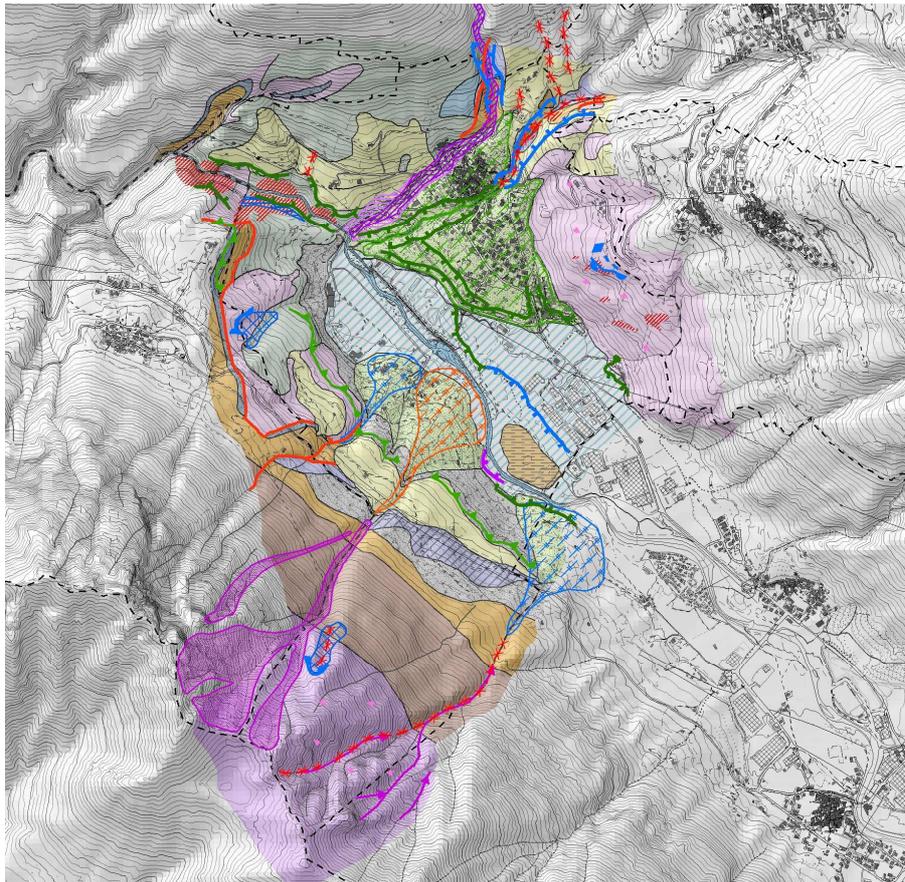


**REGIONE LOMBARDIA
PROVINCIA DI LECCO**



COMUNE DI TACENO
Via Roma n. 4 – 23837 Taceno (LC)

**Componente geologica, idrogeologica e sismica del
Piano di Governo del Territorio
Art. 57 - Legge Regionale 11 marzo 2005, n° 12**



Relazione Descrittiva

Elaborato: 1

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Data: Aprile 2011 Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	Versione: Definitiva e-mail: pierinvernizzi@libero.it
--	---	--

INDICE

1	DATI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	4
1.1	Basi cartografiche, immagini aeree e modello digitale del terreno.....	4
1.2	Quadro conoscitivo del dissesto	4
2	METODOLOGIA UTILIZZATA	6
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	8
4.1	Geologia	8
4.2	Geomorfologia	11
5	ANALISI DEL TERRITORIO COMUNALE.....	13
5.1	Ricerca storica e sintesi bibliografica	13
5.2	Inquadramento meteo-climatico.....	13
5.2.1	Pluviometria e regime pluviometrico	14
5.2.2	Piogge intense	15
5.2.3	Termometria e regime termico.....	17
5.3	Geologia	19
5.3.1	Basamento cristallino (pre – Westfaliano).....	20
5.3.2	Copertura sedimentaria Permo – Triassica.....	22
5.3.3	Copertura sedimentaria quaternaria	23
5.1	Geomorfologia e dinamica di versante.....	25
5.2	La frana di Giumello (comune di Casargo).....	28
5.3	I Fenomeni di subsidenza e vulcanelli di fanghi	30
5.4	Elementi crionivali.....	32
5.5	Idrogeologia.....	33
5.6	Idraulica.....	35
5.7	Elementi geotecnici e sondaggi geognostici	38
5.8	Vincoli presenti	39
5.9	Cartografia di sintesi del territorio comunale: individuazione delle condizioni di pericolosità geologica e vincolistica	40
6	CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA.....	43
6.1	Classe 2 (gialla): fattibilità con modeste limitazioni	43
6.2	Classe 3 (arancione): fattibilità con consistenti limitazioni.....	44
6.3	Classe 4 (rosso): fattibilità con gravi limitazioni.....	44
7	CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL).....	46

PREMESSA

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Taceno (LC), sono state eseguite ricerche geologico-ambientali sull'intero territorio comunale, allo scopo di redigere uno studio geologico parte integrante del Piano di Governo del Territorio comunale (PGT), in adempimento alla L.R. 11/03/2005 n° 12. I risultati di dette ricerche sono illustrati nella presente relazione.

L'analisi del territorio comunale è stata svolta sulla base dello schema metodologico generale e delle norme attuative dell'art. 57 della L.R. 12/05, pubblicate sul B.U.R.L., Secondo Supplemento Straordinario del 12 giugno 2008 (D.G.R. 28 maggio 2008, n° 8/7374). Lo scopo principale della ricerca è consistito nella definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio comunale, con particolare attenzione alla definizione dei dissesti pregressi e potenziali. La sintesi geologica si configura, pertanto, come uno degli strumenti di base per una equilibrata gestione dei processi e delle risorse naturali ed ambientali, in rapporto all'urbanizzazione ed all'uso del territorio.

Gli studi hanno preso l'avvio dall'esame della documentazione scientifica e tecnica d'archivio (v. Bibliografia in appendice), successivamente aggiornata ed integrata con rilevamenti ed osservazioni di campagna.

I rilievi sul terreno sono stati eseguiti nel periodo compreso tra Maggio 2010 e Gennaio 2011. Come supporto cartografico è stata utilizzato il nuovo Data Base Topografico a scala variabile (versione Giugno 2010).

La presente relazione è integrata dai seguenti elaborati:

- CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO: elementi geologici, geomorfologici e dinamica geomorfologica (Tavola 1) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI INQUADRAMENTO: elementi idrografici, idraulici e idrogeologici (Tavola 2) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DEI VINCOLI (Tavola 3) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI SINTESI: pericolosità geologica (Tavola 4) – scala 1:10.000;

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 2
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

- CARTOGRAFIA DI SINTESI AREA URBANA: pericolosità geologica (Tavola 5) – scala 1:2.000;
- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA (Tavola 6) – scala 1:10.000;
- CARTOGRAFIA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA AREA URBANA (Tavola 7) – scala 1:2.000;
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE (Tavola 8) – scala 1:10.000;
- CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE AREA URBANA (Tavola 9) – scala 1:2.000;
- CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL PAI (Tavola 10) - scala 1:10.000;
- NORME GEOLOGICHE DI ATTUAZIONE (Elaborato 2);
- VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA DEL TORRENTE PIOVERNA NEL TERRITORIO COMUNALE DI TACENO (Elaborato 3);
- ALLEGATO ALLA CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL PAI (Elaborato 4).

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 3
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

1 DATI UTILIZZATI NELL'ANALISI

1.1 Basi cartografiche, immagini aeree e modello digitale del terreno

Per l'esecuzione dello studio del territorio comunale, oltre all'utilizzo dell'analisi stereoscopica delle fotografie aeree (voli R.L. 1981 – 1994; Comunità Montana 1979, sono stati utilizzati i seguenti supporti informatici:

- Ortofoto scala 1:10.000 Regione Lombardia (2003);
- Ortofoto scala 1:5.000 Provincia di Lecco (2007);
- Modello digitale del terreno della Regione Lombardia, passo 20 metri.

Le basi cartografiche utilizzate per l'elaborazione delle cartografie tematiche sono quelle relative alla carta tecnica regionale (CTR – CT10) in scala 1:10.000 ed il Data Base Topografico a scala variabile.

1.2 Quadro conoscitivo del dissesto

Il quadro conoscitivo del dissesto è stato completato mediante il reperimento e la consultazione di:

- Quadro del dissesto di cui al SIT regionale (applicativo studi geologici comunali – www.cartografia.regione.lombardia.it);
- Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267) e successivi aggiornamenti;
- PAI (ultimo aggiornamento, comprensivo di aree a rischio idrogeologico molto elevato RME);
- Carta di localizzazione probabile delle valanghe (SIRVAL - Regione Lombardia, 2001);
- Progetto IFFI Regione Lombardia (2008);
- Carta inventario delle frane e dei dissesti della provincia di Lecco (CNR – GNDCI; 1999);

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 4
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

- Centri abitati instabili della provincia di Lecco (CNR – GNDICI; 2000);
- Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico a fini urbanistici del torrente Pioverna (F. Luino; IRER – CNR 2000);
- Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del torrente Pioverna nei comuni di Bellano, Introbio e Pasturo. (Regione Lombardia - 1999);
- Studio geologico del dissesto idrogeologico in località Tartavalle Terme – Cassinella (Dott. Geol. G. Savazzi e Prof. Geol. G. Pilla – 2005).

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 5
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

2 METODOLOGIA UTILIZZATA

La metodologia di ricerca utilizzata si fonda sulle seguenti tre fasi successive di lavoro:

- sintesi bibliografica compilativa, analisi storica;
- approfondimento e integrazione;
- valutazioni e proposte.

La prima fase è consistita essenzialmente nella raccolta, nell'esame critico e nella comparazione di dati storici, scientifici e tecnici d'archivio.

La successiva fase di approfondimento e integrazione ha comportato l'attuazione delle seguenti operazioni:

- esame stereoscopico delle fotografie aeree relative al territorio comunale (volo 1981 Regione Lombardia);
- sopralluoghi di verifica con esecuzione di rilievi di dettaglio.

I dati raccolti hanno permesso la redazione di una cartografia tematica di inquadramento in scala 1:10.000 (Tavole da 1 a 2) relativa alle condizioni litologiche, geomorfologiche, strutturali, geotecniche, idrogeologiche e nivologiche del territorio comunale di Taceno.

Nella successiva terza fase di lavoro (valutazioni e proposte) sono state formulate proposte, attraverso una valutazione incrociata degli elementi contenuti nella cartografia tematica specifica con gli scenari di pericolosità geologica desunti per il territorio comunale. Allo scopo, sono state definite alcune "classi di fattibilità geologica" (Tavole 6 e 7) che tengono conto della componente geoambientale, dei vincoli, delle valutazioni in merito alla "pericolosità" (Cartografia dei Vincoli e di Sintesi, Tavv. 3, 4 e 5) dei singoli fenomeni ed ai conseguenti "scenari di rischio".

Nelle Tavole 8 e 9 sono sintetizzati gli "Scenari di Pericolosità Sismica Locale", definiti per l'intero territorio comunale, in scala 1:10.000 e per lo stralcio di dettaglio in scala 1:2.000.

