

COMUNE DI TALEGGIO

PROVINCIA DI BERGAMO

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

DOCUMENTO DI PIANO E PIANO DELLE REGOLE

**Componente geologica, idrogeologica e sismica
RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Febbraio 2012: Emissione

Novembre 2012: Revisione a seguito parere Regione Lombardia

ERA

c/o Polo per l'Innovazione Tecnologica (POINT)
Via Pasubio, 3 – 24044 DALMINE (BG) – ITALIA
Tel. +39 035.622.4241 – Fax. +39 035.622.4240

RESPONSABILE DELLE PRESTAZIONI

Geol. Umberto Locati

OGG 81



INDICE

1.	PREMESSA	3
1.1	Il parere regionale	6
2.	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CLIMATICO.....	8
2.1	Inquadramento territoriale.....	8
2.2	Caratterizzazione climatica.....	11
2.2.1	Precipitazioni	11
2.2.2	Temperature	12
2.2.3	Anemometria	14
2.2.4	Radiazione solare globale.....	16
2.2.5	Precipitazione di breve durata e forte intensità.....	18
3.	FASE DI ANALISI	24
3.1	Elementi geolitologici e strutturali.....	24
3.1.1	Inquadramento strutturale.....	24
3.1.2	Lineamenti geolitologici	27
3.1.2.1	Substrato roccioso	27
3.1.2.2	Depositi neogenico – quaternari.....	33
3.2	Elementi geomorfologici	36
3.2.1	Inquadramento geomorfologico.....	36
3.2.1.1	Ricerca storica su eventi alluvionali e fenomeni di dissesto	43
3.2.2	Lineamenti geomorfologici	48
3.3	Elementi idrogeologici	52
3.3.1	Acque superficiali	53
3.3.2	Acque sotterranee.....	54
3.3.2.1	Sorgenti asservite a sistemi acquedottistici	55
3.3.2.2	Lineamenti idrogeologici ed idrografici.....	55
3.3.2.2.1	Classi di permeabilità delle unità cartografate	56
3.4	Elementi geolitologici, geomorfologici ed idrogeologici di dettaglio	57
3.4.1	Substrato roccioso.....	57
3.4.2	Depositi neogenico – quaternari	59
3.4.3	Elementi geomorfologici ed idrogeologici	64
3.5	Pericolosità sismica	65
3.5.1	Inquadramento tettonico	66
3.5.1.1	Assetto tettonico	66
3.5.1.2	Inquadramento sismologico.....	68
3.5.1.2.1	Cenni di sismicità storica e strumentale	68
3.5.1.2.2	Quadro normativo nazionale.....	71
3.5.2	Analisi e valutazione degli effetti sismici locali: aspetti metodologici	73
3.5.2.1.1	Effetti di amplificazione sismica locale	74
3.5.2.1.2	Effetti di instabilità.....	75
3.5.2.2	Analisi e valutazione degli effetti sismici secondo la normativa regionale.....	75
3.5.2.2.1	Primo livello	75
3.5.2.2.2	Secondo livello	77
3.5.2.2.2.1	Amplificazione litologica	78
3.5.2.2.2.2	Amplificazione topografica	83
3.5.2.2.3	Terzo livello	87
3.5.2.2.3.1	Effetti di instabilità	88
3.5.2.2.3.2	Effetti di cedimenti e/o liquefazioni	89
3.5.2.2.3.3	Effetti di amplificazione morfologica e litologica	89
3.5.3	Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito.....	92
3.5.3.1	Primo livello	92
3.5.3.2	Secondo livello	93
3.5.3.3	Approfondimenti negli scenari Z3	93
3.5.3.4	Approfondimenti negli scenari Z4.....	95
3.5.3.4.1	Sintesi degli aspetti di amplificazione sismica locale	99
4.	FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE.....	101
4.1	Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico	101
4.2	Sintesi degli elementi tecnici.....	103
5.	FASE DI PROPOSTA	107

5.1	Fattibilità geologica delle azioni di piano	107
5.2	Carta del dissesto con legenda uniformata PAI	114
APPENDICE UNO		120
APPENDICE DUE		125

Allegati

Allegato A: Norme Geologiche Di Piano

Tavole allegate

Tavola ID	Oggetto	Scala
01	Lineamenti geomorfologici	1:10.000
02	Lineamenti geologici	1:10.000
03	Lineamenti idrogeologici	1:10.000
04A	Lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio – Sezione A	1:2.000
04B	Lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio – Sezione B	1:2.000
04C	Lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio – Sezione C	1:2.000
04D	Lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio – Sezione D	1:2.000
05	Pericolosità sismica locale – Analisi di I livello –	1:10.000
06A	Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico – Sezione A	1:5.000
06B	Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico – Sezione B	1:5.000
06C	Sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico – Sezione C	1:5.000
07A	Sintesi degli elementi tecnici – Sezione A	1:5.000
07B	Sintesi degli elementi tecnici – Sezione B	1:5.000
07C	Sintesi degli elementi tecnici – Sezione C	1:5.000
08A	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione A	1:5.000
08B	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione B	1:5.000
08C	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione C	1:5.000
09°	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione A	1:2.000
09B	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione B	1:2.000
09C	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione C	1:2.000
09D	Fattibilità geologica delle azioni di piano – Sezione D	1:2.000
10	Cartografica di rappresentazione dei dissesti con legenda uniformata PAI	1:10.000



Gestione dei diritti (Rights Management)

CC – BY – NC – SA

REVISIONE	DATA	OGGETTO
00	Febbr. 2012	Emissione
01	Nov. 2012	Revisione a seguito parere Regione Lombardia
02		
03		

Estratto da metadata standard ISO15836 / Dublin Core (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>)

CC 7-19,23-26,29-40,47-50,55-56,57-100,117-119,123-130
 BY 1-4,19-24,27-38,41-46,51-54,57-58,60-116,119-124
 NC
 SA

1. PREMESSA

Il presente documento, parte integrante del PGT di Taleggio, rappresenta l'aggiornamento dello studio geologico allegato al previgente strumento di pianificazione locale (PRG).

L'aggiornamento dell'esistente studio geologico è reso obbligatorio dalla LR 12/2005 e di relativi criteri attuativi di cui alla DGR IX/2616/2011. In particolare la DGR IX/2616/2011, che sostituisce le previgenti DGR VIII/7374/2008 e DGR VII/1566/2005, è intervenuta sulle modalità di ripermetrazione delle aree in dissesto contenute nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (cosiddette "aree 267"), individuando anche la casistica in cui non è possibile procedere a ripermetrazioni, oltre a ridefinire i criteri per la valutazione della pericolosità nelle aree soggette ai diversi fenomeni di dissesto.

Le DGR citate hanno recepito le disposizioni nazionali in campo sismico previste dal DM 14 gennaio 2008, già introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/2003 e fatte proprie dalla Regione Lombardia con DGR VII/14964/2003; permettono di individuare e delimitare zone omogenee del territorio comunale (microzonazione sismica) alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di nuove opere e nella messa in sicurezza di edifici esistenti.

Lo studio geologico esistente ed allegato al PRG, è stato redatto ai sensi della LR 41/1997 – DGR VI/37918/1998 dalla società GEA snc di Ranica (BG), successivamente integrato sulla base di specifiche richieste regionali e definitivamente approvato dalla Regione Lombardia.

Pertanto, ai sensi della DGR IX/2616/2011, il Comune sarebbe tenuto ad aggiornare solo parzialmente lo Studio Geologico per quanto riguarda gli aspetti di prevenzione del rischio sismico. Per la prevenzione del rischio sismico, l'aggiornamento ha contemplato:

- ◆ La realizzazione della zonazione della Pericolosità Sismica Locale (PSL) mediante individuazione di areali omogenei in cui sono presenti elementi morfologici – geomorfologici o geologici, in grado di alterare, amplificandoli, gli effetti di un sisma (approfondimento di I Livello). Sugli scenari di Pericolosità Sismica Locale riportati nella Tabella 1, Allegato 5 della DGR IX/2616/2011, nei casi previsti dalla medesima DGR, sono effettuati gli approfondimenti di II Livello secondo le procedure stabilite dalla DGR stessa.
- ◆ Aggiornamento della Carta di Fattibilità Geologica mediante evidenziazione (con retini "trasparenti") delle aree soggette ad amplificazioni sismiche per motivi morfologici, geomorfologici e geologici; per quanto riguarda le aree soggette ad amplificazioni morfologiche e geologiche, si individuano solo quelle aree con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al valore soglia comunale stabilito dalla Regione Lombardia. La procedura di calcolo del Fa è

fissata dall'allegato 5 alla DGR IX/2616/2011. L'individuazione delle aree che presentano possibili fenomeni di amplificazione dell'effetto sismico non comporta in nessun caso un cambio di classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal DM 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di III Livello (fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore).

Lo Studio Geologico allegato al PRG è stato realizzato nel 2003. Durante l'analisi della documentazione effettuata per l'aggiornamento inerente il rischio sismico, si sono evidenziate delle incongruenze significative nella documentazione di analisi (sezione 1 della DGR IX/2616/2011) rispetto alle attuali conoscenze (es. assenza di specifiche valutazioni sulle Deformazioni Gravitative Profonde di Versante – DGPV – o sui fenomeni valanghivi); questo fatto ha portato nella fase di sintesi (sezione 2 della DGR IX/2616/2011) a non valutare idoneamente la pericolosità di alcuni fenomeni con conseguenti riflessi sulla documentazione della fase di proposta (sezione 3 della DGR IX/2616/2011 – Carta di fattibilità).

Pertanto l'aggiornamento dello studio geologico ha compreso tutti gli elaborati già esistenti con la conseguenza di una totale rivisitazione dei contenuti e delle risultanze dello studio.

Pertanto si sono realizzati i seguenti elaborati della fase di analisi (sezione 1 della DGR IX/2616/2011):

- 1) cartografia riportante i *lineamenti geomorfologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le informazioni di carattere geomorfologico (forme riconoscibili e stato di attività dei processi responsabili della morfogenesi) del territorio comunale mediante osservazioni originali e valutazioni della bibliografia esistente (con particolare riferimento alle informazioni contenute nel SIT Regionale);
- 2) cartografia riportante i *lineamenti geologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le informazioni di carattere geologico (natura litologica dei terreni, assetto giaciturale / strutturale delle unità e rapporti reciproci) del territorio comunale. Le informazioni riportate sono state ricavate dalla bibliografia esistente (con particolare riferimento al CARG ed alla carta geologica della Provincia di Bergamo), opportunamente valutate / integrate dai rilievi effettuati.
- 3) cartografia riportante i *lineamenti idrogeologici* del territorio comunale in scala 1:10.000. In quest'elaborato sono riportate le caratteristiche di permeabilità superficiale dei terreni, le aree esondabili individuate su base morfologica o, quando disponibili, in base a modellizzazioni, l'ubicazione delle sorgenti perenni e le aree di protezione idrogeologica. Sono poi riportate le fasce di rispetto delle opere per captazione d'acqua asservite a sistemi acquedottistici per uso umano (pozzi e sorgenti).
- 4) cartografia riportante i *lineamenti geolitologici e geomorfologici di dettaglio*

realizzata in scala 1:2.000. Quest'elaborato riporta le risultanze dei rilievi di dettaglio specificatamente effettuati relativamente agli areali edificati, di prevista edificazione e di aree contigue per una distanza significativa.

- 5) Come previsto dalla DGR IX/2616/2011 e già sopra commentata, è stata realizzata una cartografia riportante la *Pericolosità Sismica Locale (PSL)*, relativamente all'analisi di I livello ed inerente l'intero territorio comunale ed in scala 1:10.000.

Come previsto dalla DGR IX/2616/2011, si realizzati i seguenti elaborati della fase di sintesi (sezione 2 della DGR IX/2616/2011):

- 6) cartografia riportante i la *sintesi dei vincoli normativi a carattere prettamente geologico*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:5.000, sono rappresentate le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati correlati alla prevenzione del dissesto idrogeologico.
- 7) cartografia riportante i la *sintesi degli elementi tecnici*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:5.000, sono individuate le aree caratterizzate da omogenei elementi di pericolosità geologico / geotecnica, idraulica ed idrogeologica; come previsto dalla DGR IX/2616/2011, gli elementi di pericolosità sono derivati esclusivamente dalla documentazione di analisi e non anche dalla trasposizione dei vincoli di cui all'elaborato precedente.

Si sono poi realizzati i seguenti elaborati della fase di proposta (sezione 3 della DGR IX/2616/2011):

- 8) cartografia riportante la *fattibilità geologica delle azioni di piano* redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000.
- 9) cartografia riportante la *fattibilità geologica delle azioni di piano* redatta in scala 1:2.000 relativamente agli areali edificati, di prevista edificazione e di aree contigue per una distanza significativa.

La nuova cartografia di fattibilità geologica delle azioni di piano è stata realizzata secondo il nuovo assetto normativo ed in base alle risultanze delle fasi di analisi e di sintesi.

Questi elaborati operano una zonazione del territorio in quattro classi, definite "Classi di Fattibilità Geologica delle Azioni di Piano". La suddivisione è operata in relazione alla sensibilità del territorio alle modifiche indotte dall'eventuale nuova urbanizzazione o ad una trasformazione dell'urbanizzato presente. Ogni classe presenta una diversa propensione del territorio a sostenere interventi antropici e, quando l'intervento è giudicato ammissibile, anche attraverso l'ausilio della cartografia di sintesi, si può ricavare indirettamente la dimensione e l'incidenza economica degli eventuali interventi aggiuntivi per un uso od una trasformazione d'uso del suolo in sicurezza.

Nel caso in cui la trasformazione d'uso presenti controindicazioni, si sono formulate raccomandazioni sulle cautele generali da adottare o sugli studi e le indagini da effettuare nel caso si ravvisi la necessità di approfondimenti preliminari.

Le indicazioni che scaturiscono dalla Carta di Fattibilità devono essere recepite dagli strumenti urbanistici ed hanno l'effetto di minimizzare le conseguenze dannose sull'attività antropica da parte degli elementi naturali, connesse ad un utilizzo improprio del territorio.

La riedizione dello Studio Geologico ha implicato anche l'aggiornamento del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI al fine di ricomprendere alcuni fenomeni in precedenza non classificati e, sulla base delle migliori conoscenze del territorio, si sono ridefiniti gli areali di influenza di alcune fenomenologie e precisata meglio la dinamica delle stesse. Pertanto si è realizzata apposta:

10) cartografia riportante il *quadro del dissesto con legenda uniformata PAI*. Su tale cartografia, redatta per l'intero territorio comunale in scala 1:10.000, sono individuate le aree in dissesto di entità significativa, per la pianificazione a scala di bacino, ed i vari fenomeni di dissesto sono stati classificati e ricondotti alla casistica presente all'art. 9 delle NdA del PAI.

La fase di proposta è accompagnata anche da specifiche Norme Geologiche di Piano (NGdP); le norme preesistenti sono state riformulate sulla base delle recenti indicazioni normative e con riferimento al Piano delle Regole ed al Documento di Piano del PGT.

Le raccomandazioni regionali prevedono, ove possibile, la realizzazione di un elaborato *di prima caratterizzazione geotecnica* basato su dati bibliografici. Tale elaborato non ha potuto essere realizzato per via della limitatezza delle informazioni bibliografiche disponibili, come pure dalla notevole disomogeneità nella loro distribuzione sul territorio comunale.

1.1 IL PARERE REGIONALE

La documentazione geologica a supporto del PGT, essendo stata redatta sulla base della DGR IX/2616/2011, ha comportato l'aggiornamento del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI al fine di ricomprendere alcuni fenomeni in precedenza non classificati e, sulla base delle migliori conoscenze del territorio, si sono ridefiniti gli areali di influenza di alcune fenomenologie e precisata meglio la dinamica delle stesse.

Come previsto dalla DGR IX/2616/2011, nel caso di modifiche al quadro del dissesto con legenda uniformata PAI, preventivamente l'adozione è necessario acquisire il parere dell'UO "Pianificazione e programmazione di Bacino e Locale" della DG "Territorio ed urbanistica" della Regione Lombardia. La documentazione è stata trasmessa alla Regione nel Marzo 2012 e quest'ultima l'ha giudicata conforme ai criteri di attuazione della LR 12/2005 (DGR IX/2616/2011) e agli elementi di compatibilità di cui all'art. 18 delle NdA del PAI (si veda nota regionale riportata in APPENDICE UNO).

Nell'accertare la conformità alla normativa, la Regione Lombardia ha evidenziato alcuni aspetti di cui nel seguito si da riscontro:

- ◆ *Aspetti inerenti le frane di Olda e Peghera*: diversamente dallo studio precedente, realizzato esclusivamente su base bibliografica con sporadici appro-

fondimenti nell'immediato intono del centro edificato, il nuovo studio ha contemplato una significativa attività di rilevamento in sito alla scala nominale di 1:2.000. Questo ha permesso di effettuare più precise valutazioni sui fenomeni di dissesto citati sia sulla loro reale presenza / attività, sia sulla loro effettiva estensione.

