5	238,7	172	-13,0	188,9
21	80	-13,7	187,1	124	-13,6	182,1	140	-14,8	218,0	166	-16,5	238,7	172	-13,0	188,9
22	89	-14,7	216,4	117	-20,6	420,0	138	-17,3	298,3	168	-18,5	270,6	167	-19,1	327,5
23	86	-19,7	348,8	114	-23,6	561,9	138	-18,8	363,4	147	-26,6	647,7	162	-22,7	615,1
24	83	-20,7	348,8	114	-23,6	561,9	136	-19,8	363,4	148	-28,2	683,8	162	-22,7	615,1
25	82	-21,7	427,6	114	-23,6	561,9	135	-19,8	392,0	148	-28,2	683,8	167	-27,7	787,1
26	82	-21,7	427,6	114	-23,6	561,9	133	-21,8	476,2	148	-28,2	683,8	167	-27,7	787,1
27	80	-23,7	468,9	113	-24,5	676,7	131	-24,3	476,2	144	-29,0	838,1	168	-28,4	806,4
28	80	-23,7	468,9	113	-24,5	676,7	130	-25,3	690,6	143	-29,6	838,1	168	-28,4	806,4
29	80	-23,7	468,9	113	-24,5	676,7	130	-25,3	690,6	143	-29,6	838,1	168	-28,4	806,4
30	80	-23,7	468,9	113	-24,5	676,7	128	-26,8	640,1	142	-31,0	873,3	164	-31,2	873,2
				112	-28,0	676,7	129	-26,8	655,4	142	-31,0	867,3	160	-34,7	1203,9
				111	-26,6	701,8	128	-28,8	665,8	141	-31,1	867,3	148	-36,2	1310,2
										141	-31,1	864,1	148	-37,2	1381,6
										140	-32,6	1063,0	147	-37,7	1421,0
													146	-38,4	1474,3
Hi	28,0	Vi	Vi ²	Hi	Vi	Vi ²	Hi	Vi	Vi ²	Hi	Vi	Vi ²	Hi	Vi	Vi ²

N-1	28,0	N-1	29,0	N-1	29,0	N-1	29,0	N-1	29,0	N-1	29,0	N-1	29,0
Hm	103,7	Hm	164,8	Hm	164,8	Hm	172,6	Hm	172,6	Hm	184,7	Hm	184,7
Somma (Hi-Hm) ²	16414,4	Somma (Hi-Hm) ²	28690,8	Somma (Hi-Hm) ²	32637,8	Somma (Hi-Hm) ²	41149,3	Somma (Hi-Hm) ²	41149,3	Somma (Hi-Hm) ²	52313,8	Somma (Hi-Hm) ²	52313,8
Somma (Hi-Hm) ² /N-1	631,6	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	989,3	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	1126,8	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	1418,8	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	1418,8	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	1803,9	Somma (Hi-Hm) ² /N-1	1803,9
SOM = (H-1) ^{0,5}	23,1	SOM = (H-1) ^{0,5}	31,6	SOM = (H-1) ^{0,5}	33,8	SOM = (H-1) ^{0,5}	37,7	SOM = (H-1) ^{0,5}	37,7	SOM = (H-1) ^{0,5}	42,6	SOM = (H-1) ^{0,5}	42,6

Manto nevoso

Anni	GENNAIO				FEBBRAIO				MARZO				APRILE				OTTOBRE				NOVEMBRE				DICEMBRE						
	altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni		altezza estrato in cm nel giorno		giorni				
	10	20	31	p.n.	p.s.	10	20	28	p.n.	p.s.	10	20	31	p.n.	p.s.	10	20	30	p.n.	p.s.	10	20	31	p.n.	p.s.	10	20	31	p.n.	p.s.	
62	27	40	22	3	31	32	11	22	6	28	6	8	15	1																	
63	22	18	13	1	31	12	12	6	1	28																					
64	10	9	10	6	27	14	6	4	3	28	10	10	15	2	15																
65				1	3	25	15	15	3	12																					
69	2			1	7	2	29	6	3	20	4	4	10																		
60																															
61	20	30	24	4	30	23	12	13	4	28																					
MEDIA	11,6	13,9	9,86	2,14	18,4	11,9	13,6	9,43	2,71	20,6	3,14	1	7,86	0,14	0,14																

p.n.: giorni di precipitazione nevosa.
p.s.: giorni di permanenza al suolo del manto nevoso.