La Tavola 10 "Carta del dissesto con legenda uniformata a quella PAI" rappresenta il quadro del dissesto aggiornato e classificato, in modo tale da proporre l'aggiornamento dell' Elaborato 2 del PAI.

La relazione inizia con un capitolo introduttivo che illustra il contesto geologico-regionale ed evolutivo in cui si inserisce l'area in esame.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 6
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Taceno occupa una superficie di circa 367 ettari, superficie interamente esaminata per poter effettuare lo studio in modo completo. Esso confina con i Comuni di Margno e Casargo a Nord, di Crandola e Cortenova a Est, Parlasco e Vendrognò a Ovest, Cortenova e Esino Lario a Sud.



Figura 1 – Inquadramento territoriale.



Figura 2 – Panoramica dell'abitato di Taceno

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 7
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

4.1 Geologia

Il territorio comunale di Taceno si inserisce nel contesto geologico-evolutivo delle Alpi Lariane, costituenti il settore centro-occidentale del Sudalpino Lombardo. Questo è limitato ad ovest dalla zona del Varesotto-Luganese, ad est dalle Alpi Bergamasche, a sud dalla flessura marginale¹ e a nord dalla Linea Insubrica, la quale costituisce un elemento strutturale di importanza regionale poiché rappresenta una sutura tra unità adiacenti ed affini, ma caratterizzate da vicende geodinamiche diverse.

Infatti, le unità a nord della Linea Insubrica vengono definite complessivamente con il termine di "Austroalpino" e sono caratterizzate da strutture nord-vergenti; le unità a sud di questo lineamento hanno invece strutture sud-vergenti e costituiscono il "Sudalpino"². Questo consta di due parti ben distinte: il basamento cristallino (o metamorfico), affiorante in una fascia ad andamento E-W nella parte settentrionale, e la copertura sedimentaria, a sud, di età via via più recente da settentrione verso meridione.

Il basamento cristallino rappresenta l'antica crosta continentale di età pre-westfaliana ed è costituito da terreni "scistosi", interessati da diversi eventi metamorfici e da più fasi deformative (di cui le più importanti di età prealpina).

La copertura sedimentaria, depostasi tra il Carbonifero Superiore ed il Paleogene - Neogene basale, in discordanza sul basamento cristallino, è il risultato delle vicissitudini geologiche dell'antico bacino oceanico della Tetide. Detta copertura, che risulta priva di tracce di metamorfismo regionale (salvo situazioni locali), è interessata da sovrascorrimenti di età alpina che coinvolgono in parte anche il basamento cristallino.

Dal punto di vista geologico-evolutivo si osserva che a partire dal Triassico Superiore - Lias inferiore, si individuarono alcuni elementi strutturali lineari a direzione circa N-S,

¹ La "flessura marginale" è una "piega asimmetrica" che provoca l'immersione verso sud della successione mesozoica delle Prealpi lariane, al di sotto delle "colline" moreniche dell'alta pianura lombarda.

² "Austroalpino e Sudalpino costituivano "domini paleogeografici" adiacenti sul margine continentale passivo adriatico (placca paleoafricana). La diversa vergenza strutturale oggi presente nelle unità sudalpine ed austroalpine è il risultato della diversa evoluzione geotettonica da esse subita durante

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 8
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

che mantennero in seguito un loro preciso comportamento strutturale, condizionando il tipo e l'entità della sedimentazione. Infatti, in corrispondenza del margine continentale passivo (Neotetide), articolato da faglie normali sin sedimentarie, listriche, a direzione nord-sud³, si formarono zone di "alto strutturale" (piattaforme) caratterizzate da una sedimentazione condensata o ridotta, e zone di "basso strutturale" (bacini) caratterizzati da una sedimentazione bacinale (di mare profondo).

Le faglie normali citate, avrebbero assunto un ruolo di notevole importanza in età alpina, come elementi trasversali di svincolo, nell'ambito della generale compressione a direzione meridiana.

Il territorio comunale di Taceno rappresenta una delle aree chiave per la comprensione della geologia delle Alpi Lariane. In questa zona, infatti, si ha la terminazione occidentale della Linea Orobica ed ha luogo "l'incontro" fra tre importanti elementi strutturali: il Basamento Cristallino a Nord, i terreni appartenenti all'Anticlinale Orobica ad Est e la scaglia della Grigna settentrionale verso Sud.

A Taceno l'ampia culminazione dell'Anticlinale Orobica, avente direzione circa E-W (localmente rappresentata da Verrucano Lombardo al nucleo e da terreni del Trias inferiore ai fianchi), interferisce con strutture a direzione NE-SW e non è più individuabile come unità tettonica a sé stante. A meridione del territorio esaminato, il margine S dell'unità della Grigna settentrionale immerge verso SW con inclinazione di circa 40°-50°, ed è costituito da una successione stratigrafica relativamente regolare che dal Trias inferiore, essenzialmente detritico, passa al Trias medio, essenzialmente carbonatico.

l'orogenesi alpina, che provocò la traslazione delle Unità Austro-alpine verso nord, sulle Unità Pennidiche del margine europeo.

³ Nelle Alpi Lariane (e nel sudalpino in generale) si individuano due gruppi di strutture lineari dette rispettivamente longitudinali e trasversali. Le prime costituiscono, nella quasi totalità dei casi, strutture compressive in quanto risultano orientate circa ortogonalmente (E-W) agli assi di massimo raccorciamento della catena. Esse coincidono con orli di sovrascorrimento (v. sovrascorrimenti delle Grigne), con faglie inverse (v. faglia della Grona e della Valtorta), con strutture plicative (v. Anticlinale Orobica, flessura marginale) o, come per la Linea Insubrica, con cicatrici collisionali complesse.

Le strutture lineari trasversali costituiscono disturbi tettonici orientati circa N-S, di importanza regionale (Linea di Lugano, Linea di Lecco, Linea del Faggio). La comunità scientifica ritiene che tali strutture abbiano avuto origine a partire dal Triassico superiore-Giurassico inferiore (non si esclude tuttavia un'origine più antica), quando i settori occidentali del sudalpino furono coinvolti nella tettonica distensiva connessa con l'inizio dell'apertura del paleo-oceano piemontese-ligure, trasformando le vaste piattaforme carbonatiche in zolle subsidenti (margine continentale passivo).

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 9
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Le coperture recenti presenti nella zona sono di ambiente continentale e risultano costituite da materiale di origine glaciale e fluviale di età pleistocenica e da materiale detritico-colluviale recente.

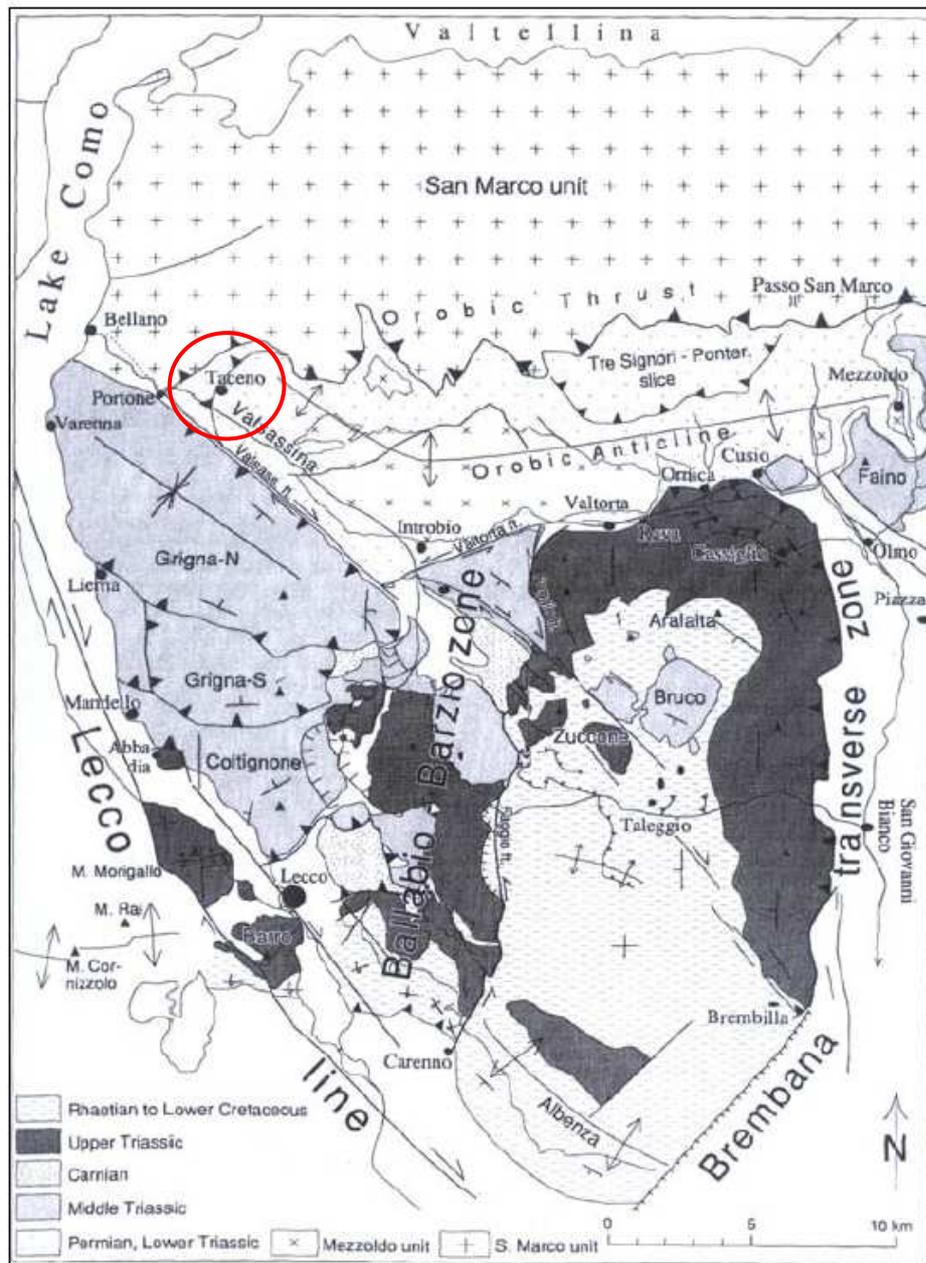


Figura 3 – Schema geologico-strutturale semplificato delle Prealpi Lariane (da Schönborn, 1992).

4.2 Geomorfologia

L'area esaminata comprende il fondovalle e i versanti della Valsassina, nella zona situata immediatamente a monte della forra da cui inizia il ramo vallivo denominato Val Muggiasca; l'ampio conoide di deiezione dei Torrenti Maladiga e ValResina (su cui sorge l'abitato di Taceno) e parte del versante settentrionale del gruppo della Grigna .

La geomorfologia dell'area esaminata è il risultato di una serie di processi che hanno modellato il territorio. In generale si possono riconoscere i seguenti gruppi di forme:

- forme strutturali;
- forme glaciali;
- forme di degradazione dei versanti;
- forme torrentizie;
- forme antropiche.