- ◆ *Aspetti inerenti Baita Rudera, Cantello, ecc.:* il nuovo studio ha valutato la casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011. Negli ambiti citati non si è riscontrato alcun elemento significativo di pericolosità e, pertanto, non si era posta alcuna limitazione alla fattibilità (nessuna classificazione dell'ambito).

In ogni caso, come auspicato dal parere regionale, si attribuisce per tali ambiti non classificati una fattibilità 2 con identificativo DC-r; la scelta di attribuire tale problematica (si veda Tabella 24 di pagina 112), con lo stesso grado di fattibilità attribuito in Tabella 26 di pagina 114, consente da un lato di ottemperare al rilievo regionale, dall'altro permette di effettuare una verifica dell'assetto geologico – idrogeologico di dettaglio e a cura del Proponente l'intervento con verifiche di modesta entità e, quindi, di modesta incidenza economica.

- ◆ *Aree identificate con DC nella carta di sintesi:* le aree DC che presentano moderata acclività o modesto spessore, anche in relazione alle caratteristiche del substrato lapideo, sono state riclassificate mediante attribuzione di una classe di fattibilità 2 come previsto dal punto 5.1.2 della DGR IX/2616/2011.
- ◆ *PSL Z3a e Z3b:* per tali elementi è stata riportata, in modo areale, la possibile area di influenza. Su indicazione regionale, è provveduto alla loro individuazione in modo lineare.

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CLIMATICO

2.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Taleggio, avente uno sviluppo di 46,47 Km², è situato nella media val Taleggio, che costituisce una delle principali valli laterali situate sulla destra idrografica della val Brembana. I confini amministrativi sono: a nord con Vedeseta e Cassiglio, ad ovest con Camerata Cornello e San Giovanni Bianco, a sud con Gerosa e Fuipiano in Valle Imagna ed a est con Vedeseta.

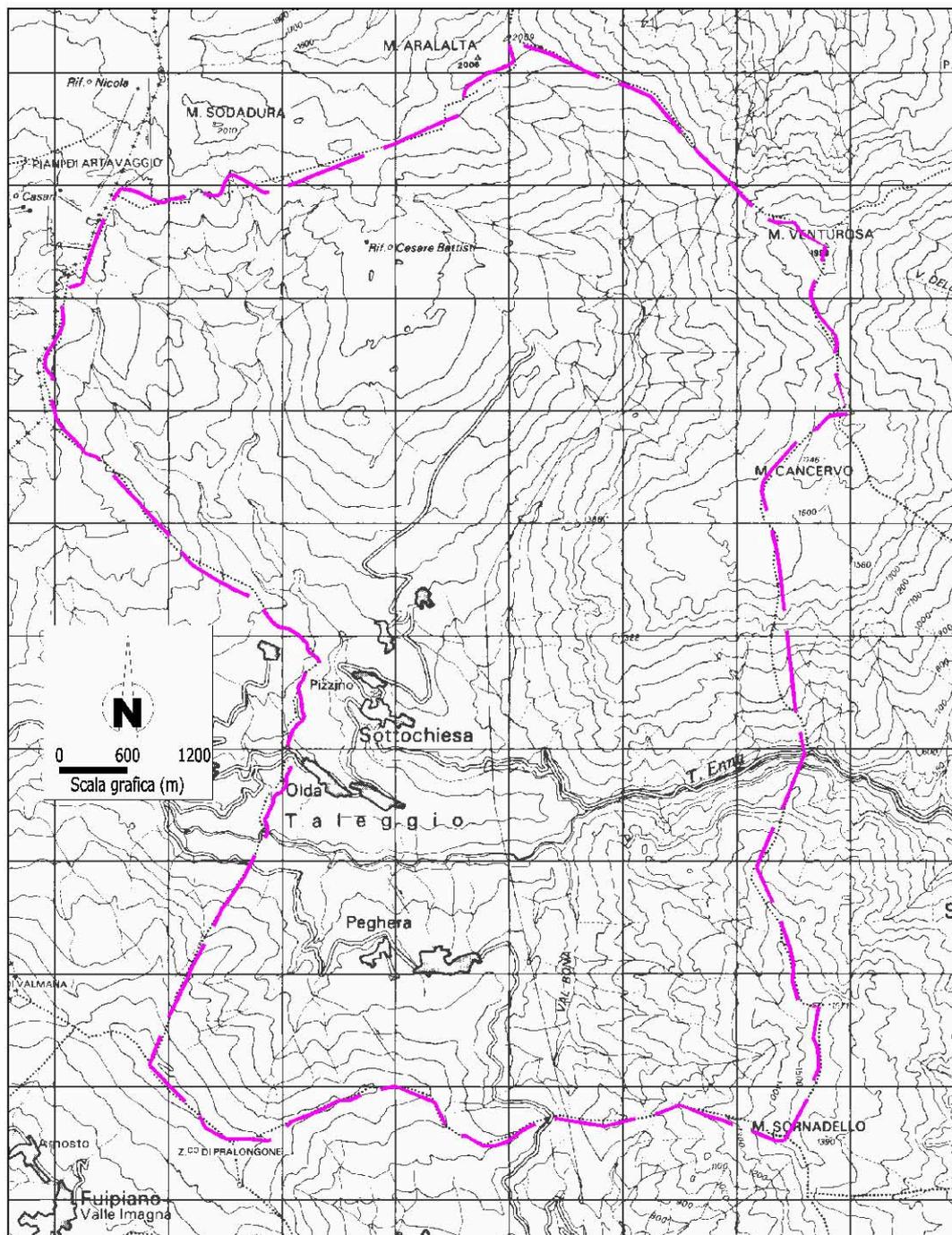


Figura 1: Inquadramento del territorio comunale sulla carta tecnica regionale riprodotta in scala 1:60.000.

Il comune raggruppa le località di Sottochiesa, Grasso, Cacorviglio, Sottochiesa, Pizzino, Olda e Peghera; si sviluppa tra una quota minima di 470 m slm, in corrispondenza della Forra dei Serrati ed una quota massima di 2.006 m slm in corrispondenza del Pizzo Baciamorti, con un dislivello di 1536 metri.

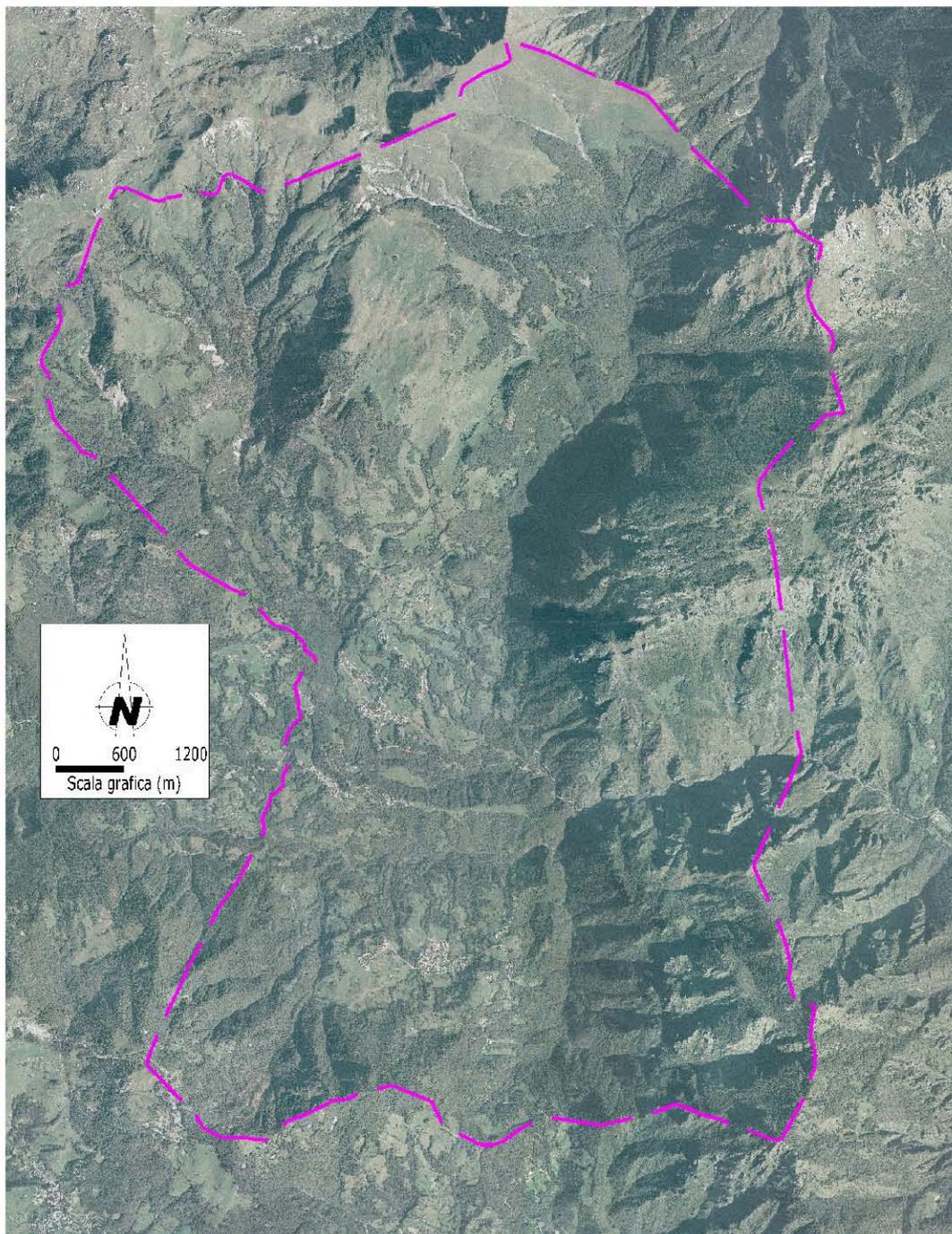


Figura 2: Ortofoto dell'intero territorio comunale (anno 1999) riprodotta in scala 1:60.000.

Il settore più settentrionale e nordoccidentale comprende le porzioni a quota maggiore tra cui compaiono il pizzo Baciamorti e le pendici dei monti Sodadura e Aralalba; tali aree sono utilizzate stabilmente solo durante l'estate come alpeggio. Lungo il lato occidentale di questo settore sono presenti alcuni impianti sciistici facenti parte del comprensorio dei Piani di Artavaggio che nel tempo hanno fun-

zionato a fasi alterne.

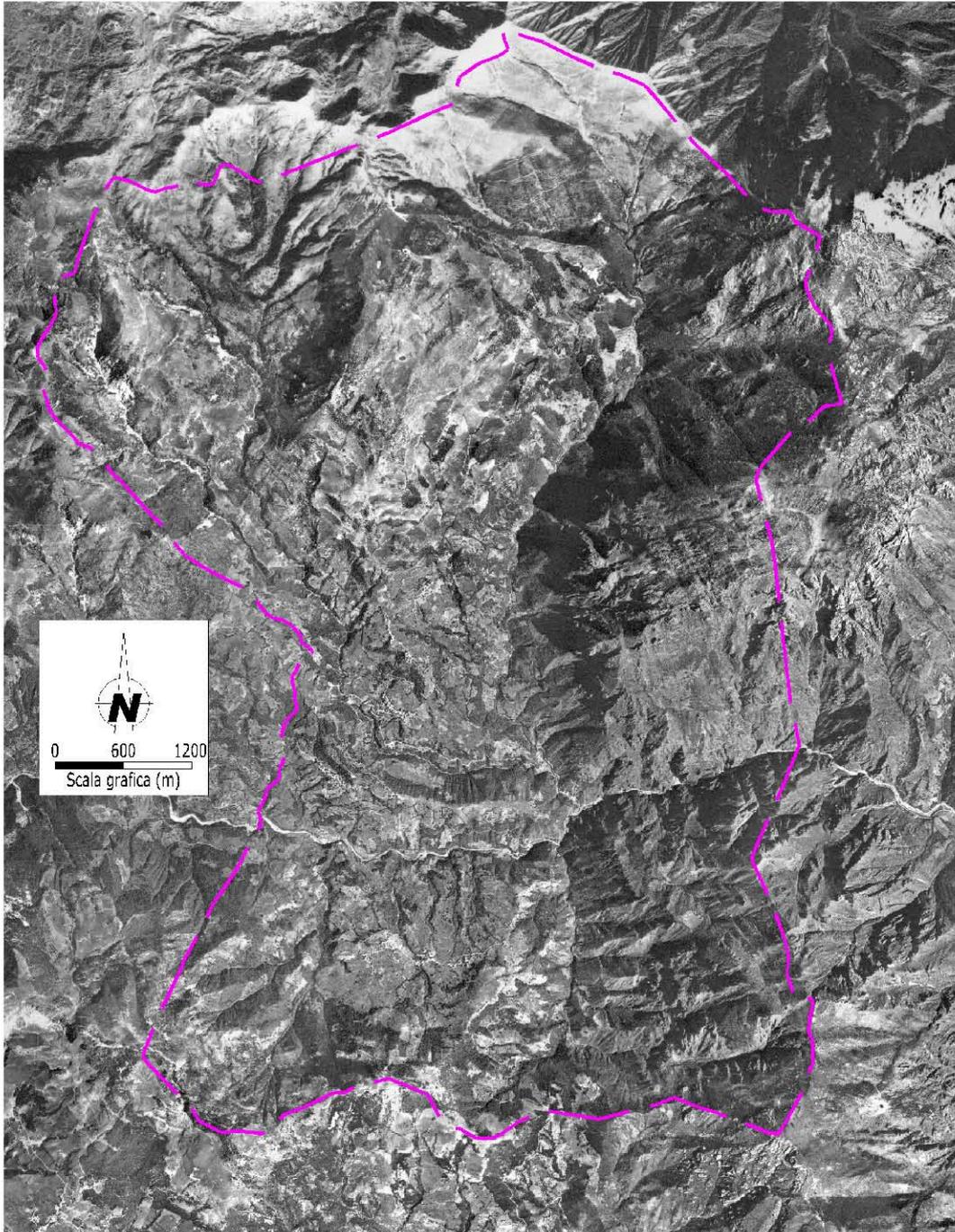


Figura 3: Ortofoto dell'intero territorio comunale (anno 1954) riprodotta in scala 1:60.000. Rispetto alla foto aerea riprodotta in Figura 2 si note la quasi totale assenza di vegetazione arborea.

La porzione centrale e centroccidentale, che comprende anche il percorso del fiume Enna, e la porzione meridionale, è caratterizzata da un paesaggio tipico delle basse vallate prealpine con nuclei abitati e baite / fienili sparsi. Le porzioni più acclivi sono lasciate a bosco, mentre quelle meno ripide sono utilizzate come prati a sfalcio.

L'intera porzione orientale del territorio comunale è invece caratterizzata dai versanti molto articolati dei monti Venturosa, Cancervo, Zuccone La Torre e Sorna-

dello, nei quali sono assenti attività agricole significative, nuclei edificati ma presenti solamente rari edifici sparsi.

Dal punto di vista morfologico, l'area presenta quindi le caratteristiche forme della media montagna bergamasca, con ripidi pendii, spesso prativi e versanti rocciosi e molto acclivi nei quali però sono sostanzialmente assenti tracce di modellamento glaciale.

Per quanto riguarda la viabilità, la parte centrale e meridionale è percorsa da strade provinciali e da una fitta rete di strade minori; il settore più a nord ed orientale è percorribile prevalentemente a piedi.