ALLEGATO 2

TABELLA DISPONIBILITA' IDRICHE

TABELLA DELLE DISPONIBILITA' IDRICHE COMUNE DI:

MARGNO

DATI AMMINISTRATIVI			
SUPERFICIE			
	Residente	Kmq	3.72
	Stabile non Residente	n.ab.	347
POPOLAZIONE	Fluttuante	n.ab.	120
	Totale	n.ab.	4.000
POPOLAZIONE SERVITA DA ACQUEDOTTO		n.ab.	4.487
POPOLAZIONE SERVITA AUTONOMAMENTE		%	97
		%	

DATI SUI CONSUMI			
CONSUMO DA ACQUEDOTTO			
	Uso civile	mc/anno	50.000
	Uso industriale	mc/anno	
	Altro	mc/anno	
CONSUMO DA PRELIEVI AUTONOMI			
	Uso civile	mc/anno	
	Uso industriale	mc/anno	
	Altro	mc/anno	
CONSUMO PRO-CAPITE		lt/giorno *	280
CONSUMO TOTALE	MEDIO	mc/anno *	140.318
	MINIMO	mc/anno	

DATI IDROLOGICI						
SORGENTI SFRUTTATE						
	Da acquedotto	n.	4	lt/sec.	10 mc/anno	315.380
	Autonomamente	n.		lt/sec.	mc/anno	
POZZI SFRUTTATI						
	Da acquedotto	n.		lt/sec.	mc/anno	
	Autonomamente	n.		lt/sec.	mc/anno	
DERIVAZIONI DA CORPI D'ACQUA SUPERFICIALI						
	Per acquedotto	n.		lt/sec.	mc/anno	
	Autonoma	n.		lt/sec.	mc/anno	
VOLUME TOTALE DISPONIBILE	MEDIO				mc/anno	315.380
	MINIMO				mc/anno	
SERBATOI DI ACCUMULO		n.	3		mc	500
IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE						
	Depurazione	n.			mc/anno	
	Filtraggio + clor.	n.			mc/anno	
	clorazione	n.			mc/anno	
SORGENTI NON CAPTATE		n.		lt/sec.	mc/anno	0

CONSUMI IN RAPPORTO ALLE DISPONIBILITA'		
BILANCIO		
Volume totale disponibile medio - consumo totale medio	mc/anno	175.042
RAPPORTO		
Volume disponibile minima / consumo medio		
PERIODO RIFERIMENTO DATI		
	anni	

NOTE:

L'acquedotto comunale non è dotato di contatori, il consumo è stato calcolato con il metodo indicato in specifica.

Il volume fatturato annualmente dal comune è pari a 90.500 mc (820 utenze x 400lt/gg).

Il consumo da acquedotto è solo ad uso civile.

ALLEGATO 3

STIMA PORTATE DI MASSIMA PIENA

COMUNE DI MARGNO

Bacino idrografico Impluvio Valle di Castello

Stima della portata di massima piena

Area bacino (Km ²)	1,29
Lunghezza max valle (km)	2,2
Dislivello (m)	930
Pioggia max (mm/giorno)	163

Giandotti e Visentini	
Qmax	28,8 m ³ /s 22,3 m ³ /s/km ²
k	0,38
pc	18,9 mm (riferito Giandotti)
A	1,29 km ²
t	0,3 ore
L	2,2 km
H	930 m quota media
pmax	163 mm/giorni pioggia max

Formula Piccoli Bacini per dren. stradale		
Qmax	27,5 m ³ /s	21,3 m ³ /s/km ²
A	1,29 km ²	area
pc	49,3 mm	pioggia critica (riferito a Gumbel)
c	0,5	Coeff.deflusso (0,4 - 0,6)
T	0,3 ore	tempo di corrivazione (Giandotti)

Horton	
Qmax	30,7 m ³ /s 23,8 m ³ /s/km ²
A	1,29 km ²

Kresnik	
Qmax	15,1 m ³ /s 11,7 m ³ /s/km ²
A	1,29 km ²
c	0,6 Coeff di deflusso (0,6-0,9)

Forti	
Qmax	12,1 m ³ /s 9,4 m ³ /s/km ²
a	2,25
A	1,29 km ²
b	0,5

Laudeburg (Svizzera)	
Qmax	17,9 m ³ /s 13,9 m ³ /s/km ²
A	1,29 km ²
c	0,4 coeff deflusso (0,35--0,9)

Zoli	
Qmax	17,7 m ³ /s 13,7 m ³ /s/km ²
c	0,8 (0,8-1)
pc	18,9 mm
A	1,29 km ²
oo	1,1
L	2,2 km

Hofbauer	
Qmax	34,07 m ³ /s 26,41 m ³ /s/km ²
c	0,5 coeff deflusso (0,35--0,7)
A	1,29 km ²

COMUNE DI MARGNO

Bacino idrografico Torrente Bandico

Stima della portata di massima piena

Area bacino (Km2)	0,556
Lunghezza max valle (km)	1,4
Dislivello (m)	710
Pioggia max (mm/giorno)	163

Giandotti e Visentini	
Qmax	14,4 m3/s 25,9 m3/s/km2
k	0,38
pc	16,2 mm (riferito Giandotti)
A	0,556 km2
t	0,2 ore
L	1,4 km
H	710 m quota media
pmax	163 mm/giorni pioggia max