Una parte delle forme del paesaggio appare legata alla "struttura geologica" del territorio, intesa come costituzione litologica ed assetto tettonico.

Gli elementi che maggiormente caratterizzano questo settore delle Alpi Lariane sono tuttavia costituiti dalle forme e dai depositi glaciali, dovuti in parte ai ghiacciai locali ed in parte ai diversi rami dell'imponente ghiacciaio Valtellinese - Val Mera. Detto ghiacciaio, nella sua porzione orientale, si divideva in vari rami, penetrando soprattutto nella Valvarrone, nella Valsassina e nella Valle di Esino.

In generale, si riconoscono tre tipi morfologici principali, corrispondenti a tre zone altimetriche ed a tre periodi glaciali distinti: morenico sparso scheletrico (più elevato) di probabile età Mindelliana; morenico a cordoni (poco sotto il limite del morenico sparso) di probabile età Rissiana; morenico terrazzato lungo i versanti, fino alla quota del lago e sul fondovalle, di probabile età Würmiana.

Localmente i cordoni morenici ed i ghiacciai (in generale per fenomeni di "otturazione glaciale"), hanno determinato la formazione di specchi lacustri, oggi testimoniati dalla presenza di depositi argillosi, spesso varvati.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 11
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Le forme dovute alla degradazione dei versanti sono rappresentate talora da imponenti corpi di frana, la cui genesi è stata favorita dal ritiro dei ghiacciai quaternari e dal conseguente “detensionamento e rilassamento” dei versanti.

Le acque correnti ed in generale la “degradazione meteorica” hanno progressivamente sovraimpresso al paesaggio ed alle forme glaciali, la morfologia fluvio-torrentizia e gravitativa attuale.

Anche le forme antropiche costituiscono una caratteristica saliente del territorio lariano. Sono infatti presenti numerosi terrazzamenti realizzati per scopi insediativi ed agricoli, scarpate e “corone” di antiche cave di materiale lapideo o di miniere (prevalentemente di feldspato o barite), canalizzazioni artificiali per la regimazione delle acque superficiali.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 12
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

5 ANALISI DEL TERRITORIO COMUNALE

5.1 Ricerca storica e sintesi bibliografica

Per la stesura della presente relazione ci si è avvalsi anche dei risultati dei seguenti studi:

- studio geologico redatto dallo scrivente nel luglio 1999 a supporto del P.R.G. (l.r. 41/97) del Comune di Taceno;
- programma Provinciale di Previsione e Prevenzione di 2° livello, Rischio connesso al Dissesto idrogeologico, redatto a cura della Provincia di Lecco (Estensore: Studio Cancelli Associato);
- documentazione storica reperita presso gli archivi del Comune di Taceno;
- esame delle precipitazioni giornaliere rilevate dalla stazione pluviometrica di Introbio, nel periodo compreso tra il 1921 ed il 1998 (stazione del Servizio Idrografico del Bacino del Po);
- esame delle precipitazioni giornaliere alla stazione pluviometrica di Premana, sito diga Enel, nel periodo compreso tra il 1966 e il 2002;
- disamina dei dati pubblicati dal Dott. Geologo A. Bini (Monografie Periodiche dei Musei Civici di Lecco - 1986);
- Relazione di fattibilità geologica del piano integrato di intervento (PII) ex l.r. 12/2005 denominato “Terme di Tartavalle” redatta da Dott. Geol. Giovanni Savazzi (2008).

5.2 Inquadramento meteo-climatico

Vengono di seguito illustrate le principali caratteristiche climatologiche e meteorologiche dell'area in esame. Gli aspetti generali relativi alla circolazione dell'atmosfera ed alle condizioni bariche durante l'anno solare sono ovviamente riconducibili a quelle del settore nord-occidentale italiano.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 13
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Per quanto concerne la valutazione dei singoli fenomeni (precipitazioni, temperature, etc.), sono state utilizzate le misure rilevate dalla stazione pluviometrica situata nel territorio comunale di Introbio (del Servizio Idrografico del Bacino del Po) e da quella limitrofa di Barzio (del Centro Orientamento Educativo), oltre alla consultazione di dati pubblicati dal Dott. Geologo A. Bini (Monografie Periodiche dei Musei Civici di Lecco - 1986).

5.2.1 Pluviometria e regime pluviometrico

Il grafico di **Figura 4** evidenzia l'andamento delle precipitazioni annue nel periodo 1921÷1998. Tale andamento rappresenta la serie significativa, anche se non completa, delle precipitazioni registrate dalla stazione pluviometrica posta nel territorio comunale di Introbio, ed il valore medio annuo calcolato per l'intero periodo.

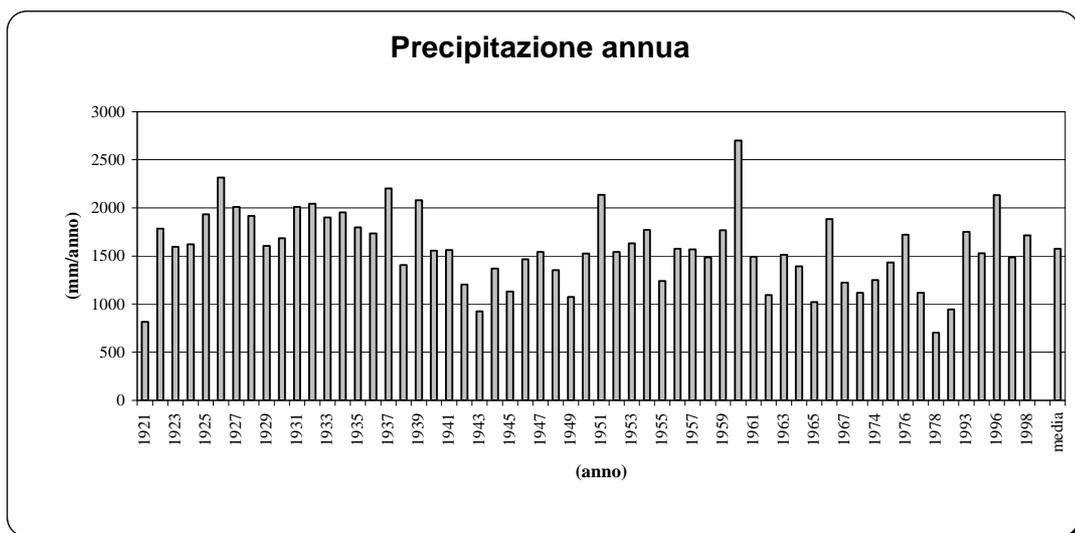


Figura 4 – Precipitazioni annue e valore medio annuo relativo al periodo 1921÷1998, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione pluviometrica di Introbio.

Dalla serie si ricava un valore medio annuo pari a 1577 mm di pioggia ed un regime pluviometrico caratterizzato da un minimo assoluto invernale e da due massimi assoluti primaverile ed autunnale.

Il grafico di Figura 5 illustra i valori medi mensili delle precipitazioni, relativi allo stesso intervallo di tempo.

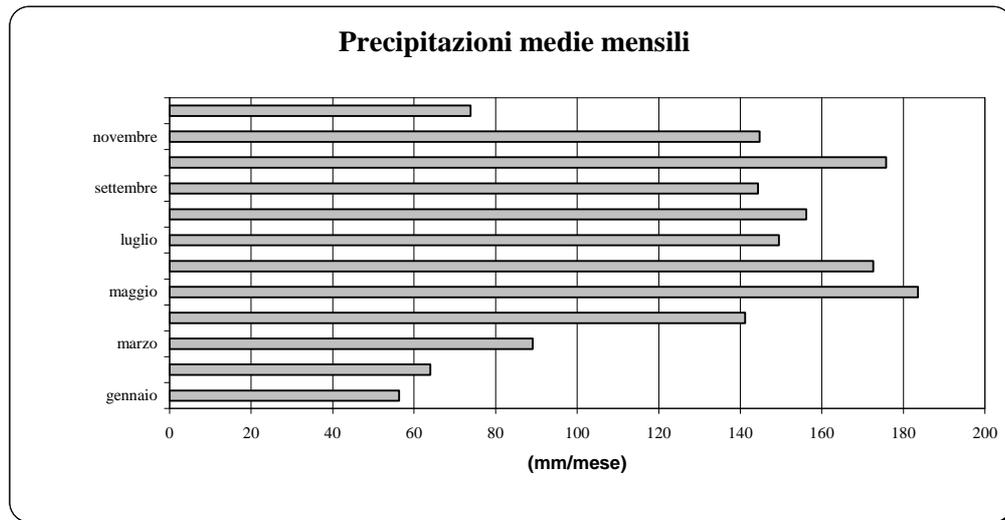


Figura 5 – Precipitazioni medie mensili relative al periodo 1921÷1998, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione pluviometrica di Introbio.

5.2.2 Piogge intense

La conoscenza delle modalità con cui si manifestano le piogge di maggiore intensità riveste un particolare interesse pratico, ai fini della valutazione delle portate idriche di massima piena dei corsi d'acqua presenti sul territorio comunale. Lo studio delle piogge intense, e la determinazione della relativa curva di possibilità pluviometrica, richiedono la conoscenza dei valori delle piogge intense, intendendo con tale termine le piogge di massima intensità, di durata pari a 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Nell'ambito del territorio esaminato, sono disponibili dati relativi alle piogge intense con una serie meno estesa della precedente (serie 1942÷1974 incompleta).

Tali dati sono risultati sufficienti per costruire le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (L.S.P.P.) con tempi di ritorno (T_r) pari a 5, 10, 20, 50 e 100 anni.

Il valore dell'altezza massima giornaliera di pioggia, nel periodo in cui si ha la disponibilità di dati, risulta pari a 152 mm (valore confrontabile con quelli registrati da altre stazioni pluviometriche in Valsassina). È stata quindi studiata la curva di possibilità pluviometrica assumendo un tempo di ritorno di 100 anni mediante regolarizzazione statistica della serie dei massimi annuali, normalizzati, utilizzando la seguente "relazione di Gumbel":

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 15
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

$$h_{\max} = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left(- \ln \frac{T_r - 1}{T_r} \right)$$

in cui:

- h_{\max} = massima altezza di pioggia in mm/24ore
- T_r = tempo di ritorno (anni)
- α = costante che dipende dallo scarto quadratico medio (σ) della serie dei massimi annuali
- u = costante che dipende dalla media (μ) e dallo scarto quadratico medio (σ) della serie dei massimi annuali

I risultati ottenuti, sintetizzati nella tabella (Tabella 1) e nel grafico seguente (Figura 6), hanno fornito un valore della precipitazione massima giornaliera di riferimento pari a 172.1 mm (evento con tempo di ritorno di 100 anni).

μ	σ	α	u	T_r	h_{\max} (mm)
91.99	25.56	0.05	80.49	5	110.4
91.99	25.56	0.05	80.49	10	125.3
91.99	25.56	0.05	80.49	20	139.7
91.99	25.56	0.05	80.49	50	158.2
91.99	25.56	0.05	80.49	100	172.1

Tabella 1 – Precipitazioni massime giornaliere, espresse in mm (h_{\max}), con assegnato tempo di ritorno (T_r) espresso in anni.