2.2 CARATTERIZZAZIONE CLIMATICA

2.2.1 Precipitazioni

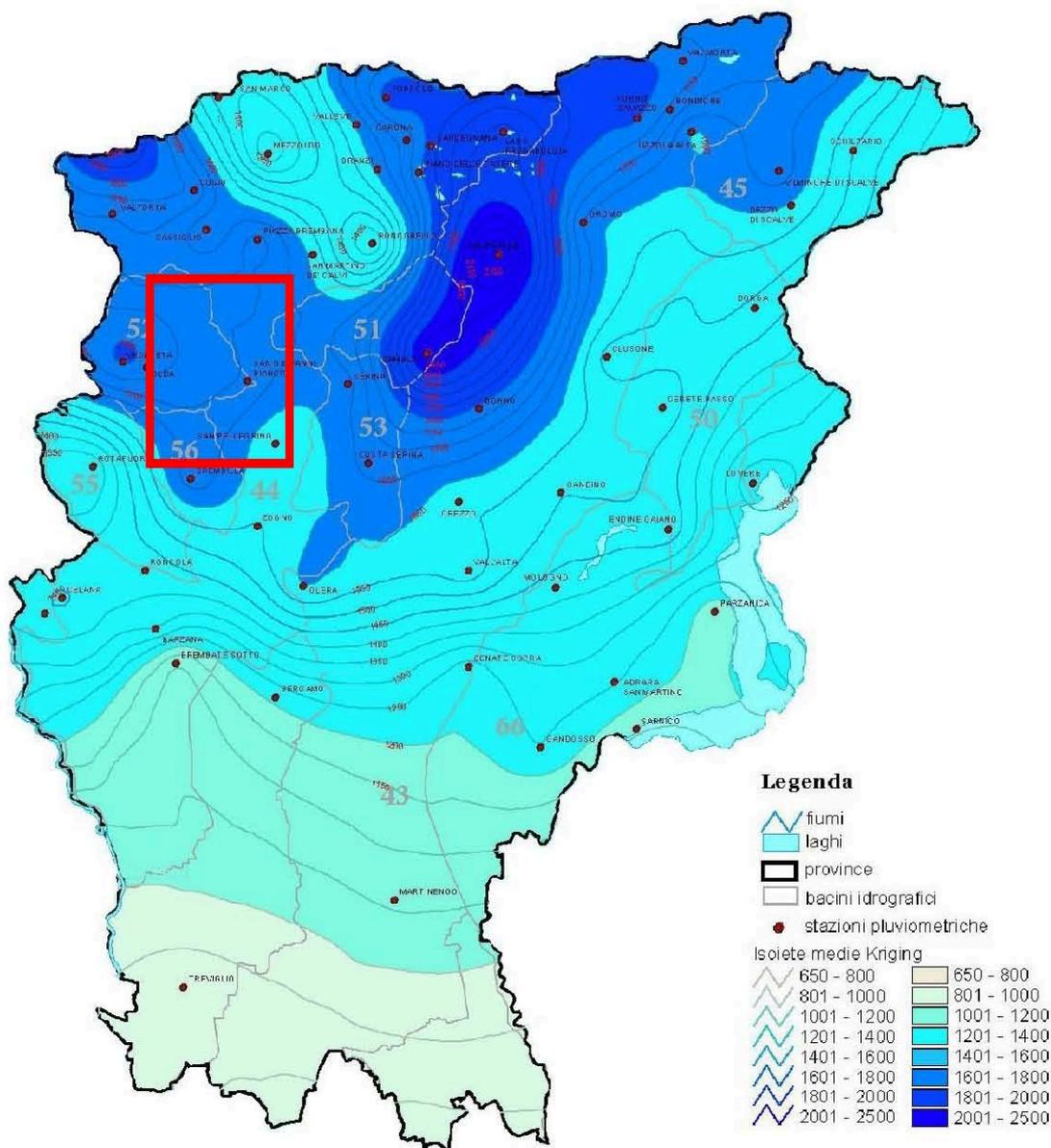


Figura 4: Carta delle precipitazioni medie annue del territorio alpino della Regione Lombardia (registrate nel periodo 1891 - 1990); in rosso è evidenziata l'area del territorio comunale.

La zona delle prealpi orobiche è sempre stata una delle aree più piovose di tutto il nord – ovest. Negli ultimi 50 anni si sono raggiunti valori di 2.500 mm annui con punte di 2.800/2.900 mm, tuttavia negli ultimi 30 anni si è assistito ad una diminuzione delle piogge e quindi un deciso calo delle medie pluviometriche annue soprattutto in inverno e in primavera, mentre al contrario si registra un incremento nei mesi di ottobre e novembre.

Un primo riferimento per la stima delle precipitazioni medie relative dell'area in esame è la *Carta delle precipitazioni medie annue relative al periodo 1881 – 1990*, redatta a cura della Regione Lombardia, di cui la Figura 4 rappresenta lo stralcio della sola provincia di Bergamo. Il rettangolo in rosso indica la posizione approssimativa dell'area comunale che ricade nel settore di precipitazioni medie annue comprese tra 1.600 e 1.900 mm.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
89,67	81,01	132,04	157,90	212,20	207,28	175,79	187,28	173,52	223,52	160,27	96,04

Tabella 1: Precipitazioni mensili cumulate nella stazione di Vedeseta (precipitazioni in mm) – anni di osservazione da 1951 a 1983 – Fonte: PTUA.

Più in dettaglio, nel territorio comunale di Vedeseta, contiguo a quello di Taleggio ed ubicato nella medesima valle, è presente la stazione pluviometrica che ha fornito dati relativi alla piovosità del territorio riferiti ad un arco di tempo compreso fra il 1951 e il 1983 (si veda la Tabella 1). Dall'analisi dei dati si ricava che la piovosità media annua è pari a 1.885 mm e che i massimi delle medie mensili si concentrano nei mesi di ottobre (223,03 mm), maggio (212,20 mm) e giugno (207,28 mm). Le piogge rimangono comunque elevate anche nei mesi di luglio (175,79 mm), settembre (173,52 mm) e novembre (160,27 mm); le piogge relative ai mesi invernali si mantengono con valori sempre superiori agli 80 mm.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
55,6	58,9	75,1	123,5	102,4	113,9	104,9	70,8	104,2	129,4	134,7	105,1

Figura 5: Precipitazioni mensili cumulate nella stazione di Taleggio (precipitazioni in mm) – anni di osservazione da 2003 a 2011.

Altra stazione presente nell'ambito della valle Taleggio, che presenta però una serie storica più contenuta, è ubicata a Taleggio. Dall'analisi dei dati si ricava che la piovosità media annua è pari a 1.178 mm e che i massimi delle medie mensili si concentrano nei mesi di novembre (134,7 mm), aprile (123,5 mm) e giugno (113,9 mm). Le piogge rimangono comunque elevate anche nei mesi di Luglio e settembre – ottobre. L'andamento complessivo di tale stazione ricalca sostanzialmente quello della stazione di Vedeseta, ma avendo una serie storica più breve, le piogge medie e complessive risentono in maniera significativa di annualità caratterizzate da scarse precipitazioni (anni dal 2003 al 2006).

2.2.2 Temperature

Durante il periodo 1955 – 1984 hanno funzionato nella provincia di Bergamo ventidue stazioni termometriche, che hanno fornito le temperature massima e mini-

ma diurna di ogni giorno del periodo esaminato. Non sono però disponibili dati di temperatura su intervalli temporali significativi in stazioni prossime all'area in esame.

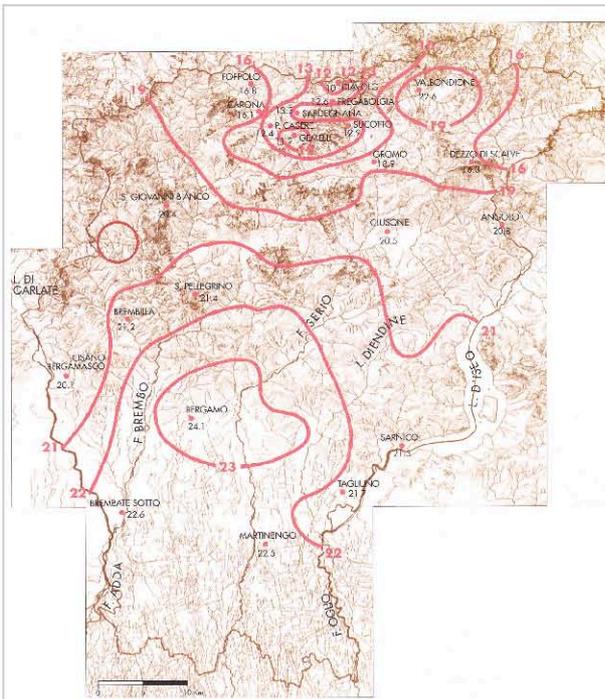


Figura 6: Carta delle isoterme del mese di luglio (isotere). Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

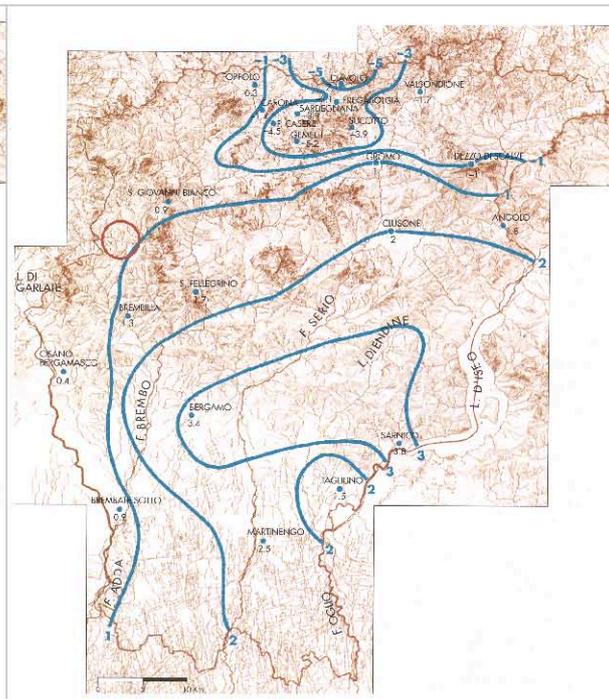


Figura 7: Carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene). Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

Nel complesso i dati dell'insieme delle stazioni evidenziano che il regime annuo della temperatura media mensile è caratterizzato da un massimo in luglio ed un minimo in gennaio. Le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno sono generalmente superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile – maggio ad ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

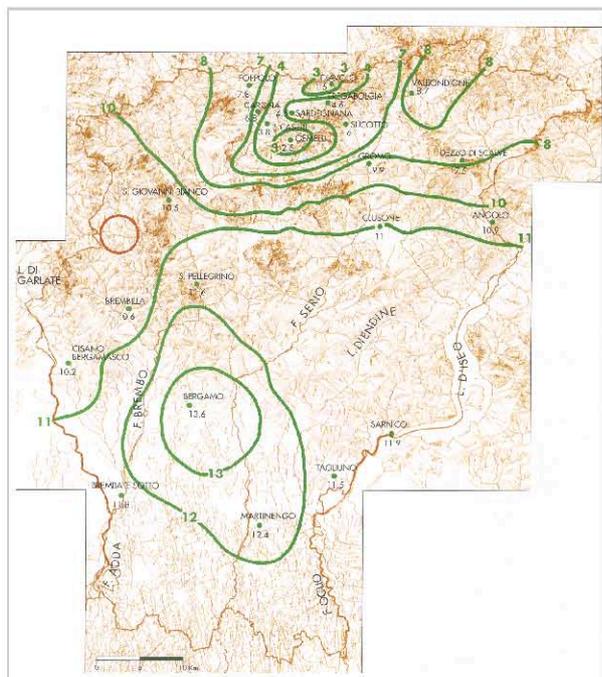


Figura 8: Carta delle isoterme annue. Il cerchio in colore rappresenta la posizione indicativa dell'area.

Con i dati della temperatura media annua, della temperatura del mese di luglio e della temperatura media del mese di gennaio sono state predisposte rispettivamente la carta delle isoterme annue, la carta delle isoterme del mese di luglio (isotere) e la carta delle isoterme del mese di gennaio (isochimene) presentate in Figura 6 e Figura 7 ed estratte dalla documentazione di base del PTCP.

Dall'esame di tali carte si può concludere che il clima delle stazioni della provincia di Bergamo è di tipo temperato subcontinenta-

le per le stazioni situate in pianura, mentre è di tipo freddo per quelle situate in montagna.

Tali dati permettono di ricostruire il regime annuo della temperatura media mensile dove si ha un massimo in luglio e il minimo in gennaio. Si osserva inoltre come le temperature medie di ogni singolo mese dell'anno siano superiori alla temperatura media annua nei mesi da aprile/maggio a ottobre, mentre negli altri mesi dell'anno sono inferiori alla temperatura media annua.

Dai dati mensili dell'escursione termica media diurna e della temperatura media diurna, si osserva come la temperatura media mensile minima si presenti in gennaio e la massima in luglio e come l'escursione termica aumenti dal mese di gennaio al mese di luglio in tutte le stazioni. *Da tale elaborazione emerge che il clima della bergamasca è di tipo temperato subcontinentale per le stazioni situate in pianura, mentre è di tipo freddo per quelle situate in montagna.*

Le caratteristiche del clima freddo, tipico del territorio in esame, sono le seguenti:

- ◆ temperatura media annua non superiore a 2,9° C;
- ◆ temperatura media del mese più freddo dell'anno inferiore a - 6,0° C;
- ◆ temperatura media del mese più caldo non superiore a 9,9° C;
- ◆ escursione media annua fra 15,0° C e 18,0° C.

A livello locale, anche se con serie storica limitata e quindi relativamente poco significativa, è presente la stazione di Taleggio (2004 - 2011).

	genn	febb	mar	apr	magg	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic
media	1,6	2,4	5,5	9,6	13,7	17,1	19,6	18,4	15,2	11,1	5,7	1,8
minimo	- 7,2	- 7,0	- 5,8	1,4	4,1	6,7	9,3	10,6	6,4	1,8	- 3,2	- 7,4
massimo	16,4	15,5	20,2	21,0	25,6	27,7	30,2	27,1	26,7	22,2	17,6	12,8

Tabella 2: Dati termometrici della stazione di Taleggio.

Dall'analisi di questi dati si ricava che le medie massime delle temperature si concentrano nei mesi di luglio (19,6 °C) e agosto (18,4 °C), con valori comunque elevati anche nei mesi di giugno settembre (I valori minimi relativi ai mesi invernali sono compresi tra 1,6 °C e 5,7 °C (si veda la Tabella 2).

2.2.3 Anemometria

Nella pubblicazione de "I caratteri originali della bergamasca" si è effettuata una valutazione del regime anemometrico sulla base delle stazioni di Monte Grigna (1949 - 1957), di Ponte S. Pietro (1946 - 1950), di Orio al Serio (1951 - 1956) e di Bergamo (1891 - 1900).

I dati sulle velocità massime del vento sono stati riportati per la stazione di Orio al Serio (1951 - 1956). La frequenza della direzione e la velocità del vento sono state studiate per la stazione di Bergamo (1962 - 1981).

I dati evidenziano come nelle due stazioni le direzioni preferenziali di provenienza

siano a Ponte S. Pietro la direzione N – NE S – SO ed a Orio al Serio la direzione N – S.

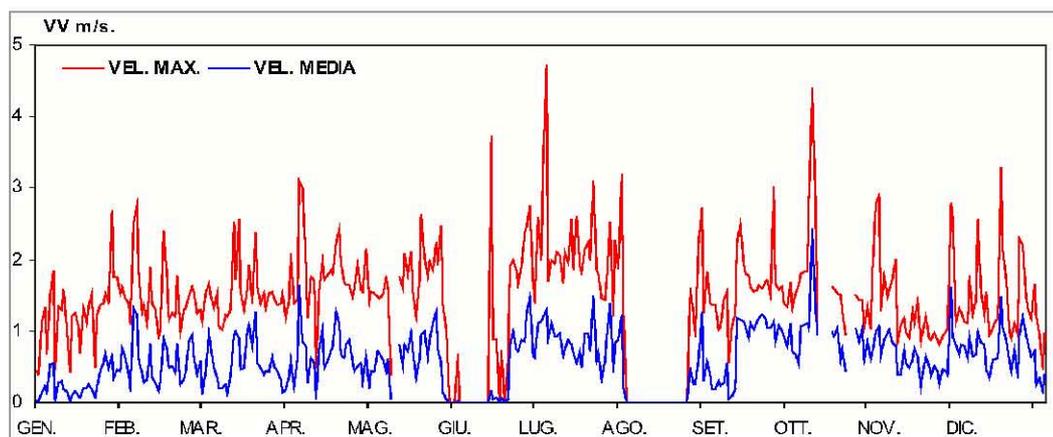


Grafico 1: Andamento velocità dei venti (2004) nella stazione di Bergamo (fonte ARPA).

Per il periodo 1952 – 1956, nella stazione di Orio al Serio i dati delle ore 7.00 sono stati tenuti distinti da quelli delle ore 19.00, fornendo così la possibilità di mettere in evidenza la radicale differenza di regime fra mattino e pomeriggio, legata alla diversa condizione termica dei due momenti di misura.