Formula Piccoli Bacini per dren. stradale		
Qmax	13,6 m3/s	24,5 m3/s/km2
A	0,556 km2	area
pc	42,0 mm	pioggia critica (riferito a Gumbel)
c	0,5	Coeff.deflusso (0,4 - 0,6)
T	0,2 ore	tempo di corrivazione (Giandotti)

Horton	
Qmax	20,1 m3/s 36,2 m3/s/km2
A	0,556 km2

Kresnik	
Qmax	8,6 m3/s 15,4 m3/s/km2
A	0,556 km2
c	0,6 Coeff di deflusso (0,6-0,9)

Forti	
Qmax	5,3 m3/s 9,5 m3/s/km2
a	2,25
A	0,556 km2
b	0,5

Laudeburg (Svizzera)	
Qmax	7,9 m3/s 14,2 m3/s/km2
A	0,556 km2
c	0,4 coeff deflusso (0,35--0,9)

Zoli	
Qmax	10,3 m3/s 18,6 m3/s/km2
c	0,8 (0,8-1)
pc	16,2 mm
A	0,556 km2
oo	0,7
L	1,4 km

Hofbauer	
Qmax	22,37 m3/s 40,23 m3/s/km2
c	0,5 coeff deflusso (0,35--0,7)
A	0,556 km2

COMUNE DI CASARGO***Bacino idrografico Impluvio Valle di Corda****Stima della portata di massima piena*

Area bacino (Km2)	1
Lunghezza max valle (km)	1,5
Dislivello (m)	930
Pioggia max (mm/giorno)	163

Giandotti e Visentini	
Qmax	25,0 m3/s 25,0 m3/s/km2
k	0,38
pc	16,8 mm (riferito Giandotti)
A	1 km2
t	0,3 ore
L	1,5 km
H	930 m quota media
pmax	163 mm/giorni pioggia max

Formula Piccoli Bacini per dren. stradale		
Qmax	23,7 m3/s	23,7 m3/s/km2
A	1 km2	area
pc	43,8 mm	pioggia critica (riferito a Gumbel)
c	0,5	Coeff.deflusso (0,4 - 0,6)
T	0,3 ore	tempo di corrivazione (Giandotti)

Horton	
Qmax	27,0 m3/s 27,0 m3/s/km2
A	1 km2

Kresnik	
Qmax	12,8 m3/s 12,8 m3/s/km2
A	1 km2
c	0,6 Coeff di deflusso (0,6-0,9)

Forti	
Qmax	9,4 m3/s 9,4 m3/s/km2
a	2,25
A	1 km2
b	0,5

Laudeburg (Svizzera)	
Qmax	14,0 m3/s 14,0 m3/s/km2
A	1 km2
c	0,4 coeff deflusso (0,35--0,9)

Zoli	
Qmax	18,0 m3/s 18,0 m3/s/km2
c	0,8 (0,8-1)
pc	16,8 mm
A	1 km2
oo	0,75
L	1,5 km

Hofbauer	
Qmax	30,00 m3/s 30,00 m3/s/km2
c	0,5 coeff deflusso (0,35--0,7)
A	1 km2

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto 1: Panoramica dell'abitato di Margno



Foto 2: Panoramica del settore di valle dell'abitato di Margno



Foto 3: Panoramica del versante del Cimone di Margno a monte dell'abitato. Visibile la profonda incisione del torrente Bandico