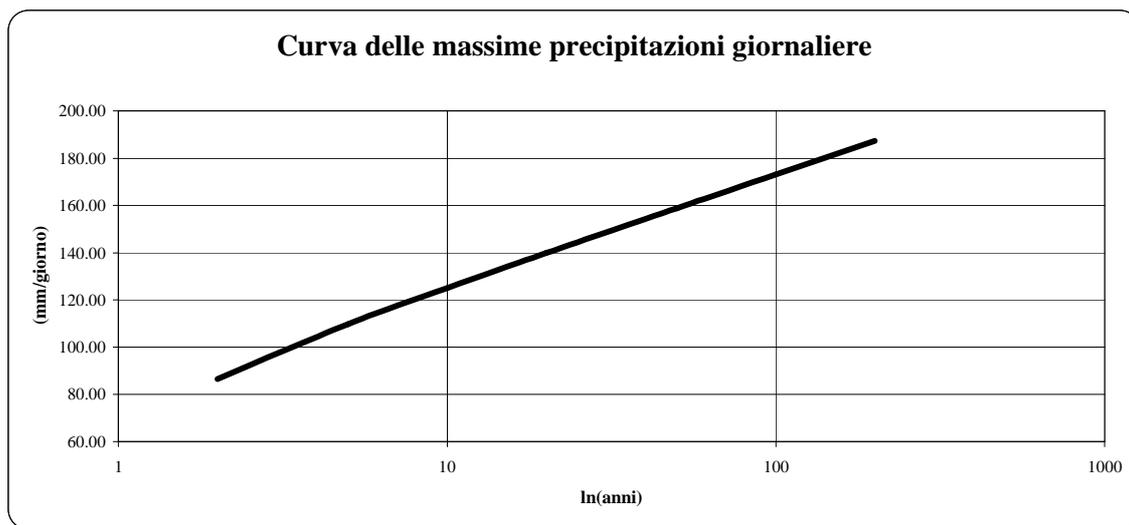


Figura 6 - Curva delle massime precipitazioni giornaliere (mm/giorno) in funzione del tempo di ritorno (anni).

Per la valutazione degli afflussi è stato considerato, quindi, il valore di 172,1. In base a questo valore è stata determinata la curva di possibilità pluviometrica (Figura 7), di seguito riportata:

$$h = 65.35t^{0.306}$$

in cui:

h = altezza di pioggia espressa in mm;

t = tempo espresso in ore.

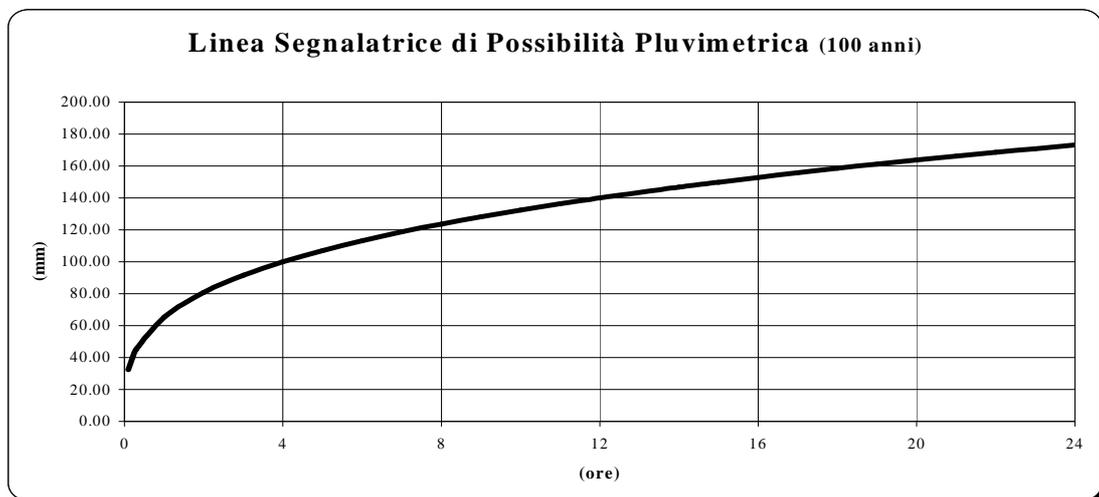


Figura 7 - Curva di possibilità pluviometrica.

5.2.3 Termometria e regime termico

Non essendo disponibili dati rilevati sul territorio comunale di Taceno sono stati esaminati i dati termometrici pubblicati nel "Il clima del gruppo delle Grigne" di A. Bini, rilevati presso l'Osservatorio Meteorologico del Centro di Orientamento Educativo di Barzio nel periodo 1972-80. Nella tabella 3 sono riportati i valori delle temperature medie massime, medie minime e medie stagionali misurati dagli strumenti della stazione di Barzio nel periodo succitato.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 17
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

anno	Inverno			Primavera			Estate			Autunno		
	max	min	med	max	min	med	max	min	med	max	min	med
1972	-	-	-	11.4	4.9	8.9	21.8	12.6	17.1	12.8	6.0	8.6
1973	6.1	-0.3	2.2	13.1	4.5	8.5	22.8	13.9	18.5	15	6.4	10.3
1974	6.2	0.1	2.6	12.3	5.0	8.4	22.5	12.5	17.8	12.6	4.4	7.9
1975	7.7	0.1	3.1	12.6	4.8	8.6	22.3	12.4	17.4	17.6	8.8	12.8
1976	-	-	-	12.5	4.0	7.7	22.1	11.1	16.5	13.0	5.1	8.4
1977	5.9	3.0	1.3	12.4	3.5	7.7	23.3	13.9	18.6	16.8	7.9	11.5
1978	4.3	-1.8	3.3	13.4	5.6	9.1	23.5	12.0	18.3	17.5	7.2	11.5
1979	5.2	-0.9	2.0	14.6	5.6	10.0	24.2	13.9	18.4	16.1	8.0	11.4
1980	7.9	0.9	3.6	13.9	5.6	9.5	24.4	13.4	20.2	-	-	-

Tabella 2 - Caratteristiche termiche stagionali – Stazione di Barzio (LC).

La temperatura massima assoluta registrata è stata di 26.8°C, mentre la minima assoluta è -10.5°C.

Il grafico di **Figura 8** evidenzia l'andamento dei valori medi mensili ed il valore medio annuo calcolati in base alle osservazioni relative al periodo 1972-80.

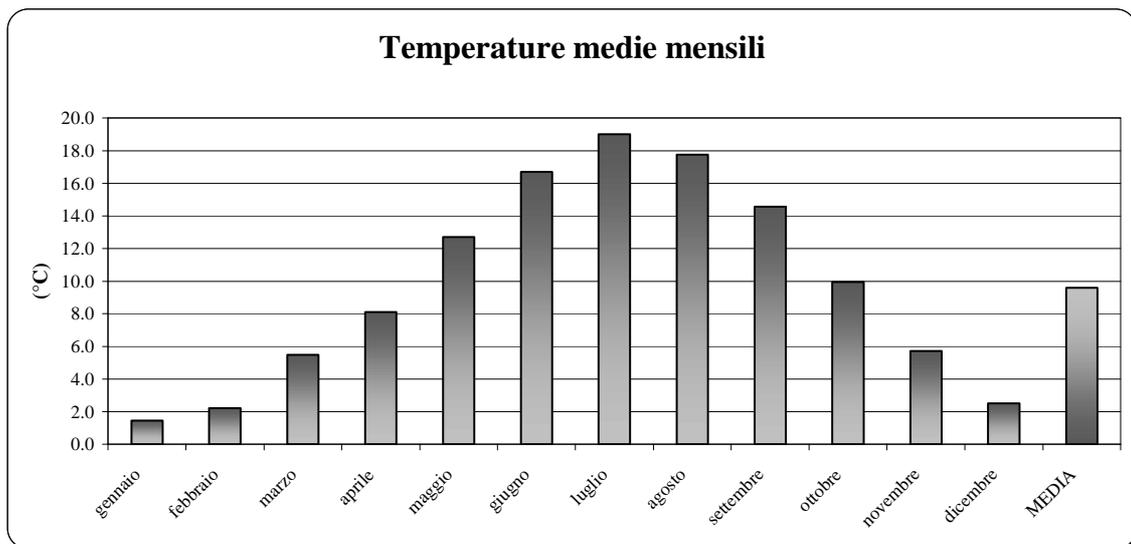


Figura 8 - Temperature medie mensili e media annua relative al periodo 1972-1980, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione termometrica di Barzio.

Nonostante la serie di dati a disposizione non sia significativa dall'analisi si possono trarre alcune conclusioni:

- il territorio in esame è caratterizzato da un clima complessivamente freddo in cui la temperatura media annua di 9.6°C è prossima ai valori di temperatura media primaverile (8.9°C) ed autunnale (10°C);
- la media delle temperature massime è superiore alla temperatura media dell'estate e la media delle temperature minime è inferiore alla temperatura media dell'inverno;
- analizzando il clima con il metodo di Conrad e Pollak si rileva che la media Valsassina è in un regime termico di tipo continentale con circa 6 mesi freschi, di cui 2-3 freddi. Il mese più caldo è luglio (seguito da agosto), con una temperatura media mensile di 19°C; il mese più freddo è gennaio (seguito da febbraio), con una temperatura media di 1.5°C;
- giorni di gelo sono distribuiti da novembre ad aprile, con massimo in gennaio e dicembre. Nell'intervallo di tempo considerato, si sono verificati mediamente 67 giorni di gelo in un anno di cui 5 senza disgelo.

5.3 Geologia

Vengono di seguito illustrate le caratteristiche geologico - ambientali del territorio comunale di Taceno, schematizzate nelle carte tematiche allegate alla presente relazione.

Il territorio comunale di Taceno è scolpito in una successione di terreni di età compresa tra il pre-Westfaliano ed il Trias inferiore. In superficie sono presenti coperture detritiche quaternarie di varia natura.

Dal punto di vista litostratigrafico, nel territorio in questione si riconosce, dal basso verso l'alto stratigrafico, la seguente successione:

- Basamento cristallino (pre – Westfaliano);
- Copertura sedimentaria Permo - Triassica;
- Copertura sedimentaria Quaternaria.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 19
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

5.3.1 Basamento cristallino (pre – Westfaliano)

- Gneiss Chiari del Corno Stella

Trattasi di 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 da litotipi intrusivi del Carbonifero.

In affioramento evidenziano una bancatura da decimetrica a metrica, con netta fratturazione in blocchi parallelepipedi e/o tabulari. Nel territorio comunale di Taceno questi litotipi affiorano estesamente nei settori occidentali, in corrispondenza dei versanti del tratto vallivo denominato Val Muggiasca.

- Gneiss di Morbegno

Questa formazione è costituita da gneiss e micascisti gneissici a grana fine e tessitura marcatamente scistosa a quarzo, plagioclasio, muscovite, biotite, granato, staurolite e cianite. Affiorano localmente a nord dell'abitato di Taceno, in corrispondenza del versante destro del T. Resina.