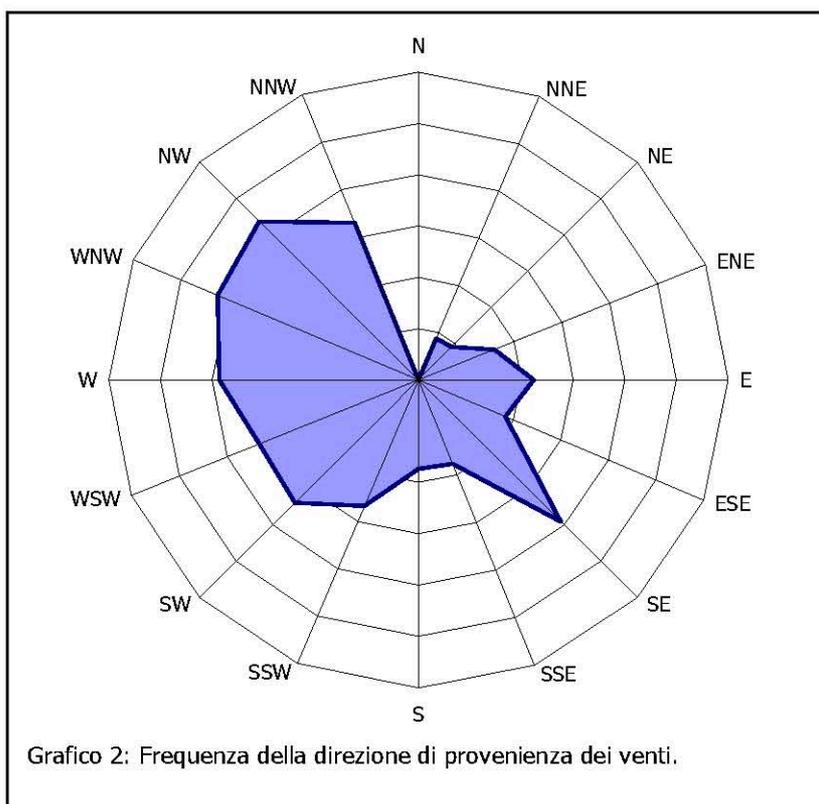


Grafico 2: Frequenza della direzione di provenienza dei venti.

In merito alla velocità del vento si osserva come nella provincia di Bergamo predominano i venti di origine termica, cioè le brezze. Talora la regione è interessata da venti moderati a componente E, quando si scatena la bora nell'alto Adriatico, mentre venti con velocità elevate non sono frequenti. Le raffiche massime registrate ad Orio al Serio nel periodo 1951 – 1956 sono comprese fra 48 km/h da N e 91 km/h da SO. Lo studio della

frequenza di velocità in giorni dell'anno ha mostrato come in questa stazione il vento di 15 km/h si verifica in media 95 giorni all'anno e quello di 30 km/h 20 giorni all'anno.

Per quanto si riferisce alla stazione di Bergamo, relativamente al periodo 1962 – 1981, il vento ha superato 11 volte la velocità di 80 km/h con la maggior fre-

quenza durante i mesi di agosto e di settembre, raggiungendo i 120 km/h il 3 marzo 1967 con tempo asciutto, i 115 km/h il 2 agosto 1968 con pioggia e i 110 km/h l'8 agosto 1980 con pioggia e grandine.

La stazione anemometrica più vicina all'area comunale è quella di San Giovanni Bianco – Cornalita per la quale sono disponibili i dati medi orari dal 1/1/2004 al 31/12/2011. I dati indicano un valore medio di velocità del vento di 2,83 km/h ed una velocità massima media oraria di 41,76 km/h. La direzione di provenienza dei venti è essenzialmente dai quadranti compresi tra NNW e SW, con una provenienza particolare dal quadrante SE. Se le componenti NW e SE sono grossomodo parallele all'asse della valle Brembana, la componente più marcatamente occidentale di provenienza dei venti è da ricercare nell'influenza dell'asse vallivo della val Taleggio sul regime anemometrico della stazione di Cornalita; infatti, tale stazione è posta immediatamente a sud della confluenza della valle Taleggio nella valle Brembana. In riferimento alle stazioni sopra riportate, è evidente una forte influenza dei rilievi sulla direzione dei venti, con direzioni prevalenti orientate lungo i principali assi vallivi sottesi alle stazioni. Le velocità di punta giornaliere più rappresentative sono comprese tra 15 km/h e 30 km/h, la media si attesta intorno a 1 – 2 km/s. Le raffiche massime misurate sono di 110 – 120 km/s.

2.2.4 Radiazione solare globale

Sulla base dei dati dell'Istituto Sperimentale per la Cerealicoltura di Bergamo (1958 – 1974) relativi a valori massimi, medi e minimi mensili, l'insolazione media presenta il valore massimo in luglio e il valore minimo in novembre. Su base stagionale si hanno in media in inverno (successione dei mesi di dicembre, gennaio e febbraio) 267 ore, in primavera 509 ore, in estate 681 ore e in autunno 396 ore.

Poiché l'insolazione è condizionata dalla nebulosità, sempre relativamente alla stazione di Bergamo ed allo stesso periodo di tempo, sono stati considerati i numeri massimi, medi e minimi mensili di giorni con cielo sereno, coperto al 50% e coperto al 100%. La radiazione solare, termine utilizzato per descrivere la radiazione emessa dal sole nel campo del visibile e del prossimo al visibile (ultravioletto e prossimo all'infrarosso). Le differenti regioni sono definite dal campo delle lunghezze d'onda comprese nella banda da 0,20 a 4,0 micron con la seguente denominazione:

- ◆ Ultravioletto: 0,20 – 0,39 nanometri
- ◆ Visibile: 0,39 – 0,78 nanometri
- ◆ Vicino all'infrarosso: 0,78 – 4,00 nanometri
- ◆ Infrarosso: 4,00 – 100,00 nanometri

Mese	Radiazione giornaliera totale (W/m ²)	Radiazione giornaliera media (W/m ²)	Radiazione giornaliera massima (W/m ²)
gennaio	1889,0	60,9	310,6

febbraio	2524,7	87,1	398,5
marzo	3912,8	131,7	541,7
aprile	4194,8	158,0	624,7
maggio	6389,0	209,6	737,3
giugno	6831,0	229,1	774,1
luglio	7349,8	240,8	812,8
agosto	6102,3	197,9	731,1
settembre	4158,0	148,0	593,7
ottobre	2693,8	90,3	403,7
novembre	1491,7	60,0	296,3
dicembre	1581,2	51,0	277,0

Tabella 3: Radiazione solare nella stazione di San Giovanni Bianco.

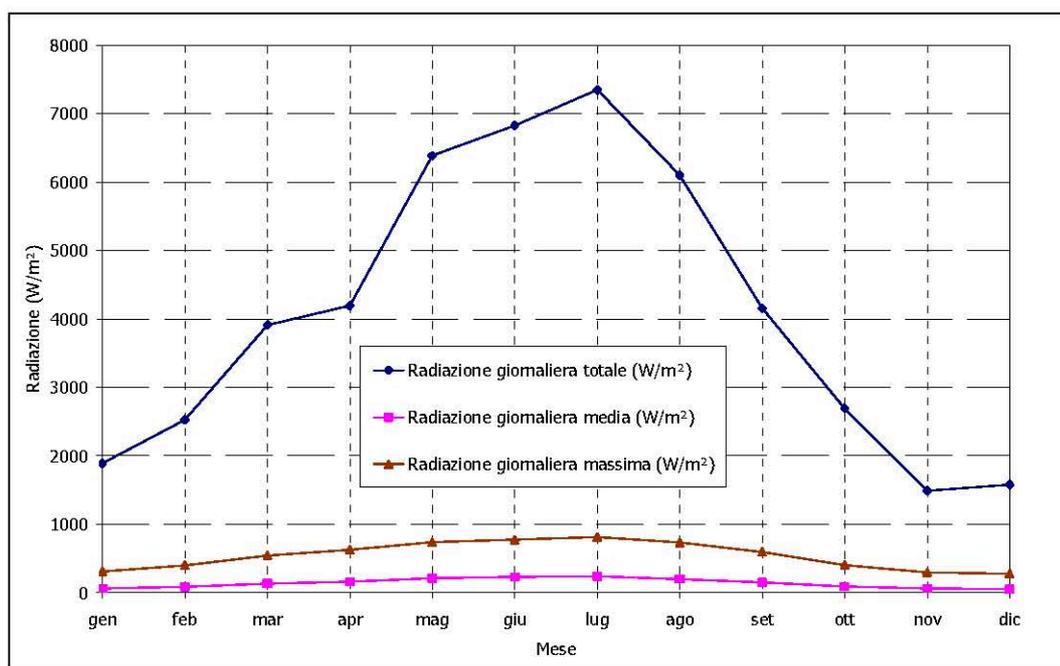


Grafico 3: Radiazione solare (stazione di San Giovanni Bianco – Cornalita).

Circa il 99% della radiazione solare che giunge sulla superficie terrestre è contenuta nella regione compresa tra 0,3 e 3,0 nanometri, mentre la radiazione terrestre è contenuta nella regione tra 3,5 e 50,0 nanometri.

La stazione di riferimento (San Giovanni Bianco – Cornalita, dati disponibili 1/1/2004 – 31/12/2011) ha un sensore di misurazione dell'insolazione globale (piranometro).

I massimi valori si osservano in periodo estivo (massimo luglio 7.350 W/m²) e minimi in periodo invernale (minimo dicembre 1.580 W/m²), in accordo con l'andamento dell'illuminazione solare. Dato anomalo rispetto al trend generale è relativo al mese di novembre: in questo mese è probabilmente più significativa la

copertura nuvolosa rispetto altri periodi dell'anno, generando una minore insolazione a terra.

2.2.5 Precipitazione di breve durata e forte intensità

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto è effettuata attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, ovvero la relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata per un assegnato tempo di ritorno. L'altezza di precipitazione, comunemente misurata in mm, è l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo su una superficie orizzontale ed impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) ed in assenza di perdite.

Per la caratterizzazione pluviometrica puntuale degli eventi di breve durata e forte intensità, sono stati utilizzati dati bibliografici tratti da:

- ◆ *"Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale"* della Provincia di Bergamo, relazione Studio Paoletti (luglio 1994);
- ◆ *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* adottata con deliberazione del Comitato Istituzionale del 26 aprile 2001, n. 18, Autorità di Bacino del Fiume Po;
- ◆ *"Valutazione delle piene nell'Italia Nord Occidentale"*, rapporto del progetto VAPI (2001) – Valutazione delle piene in Italia, a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR – GNDICI).

In particolare si sono utilizzati i parametri **a** ed **n** determinati interpolando le serie storiche più rappresentative, idonee per la determinazione dell'altezza di pioggia per durata di 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore, 24 ore.

Si ricorda che la relazione statistica che lega l'altezza delle precipitazioni **h** [mm] alla durata **d** [ore] ed al tempo di ritorno **T** [anni], nota come curva di possibilità pluviometrica, è data dalla seguente espressione:

$$h_T = a_T \cdot d^{n_T}$$

nella quale i parametri **a** ed **n**, funzione di **T**, sono stimati sulla base delle serie storiche di dati disponibili.

A tal fine, nella documentazione di riferimento citata si è ipotizzato che per qualunque durata **d** i valori di **h** seguano la distribuzione di probabilità asintotica di Gumbel, il cui uso è molto diffuso per regolarizzare serie empiriche di valori estremi. Secondo tale modello, la probabilità **P** di non superamento di un generico valore dell'altezza di pioggia **h**, di assegnata durata **d**, è esprimibile con la seguente espressione:

$$P_{(h_t)} = e^{-e^{-\alpha_t \cdot (h_t - u_t)}}$$

dove:

h_t = massima altezza di pioggia di durata **t**

P = probabilità con cui h può verificarsi

α_t e u_t = parametri che caratterizzano la legge di distribuzione

L'intensità di funzione α e l'estremo atteso u dipendono dalla media e dallo scarto quadratico medio attraverso le relazioni:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{1,283}{\alpha} \\ \mu = u + \frac{0,5772}{\alpha} \end{cases}$$

Il metodo dei momenti fornisce per i parametri α e u le seguenti stime:

$$\begin{cases} \hat{\alpha} = \frac{1.283}{\bar{\sigma}} \\ \hat{u} = \bar{\mu} - 0.450 \bar{\sigma} \end{cases}$$

dove la media e lo scarto quadratico medio sono ricavabili dal campione analizzato.

Poiché l'elaborazione statistica è effettuata sul massimo valore che in un anno assume la grandezza h , è possibile legare la probabilità P al tempo di ritorno T , definito come il numero di anni in cui, mediamente, h è superato una sola volta. La relazione che lega il tempo di ritorno T alla probabilità P è la seguente:

$$T = \frac{1}{1-P}$$

la legge di Gumbel assegna alla pioggia $h_t(T)$ di durata t , con tempo di ritorno T , il valore:

$$h_t(T) = \bar{u}_t - \frac{1}{\bar{\alpha}_t} \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

dove $\bar{\alpha}_t$ e \bar{u}_t sono i parametri caratteristici della distribuzione relativa alla pioggia di durata t , valutabili con il metodo dei momenti.

Prefissato quindi un tempo di ritorno T , gli autori della citata documentazione di riferimento, hanno ricavato le altezze di pioggia per le varie durate (1, 3, 6, 12, 24 ore) introducendo di volta in volta i parametri α ed u calcolati sui campioni rappresentativi disponibili per le durate stesse (ricavati dagli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Italiano – Parte I, tabella III).

I valori di altezza di pioggia così ottenuti, posti sul piano $\log h$, $\log d$, sono stati interpolati tramite una retta, adottando il metodo dei minimi quadrati. In tal modo si sono ottenuti, per tempi di ritorno caratteristici, i valori dei parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica.

Successivamente, sempre nella medesima documentazione di riferimento, è stata effettuata un'analisi spaziale delle precipitazioni di breve durata e forte intensità tramite l'individuazione delle linee **iso - n** e **iso - a**, dove a ed n sono i parame-

tri delle curve di possibilità pluviometrica relative a $Tr=5, 10, 50, 100$ anni (Piano Territoriale Provinciale di Bergamo) e $Tr=20, 100, 200$ e 500 anni ("Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" dell'Autorità di Bacino del fiume Po).

Dall'analisi spaziale si possono quindi ricavare quindi i valori dei parametri **a** ed **n**, validi per la caratterizzazione idrologica per interventi in ambito comunale.

I parametri **a** ed **n** riportati in Tabella 4 sono stati ricavati dai lavori citati per la porzione settentrionale del territorio comunale (*aree a nord del fiume Enna*) sono:

$Tr_{(anni)} \rightarrow$		5	10	20	50	100	200	500
Provincia di BG	a	39,3	45,5	–	59,2	65,0	–	–
	n	0,372	0,360	–	0,343	0,340	–	–
Autorità di Bacino	a	–	–	54,00	–	68,70	69,00	83,70
	n	–	–	0,347	–	0,340	0,337	0,335

Tabella 4: parametri a ed n caratteristici per l'area in esame presenti in bibliografia.

Considerata la diversità di valori di riferimento tra quelli determinati dall'Autorità di Bacino del fiume Po e quelli prodotti dalla Provincia di Bergamo, si adottano come riferimento i valori più cautelativi, riportati nella seguente tabella e che dovranno essere utilizzati come riferimento in questa porzione di territorio comunale:

$Tr_{(anni)} \rightarrow$		5	10	20	50	100	200	500
a		39,3	45,5	54,00	59,2	68,70	69,00	83,70
n		0,372	0,360	0,347	0,343	0,340	0,337	0,335

Tabella 5: parametri a ed n caratteristici per l'area in esame.

I parametri **a** ed **n** riportati in Tabella 6 sono stati ricavati dai lavori citati per la porzione settentrionale del territorio comunale (*aree a sud del fiume Enna*) sono:

$Tr_{(anni)} \rightarrow$		5	10	20	50	100	200	500
Provincia di BG	a	40,2	46,7	–	60,8	66,7	–	–
	n	0,323	0,320	–	0,305	0,290	–	–
Autorità di Bacino	a	–	–	55,2	–	70,5	77,0	85,7
	n	–	–	0,330	–	0,323	0,321	0,317

Tabella 6: parametri a ed n caratteristici per l'area in esame presenti in bibliografia.

Considerata la diversità di valori di riferimento tra quelli determinati dall'Autorità di Bacino del fiume Po e quelli prodotti dalla Provincia di Bergamo, si adottano come riferimento i valori più cautelativi, riportati nella seguente tabella e che do-

vranno essere utilizzati come riferimento in questa porzione di territorio comunale:

$T_r(\text{anni}) \rightarrow$	5	10	20	50	100	200	500
a	40,2	46,7	55,2	60,8	70,5	77,0	85,7
n	0,323	0,320	0,330	0,305	0,323	0,321	0,317

Tabella 7: parametri a ed n caratteristici per l'area in esame.

Da evidenziare che, successivamente alla determinazione di valori **a** e **n** riportati nel Piano Territoriale di "Coordinamento Provinciale" e nella "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica" è stato realizzato da C. De Michele e R. Rosso uno studio⁽¹⁾ relativo alla valutazione delle piogge di breve durata e forte intensità per l'intero bacino del Po.

All'interno di tale studio è proposta una formulazione per la valutazione dell'altezza di pioggia cumulata con periodo di ritorno pari a T_r , in funzione del valore atteso dell'altezza di pioggia caduta in **d** ore consecutive e del coefficiente di crescita K_{T_r} ; le formule proposte sono le seguenti:

$$h_{T_r} = a_{T_r} \cdot d^n \cdot K_{T_r}$$

dove

$$K_{T_r} = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \cdot \left(1 - e^{-k y_{T_r}}\right)$$

in cui

k = fattore di forma

ε = fattore di posizione

a = fattore di scala

y_{T_r} = variabile ridotta di Gumbel pari a $\ln\left[-\ln\left(1 - \frac{1}{T_r}\right)\right]$

Il medesimo studio VAPI riporta i valori di tali parametri per le varie stazioni pluviometriche e le mappe degli stessi per l'intero territorio padano, ricavate con metodi di interpolazione.