Foto 4: Panoramica del Cimone di Margno e della località Pian delle Betulle



Foto 5: Panoramica della località Pian delle Betulle



Foto 6 : Versante a valle della località Pian delle Betulle

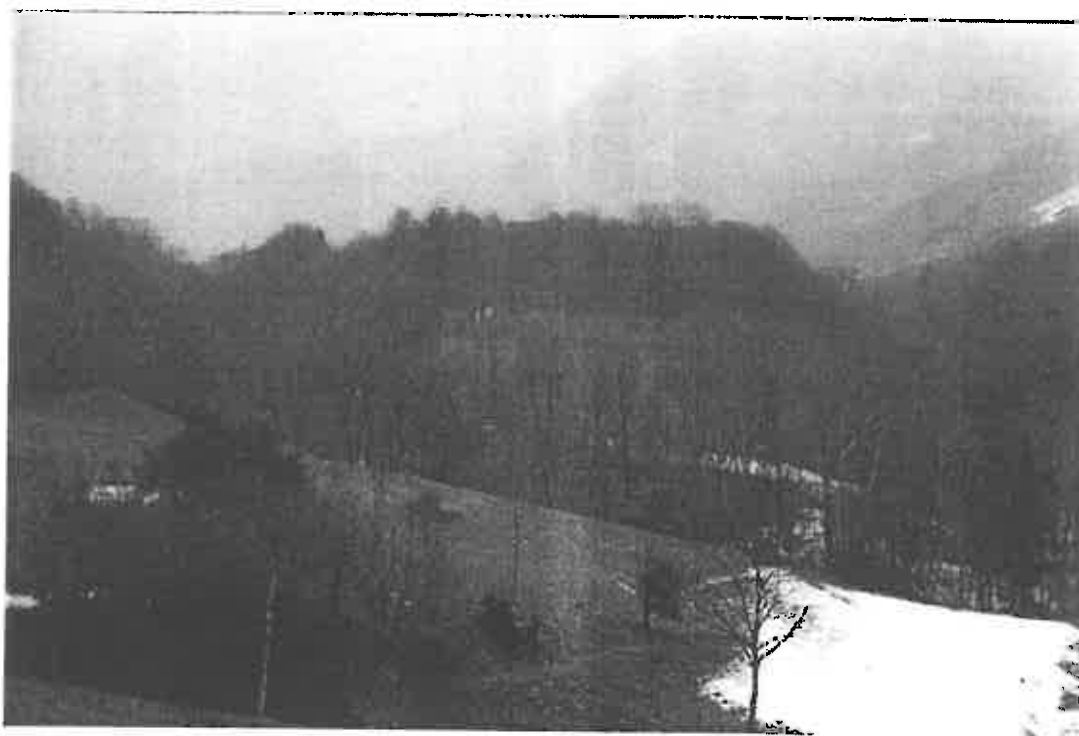


Foto 7: Vista del tratto di versante a valle della località Linate

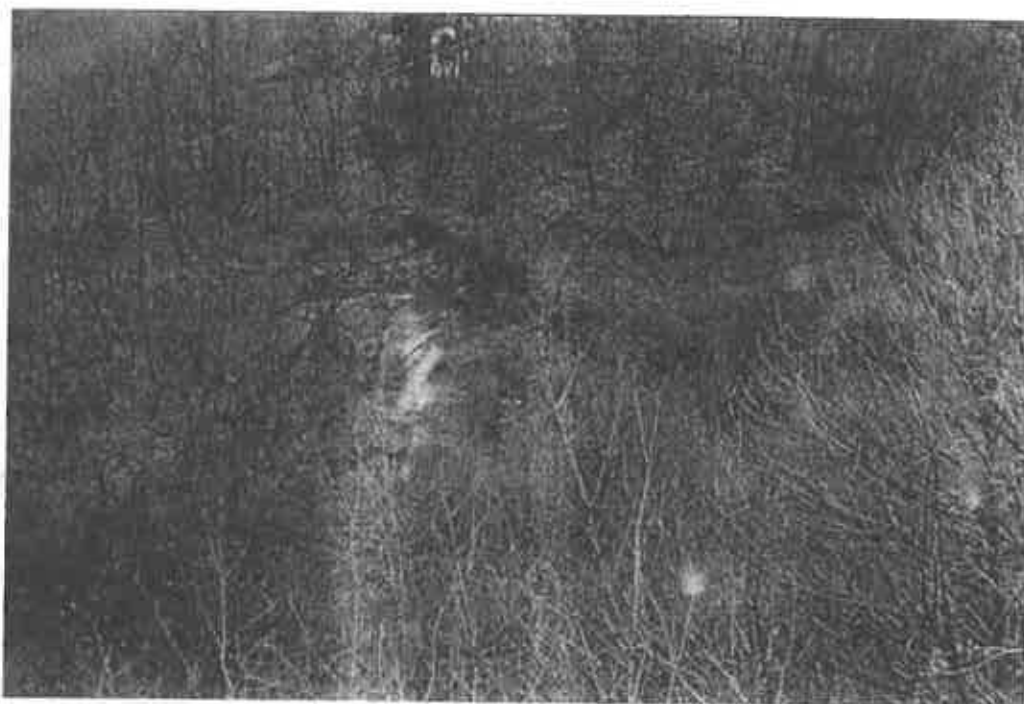


Foto 8: Nicchie di distacco di scollamenti della copertura detritico regolitica in località Linate



Foto 9: Distacco della coltre detritico regolitica lungo la sponda in destra idrografica del T. Maladiga a valle di Margno



Foto 10: Interventi di difesa spondale lungo l'alveo del torrente Maladiga



Foto 11: Vista dell'alveo del T. Bandico con le briglie per la riduzione della velocità del flusso idrico



Foto 12: Tratto dell'alveo del T. Bandico in corrispondenza della deviazione dal corso originario



Foto 13: Affioramento della Formazione del Servino



Foto 14: Affioramento della Formazione degli Gneiss Chiari



Foto 15: Depositi morenici misti a depositi detritico-alluvionali in località Margno



Foto 16: Depositi morenici in località Linate