Le rocce del basamento cristallino sono interessate da una scistosità principale orientata complessivamente N-W, immergente prevalentemente verso i quadranti occidentali; sono inoltre presenti quattro famiglie di fratture principali ed una secondaria. Tre delle succitate famiglie danno luogo a sei sistemi, a due a due coniugati.

Le famiglie più frequenti hanno direzioni mutuamente ortogonali, orientate rispettivamente NW-SE e NE-SW; nella fattispecie prevalgono i sistemi immergenti rispettivamente verso SW e verso SE.

Per quanto riguarda le caratteristiche mesoscopiche della fratturazione, si osserva che tutte le famiglie presenti sono moderatamente spaziate (da 0,6 m a 2,0 m), tale per cui determinano valori di RQD relativamente elevati (maggiori dell'80%) e scompongono l'ammasso roccioso in diedri di dimensioni "medie" (indice volumetrico - J_v - delle discontinuità compreso tra 3 e 10). Le dimensioni minime dei singoli blocchi risultano dell'ordine di alcuni decimetri cubi; quelle massime sono generalmente maggiori di 1

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 20
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

metro cubo, raggiungendo valori di 2 - 3 metri cubi. Le fratture principali presentano, in generale, continuità da media a bassa (da 1 m a 10 m, con maggior frequenza tra 3 m e 10 m). Sono inoltre presenti fratture ad elevata continuità (oltre 10 - 20 m), molto spaziate (oltre 5- 10 m) coincidenti con “zone di faglia”.

Le principali deformazioni duttili consistono in pieghe isoclinali centimetriche e decimetriche, che interessano localmente anche lenti di quarzo. Esse hanno piano assiale subverticale, con direzione N-S, sub-parallelo ai piani di scistosità. Sono inoltre presenti pieghe metriche e decametriche con asse a direzione NE-SW. Esse causano, localmente, la rotazione della scistosità e di alcune strutture preesistenti (piani di taglio e pieghe).

Localmente, in funzione dell'orientamento del versante (ad es. in corrispondenza delle pareti rocciose costituenti i versanti della Val Muggiasca, lungo la S.P. n. 62) le fratture, unitamente alla scistosità principale, suddividono la roccia in stretti cunei ad angolo acuto che alimentano i principali distacchi di massi dai versanti.

La scistosità, che rispetto alle fratture fragili costituisce una soluzione di continuità dell'ammasso roccioso pervasiva e relativamente continua, rappresenta l'elemento di controllo principale delle condizioni di stabilità dei versanti.

Il substrato roccioso è interessato da una “fascia” corticale di degradazione meteorica (cappellaccio di alterazione) di spessore variabile in funzione delle condizioni morfologiche locali. In generale, si è osservato che detto cappellaccio ha spessore di ordine metrico.

Complessivamente, è stato riscontrato un grado di allentamento e progressiva disarticolazione dell'ammasso roccioso verso le quote superiori dei versanti (v. Val Muggiasca, lungo la S.P. n. 62), al di sopra della quota raggiunta dai ghiacciai quaternari. Tale fenomeno è verosimilmente dovuto al fatto che, a quote minori, affiorano rocce “esumate” a seguito dell'onda di erosione regressiva post-glaciale, quindi più fresche e meno alterate di quelle affioranti a quote maggiori.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 21
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

5.3.2 Copertura sedimentaria Permo – Triassica

- Verrucano Lombardo (Permiano superiore)

Trattasi di conglomerati grossolani a matrice arenacea con subordinate intercalazioni arenacee e siltitiche (specialmente nella parte alta della formazione). La colorazione caratteristica, rosso violacea, ne riflette la composizione data essenzialmente da clasti riolitici, derivanti dallo smantellamento di edifici effusivi tardo ercinici. In subordinate, sono presenti clasti quarzitici, gneissici e micascistosi.

In affioramento, si presentano in bancate di spessore prevalentemente metrico (in subordinate decimetrico) e costituiscono scaglie tettoniche affioranti nei settori settentrionali e occidentali del territorio comunale (v. Val Muggiasca e pareti a monte di Cuseglio).

- Servino e Carniola di Bovegno (Scitico)

Questa formazione è costituita da una successione silico-clastica con caratteri litologici e tessiturali diversi dalla base della formazione alla sommità. Alla base prevalgono, in generale, quarzo areniti pure a grana grossa, talora microconglomeratiche, di colore biancastro e patina di alterazione da giallastra a verdastra (Membro delle Quarziti dell'Alpe D' Oro); verso la parte intermedia, prevalgono litofacies arenacee a grana media e fine passanti, verso l'alto, a litofacies prevalentemente siltitiche e pelitiche, grigio-verdi, in strati decimetrici, con intercalazioni di marne e dolomie siltose giallastre, talora vacuolari (dolomie cariate).

Nell'ara esaminata affiorano quasi esclusivamente le porzioni superiori della formazione, con litofacies prevalentemente arenacee, a grana fine e siltitico-marnosa. Si presentano fittamente stratificate, in strati di spessore decimetrico.

Nei settori settentrionali e localmente, poco a monte di Rusgallo, affiorano masse di "carniole" (dolomia cariate) lungo le principali superfici tettoniche, in corrispondenza delle quali si ha "l'appoggio" tettonico della copertura sedimentaria dell'Anticlinale Orobica al Basamento cristallino della Val Muggiasca.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 22
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

- Calcarea d'Angolo (Anisico)

È costituito da calcari micritici scuri e calcari arenacei a stratificazione da media a sottile, ben evidente. Verso l'alto stratigrafico si rinvengono banchi calcareo-dolomitici, massivi.

Questa Formazione affiora esclusivamente in corrispondenza del versante settentrionale della Grigna Settentrionale, lungo una fascia compresa tra le quote 725 e 900 m slm.

- Calcarea di Esino (Anisico sup.-Ladinico)

E' costituito prevalentemente da dolomie, calcari dolomitici e calcari chiari massivi o a stratificazione mal definita, con locali intercalazioni di calcari bio-micritici sottilmente stratificati. Nel complesso, questa formazione è mediamente fratturata. In prossimità dei disturbi tettonici principali (faglie e/o sovrascorrimenti) l'ammasso roccioso è intensamente fratturato e, talora, parzialmente disarticolato. Affiora esclusivamente in corrispondenza della porzione sommitale del versante settentrionale della Grigna Settentrionale.

5.3.3 Copertura sedimentaria quaternaria

Il substrato geologico, lapideo, affiorante in gran parte del territorio esaminato, è localmente mascherato da coperture detritiche quaternarie di varia natura, estensione e spessore.

- Depositi fluvio - torrentizi

Affiorano nell'alveo dei corsi d'acqua principali e sono rappresentati da ghiaie poligeniche sciolte, fortemente eterometriche.

- Depositi fluvio - torrentizi di fondovalle

Costituiscono la pianura alluvionale di fondovalle e sono costituiti da depositi fluviali (ad opera del T. Pioverna e dei suoi diretti affluenti), rappresentati da ghiaie-sabbiose

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 23
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

poligeniche, sciolte. Localmente, in superficie, possono essere presenti orizzonti limosi, inconsistenti.

- Detrito di falda e materiali di frana

Trattasi di accumuli detritico colluviali, caratterizzati da una marcata clino-stratificazione; detti strati sono circa paralleli alla superficie topografica di base e presentano inclinazione concordante. Affiorano in corrispondenza del piede e della porzione medio-inferiore del versante settentrionale della Grigna Settentrionale e risultano costituiti da materiali derivanti dal disfacimento del versante stesso. Per tale ragione, risultano costituiti quasi esclusivamente da clasti carbonatici (calcarei e calcareo-dolomitici) a spigoli vivi, fortemente eterometrici (da centimetrici a metrici). Detti accumuli sono caratterizzati da una granulometria differenziata in funzione della quota: i clasti di dimensioni maggiori si rinvengono al piede del versante, quelli maggiori affiorano a quote più elevate. Sono altresì caratterizzati da un discreto grado di compattazione e, localmente, presentano una cementazione relativamente pronunciata.

- Depositi detritici di origine mista: torrentizia (conoide) e di versante

Affiorano sul fondovalle dei Torrenti principali e rappresentano il risultato dall'azione di deposito esercitata delle acque correnti superficiali (coalescenza dei conoidi dei collettori tributari) e dalla gravità (detrizione lungo versante).

Sono perlopiù costituiti da pezzame lapideo a spigoli vivi, eterometrico, commisto a ghiaie e ghiaie sabbiose poligeniche, con clasti sub-arrotondati.

- Morenico indifferenziato

Trattasi di materiali detritici di origine glaciale; sono rappresentati da depositi di materiali detritici eterometrici, con ciottoli poligenici sub-arrotondati o talora a spigoli vivi, trovanti di materiali esotici, il tutto immerso in abbondante matrice sabbioso-limosa. Complessivamente, questi depositi hanno un elevato grado di compattazione, risultando

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 24
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

anche parzialmente cementati. A più livelli, sono presenti intercalazioni di orizzonti limosi e limoso - sabbiosi sovraconsolidati.

5.1 Geomorfologia e dinamica di versante

Il rilevamento geomorfologico ha permesso di individuare le principali forme di erosione e di accumulo presenti nel territorio in esame, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, stabilendone la sequenza cronologica e valutandone lo stato di attività. Si è ritenuto opportuno considerare tre stati di attività dei processi morfologici esaminati, facendo una distinzione tra “forme e processi attivi”, “quiescenti” e “non attivi” (o inattivi).

Le forme attive comprendono quelle prodotte da processi in atto all'epoca del rilevamento o non in atto in quel momento, ma ricorrenti a breve termine (frequenti o stagionali).

Le forme quiescenti comprendono quelle in equilibrio con l'attuale sistema morfoclimatico, generate da processi tuttora in evoluzione, ma inattivi al momento del rilevamento e che hanno possibilità oggettiva di riattivarsi per cause naturali o artificiali.

Le forme non attive sono quelle generate in diverse condizioni morfoclimatiche o quelle che, pur essendo riferibili all'attuale sistema morfoclimatico, hanno completato ed esaurito la loro evoluzione.

Nella carta geomorfologica (TAV. 1) e nella carta di sintesi di dettaglio (TAV. 5) sono stati cartografati i processi ed i morfotipi seguenti:

- forme, processi e depositi per acque correnti superficiali;
- forme, processi e depositi gravitativi di versante;
- forme, processi e depositi glaciali o nivologici;
- forme, processi e depositi di origine antropica.

L'azione delle acque correnti superficiali si esplica come erosione diffusa o laminare (ad opera del ruscellamento diffuso) e come erosione lineare (ad opera del ruscellamento

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 25
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

concentrato). Il reticolato idrografico rappresenta uno stadio avanzato dell'evoluzione di questo fenomeno.

Nell'area in esame, l'erosione lineare ed i relativi "solchi di erosione" si impostano prevalentemente lungo discontinuità meccaniche del substrato roccioso. Ciò è localmente facilitato dalla coincidenza tra direzione delle discontinuità meccaniche e linea di massima pendenza dei versanti.