Rispetto a quanto riportato nello specifico elaborato del Piano di Coordinamento Provinciale, si osserva che nelle elaborazioni effettuate nel Progetto VAPI sono state considerate delle serie più lunghe per alcune stazioni, mentre alcune stazioni non sono state prese in considerazione (De Calvi, Dezzo, Gerola, Martinengo, Olginate, Tartano, Trona e Valmorta).

Nell'elaborazione finale del Piano di Coordinamento Provinciale (2003), è effettuato un confronto tra le due metodologie (ADBPO – Provincia e VAPI). Da tale

¹ "Valutazione delle piene nell'Italia Nord Occidentale", rapporto del Progetto VAPI – Valutazione delle piene in Italia, a cura del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (CNR – GNDCI)

confronto emerge che le due metodologie portano a risultati globalmente simili fra loro, anche se in generale l'analisi effettuata da ADBPO – Provincia produce valori leggermente più cautelativi rispetto a quanto riportato nell'elaborato CNR – GNDCI.

Conseguentemente, nelle verifiche contenute nel presente documento, non si riportano i risultati dello studio CNR – GNDCI, ma si fa riferimento esclusivamente a quanto riportato dalla documentazione dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e della Provincia di Bergamo.

Considerando che i parametri **a** ed **n** utilizzati sono stati calcolati interpolando i valori di massima intensità di pioggia ricavati dalle serie storiche più rappresentative della bergamasca, si può avere una sovrastima dell'altezza della pioggia media che cade all'interno di un bacino in quanto si presume che, nel medesimo istante ed in tutta l'area del bacino, si abbia un evento meteorico di uguale intensità (la massima intensità prevedibile per un determinato tempo di ritorno).

In realtà, da considerazioni basate sulla dinamica meteorologica, il massimo di un evento si sviluppa su aree molto limitate. Per correggere la sovrastima dell'altezza media di pioggia che cade all'interno di un bacino idrografico, sono state elaborate delle procedure empirico – fenomenologiche (tipo Wallingford et Alii, ecc.), che permettono di introdurre dei fattori correttivi in relazione alla dimensione dell'area del bacino e del tempo di corrivazione:

$$W_{fc} = 0,0394 \cdot A_b^{0,354} - t_c^{0,40-0,0208 \cdot \ln(4,6-\ln A_b)}$$

Dove W_{fc} è il fattore correttivo, A_b è l'area del bacino idrografico considerato e t_c è il tempo di corrivazione del bacino idrografico avente area A_b .

Per l'impiego dei parametri **a** ed **n** caratteristici per il territorio in esame, si evidenziano alcuni aspetti:

- ◆ Per quanto riguarda la progettazione di opere e le verifiche di compatibilità idraulica lungo i corsi d'acqua minori, in considerazione che nell'ambito del territorio considerato non vi sono corsi d'acqua strumentati e, quindi, non è possibile effettuare analisi idrologiche puntuali, si assume che la portata della piena di riferimento abbia lo stesso tempo di ritorno T_r di quello dell'intensità di pioggia corrispondente. Per il tempo di ritorno da adottare si deve fare riferimento a quanto previsto dall'allegato 4 della DGR IX/2616/2011, che prevede, salvo casi eccezionali e sotto la diretta responsabilità del tecnico incaricato oltre che con adeguate motivazioni, tempi di ritorno della piena di riferimento pari o superiori a 100 anni.
- ◆ In generale, per aree ad alto valore urbanistico come quelle presenti nel territorio comunale, si utilizzano per il dimensionamento e/o la verifica delle opere civili, tempi di ritorno di 20 anni (reti fognarie, pozzi disperdenti, ecc.).
- ◆ Per quanto riguarda la progettazione di opere e le verifiche di compatibilità idraulica lungo i corsi d'acqua del reticolo principale, si dovrà fare riferimento alla *"Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce*

"A" e "B". In tale direttiva si prevedono tempi di ritorno pari a 100 anni per il dimensionamento delle opere e di 200 anni per la verifica che le opere in progetto non comportino un aggravamento delle condizioni di rischio idraulico sul territorio circostante e per la verifica delle opere esistenti.

- ♦ Nel caso di verifiche e dimensionamenti relativi al reticolo minore, in considerazione della limitata estensione dei bacini idrografici presenti nel territorio comunale, anche in considerazione della limitata estensione dei bacini idrografici, si dovrà escludere l'utilizzo di procedure empirico – fenomenologiche che permettono di introdurre dei fattori correttivi relativamente alla sovrastima dell'altezza di pioggia in relazione alla dimensione dell'area del bacino e del tempo di corrivazione (tipo Wallingford et Alii, ecc.).

3. FASE DI ANALISI

3.1 ELEMENTI GEOLITOLOGICI E STRUTTURALI

3.1.1 Inquadramento strutturale

La struttura delle Alpi è caratterizzata dalla presenza di due catene a falde che si sono propagate in senso opposto, rispettivamente verso NW e verso S. La catena a vergenza europea (NW) o catena alpina *s.s.* è formata da diversi sistemi tettonici traslati, a partire dal Cretacico, verso l'avampaese europeo, mentre la catena a vergenza africana (S), conosciuta come *Alpi Meridionali* o *Sudalpino*, è formata da un sistema tettonico che, a partire dal Neogene, si è deformato verso l'avampaese padano – adriatico. Il contatto tra le due catene ad opposta vergenza è tettonico e prende il nome di *Lineamento Periadriatico* (il suo segmento occidentale è chiamato *Linea Insubrica*): si tratta di un sistema di fratture subverticali, attive dal Neogene con prevalente carattere trascorrente, che comprende, a partire da Ovest, la *Linea del Canavese*, quella *del Tonale*, *della Pusteria*, *della Gaital* e *delle Karawaken*.

Le *Alpi Bergamasche* fanno parte delle *Alpi Meridionali* o *Sudalpino* che, da un punto di vista paleogeografico, vengono considerate un frammento di un continente (paleo – Africa), originariamente situato a Sud dell'Oceano Ligure – piemontese. Tale porzione di catena è formata da un basamento cristallino con impronta metamorfica varisica e da una copertura sedimentaria di età compresa tra il Carbonifero superiore ed il Cretacico.

L'evoluzione strutturale della catena è caratterizzata da una complessa e prolungata sequenza di eventi deformativi; in particolare sono state riconosciute:

- ◆ due o più fasi deformative principali prealpine, responsabili del metamorfismo del basamento cristallino;
- ◆ una tettonica distensiva iniziata nel Permiano e protrattasi fino al Giurassico medio, culminata con l'apertura dell'Oceano Ligure – Piemonte se (durante tale periodo il *Sudalpino* ricoprì il ruolo di margine continentale passivo);
- ◆ una tettonica compressiva iniziata nel Cretacico superiore e perdurata, anche successivamente alla collisione continentale, sino al Neogene.

L'attuale configurazione strutturale della catena è il risultato della tettonica compressiva di età alpina, che ha dato luogo ad una fascia di rilievi interessati da pieghe e sovrascorrimenti pellicolari (*fold – thrust chain*). L'edificio strutturale che ne è derivato risulta particolarmente complesso e può essere schematicamente suddiviso, da nord a sud, in tre settori:

- ◆ Basamento cristallino (zona orobica) ed anticlinali orobiche: la *zona orobica* costituisce la più settentrionale delle zone nelle quali viene tradizionalmente suddivisa la catena. Essa è costituita dalle rocce del basamento metamorfico varisico accavallate sulle loro coperture permio – triassiche lungo un fascio di linee in parte vicarianti, talora *en éncelon*, orientate E – W, che in letteratu-

ra sono conosciute come *Linea Orobica* o *Thrust Orobica*. A sud di questa è presente una stretta fascia costituita da tre strutture anticlinali (da ovest verso est "*Anticlinale Orobica*", "*Anticlinale Trabuchello – Cabianca*" ed "*Anticlinale di Cedegold*") con di – sposizione *en échelon* destra, che coinvolgono sia il basamento cristallino che la copertura sedimentaria permio – triassica.

- ◆ **Settore centrale comprendente la successione triassica:** il settore centrale corrisponde in gran parte con la porzione di catena sudalpina nota come *Prealpi Bergamasche*. L'assetto strutturale di questa zona è particolarmente complesso nella fascia settentrionale dove, a ridosso delle anticlinali orobiche, si sviluppa un sistema di faglie WSW – ENE ed E – W, noto in letteratura come *Linea Valtorta – Valcanale*. A sud di tale sistema si sviluppa un edificio strutturale alloctono, formato dalla successione triassica, caratterizzato dalla duplice o triplice ripetizione delle unità strutturali ("*Parautoctono ed unità alloctone*" Auct.).
- ◆ **Settore frontale comprendente le unità giurassico – cretache:** sul fronte della catena è presente un'ampia fascia costituita da unità giurassico – cretache e caratterizzata da un fascio di pieghe associate a *thrust* con assi orientati E – W ("*Zona a pieghe e pieghe faglie*" Auct.).

Il territorio di Taleggio ricade nel *Settore centrale*, costituito quasi esclusivamente da rocce di età triassica (250 – 210 milioni di anni) e, secondo le più recenti interpretazioni (GAETANI *et al.*, in prep.), è caratterizzato dall'unità tettonica del "*Parautoctono*" sulla quale poggiano *klippen* riferibili alle *Unità alloctone anisico – carniche* ed alle *Unità alloctone noriche* (Figura 9).

Il "*Parautoctono*" è l'unità strutturale di maggiore estensione nell'ambito del territorio comunale, ed è costituita da una potente successione unitaria che si estende dal Norico al Giurassico Inferiore (le unità giurassiche tuttavia affiorano in maniera molto limitata nel comune di Taleggio).

Il suo assetto è quello di una grande monoclinale a debole immersione verso S, dislocata da faglie e sistemi di pieghe di varia ampiezza.

Le *Unità alloctone anisico – carniche* sono costituite dal *Klippe del Bruco* che, oltre al piastrone che sostiene i ripiani dell'Alben, comprende varie scaglie basali affioranti alla testata della Valle Salzana ed il piastrone del versante di Cantoldo – Saltarino. Si tratta di *thrust sheet* isolati all'interno del "*Parautoctono*", ma riconducibili al medesimo livello strutturale e costituiti da una successione stratigrafica estesa dall'Anisico al Carnico superiore.

Entrambi i piastroni del *Klippe del Bruco* (Corno del Bruco – ripiani Alben e Saltarino – Cantoldo) sono interessati da estesi fenomeni di espansione laterale, in quanto poggiano su una successione incompetente di Argillite di Riva di Solto del "*Parautoctono*".

Le *Unità alloctone noriche* affiorano in maniera molto limitata nel territorio comunale e sono rappresentate dal bordo orientale del *Klippe del Corno Zuccone* e da piccole scaglie di ridotta estensione ad esso correlabili. Sono costituite prevalentemente da brecce basali della Dolomia Principale e sono interessate da estesi

3.1.2 Lineamenti geolitologici

Le unità del substrato roccioso ed i depositi superficiali che le ricoprono sono riportate in Tavola 01, realizzata in scala 1:10.000. Tale cartografia è stata realizzata utilizzando i dati del progetto CARG (foglio 076 "Lecco"), forniti dalla Regione Lombardia, opportunamente integrati in base ai rilievi effettuati nel corso della predisposizione del presente documento. Su tale elaborato sono evidenziati anche gli elementi tettonici principali, la giacitura della stratificazione, le aree interessate da deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV) e l'andamento delle loro principali nicchie.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche delle unità del substrato roccioso, a partire dalla più antica fino alla più recente, e, successivamente, dei depositi della copertura neogenico – quaternaria. Per questi ultimi è stata mantenuta la classificazione utilizzata dal progetto CARG, che prevede sia una gerarchizzazione in Supersintemi/Sintemi, Gruppi/Formazioni e unità informali, sia la loro suddivisione in funzione del bacino di appartenenza o distinzione sulla base dei processi e delle dinamiche di formazione, indipendentemente dal bacino di appartenenza.

Va comunque precisato che per l'ambito di Taleggio, la classificazione utilizzata dal progetto CARG per i depositi neogenico – quaternari presenta sicuramente alcune imprecisioni ed incongruenze per l'effettiva complessità della situazione, legata sia al fatto che la genesi di alcune tipologie di deposito non è ancora del tutto chiara e tuttora oggetto di ipotesi differenti, sia perché gran parte della copertura più antica è stata rimaneggiata da fenomeni erosivi e gravitativi successivi alla loro deposizione. A conferma di ciò vi sono le differenze di attribuzione con quanto riportato nella "Carta geologica della Provincia di Bergamo" (AA.VV., 2000) edita alla stessa scala (1:50.000).

3.1.2.1 Substrato roccioso

CALCARE DI ANGOLO (ANISICO MEDIO)

Nel territorio comunale di Taleggio le rocce di tale formazione affiorano in lembi ridotti alla base del *Klippe del Bruco* ed in una scaglia basale ad esso associata posta alla testata della Valle di Salzana.

È costituito prevalentemente da calcari grigio scuri in strati debolmente nodulari, spessi 10 – 40 cm, localmente rinsaldati a formare banchi metrici, talora con sottili intercalazioni e giunti siltosi e argillitici. Oltre ai calcari, localmente compaiono siltiti e arenarie da medie a finissime, a cemento calcareo, marroncine in alterazione e ricche in muscovite.

Tale formazione nel territorio in esame ha uno spessore ridotto a causa delle elisioni tettoniche, mentre dove è indisturbata può raggiungere i 300 m. Essa è eteropica con la Formazione di Bellano, mentre il suo limite superiore generalmente è con il Calcare di Prezzo o a una sua facies marginale che fa da transizione alla base della Formazione di Esino. Nel *Klippe del Bruco* sembra passare direttamente alla Formazione di Buchenstein ma l'esiguità e la qualità scadente degli affioramenti non permette di definire in dettaglio i loro rapporti.

L'ambiente deposizionale del Calcare di Angolo è da riferire essenzialmente ad un'ampia baia marina poco profonda e con ossigenazione al fondo limitata, entro la quale progradavano periodicamente conoidi terrigene.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame il Calcare di Angolo fa parte delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

FORMAZIONE DI BELLANO (ANISICO MEDIO – SUPERIORE)

Affiora in maniera molto limitata in una scaglia basale del *Klippe del Bruco* alla testata della Valle di Salzana.

È costituito da conglomerati fini a clasti vulcanici e cristallini, arenarie micacee e dolomie ibride.

Ha uno spessore ridotto a causa delle elisioni tettoniche, ma poco più ad Ovest, nel Lecchese, può raggiungere i 130 m. Si indenta con il Calcare di Angolo, mentre il suo limite superiore con il Calcare di Prezzo o la Formazione di Esino non è osservabile nel territorio in esame.

Il suo ambiente deposizionale è da riferire ad un delta – conoide che progradava nella baia marina dove si depositava il Calcare di Angolo.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame la Formazione di Bellano fa parte delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

FORMAZIONE DI BUCHENSTEIN (ANISICO SUPERIORE – LADINICO INFERIORE)

Questa unità affiora in maniera molto limitata al margine nordoccidentale del *Klippe del Bruco* (piastrone di Cantoldo – Saltarino), lungo il canale denominato Scanabecco.

Essa è costituita da calcari grigi e grigio scuri ben stratificati, con noduli e liste di selce nera e locali interstrati argillosi, che verso l'alto presentano intercalazioni di marne, calcareniti e piroclastiti grigio – verdi.

Nell'area in esame ha uno spessore di circa 20 metri e sembra essere compresa tra il Calcare di Angolo e la Formazione di Esino, ma la qualità degli affioramenti è scadente per definirne con certezza i reali rapporti.

Si tratta di una tipica facies di bacino, depostasi entro depressioni di profondità probabilmente non superiore ai 100 – 300 m, con apporti sia carbonatici, legati al dilavamento di piattaforme carbonatiche adiacenti, sia vulcanoclastici, dovuti all'attività esplosiva di centri vulcanici più distanti.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame la Formazione di Buchenstein fa parte delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

CALCARE DI ESINO (ANISICO SUPERIORE – LADINICO)

Le litofacies del Calcare di Esino costituiscono la porzione prevalente dei due piastroni principali del *Klippe del Bruco* (Corno del Bruco – ripiani Alben e Saltarino – Cantoldo).

La formazione è costituita da varie litofacies di piattaforma carbonatica, localmente dolomitizzate. Quelle tipiche di piattaforma marginale e di pendio sono

rappresentate da calcari da grigio chiari a nocciola, brecce, calcareniti e calciruditi in prevalenza massivi, mentre quelle di piattaforma interna sono date prevalentemente da calcari grigio chiari in strati e bancate, con subordinate intercalazioni di calcareniti. In alcuni settori la sommità della formazione è caratterizzata sia da tasche con pisoliti, lenti di calcari grigio scuri, cementi in cavità stratoconcordanti o in filoncelli sedimentari, sia da tasche/filoncelli sedimentari con brecciole cementate da croste di calcite o riempiti da sedimenti argillosi e calcareo – marnosi ocra provenienti da soprastanti paleosuoli a "terra rossa".

Il Calcare di Esino nell'area in esame ha uno spessore massimo prossimo a 500 m ma che, apparentemente, sembra più elevato per effetto delle dislocazioni gravitative. Il suo limite stratigrafico inferiore, non osservabile, dovrebbe essere sia con la F. di Buchenstein che con il Calcare di Angolo, mentre quello superiore non è presente nel territorio comunale.

La sua genesi è da mettere in relazione all'evoluzione areale e temporale di un'articolata piattaforma carbonatica, comprensiva di numerosi ambienti deposizionali, dai transizionali alle successioni di bacino (facies di pendio) ai margini biocostruiti (*reef*) sino alla piattaforma interna (lagune subtidali aperte, ristrette e piane tidali).

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame la Formazione di Buchenstein fa parte delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

FORMAZIONE DI SAN GIOVANNI BIANCO (CARNICO SUPERIORE – NORICO BASALE)

Affiora in maniera molto limitata in scaglie tettoniche lungo il fondovalle del torrente Salzana, tra i due piastroni principali del *Klippe del Bruco*.

Si tratta di una formazione litologicamente eterogenea, ma nel territorio di Taleggio è rappresentata unicamente da lenti di gesso ed anidriti di colore bianco – grigio chiaro, associate a carnirole e dolomie grigie di aspetto terroso.

Il suo spessore è molto ridotto e non ha limiti stratigrafici preservati a causa delle deformazioni tettoniche alpine.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da un'area costiera poco profonda, a sedimentazione mista carbonatico – terrigena ("*sabkha*"), delimitata a meridione da un apparato fluviale – deltizio ed interessata da un'evoluzione verticale, testimoniata dalla progressiva diminuzione degli apporti terrigeni.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame la Formazione di San Giovanni Bianco fa parte delle *Unità alloctone anisico – carniche*.

DOLOMIA PRINCIPALE (CARNICO SUPERIORE – NORICO MEDIO)

Le varie litofacies di questa unità formano i rilievi montuosi che delimitano ad oriente il territorio comunale e sono separati tra loro dalla forra del torrente Enna: a nord vi sono il Monte Venturosa e l'ampio massiccio del Monte Cancervo, mentre a sud si estende la dorsale del Pizzo Grande – Monte Sornadello. Affiorano inoltre anche all'estremità occidentale, lungo le pendici del *Klippe del Corno Zuccone* (versante destro della Valle Salzana).

Le facies basali dell'unità, formanti il *Klippe del Corno Zuccone*, sono costituite da brecce dolomitiche, a clasti moderatamente spigolosi di dolomie grigio scuro, dolomie laminate e dolomie chiare, interessate da clastesi localmente assai spinta. I rilievi orientali, invece, sono costituiti dalle facies tipiche della successione carbonatica, rappresentate prevalentemente da dolomie grigio – chiare in banchi sino a metrici e, in minor misura, da brecce e megabrecce massive.

Lo spessore della Dolomia Principale è molto elevato e nei rilievi orientali sembra superare i 1000 m. Il suo limite stratigrafico inferiore non è presente nel territorio comunale, mentre quello superiore è transizionale/eteropico con le Dolomie Zonate.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da una vasta ed articolata piattaforma carbonatica dolomitizzata precocemente, con prevalenti facies lagunari e di piana tidale nella porzione medio – inferiore. La parte superiore presenta una maggiore differenziazione degli ambienti in connessione all'individuazione di solchi intrapiattaforma controllati dalla tettonica sinsedimentaria e di particolari margini biocostruiti ubicati sui bordi di queste depressioni.

Per quanto concerne la posizione strutturale, nell'area in esame la Dolomia Principale compare sia nelle *Unità alloctone noriche* (il *Klippe del Corno Zuccone*) che nel sottostante "*Parautoctono*" (dorsale monte Venturosa – Cancervo – Sornadello).

DOLOMIE ZONATE (NORICO MEDIO)

Le rocce appartenenti a tale formazione affiorano lungo una fascia continua che borda i rilievi dolomitici orientali e si estende in direzione N – S dal Passo di Bacciamorti sino ad est della Forcella di Bura. Affiorano, inoltre, lungo il versante meridionale della dorsale che delimita a settentrione il territorio comunale, tra i Piani di Artavaggio e la Bocchetta di Regadur.

Si tratta di alternanze di calcareniti e calcisiltiti dolomitizzate, grigio scure, in strati sino a pluridecimetrici. A tali facies localmente sono intercalate ritmiti grigio nerastre, di spessore centimetrico, con sottili livelli di marne dolomitiche scure, finemente laminate.

Lo spessore massimo delle Dolomie Zonate nell'area in esame è stimato in 180 – 220 m. Il loro limite stratigrafico superiore è transizionale con il Calcere di Zorzino, con il quale costituiscono il *Gruppo dell'Aralalta* (termine che comprende le unità litostratigrafiche eteropiche con le facies sommitali della Dolomia Principale). Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da blandi pendii che raccordevano la piattaforma carbonatica della Dolomia Principale a bacini intrapiattaforma ristretti, con fondali prevalentemente anossici. Su tali pendii torbiditi e *debris flow* risedimentavano i carbonati della piattaforma e del suo margine.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fanno parte del "*Parautoctono*".

CALCARE DI ZORZINO (NORICO MEDIO)

Le rocce del Calcere di Zorzino formano i rilievi del gruppo M.Aralalta – Pizzo di

Baciamorti ed affiorano lungo una fascia che si sviluppa, in direzione N – S lungo la Valle Asinina e la Val Bona, sino alla Forcella di Bura. Affiorano, inoltre, lungo il versante meridionale del Monte Sodadura e nelle incisioni vallive che lo solcano (Canale Scanagallo, valli Chignolo e Salzana).

La formazione è costituita da una successione monotona di calcari (calcilutiti) neri o grigio scuri, in strati prevalentemente planari di 10 – 30 cm, talora suddivisi da sottili livelli di marne nerastre, con laminazioni millimetriche o centimetriche piano – parallele.

Il suo spessore massimo supera i 400 m e presenta un limite stratigrafico superiore netto con l'Argillite di Riva di Solto.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da bacini intrapiattaforma ristretti, con fondali prevalentemente anossici.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fanno parte del "Parautoctono".

ARGILLITE DI RIVA DI SOLTO (NORICO SUPERIORE)

Tale formazione costituisce l'orizzonte plastico su cui sono carreggiate per buona parte le unità strutturali alloctone, sia anisico – carniche che noriche. Essa, infatti, affiora lungo i bordi del *Klippe del Corno Zuccone* e dei due piastroni principali del *Klippe del Bruco*, sia sul lato della Valle Salzana con le sue varie diramazioni, sia sul lato della Valle Asinina. Costituisce, inoltre, il substrato roccioso dei dossi e dei versanti dove sorgono i nuclei abitati principali (Sottochiesa, Olda, Peghera, Asturi, Pizzino, Cacorviglio, Grasso), dalla sommità sino ai fondivalle dei torrenti Enna, Asinina e Salzana. Affiora, infine, lungo gran parte del versante sinistro della Val Bona, dalla confluenza con il torrente Enna al crinale spartiacque con la Val Brembilla.

L'unità inizia con argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, con laminazione millimetrica, che sovente inglobano noduli decimetrici e metrici di calcare micritico grigio scuro, giallastro in alterazione. Nella parte basale sono presenti anche livelli paraconglomeratici, con clasti delle unità sottostanti. Verso l'alto si ha un graduale aumento di marne, calcari marnosi e calcilutiti grigio scure o nerastre, in strati decimetrici vagamente nodulosi, con tipica alterazione ocrea. Superiormente i carbonati divengono progressivamente più significativi: la sequenza sommitale tipica è costituita da cicli argilliti/marne/calcari di spessore da 7 – 8 m sino a 30 m.

Lo spessore dell'Argillite di Riva di Solto nel territorio comunale non è ben valutabile a causa delle deformazioni gravitative, plicative e tettoniche, ma dovrebbe aggirarsi intorno ai 400 m. Il suo limite stratigrafico superiore è transizionale con il Calcare di Zu.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da solchi bacinali relativamente poco profondi, con elevato tasso di sedimentazione e fondali in prevalenza anossici. Le variazioni stratigrafiche della formazione evidenziano comunque un graduale passaggio ad ambienti di baia subtidale a sedimentazione mista argilloso –

carbonatica.

Per quanto concerne la collocazione strutturale, nell'area in esame fa parte del "Parautoctono".

CALCARE DI ZU (RETICO)

Le litofacies del Calcare di Zu formano i rilievi della dorsale I Canti – Zucco di Pralongone – Costa di Pralongone che delimita a sud – ovest il territorio comunale, fungendo da spartiacque con la Valle Imagna e la Val Brembilla.

La formazione è costituita da alternanze, spesso cicliche, di calcari, marne e argilliti di colore da grigio a grigio scuro. Sia nella parte centrale che alla sommità le facies calcaree sono nettamente predominanti su quelle pelitico – marnose. Il suo spessore è di circa 500 m, mentre il suo limite stratigrafico superiore, abbastanza netto (scomparsa della stratificazione), è con la Formazione dell'Albenza.

L'ambiente deposizionale del Calcare di Zu era rappresentato da una vasta rampa carbonatica subtidale, entro cui si avevano dapprima ciclicità di ordine diverso, poi un episodio a prevalente sedimentazione carbonatica con scarsi o nulli apporti argillosi, una successiva ripresa degli apporti terrigeni fini ed infine una ripresa della sedimentazione prettamente carbonatica.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fa parte del "Parautoctono".

FORMAZIONE DELL'ALBENZA (HETTANGIANO)

Affiora in maniera limitata lungo la cresta spartiacque I Canti – Zucco di Pralongone.

Nota in passato come "Dolomia a Conchodon", la formazione è costituita da calcari grigio – chiari, in banchi metrici rinsaldati o privi di stratificazione. Ha uno spessore di circa 80 m e superiormente passa, con limite abbastanza netto, al Calcare di Sedrina.

Il suo ambiente deposizionale era rappresentato da un'estesa piattaforma carbonatica.

Da un punto di vista strutturale, nell'area in esame fa parte del "Parautoctono".

CALCARE DI SEDRINA (HETTANGIANO)

Compare esclusivamente alla sommità de I Canti.

L'unità è costituita da calcari grigi o grigio scuri, in strati da 10 cm ad 1 m, con spruzzature o noduli di selce. Nel territorio comunale, vista l'esiguità degli affioramenti, ha uno spessore non valutabile.

Da un punto di vista deposizionale rappresenta un'evoluzione della piattaforma della Formazione dell'Albenza, entro cui si differenziavano comparti con maggiore approfondimento.

Strutturalmente nell'area in esame si colloca nel "Parautoctono".

3.1.2.2 Depositi neogenico – quaternari

FORMAZIONE DI PIAZZA D'ALBEN (PLEISTOCENE MEDIO)

Si tratta di una nuova unità istituita nell'ambito del Progetto CARG, definita unicamente per il bacino idrografico della val Taleggio, che raggruppa depositi di versante e di frana cementati. In Tavola 01 è stata mantenuta la sua suddivisione originaria in tre "membri" (*di Taleggio, del Rifugio Gherardi e di Cantoldo*) che identificano unicamente la diversa distribuzione stratigrafica/spaziale di tali facies. Nella "Carta Geologica della Provincia di Bergamo", invece, i depositi di tale unità sono stati cartografati in parte come "Complesso del Pizzo Menna", in parte come "Complesso del Culmine" e come "Unità di Taleggio" e per gran parte della loro estensione come Calcare di Esino, vale a dire come substrato roccioso.

I conglomerati e le brecce di versante della "Formazione di Piazza d'Alben" sono ampiamente diffusi sul territorio comunale. Quelli riferiti al "membro di Cantoldo" ammantano per un lungo tratto la parte bassa del versante destro della Valle Salzana. Quelli attribuiti al "membro del Rifugio Gherardi" oltre a ricoprire una vasta area del pianoro dell'Alben, ammantano i pendii nell'intorno dei canali Scanagallo e Scanabecco, a monte di Grasso, presso Cacorviglio e nella parte meridionale di Sottochiesa, inoltre formano la "Rocca" di Pizzino e ricoprono il crinale che da questa degrada verso sud – est. Quelli riferiti al "membro di Taleggio" ricoprono il costone di Olda tra Belvedere e S.Bartolomeo.

L'unità è costituita da conglomerati e brecce sia a supporto clastico che, in minor misura, a supporto di matrice arenacea o argillosa. I clasti sono estremamente eterometrici (dal centimetro a diversi metri o decine di metri), sono sia arrotondati che a spigoli vivi (a seconda dei settori) e possono essere costituiti sia esclusivamente da Calcare di Esino, oppure anche da una discreta percentuale di Calcare di Buchenstein, Calcare di Angolo, Dolomia Principale ed Argillite di Riva di Solto. La cementazione varia da buona a ottima e solo localmente può essere scarsa. Localmente è presente una stratificazione in bancate spesse fino a quattro metri che evidenziano corpi lenticolari massivi. Alcune bancate mostrano intercalazioni di livelli argillosi spessi fino a 10 cm e, localmente, con una continuità laterale di parecchi metri. Alla base di alcuni di questi livelli è presente un intervallo di conglomerato decalcificato e parzialmente alterato che fa transizione al conglomerato integro oppure con ciottoli alterati all'interno e sani in superficie. Le bancate sono spesso interessate da carsificazione più o meno spinta.

L'unità poggia con superficie di erosione sul substrato roccioso, mentre superiormente o è coperta dai depositi del "Gruppo di Prato Grande" o del "Sintema del Po", oppure il suo coincide con la superficie topografica attuale.

GRUPPO DEL CULMINE (PLEISTOCENE MEDIO)

È un'unità litostratigrafica che raggruppa depositi la cui sedimentazione è avvenuta in tempi differenti e in modo indifferenziato su tutto il territorio e non solo nel bacino idrografico della val Taleggio. In particolare raggruppa depositi cementati, concordanti con il versante a monte, ma non a valle, o lateralmente, dove sono troncati da superfici di erosione (scarpate o pareti). Nel territorio comu-

nale sono presenti lungo il versante destro del torrente Enna, nella zona sottostante gli abitati di Olda e Costa d'Olda.

Si tratta di depositi alluvionali costituiti prevalentemente da conglomerati grossolani, al limite tra il supporto clastico e quello di matrice, con ciottoli poligenici di dimensione 5 – 8 cm, ben arrotondati, con abbondante matrice arenacea. Sono presenti anche ghiaie fini, ben selezionate, con scarsa matrice e buona cementazione, e livelli sabbiosi poco cementati.

TRAVERTINO D'OLDA (PLEISTOCENE MEDIO – OLOCENE)

Anche questa unità è stata istituita per la prima volta nell'ambito del progetto CARG per il bacino idrografico del torrente Enna. Affiora nella parte bassa del versante sinistro della val Taleggio, a sud – est di Olda, lungo la vecchia carrozzabile, dove il travertino ricopre interamente il versante da quota 620 m s.l.m. sino all'alveo del torrente Enna.

L'unità è costituita esclusivamente da travertini, per la maggior parte laminati, a scarsa porosità e con morfologia superficiale a mammelloni (travertino stromatolitico). Sono presenti anche livelli più porosi (travertino fitoermale). Le lamine di accrescimento sono grossomodo parallele al pendio e l'intero corpo si presenta come una placca irregolare dello spessore di circa 5 – 6 m, con un'estensione di circa un ettaro, la cui porzione orientale è in erosione, mentre quella orientale è in accrescimento.

Una datazione U/Th effettuata su un campione prelevato in superficie ha dato come risultato 40,6 (+ 4,6; – 4,3) ka BP, corrispondente allo stadio isotopico 3 (Pleistocene superiore). Tale data non rappresenta però l'età dell'intero deposito, che da un lato è più antico e dall'altro è ancora attivo.

GRUPPO DELLA VALLE DEI TETTI: CONGLOMERATO DI QUINDICINA (PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE)

Il *Gruppo della Valle dei Tetti*, di nuova istituzione nell'ambito del progetto CARG e non definito in base ad un singolo bacino idrografico, raggruppa depositi di versante cementati concordanti con il versante sia a monte sia a valle. Nel territorio di Taleggio è rappresentata unicamente dal *Conglomerato di Quindicina*, i cui depositi sono abbastanza diffusi ma soltanto lungo le pendici sudoccidentali ed orientali del Corno del Bruco ed a monte di Piazza Mora hanno estensione cartografabile. Nella *"Carta Geologica della Provincia di Bergamo"*, invece, tali depositi sono stati cartografati come *"Complesso del Culmine"*.