Nelle aree soggette alla dinamica fluviale, l'effetto delle acque superficiali, incanalate, si manifesta localmente come erosione laterale, di sponda (v. T. Pioverna, T. Maladiga,).

Un altro fenomeno di non trascurabile importanza legato alle acque correnti superficiali, è rappresentato dal "debris flow". Con tale termine si intende generalmente il trasporto e lo scorrimento in massa di detriti eterogenei, fluidificati da una grande quantità d'acqua, che generalmente si incanalano lungo l'alveo di un torrente. In generale l'attivazione di un tale fenomeno è subordinata ai seguenti fattori: disponibilità di materiale detritico relativamente fine a quote elevate lungo gli alvei torrentizi; eventi meteorici particolarmente intensi e/o prolungati.

Nel territorio di Taceno, pur non rivestendo tale fenomeno un'importanza primaria e diretta nei confronti dell'abitato, occorre però osservare che sono presenti aree di produzione di detrito il quale può accumularsi localmente nei fondovalle dei torrenti e trasformarsi in eventuali "debris flow", durante eventi meteorici intensi e prolungati.

In particolare, si rileva la presenza di estesi fenomeni di erosione diffusa, favoriti anche da fenomeni crionivali durante la stagione fredda, interessanti il versante settentrionale della Grigna Settentrionale, dove sono presenti litotipi calcarei e calcareo-dolomitici intensamente fratturati, fortemente degradati. I prodotti dell'erosione, relativamente sciolti, si accumulano preferenzialmente lungo il versante (v. zona denominata "Pineta di Chiarella") o localmente lungo le aste torrentizie (v. Valle dei Crotti, Valle di Bindo).

In particolari condizioni, non si esclude la possibilità che tali depositi possano parzialmente essere dilavati dando luogo a fenomeni di trasporto in massa in corrispondenza dello sbocco dei torrenti sul fondovalle, dove la pendenza diminuisce più o meno repentinamente. In particolare, si sottolinea come il conoide del torrente Valle dei Crotti sia da considerare tuttora in stato di attività. Infatti, il suddetto alveo torrentizio,

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 26
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

in corrispondenza dei rispettivo conoide, non presenta un alveo sufficientemente inciso, evidenziando una elevata propensione al divagamento.

L'azione della gravità si esplica, come già accennato, mediante fenomeni di versante, nella carta geomorfologica sono stati evidenziati gli orli di scarpata di degradazione e/o di frana, interessati da distacco di detriti e/o di massi.

Legati all'azione della gravità vi sono anche i movimenti più o meno superficiali (soliflusso, creeping) che localmente interessano la copertura detritica e le coltri di alterazione (eluviali e/o colluviali).

I fenomeni gravitativi rappresentano, nell'area in questione, alcuni tra gli elementi principali del dissesto idrogeologico. Infatti, sussistono vari fattori di carattere litologico - strutturale (rocce calcareo-dolomitiche stratificate, relativamente fratturate e localmente alterate e/o allentate), idrogeologico (possibilità che si verifichi una circolazione idrica temporanea lungo i piani di fratturazione con fenomeni gelivi durante la stagione invernale) e morfologico (energia del rilievo, acclività) predisponenti i versanti a distacchi di detritico e/o massi.

In particolare, meritano di essere citate le seguenti zone:

- 1) pareti rocciose costituenti il versante sinistro della Val Muggiasca, lungo la S.p. n° 62. Dette pareti sono interessate da vistosi fenomeni gelivi durante la stagione fredda, fenomeni che, unitamente alle condizioni geostrutturali dell'ammasso roccioso, contribuiscono al distacco di detriti e di massi verso la sede stradale. Per tale motivo l'area è classificata come area a rischio idrogeologico molto elevata (Zona 2 - PS 267 del PAI).
- 2) Zona a monte dell'abitato di Taceno, in sponda orografica sinistra del T. Maladiga (zona circostante la locale officina meccanica), dove affiorano litofacies dolomitiche, cariate, fortemente tettonizzate, con giacitura degli strati a franapoggio. L'ammasso è parzialmente scavernato e soggetto a rischio elevato di distacco di porzioni dello stesso.
- 3) Zona a monte di Cuseglio, dove sono state riscontrate pareti scolpite nel Verrucano Lombardo, relativamente fratturato e sconnesso, soggetto a potenziali distacchi di detriti e/o massi.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 27
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

5.2 La frana di Giumello (comune di Casargo)

Nel dicembre 2002 a seguito di un periodo prolungato di precipitazioni si manifestò un movimento franoso in località Stallone, a valle dell'Alpe Giumello (a monte dell'abitato di Taceno), nel comune di Casargo. A seguito dell'evento iniziarono una serie di indagini geologiche e geotecniche che portarono successivamente alla realizzazione di un sistema di monitoraggio e ad opere di drenaggio per la stabilizzazione del dissesto.

Nel dettaglio il movimento franoso verificatosi nel dicembre 2002 è di tipo "scivolamento rotazionale". Il fenomeno che ha prodotto una tipica frattura arcuata in nicchia, con spostamenti prevalentemente verticali (tra 20 e 150 cm), in minor misura orizzontali (10-30 cm), su un accumulo di deposito di versante. A fronte di spostamenti prevalentemente verticali in nicchia, l'accumulo si sarebbe "seduto", con deformazioni perlopiù plastiche nella sua zona centrale. Il fronte del movimento presenta uno sviluppo di un centinaio di metri; l'area della superficie coinvolta ammonta a 8900 mq circa; lo spessore del materiale mobilitato varia tra 10 e 20 metri; il volume coinvolto ammonta a 60.000 mc circa.

La causa predisponente alla instabilità gravitativa del versante è rappresentata dal particolare assetto geomorfologico, caratterizzato dalla presenza di potenti accumuli gravitativi (paleofrana), costituiti da materiali detritici, relativamente sciolti. La causa innescante è rappresentata dalle intense e anomale precipitazioni meteoriche verificatesi nel periodo compreso tra novembre e dicembre 2002. Nella fattispecie, la causa innescante risiede nelle eccezionali pressioni neutre sviluppatesi nel corpo di paleofrana, a seguito dell'innalzamento del livello della rete acquifera di fondo al di sopra della soglia di confinamento, con "trabocco" e "sversamento" delle acque nel soprastante accumulo gravitativo.

A seguito dell'evento venne installato un sistema di monitoraggio, attualmente attivo, composto da 5 piezometri e di una catena di 5 inclinometri fissi, posizionati in un singolo tubo inclinometrico con lettura automatica. Le opere di consolidamento e/o drenaggio,

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 28
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

realizzate nel 2004, consistono in una serie di tubi drenanti suborizzontali profondi, trincee drenanti superficiali e opere di regimazione delle acque superficiali e sorgentizie.



Figura 9 – Edificio danneggiato a seguito del movimento franoso (a sinistra); nicchia della frana (a destra).

Il sistema di monitoraggio, negli anni indagati, non ha mostrato negli anni significativi spostamenti o variazioni del livello piezometrico della falda. Tuttavia attualmente è in vigore un piano di emergenza che coinvolge alcune abitazioni poste a valle nel comune di Taceno, in quanto un eventuale collasso della frana evolverebbe in una colata detritica che, convoglierebbe nella Val Resina, per poi raggiungere il T. Pioverna.

Per tale motivo, l'ufficio competente della Regione Lombardia delimitò l'area a rischio idrogeologico molto elevato (PS 267) tuttora vigente, per via del potenziale rischio legato alla presenza di alcune abitazioni in prossimità della Valle. Infatti sulla base delle caratteristiche idrauliche del citato torrente (fonte SIBCA – Regione Lombardia), la portata liquida centennale associata al magnitudo dell'ipotetico evento calamitoso, provocherebbe una miscela acqua-detrito con una portata superiore alla capacità di smaltimento della sezione idraulica.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Data: Aprile 2011 Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	Versione: Definitiva e-mail: pierinvernizzi@libero.it	Pg. 29
--	---	--	---------------



Figura 10 – Casello di raccolta del sistema di drenaggio

5.3 I Fenomeni di subsidenza e vulcanelli di fango

I fenomeni di subsidenza e i fenomeni dei vulcanelli di fango sono storicamente noti e si sono sviluppati in un ambito territoriale, complessivamente compreso tra le località “Tartavallino” e “Tartavalle Terme”.

Nel tempo i movimenti di subsidenza hanno creato fratture del terreno a rigetto verticale con estensione da alcuni metri ad alcune decine di metri. In particolare in località Cassinella il fenomeno risulta essere più evidente, infatti nel 1998, in un tempo ristretto si sono formate alcune fratture con rigetto metrico ed estensione di 10 - 20 m circa, in prossimità di alcune locali abitazioni. Successivamente nell’anno 2004 si innescarono alcuni dissesti idrogeologici lungo la strada comunale presente in località “Tartavalle”, che hanno comportato l’apertura di una voragine nella sede stradale e nell’attivazione di due nuovi “vulcanelli di fango” nell’immediato intorno della voragine stessa.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 30
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	



Figura 11 – Fratture generate dalla subsidenza ai piedi del conoide della Valle Chiaro – in loc. Cassinella



Figura 12 – Particolare dell'area soggetta a subsidenza ai piedi del conoide della Valle Chiaro – in loc. Cassinella

A seguito dell'evento del 2004 iniziarono i sopralluoghi ed i rilievi geologici dell'area e di un suo adeguato intorno da parte del dott. geol. G. Savazzi e del prof. G. Pilla, che

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Data: Aprile 2011 Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	Versione: Definitiva e-mail: pierinvernizzi@libero.it	Pg. 31
--	---	--	---------------

individuano le aree potenzialmente soggette a fenomeni di subsidenza e risalita di fanghi, riportate nella Tav. 2.

Il particolare fenomeno risulta essere legato all'assetto idrogeologico dell'area, in particolare alla presenza di un acquifero profondo confinato da depositi glacio – lacustri (sabbia-limoso e limo). Sembra infatti che le elevate pressioni dell'acquifero provochino la risalita dei limi in superficie lungo delle verticali provocando i cosiddetti “vulcanelli di fango”.



Figura 13 – *Vulcanello di fango nell'alveo del T. Pioverna in località Tartavalle (2005)*

5.4 Elementi crionivali

L'azione dei processi crionivali si esplica sostanzialmente attraverso il fenomeno delle valanghe e mediante azione erosiva crioclastica.

Tenuto conto della molteplicità dei fattori che intervengono nella formazione delle valanghe (pendenza, peso della neve, influenza del vento, cicli di fusione e rigelo, brina di superficie, pioggia, etc...), esistono fattori geomorfologici e ambientali che possono predisporre determinati siti a questo fenomeno.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 32
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Nella cartografia di inquadramento (Tav. 1) vengono riportate le aree interessate o potenzialmente interessabili da fenomeni valanghivi, dette aree sono state perimetrare visionando la “Carta di localizzazione probabile delle valanghe” (Regione Lombardia, Sirval - 2001).