Si tratta di conglomerati costituiti da clasti spigolosi di provenienza locale, con dimensioni da centimetriche a decimetriche, non alterati. Hanno matrice scarsa o assente e cementazione non omogenea, ma a bande spesse qualche decimetro, tra le quali il deposito è incoerente o solo parzialmente cementato. Sono caratterizzati da una pseudostratificazione concorde ai versanti.

GRUPPO DI PRATO GRANDE (PLEISTOCENE MEDIO – SUPERIORE)

Come il precedente non è definito in base al bacino di appartenenza e raggruppa falde di detrito, talora molto spesse, accumuli localizzati alla base di canali o

singoli corpi di frana con superficie convessa, contropendenza a monte e nicchia di distacco. Generalmente tali depositi sono alterati ed incisi dai corsi d'acqua. In Tavola 01 per il *Gruppo di Prato Grande* è stata mantenuta la suddivisione nelle seguenti unità definite nel progetto CARG:

- ◆ *Depositi di versante e di frana non cementati ed alterati*: sono stati cartografati su gran parte del pendio su cui sorge Sottochiesa, lungo il versante di Asturi da monte dell'abitato sino al fondovalle del torrente Enna, ed alla testata della Val Bona, nell'intorno della Forcella di Bura.

Sono costituiti da diamicton a ciottoli e blocchi da spigolosi a ben arrotondati, con supporto clastico e di matrice. Questa è limosa o arenacea, sempre molto abbondante.

- ◆ *Formazione di Col d'Olda*: ricopre la sommità del costone che da Costa d'Olda si estende verso est in direzione dei Serrati.

Si tratta di un deposito di versante costituito da clasti e blocchi immersi in una matrice argillosa rossastra (diamicton massivo a supporto di matrice). Gli elementi lapidei derivano dalle Argilliti di Riva di Solto, dal Calcare di Esino e dal Calcare di Angolo.

- ◆ *Unità di Foppa Lunga*: ricopre porzioni, anche molto estese, dei versanti e dei ripiani dei due piastroni principali del *Klippe del Bruco* (Corno del Bruco – Alben e Cantoldo – Saltarino), ma ammantata anche porzioni di pendio in argilliti poste a quote inferiori, come ad esempio a nord di Capo Foppa.

È costituita da un diamicton massivo a supporto di matrice, con clasti alterati, da spigolosi a subarrotondati. I clasti sono immersi in una matrice limosa – sabbiosa – argillosa molto abbondante. È interpretata come un paleosuolo con forti apporti loessici e, in genere, mobilizzato lungo i pendii da fenomeni di soliflusso e di colata.

- ◆ *Unità di Roncalli*: è diffusa nel settore meridionale del territorio comunale, lungo le porzioni del versante destro del torrente Enna con substrato costituito dalle Argilliti di Riva di Solto.

Si tratta di depositi di versante costituiti da diamicton massivi a supporto di matrice argilloso – limosa di colore scuro. Immersi nella matrice sono presenti abbondanti scagliette marnose di dimensioni millimetriche. I clasti sono costituiti da calcari e calcari marnosi scuri.

- ◆ *Unità del Fraggio*: ricopre interamente il versante sinistro della Valle Salzana da Fraggio sino a Bonetto, mentre sul versante opposto ammantata le pendici del Corno Zuccone. Ricopre i versanti settentrionali de I Canti e dello Zucco di Pralongone e forma plaghe minori in Valle della Madonna, lungo i pendii dell'Alben ed in Valle Asinina.

Comprende depositi di frana costituiti da diamicton massivo a supporto di matrice, meno frequentemente di clasti con clasti spigolosi, molto eterometrici.

Nella "Carta Geologica della Provincia di Bergamo", invece, i depositi di tale unità

sono stati cartografati in vario modo: "Complesso del Pizzo Menna", "Complesso del Culmine", "Unità di Taleggio", "Unità di Fuipiano" e depositi di versante del "Sintema del Po".

SINTEMA DEL PO (PLEISTOCENE SUPERIORE – OLOCENE)

È un'unità di recente istituzione che raggruppa tutti i depositi, indipendentemente dall'agente deposizionale, formatisi posteriormente all'ultimo evento glaciale pleistocenico. In Tavola 01 è stata suddivisa in:

- ◆ *Depositi lacustri e di torbiera:* sono presenti unicamente in alcune piccole depressioni dei ripiani dell'Alben. Sono costituiti da limi, sabbie fini con sottili livelli torbosi.
- ◆ *Depositi alluvionali:* sono presenti con una certa continuità e spessore soltanto lungo l'alveo del torrente Enna ma, a tratti, sono stati cartografati anche nelle valli Salzana, Asinina e Bona. Sono costituiti da ghiaie con ciottoli e blocchi eterometrici, sia arrotondati che a spigoli vivi, raramente a supporto di matrice sabbiosa.
- ◆ *Depositi di frana:* sono abbastanza diffusi nel territorio comunale, ed in particolare in Valle Asinina, in quella di Salzana ed in Valbona. Sono costituiti da diamicton massivi, a supporto sia clastico, sia di matrice sabbiosa, limoso – sabbiosa o limoso – argillosa. I clasti sono spigolosi e di origine strettamente locale e, talora, hanno dimensioni metriche o plurimetriche.
- ◆ *Depositi di versante:* sono ampiamente diffusi su tutto il territorio comunale, dove costituiscono falde detritiche di estensione variabile. Sono costituiti da ciottoli e blocchi spigolosi a supporto sia clastico che di matrice, spesso organizzati in corpi clinostratificati. La matrice, ove presente, è prevalentemente sabbioso – siltosa.
- ◆ *Depositi di conoide e di debris flow:* sono diffusi in Valle Asinina e nelle sue diramazioni di testata, in particolare quelle che scendono dalla Bocchetta di Regadur e dall'Aralalta. Si tratta di depositi in genere caotici (diamicton massivi a supporto di matrice, con clasti spigolosi), con chiare evidenze di prevalenza di fenomeni di trasporto in massa, più che da correnti trattive.

3.2 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

3.2.1 Inquadramento geomorfologico

L'attuale configurazione morfologia del territorio in esame è il risultato della combinazione di fattori strutturali, dell'azione modellatrice di diversi agenti morfogenetici e delle condizioni climatiche.

La litologia, l'assetto strutturale e la tettonica hanno sensibilmente condizionato e guidato il modellamento operato dagli agenti esogeni. Questi ultimi, nel tempo hanno dato luogo a molteplici processi morfogenetici, alcuni dei quali hanno lasciato poche forme attualmente ancora riconoscibili. La loro azione è stata inoltre notevolmente influenzata dalle condizioni climatiche (temperatura, precipitazioni), le cui variazioni hanno favorito alcuni tipi di processi rispetto ad altri.

FORME LITOLOGICO – STRUTTURALI

La configurazione morfologica a grande scala è una diretta conseguenza del particolare assetto strutturale delle unità che costituiscono il substrato roccioso, e delle sue caratteristiche litologiche. Queste, infatti, hanno notevolmente influenzato l'azione degli agenti geomorfici, vista la presenza di litotipi aventi caratteristiche geomeccaniche alquanto differenti e quindi più o meno erodibili. Inoltre, la presenza di zone tettonizzate, e quindi notevolmente fratturate, e di discontinuità (fratture e faglie) notevolmente persistenti, ha favorito i fenomeni erosivi ed ha condizionato l'andamento dei corsi d'acqua.

In base alle caratteristiche litologico – strutturali il territorio comunale si può suddividere in settori che presentano una certa omogeneità morfologica.

Le aree più dirupate e ruiniformi, con torrioni, pinnacoli, pareti rocciose subverticali e versanti molto ripidi incisi da profondi canali, sono quelle con substrato roccioso costituito prevalentemente dalle litofacies carbonatiche – dolomitiche, massive o in bancate, della Dolomia Principale. Tali aree si collocano lungo l'intero bordo orientale del territorio comunale, formato da una dorsale montuosa che si sviluppa per circa 8 km, dal monte Venturosa a nord sino al monte Sornadello a sud, ed è interrotta unicamente dalla profonda forra del torrente Enna. Lungo il suo decorso tale dorsale mantiene un crinale spartiacque abbastanza stretto ad eccezione che sul monte Cancervo, dove si sviluppa un altopiano carsico di notevole estensione.

Le dorsali montuose che delimitano il territorio comunale sia a nord (dal Passo di Baciamenti sino ai Piani di Artavaggio) che a sud (dalla Forcella di Bura a I Canti) sono costituite prevalentemente da litofacies carbonatiche stratificate e, pur essendo caratterizzate da versanti ad acclività elevata, presentano una morfologia molto meno aspra, con tratti dirupati di limitata estensione o che si alternano, in funzione dei cambi litologici, a tratti con morfologia più dolce.

La porzione di territorio racchiusa dalle tre dorsali citate è invece caratterizzata da litofacies argillitico – marnose sulle quali poggiano tettonicamente grandi piastroni di rocce carbonatiche. Ove è presente l'Argillite di Riva di Solto si osservano forme blande con abbondante copertura vegetale a causa della facile alterazione superficiale dei litotipi, che danno luogo a suoli profondi. In tali zone i versanti presentano una morfologia generalmente disordinata, con dossi, vallette, scarpate, contropendenze e terrazzi, ciò anche per la marcata propensione ai dissesti, sia superficiali che profondi (questi ultimi per deformazione plastica gravitativa). Nelle zone con substrato argillitico – marnoso le forme più dirupate si riscontrano in corrispondenza dei fondivalle dei corsi d'acqua principali (torrente Enna e torrente Salzana) che, a causa del loro recente e rapido approfondimento, a tratti scorrono in piccole forre, e laddove sono presenti spessi corpi di depositi cementati neogenico – quaternari che, ai bordi, possono essere delimitati da pareti subverticali (es. il piastrone che ricopre il dosso tra San Bartolomeo e Costa d'Olda).

A causa dei fenomeni gravitativi, l'originaria morfologia dei corpi carbonatici alloc-toni è stata sensibilmente modificata. Il grande piastrone del Corno del Bruco –

Piani d'Alben, sebbene variamente dislocato, in particolare nella porzione sudorientale, mantiene ancora una certa unitarietà e spicca morfologicamente rispetto alle aree circostanti con substrato argillitico – marnoso. Presenta, infatti, versanti più omogenei ed acclivi, sebbene con forme nel complesso decisamente meno aspre rispetto a quelle che di solito dà luogo il Calcare di Esino, ed un altopiano carsico sommitale molto articolato. Il più piccolo piastrone di Cantoldo – Saltarino, invece, a causa delle dislocazioni gravitative non si differenzia particolarmente dalle aree circostanti. Presenta, infatti, una morfologia a gradoni, con ripiani e conche separate da scarpate decisamente acclivi o da dossi arrotondati. Infine, la porzione del *klippe* del Corno Zuccone che ricade nel territorio comunale, sia per il fatto che è costituito da litofacies della Dolomia Principale, sia perché i fenomeni gravitativi ne hanno accentuato le asperità, risalta morfologicamente rispetto ai sottostanti pendii in argillite di Riva di Solto.

Per quanto riguarda l'influenza dell'assetto litologico – strutturale sul reticolo idrografico, è da evidenziare l'allineamento Valle Asinina – Val Bona (circa 7 km), entrambe disposte N – S ma con andamento opposto, che segue la direzione della stratificazione delle litofacies del Gruppo dell'Aralalta (Dolomie Zonate e Calcari di Zorzino). Le valli Grialeggio e Torno, entrambe con un andamento molto rettilineo, sono impostate su discontinuità tettoniche notevolmente persistenti. La Valle dello Zucco, i canali Scanabecco e Scanagallo, l'alta Valle Salzana ed il ramo di Valle Asinina che scende dalla Bocchetta di Regadur, invece, si sono impostate lungo i bordi dei piastroni carbonatici alloctoni.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI

La gravità è uno degli agenti morfogenetici che più ha contribuito all'evoluzione morfologica del territorio in esame, come evidenziato dalla presenza di importanti fenomeni di DGPV (deformazioni gravitative profonde di versante). Con tale termine si identificano complessi movimenti gravitativi che coinvolgono i versanti dal crinale sino al fondovalle e tendono a portare in situazione di equilibrio pendii che, per cause diverse, in equilibrio non sono.

Sono catalogati tra i movimenti franosi in quanto comportano un meccanismo di spostamento verso il "basso" di una porzione di pendio a seguito dell'azione della gravità, ma rispetto a questi si differenziano per l'estensione areale (sino a diversi chilometri quadrati), per lo spessore dei volumi rocciosi coinvolti (da diverse decine a centinaia di metri) e per la velocità relativamente lenta con cui avviene il movimento della massa rocciosa (generalmente dell'ordine dei mm/anno).

Le aree coinvolte in questi fenomeni sono spesso caratterizzate da marcate evidenze morfologiche quali trincee, scarpate, controscarpate e doppie o triple creste nei settori superiori del versante, contropendenze nella parte intermedia, rigonfiamenti, piegamenti e disarticolazione delle masse rocciose fortemente fratturate al piede. A tali forme spesso si sovrappongono quelle legate a fenomeni di instabilità secondari, sempre connessi al disequilibrio del versante, sviluppati a tutte le scale (grandi frane per crollo o per scivolamento rotazionale, toppling di lame rocciose disarticolate, debris flow, ecc.). Questi fenomeni secondari sono generalmente i più pericolosi, anche se coinvolgono solo porzioni limitate degli

ammassi interessati dalle DGPV, e sono ubicati in corrispondenza del limite esterno dei singoli corpi che costituiscono le DGPV.

Tra le cause predisponenti i fenomeni gravitativi profondi vi sono fattori litostratigrafici (debolezza intrinseca della roccia a causa delle caratteristiche tessiturali o coesive), morfologici (lunghezza del versante, acclività, gradiente), strutturali (presenza di faglie o di sistemi di fratture molto pervasivi) e legati alla storia geologica recente (deglaciazione veloce, glacioteonica, sismicità, erosione e approfondimento del livello di base vallivo).

Nel territorio di Taleggio le cause innescanti le DGPV sono da ricercare nel particolare assetto geologico – strutturale, dato dalla presenza di litotipi dalle scadenti caratteristiche geomeccaniche quali quelli dell'Argillite di Riva di Solto, sui quali sono sovrascorse rigide masse di piattaforma carbonatica, ed il recente e rapido approfondimento del livello di base dell'erosione (approfondimento dei corsi d'acqua), che sembrerebbe essere dell'ordine di 60 – 80 m a partire dal Pleistocene inferiore (CROSTA *et al.*, 1999).

Tale approfondimento si è però concluso nel Pleistocene superiore o, comunque, si è evoluto successivamente in modo molto più modesto; sono infatti presenti depositi travertinosi sul fondo valle del torrente Enna datati 40,6 (+ 4,6; – 4,3) ka BP.

Secondo i dati del Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani), nel territorio comunale ricade interamente la DGPV del "klippe del Bruco" ed è compresa anche una piccola porzione di quella del Corno Zuccone. In entrambi i casi si tratta di DGPV che coinvolgono sia il substrato argillitico – marnoso delle porzioni medio – basse dei versanti, sia i sovrastanti piastroni carbonatici alloctoni.

Quella del Corno del Bruco si configura come un vasto espandimento laterale, in quanto i fenomeni gravitativi interessano su tre lati il piastrone alloctono di Calcare di Esino che sostiene anche i ripiani d'Alben. Tale deformazione è evidenziata da trincee in roccia notevolmente persistenti (ripiani d'Alben), contropendenze e controscarpate che evidenziano l'andamento delle numerose superfici di scivolamento, dislocazioni con notevoli ribassamenti di ampie porzioni del piastrone carbonatico (zona tra Grasso e Capo Foppa) e grandi nicchie di paleofrana (versante destro della Valle Asinina e sinistro della Valle Salzana).

La DGPV del Corno Zuccone, invece, ha un movimento principale di ribassamento verso il fondo valle del torrente Enna, evidenziato da trincee, controscarpate e grandi fratture alla sommità del rilievo e lungo il suo versante settentrionale (oltre che da altre strutture e forme ben documentate nel territorio comunale di Vedeseta) ed è interessata da espansioni laterali secondari verso quello del torrente Salzana, nel tratto compreso tra la confluenza con la Valle dello Zucco e San Bartolomeo.

A tale deformazione è da ricondurre il movimento gravitativo che interessa il versante sinistro della valle che scende dalla zona tra San Bartolomeo e Reggetto e che funge da confine con il comune di Vedeseta. Il dissesto di tale versante, che comprende anche la zona del cimitero di Oida, si configura, infatti, come un "ri-

chiamo" laterale a seguito del movimento del corpo principale della DGPV del Corno Zuccone.