Nel territorio in esame, le zone interessate dalla formazione e dal distacco di valanghe sono generalmente ubicate tra 1200 e 1400 metri su versanti caratterizzati da una pendenza maggiore del 70%. In generale trattasi di aree denudate (terreni rocciosi nudi) o prive di una copertura vegetale boschiva significativa. (v. versante orientale della Grigna Settentrionale in località Monte la Porta).

Secondo i dati storici (Sirval Regione Lombardia) le valanghe avvenute non hanno interessato aree prossime al centro urbano.

5.5 Idrogeologia

Nella “Carta degli elementi idrografici, idraulici e idrogeologici” (Tav. 2) sono stati cartografati i fattori principali che caratterizzano il deflusso superficiale e quelli che evidenziano le emergenze sotterranee dell’area in esame (sorgenti). Queste ultime sono state cartografate distinguendo le sorgenti captate per fini acquedottistici (pubbliche e private), i serbatoi di accumulo delle acque, l’acquedotto e l’impianto di depurazione (rappresentante un potenziale fattore di pericolosità e rischio).

Dal punto di vista idrogeologico il substrato lapideo può essere diviso in tre complessi idrogeologici:

- 1) complesso a permeabilità da bassa a nulla (unità litologica cristallina o arenacea pelitica);
- 2) complesso a permeabilità da bassa a media (unità litologica marnosa e calcareo marnosa);
- 3) complesso a permeabilità da media a elevata (unità litologica prevalentemente calcarea).

L’unità 1 è caratterizzata da una porosità secondaria da bassa a media e da una permeabilità in grande per fessurazione.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 33
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

I valori di permeabilità risultano estremamente variabili in funzione del grado di alterazione e fratturazione della roccia. In particolare, la permeabilità è molto accentuata nei livelli corticali, specialmente nelle aree prossime alle fratture maggiori dove, in generale, gli acquiferi (fessurati) sono alimentati dalle acque di precipitazione e di fusione delle nevi ed alimentano sorgenti di scarso interesse.

I circuiti profondi, che normalmente alimentano sorgenti perenni (v. sorgenti presenti a "Tartavalle Grotto"), sono invece confinati in aree in cui sono presenti dislocazioni di maggiore estensione ed apertura, alle quali si accompagnano fasce di rocce tettonizzate.

Per le ragioni succitate, l'unità 1 è caratterizzata da valori di permeabilità complessivamente bassi ($10^{-6} < K < 10^{-4}$ cm/sec), salvo situazioni locali, in cui la permeabilità può raggiungere valori superiori al cm/sec.

L'unità 2 (Calcere di Angolo) ha una conducibilità idraulica da bassa a media, per fessurazione ($10^{-2} < K < 10^{-4}$ cm/sec).

L'unità 3 (Servino - Calcere di Esino), permeabilità da media a elevata ha una permeabilità sia primaria, per porosità (subordinata), che secondaria, per fessurazione (predominante) e costituisce, in generale, le zone di maggior accumulo e mineralizzazione delle acque sotterranee $K > 10$ cm/sec.

Localmente sono stati cartografati depositi detritici di varia natura ed estensione; il relativo grado di permeabilità risulta: da basso a medio per le coperture consolidate e parzialmente cementate (morenico); da medio a elevato per le coperture stabilizzate ma parzialmente cementate (depositi di versante); elevato per le coperture sciolte (depositi alluvionali terrazzati, depositi misti alluvionali e di versante).

I valori di permeabilità più bassi si riscontrano, pertanto, nei depositi morenici caratterizzati da abbondante matrice sabbioso-limosa e da un buon grado di compattazione e, localmente, di cementazione. I valori maggiori si riscontrano nel materasso alluvionale di fondovalle e nei conoidi di deiezione dei principali affluenti del T. Pioverna. In generale dette coperture sono sede di una circolazione idrica stagionale, a carattere freatico.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 34
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Le emergenze idriche presenti nell'area rilevata sono state censite e cartografate sulla Tav. 2.

Per quanto riguarda le emergenze presenti nell'ambito dell'abitato di Taceno, si osserva come le sorgenti in questione siano ubicate per la maggior parte lungo una "fascia" posta immediatamente a monte dell'abitato, in corrispondenza della Valle Resina. Trattasi di sorgenti alimentate da circuiti relativamente profondi, affioranti lungo una delle maggiori superfici tettoniche presenti nel territorio esaminato (dislocazione separante il basamento cristallino della Serie dei Laghi dalla copertura sedimentaria dell'Anticlinale Orobica).

5.6 Idraulica

Nella "Carta degli elementi idrografici, idraulici e idrogeologici" (Tav. 2) è stato evidenziato anche il sistema idrografico distinguendo gli spartiacque principali dai secondari e gerarchizzando il relativo reticolo idrografico.

Il reticolo idrografico presenta, in generale, una densità di drenaggio ed un grado di evoluzione differenziato. Infatti, il reticolo appare ben gerarchizzato e relativamente evoluto nelle zone d'alta quota; appare invece meno gerarchizzato e relativamente meno evoluto verso le quote inferiori. Ciò è in accordo con il generale stato di ringiovanimento regressivo post-glaciale (cioè da valle verso monte).

La maggior parte dei corsi d'acqua del territorio, sottendono a bacini idrografici di estensione ridotta e sono caratterizzati da regime torrentizio. Infatti sono alimentati solo localmente da sorgenti di portata variabile, con deflussi idrici direttamente correlati all'intensità e distribuzione delle precipitazioni meteoriche. Il regime è quindi caratterizzato da portate massime in primavera ed autunno e da portate minime estive ed invernali, legate alle precipitazioni meteoriche ma anche alla permeabilità del substrato, e quindi generalmente caratterizzati da piene improvvise e periodi di secca prolungati.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 35
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Per quanto riguarda il centro urbano di Taceno è opportuno segnalare come il reticolato idrografico superficiale sia stato fortemente alterato dall'uomo a seguito dell'urbanizzazione dell'area. La maggior parte delle valli principali attraversa l'abitato (T. Maladiga e Valle Resina); i relativi alvei sono però ben incisi nei rispettivi conoidi di deiezione, evidenziando come gli stessi siano attualmente e stabilmente inattivi da fenomeni di esondazione. Infatti nella tabella seguente è stato riportato l'elenco cronologico degli eventi alluvionali avvenuti nel territorio di Taceno in base alla documentazione storica reperita (fonte IRER-IRPI 2000). Dalla **Tabella 3** si può notare come il T. Maladiga ha causato, in passato eventi alluvionali con una elevata frequenza, a causa molto probabilmente della scarsa regimazione del alveo. Infatti a seguito della realizzazione di interventi di regimazione del citato torrente non si sono più verificati eventi critici negli ultimi vent'anni.

Anno /mese/giorno	Corso d'acqua	Località interessata
1801 novembre	T. Maladiga	Taceno abitato (ponte)
1807 07 17	T. Maladiga	Taceno abitato
1839 07	T. Pioverna	Taceno abitato (ponte)
1841 10 03	T. Maladiga	Taceno abitato
1943 06 28-29	T. Maladiga - T. Pioverna	Strada Taceno-Margno, ponte sul Pioverna
1844 08 24-25	T. Maladiga	Strada Taceno-Casargo
1890 06 26	T. Maladiga	Taceno abitato
1896 autunno	T. Maladiga - T. Pioverna	Taceno abitato
1900 08	T. Maladiga	Taceno abitato (ponte comunale)
1903 08 09-10	T. Maladiga	Taceno abitato
1906 11 08-09	T. Maladiga (e tributari)	Taceno (ponte comunale e S.P.)
1911 08 21- 22	T. Orscialla	Strada per Vendrogno
1944 07 21-22	T. Orscialla	Taceno abitato
1949 08 9-11	Tributari di destra Pioverna	Strade comunali
1951 06 23-24	T. Maladiga - T. Orscialla	Loc. Chiarello, strada Bellano - Tartavalle
1953 09 28	T. Pioverna	Tartavalle
1954 06 22	T. Pioverna	Comune di Taceno
1960 Autunno	T. Maladiga - T. Orscialla	Comune di Taceno
1966 Autunno	T. Maladiga	Taceno abitato
1976 10 3	T. Maladiga - T. Pioverna	Loc. Tartavallino, Taceno abitato
1976 10 29-30	T. Maladiga	Loc. Gatto
1983 Maggio	T. Pioverna	Loc. Fornace
1987 07 17-19	T. Maladiga	Taceno abitato, loc. Gatto, loc. Linale
1996 08 27-28	T. Pioverna	Tartavallino

Tabella 3 – *Elenco degli eventi alluvionali storici (fonte IREER-IRPI - 2000I)*

Il principale corso d'acqua della Valsassina e del comune di Taceno è il Torrente Pioverna che nasce dal gruppo delle Grigne ad una quota di circa 1100 m, presso le località Sasso dell'Acqua all'interno del Comune di Pasturo. Drena inizialmente la Valle dei Grassi Lunghi e, dopo un percorso di circa 27 Km, sfocia in corrispondenza della sponda orientale del Lago di Como presso l'abitato di Bellano, a 200 m s.l.m.

La pericolosità per esondazione del Torrente Pioverna è oggetto di studio integrativo (v. elaborato 3) redatto in collaborazione con l'ing. T. Invernizzi secondo la metodologia della d.g.r. 22 dicembre 2005 n.8/1566. I risultati dello studio propone una nuova perimetrazione delle aree di esondazione visibili nelle tavole 2 e 5.

Sempre nelle citate tavole, vengono riportate inoltre le aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali e/o sede di significativi ristagni idrici. I motivi sono legati sia alla risalita della falda acquifera sia alla non più adeguata regimazione dei torrenti.



Figura 14 - *Tratto del T. Maladiga all'entrata del centro abitato di Taceno*

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 37
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	



Figura 15 Area allagata in località Cuseglio

5.7 Elementi geotecnici e sondaggi geognostici

Allo scopo di fornire una prima valutazione orientativa sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, di interesse ai fini della pianificazione comunale, si è proceduto alla consultazione della documentazione scientifica d'archivio, costituita da indagini geognostiche, geofisiche e prove di laboratorio eseguite nel periodo 1999 - 2009 da parte di privati ed enti pubblici. Sulla base di questi dati è stata eseguita una caratterizzazione di massima dei principali terreni di fondazione presenti nel territorio comunale di Taceno.

Depositi alluvionali recenti.

Litologia: ghiaie sabbiose con ciottoli poco alterati, di natura poligenica, sciolti (classe GW/GP – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1800 - 1900 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (ϕ) 32°– 35°; coesione (c') trascurabile.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 38
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Depositi detritici di falda o di versante.

Litologia: ciottoli, massi e ghiaie a spigoli vivi di natura prevalentemente calcareo-dolomitica, a matrice sabbiosa (classe GP/GM – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1700 - 1900 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (ϕ) 30°– 32°; coesione (c') trascurabile.

Depositi morenici

Litologia: poligeniche con clasti sub-arrotondati e con matrice sabbioso-limosa. Sono discretamente consolidati e parzialmente cementati (classe GM/GC – Casagrande, 1948).

Caratteristiche geotecniche

terreni di fondazione: peso di volume naturale (γ) 1900 - 2000 daN/mc; angolo di resistenza al taglio (ϕ) 34° – 36°; coesione (c') 0,1 – 0,2 daN/cm².

Substrato lapideo pre-quadernario

Non pone particolari problematiche di portanza laddove la giacitura degli strati non sia a franapoggio.

5.8 Vincoli presenti

La situazione vincolistica del territorio comunale di Taceno è visualizzata nella Tav. 3 (Cartografia dei Vincoli, scala 1:10.000).

I vincoli sono stati indicati sulla base delle indicazioni contenute nelle norme attuative dell'Art. 57 della L.R. 12/2005.

Dopo aver preso visione degli strumenti di pianificazione sovracomunale, degli elementi conoscitivi di cui al capitolo 1 ; nella Tav. 3 sono stati riportati i seguenti vincoli, esistenti sul territorio comunale:

- corso d'acqua del reticolo idrografico principale con fascia di rispetto pari a 10 metri (Vincoli di polizia idraulica, d.g.r. 25/1/2002 n. 7/7868 e s.m.i.);

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 39
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

- corso d'acqua del reticolo idrografico minore e relativa fascia di rispetto (Vincoli di polizia idraulica, d.g.r. 25/1/2002, n. 7/7868 e s.m.i.);
- vincoli derivati dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89 (PAI);
- zona di rispetto opere di captazione di acque sorgive destinate al consumo umano (D.Lgs. 152/99 e s.m.i - d.g.r.n. 12693/2003 – D.Lgs. 152/06).
-

5.9 Cartografia di sintesi del territorio comunale: individuazione delle condizioni di pericolosità geologica e vincolistica

Vengono di seguito descritti ed analizzati gli ambiti di pericolosità omogenea e vincolistica, così come individuati nella Cartografia di Sintesi dell'intero territorio comunale (Tav. 4 – scala 1:10.000; Tav. 5 – scala 1:2.000) esemplificando i passaggi analitici che hanno portato alla delimitazione dei poligoni di pericolosità.

I poligoni omogenei, dal punto di vista della pericolosità, sono stati definiti considerando i seguenti fattori, desunti dall'analisi esplicitata nelle Tavv. 1-2-3.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Nelle Tavole di sintesi (Tavv. 4-5), sono stati definiti le aree aventi le seguenti caratteristiche:

- Corpo di frana quiescente (Fq - PAI);
- Aree in cui la roccia è particolarmente fratturata e degradata;
- Trincea quiescente;
- Area a rischio idrogeologico molto elevato (Zona 2 del PS 267 PAI);
- Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana quiescente.

Aree pericolose dal punto di vista nivologico

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 40
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

Sulla base delle informazioni descritte nel capitolo 5.4 vengono riportati i poligoni corrispondenti a:

- Area a pericolosità media o moderata per valanga (Vm - PAI);
- Area a pericolosità media o moderata per valanga non perimetrata (Vm - PAI).

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico e idraulico

- fascia di rispetto del corso d'acqua del reticolo idrografico principale e secondario;
- area a pericolosità molto elevata per esondazione (Ee – PAI);
- Area a pericolosità elevata per esondazione (Eb - PAI);
- Area allagata in occasione di eventi meteorici eccezionali e/o sede di ristagni idrici significativi;
- area a rischio idrogeologico molto elevato (Zona 1 e Zona 2 – PS 267 PAI);
- Area di conoide, distinto in base allo stato di attività e relativa protezione così come definito nella carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (vedi tav. 10);
- Zona di rispetto opere di captazione di acque sorgive, destinate al consumo umano (D.Lgs. 152/99 e s.m.i - d.g.r.n. 12693/2003 – D.Lgs. 152/06);
- Orlo di scarpata di erosione fluvio – torrentizia (attivo o quiescente).

Forme e processi legati alla subsidenza

- Area potenzialmente soggetta a fenomeni di subsidenza;
- Area potenzialmente soggetta a fenomeni di subsidenza e/o risalita di fanghi termali;
- Area interessata da fenomeni attivi di risalita ed emergenza di fanghi;

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 41
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

- Area interessata da fenomeni pregressi di risalita ed emergenza di fanghi (quiescente);
- Orlo di scarpata generata dal movimento indotto dal fenomeno di subsidenza.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 42
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

6 CLASSI DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Dalla valutazione complessiva degli elementi contenuti nella cartografia di sintesi, utilizzando la metodologia contenuta nelle norme attuative dell'art. 57 della L.R. 12/2005, sono state definite le classi di fattibilità geologica del territorio comunale di Taceno, che hanno consentito di redigere la Tav. 6 (Carta di Fattibilità Geologica, alla scala 1:10.000 di tutto il territorio comunale) e la Tav. 7 (Cartografia di Fattibilità geologica area urbana, alla scala 1:2.000).

La legenda della carta della fattibilità geologica comprende, per ciascuna classe, una parte descrittiva delle condizioni limitative generali, comuni a tutte le sottoclassi individuate. Inoltre, in ciascuna classe, sono state individuate alcune sottoclassi, in modo da rendere esplicito, per ciascun poligono omogeneo, il fattore limitativo e le relative norme geologiche da seguire in sede di pianificazione (v. Norme Geologiche di attuazione – Elaborato 2).

6.1 Classe 2 (gialla): fattibilità con modeste limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Detti approfondimenti non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel dettaglio sono state differenziate le seguenti sottoclassi:

- sottoclasse 2 Af: area di fondovalle;
- sottoclasse 2 Au: area urbana;
- sottoclasse 2 Av: area di versante.

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 43
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

6.2 Classe 3 (arancione): fattibilità con consistenti limitazioni

Aree nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa, previa esecuzione di indagini e accertamenti geologici. Le indagini e gli approfondimenti prescritti devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di richiesta del permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38). Gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le costruzioni".

Nel dettaglio sono state differenziate le seguenti sottoclassi:

- sottoclasse 3 Cp: area di conoide parzialmente protetta (Cp – PAI);
- sottoclasse 3 Cl: area interferente con aree a pericolosità elevata o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da limitare l'utilizzo a scopi edificatori;
- sottoclasse 3 Tr: area con terreni di riporto;
- sottoclasse 3 Eb: area a pericolosità elevata per esondazione (Eb – PAI);
- sottoclasse 3* Zn 2: area a rischio idrogeologico molto elevato (Zona 2; PS 267 - PAI);
- sottoclasse 3 Ag: area di fondovalle sede di ristagni idrici.

6.3 Classe 4 (rosso): fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 44
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità competente, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nel dettaglio sono state differenziate le seguenti sottoclassi:

- sottoclasse 4 G1: area potenzialmente soggetta a dinamica gravitativa di versante o con caratteristiche morfologiche, geomeccaniche o geostatiche tali da comportare gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori;
- sottoclasse 4 Ee: area a pericolosità molto elevata per esondazione (Ee - PAI);
- sottoclasse 4 Ca: area di conoide attivo (Ca – PAI);
- sottoclasse 4 Fq: area di frana quiescente (Fq – PAI);
- sottoclasse 4 Vm: area a pericolosità media per valanga (Vm – PAI);
- sottoclasse 4 Vpi: fasce di rispetto dei corsi d'acqua del reticolo idrografico;
- sottoclasse 4* Zn 1: area a rischio idrogeologico molto elevato (Zona 1; PS 267 - PAI).

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 45
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

7 CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) del territorio comunale di Taceno (LC) è stata realizzata in base ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica e sismica, di cui alle norme attuative dell'Art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n° 12. Nella fattispecie, è stata applicata la procedura di valutazione di cui all'Allegato 5 delle suddette norme attuative ("Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio"), che prevede, in fase pianificatoria, per i comuni classificati sismici di zona 4 (O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003; D.g.r. n. 14964 del 7/11/2003), due livelli di approfondimento. Lo studio di 1° livello è consistito nell'analisi dei dati contenuti nella cartografia di inquadramento (geologia, geomorfologia, dinamica geomorfologica di dettaglio), analisi che ha portato alla definizione degli scenari di pericolosità sismica locale, riportati nella seguente Tabella 4.

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

Tabella 4 – Scenari di pericolosità sismica locale

Il secondo livello di approfondimento si applica nelle zone PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi del d.g.r. n. 14964/2003.

Sulla base dei suddetti scenari di pericolosità è stata costruita la Carta di Pericolosità Sismica Locale per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000 (Tav. 8) e per lo stralcio di dettaglio dell'area urbana in scala 1:2.000 (Tav. 9).

Primaluna, Aprile 2011

Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi

In collaborazione con Dott. Geol. Matteo Lambrugo

A cura di : Dott. Geol. Pierfranco Invernizzi	Data: Aprile 2011	Versione: Definitiva	Pg. 47
V. Dante Alighieri 1 – 23819 Primaluna (LC)	Tel. 0341 979800 Fax 0341 983836	e-mail: pierinvernizzi@libero.it	

INDICE FIGURE E TABELLE

Figure

Figura 1 – <i>Inquadramento territoriale</i>	7
Figura 2 – <i>Panoramica dell'abitato di Taceno</i>	7
Figura 3 – <i>Schema geologico-strutturale semplificato delle Prealpi Lariane (da Schönborn, 1992)</i>	10
Figura 4 – <i>Precipitazioni annue e valore medio annuo relativo al periodo 1921÷1998, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione pluviometrica di Introbio</i>	14
Figura 5 – <i>Precipitazioni medie mensili relative al periodo 1921÷1998, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione pluviometrica di Introbio</i>	15
Figura 6 - <i>Curva delle massime precipitazioni giornaliere (mm/giorno) in funzione del tempo di ritorno (anni)</i>	16
Figura 7 - <i>Curva di possibilità pluviometrica</i>	17
Figura 8 - <i>Temperature medie mensili e media annua relative al periodo 1972-1980, desunte dalle rilevazioni eseguite dalla stazione termometrica di Barzio</i>	18
Figura 9 – <i>Edificio danneggiato a seguito del movimento franoso (a sinistra); nicchia della frana (a destra)</i>	29
Figura 10 – <i>Casello di raccolta del sistema di drenaggio</i>	30
Figura 11 – <i>Fratture generate dalla subsidenza ai piedi del conoide della Valle Chiaro – in loc. Cassinella</i>	31
Figura 12 – <i>Particolare dell'area soggetta a subsidenza ai piedi del conoide della Valle Chiaro – in loc. Cassinella</i>	31
Figura 13 – <i>Vulcanello di fango nell'alveo del T. Pioverna in località Tartavalle (2005)</i>	32
Figura 14 - <i>Tratto del T. Maladiga all'entrata del centro abitato di Taceno</i>	37
Figura 15 <i>Area allagata in località Cuseglio</i>	38

Tabelle

Tabella 1 – <i>Precipitazioni massime giornaliere, espresse in mm (h_{max}), con assegnato tempo di ritorno (Tr) espresso in anni</i>	16
Tabella 2 - <i>Caratteristiche termiche stagionali – Stazione di Barzio (LC)</i>	18
Tabella 3 – <i>Elenco degli eventi alluvionali storici (fonte IRRER-IRPI - 2000I)</i>	37
Tabella 4 – <i>Scenari di pericolosità sismica locale</i>	46