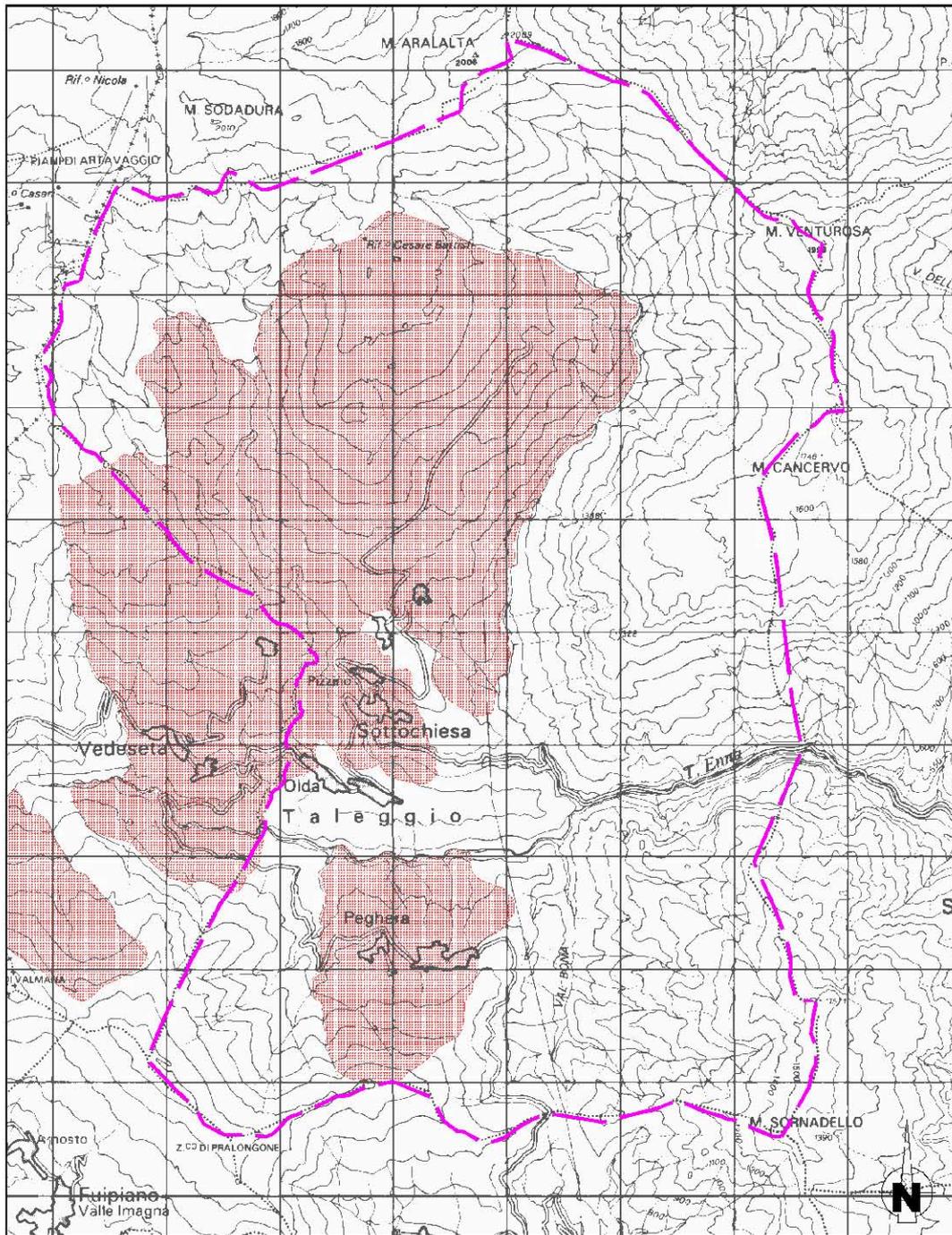


Figura 10: Sintesi delle aree soggette a DGPV presenti in ambito comunale.

Altre deformazioni gravitative profonde di versante non riportate nell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani, o riportate come paleofrane e non come DGPV, interessano anche le seguenti zone:

- ◆ gran parte del versante sinistro della valle del torrente Enna a monte della confluenza con la Val Bona, compresi i ripiani dove sorgono gli abitati di Peggara e Asturi;

- ◆ il pendio ed i ripiani su cui si sviluppa l'abitato di Sottochiesa;
- ◆ il versante destro della Valle del torrente Salzana tra San Bartolomeo e Costa d'Olda;
- ◆ il versante destro della Valle Asinina a sud della valle che si origina presso Pizzino (anche in questo caso il dissesto gravitativo si configura come un "ri-chiamo" laterale della più ampia DGPV del "*klippe del Bruco*");
- ◆ il piastrone carbonatico di Cantoldo – Saltarino.

Altri fenomeni tipici legati alla gravità sono le frane, particolarmente diffuse sul territorio comunale, molte delle quali sono un'ulteriore manifestazione superficiale delle DGPV. Grandi paleofrane, infatti, hanno interessato i versanti delle zone precedentemente citate, in particolare lungo i versanti destro della valle Asinina e sinistro del torrente Salzana. Altre grandi paleofrane non riconducibili a movimenti profondi di versante hanno interessato il versante sinistro della Val Bona.

Tra i dissesti recenti, tuttora attivi o quiescenti, quelli di maggiori dimensioni si localizzano lungo la Valle Salzana (Bonetto, Cantoldo, tratto sottostante l'oratorio di Salzana) e le sue tributarie (valle dello Zucco, canali Scanabecco e Scanagallo), in Valle Asinina (tra Piazza Mora e Giopparia, ed alla testata del ramo che scende dalla Bocchetta di Regadur), lungo il versante destro del torrente Enna (a valle di Asturi). Comunque la quasi totalità delle incisioni vallive che solcano i versanti interessati dalle DGPV sono tuttora caratterizzate da dissesti più o meno accentuati, così come le zone con substrato roccioso argillitico – marnoso, laddove l'acclività è elevata, sono interessate da movimenti di soliflusso e locali scivolamenti della coltre superficiale.

FORME E PROCESSI LEGATI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

Anche l'azione legata alla dinamica fluviale e torrentizia rappresenta un importante elemento dell'attuale configurazione morfologica del territorio. I principali corsi d'acqua scorrono in valli profondamente incise nel substrato roccioso e, come già riportato, vi sono evidenze che il loro approfondimento sia stato molto rapido e recente (60 – 80 m dal Pleistocene inferiore ad oggi). Il profilo trasversale delle valli è di forma molto variabile ma spesso è asimmetrico a causa sia delle diverse caratteristiche litologiche, geomeccaniche e strutturali dei litotipi presenti, sia per le condizioni di stabilità dei versanti soprastanti. Tra le forme più caratteristiche vi è la forra che il torrente Enna ha inciso tra i rilievi dolomitici del monte Cancervo e del Pizzo Grande, che rappresenta un vero e proprio canyon a fondo molto stretto.

Attualmente la tendenza all'approfondimento dei corsi d'acqua principali (torrenti Enna, Salzana, Asinina, Bona) è limitata ai tratti più a monte, mentre quella dei corsi d'acqua minori, anche se a carattere unicamente temporaneo o stagionale, è ancora molto accentuata. Oltre all'erosione di fondo, lungo la maggior parte degli incisi sono diffusi i fenomeni di erosione spondale, anche per lunghi tratti, come ad esempio lungo la Valle dello Zucco, la Valle Salzana nella zona tra Bonetto e Cantoldo, il canale Scanagallo.

La presenza di dissesti diffusi lungo il loro corso determina un notevole trasporto

solido da parte dei corsi d'acqua, che porta al sovralluvionamento degli alvei, in particolare nei tratti meno acclivi. Il materiale accumulato in alveo viene inevitabilmente rimobilizzato a seguito di successivi eventi alluvionali e può dar luogo a fenomeni di *debris torrent*, la cui capacità erosiva porta ad un ulteriore degrado delle sponde. Inoltre, alcuni incisi costituiscono un percorso preferenziale per le colate detritiche (*debris flow*) che possono innescarsi laddove vi sono spesse coltri di depositi sciolti e/o ampie aree in erosione accelerata o interessate da dissesti diffusi, come lungo le diramazioni di testata della Valle Asinina, la Valle dello Zucco, i canali Scanabecco e Scanagallo. L'elevato trasporto solido dei corsi d'acqua può creare problemi laddove vi sono opere di tombatura e/o attraversamenti stradali.

Tra le forme di deposito si osservano i terrazzi alluvionali, generalmente di dimensioni molto limitate, tranne alcuni presenti lungo il corso del torrente Enna e le conoidi. Queste ultime, tuttavia, per le caratteristiche dei materiali che le costituiscono, mostrano una genesi mista, prevalentemente per trasporto in massa e, in minor misura, gravitativa, alluvionale e per dilavamento. Attualmente vi sono alcune conoidi lungo il corso della Valle Asinina che potrebbero essere ancora interessate da esondazioni o espansioni di colate detritiche.

FORME E PROCESSI CARSIICI

Il carsismo interessa tutti i litotipi carbonatici affioranti nel territorio in esame, ma trova le sue massime espressioni superficiali sul monte Cancervo, dove sono presenti sia macroforme di notevoli dimensioni, che microforme molto caratteristiche. Tra le macroforme predominano le doline, alcune con diametri superiori a 100 m, la cui tipologia è molto varia (di crollo, di corrosione, da incrocio di crepacci). Sempre per quanto riguarda le macroforme, notevole sviluppo hanno i crepacci, sia ad imbuto che a trincea ("*bogaz*"), che possono superare i 15 m di profondità e che in alcune zone danno luogo a vere e proprie "città di roccia". Tra le microforme sono diffuse varie tipologie di "*karren*" che, localmente, formano piccoli "*campi solcati*", e, in minor misura, scannellature e vaschette.

Le stesse forme sono presenti anche sul monte Venturosa, lungo la dorsale Pizzo – Grande – monte Sornadello e sui rilievi costituiti dal "*klippe del Bruco*", sia nella porzione sommitale costituita dal Corno del Bruco ed i ripiani dell'Alben, sia nella zona di Cantoldo – Saltarino, sia in corrispondenza dei lembi ribassati presenti tra Grasso e Capo Foppa. Le manifestazioni carsiche del "*klippe del Bruco*" comunque, in molti casi sono enfatizzate dai fenomeni gravitativi profondi (alcune depressioni e fessure si sono ampliate a causa dei ribassamenti e dei movimenti di espansione della massa rocciosa). I fenomeni carsici interessano localmente anche i depositi di versante cementati, dove tuttavia danno luogo a cavità di ridotte dimensioni. Pseudo – doline caratterizzano anche la morfologia dei versanti argillitico – marnosi interessati da DGPV, ma si tratta di forme legate prevalentemente alla disarticolazione degli ammassi rocciosi.

FORME DI ORIGINE ANTROPICA

L'azione antropica ha localmente contribuito a modificare l'originaria morfologia, in particolare nelle zone urbanizzate. In tali zone, infatti, gli interventi che si sono

susseguiti nel corso del tempo hanno portato in generale ad un livellamento della topografia iniziale. La maggior parte delle zone interessate da tali interventi sono deducibili dalla carta topografica di base (su di essa, infatti, sono rappresentate strade, edifici, ecc.). Altre modifiche non sono direttamente ricavabili dalla carta topografica in quanto non discriminabili da forme simili di origine naturale, come ad esempio gli orli delle scarpate artificiali.

3.2.1.1 Ricerca storica su eventi alluvionali e fenomeni di dissesto

Al fine di definire compiutamente il quadro del dissesto presente in ambito comunale, si è realizzata una ricerca storica sugli eventi alluvionali del passato e sui fenomeni franosi verificatisi nel territorio di Taleggio consultando essenzialmente:

- ◆ un database contenente le segnalazioni ricavate dagli articoli riportati sui quotidiani della provincia, con dati a partire dal 1880 circa;
- ◆ una pubblicazione a cura del CNR dal titolo *La degradazione del suolo nel bacino dell'Enna* (1962)
- ◆ uno studio effettuato dall'ex genio Civile dal titolo *Studio geologico sulla stabilità dei versanti delle zone di Branzi, Valbondione, Peghera, Gerosa, San Pellegrino Terme, Foresto Sparso e Gandosso* (1972);
- ◆ l'archivio del comune di San Giovanni Bianco, con dati relativi anche ai Comuni confinanti;
- ◆ dati forniti dallo STER di Bergamo relativi alle richieste di intervento ricevute a seguito di dissesti idrogeologici;
- ◆ elenco opere in territorio comunale di Taleggio presenti sul database ODS.

Relativamente alla ricerca effettuata sui quotidiani della provincia, si riportano nella tabella seguente le segnalazioni che possono aver attinenza con il territorio in esame.

Data	Località	Tipologia	Danni	Note
1889 (22/03)	Val Taleggio	Frana	Danni alla strada	
1891 (11/10)	Val Taleggio	Frana	Danni alla strada	
1903 (12/05)	Val Taleggio	Frana	Danni alla strada	
1914 (08/07)	Val Brembana e Val Taleggio	Evento alluvionale		Fiumi Brembo e Serio e numerosi torrenti in piena
1915 (15/02)	Val Brembana	Valanga	Danni a strade e baite	Valle di Fondra, Foppolo, Branzi, Mezzoldo, Val Taleggio
1926 (13/08)	Val Taleggio	Evento alluvionale	Danni ai ponti	
1928 (01/11)	Tra San Giovanni Bianco e San Pellegrino	Frana	Danni alla ferrovia	Danni a ponti e strade in Val Taleggio
1936 (02/01)	Val Taleggio	Frana	Danni alla strada ed al ponte Foppacalda	

1954 (11/06)	Val Taleggio	Evento alluvionale	Invasi dalle acque alcune centrali	Notevole quantità di detriti trasportati
1954 (16/09)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale	Frane, allagamenti e ponti crollati	
1956 (18/04)	Val Taleggio (Chiesa Vecchia)	Frana	Danni alla strada	
1959 (24/08)	Val Taleggio	Frana	Danni alla strada provinciale	Segnalate due frane
1963 (06/03)	Val Taleggio	Frana		Interrotte le comunicazioni
1963 (03/08)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale	Frane, straripamenti e case distrutte	Inondazione con interruzione di strade e ferrovie
1969 (14/11)	Valli Bergamasche	Evento alluvionale		Molti fiumi in piena
1969 (15/11)	Valli Bergamasche	Frane		Segnalati numerosi piccoli distacchi
1971 (02/08)	Val Taleggio	Frana		Segnalati due morti
1979 (22/08)	Val Taleggio	Frana	Strada interrotta	Per liberare il torrente dal grosso masso che lo ostruiva è stato utilizzato l'esplosivo.

Relativamente alla pubblicazione a cura del CNR dal titolo *La degradazione del suolo nel bacino dell'Enna* (1962) si riportano nella tabella seguente le segnalazioni che hanno attinenza con il territorio in esame.

Data	Località	Tipologia	Danni	Note
?	Baita Bruciata	Frana		
?	Piano Basso	Frana		
1923 (05/12)	Peghera	Frana	Perdite umane conseguenti alla distruzione degli immobili	La massa franosa è scivolata fino al letto del torrente
1960 (fine ottobre)	Valle Asinina Retaggio	Frana	Danni alla mulattiera Grasso-Valle Asinina	
1960 (29/10)	Valle Asinina Grasso	Frana	Danni alle case dell'abitato di Grasso	Sono segnalati altri smottamenti minori successivi a quello principale lungo il pendio compreso tra Pizzino e Grasso (località Prato Cajola, Prato Lungo, Piazza Carcoviglio)

Relativamente allo studio dell'ex Genio Civile *Studio geologico sulla stabilità dei versanti delle zone di Branzi, Valbondione, Peghera, Gerosa, San Pellegrino Terme, Foresto Sparso e Gandosso* si riporta nella tabella seguente l'unica segnalazione relativa al territorio in esame.

Data	Località	Tipologia	Danni	Note
?	A ovest di Valle del Sfrino	Frana	Non sono segnalati	Sono presenti due piccole frane parzialmente sovrapposte con nicchie di distacco adiacenti. Lunghezza massima del dissesto 250 metri, larghezza 60 metri.

I dati raccolti presso l'archivio del comune di San Giovanni Bianco che interessano anche Taleggio sono riportati nella tabella seguente.

Data	Tipologia e località	Descrizione	Note e citazioni
------	----------------------	-------------	------------------

1954 (10/06)	Evento di piena del Torrente Enna	Danni lungo il fondovalle	"...verso le ore 17 del giorno 10/06 un'ondata di acqua prodotta da un temporale e da una frana che ha ostruito il Torrente Enna" Distruzione di alcuni tratti della strada della Val Taleggio da Roncaglia a Sottochiesa; gravi danni alla centrale Serrati.
1987 (18/07)	Evento alluvionale	Danni ingenti su tutto il territorio	Danni all'impianto Enel di Serrati (intasamento opera di presa e franamento lungo il canale derivatore)
1987 (24/08)	Evento alluvionale	Danni ingenti su tutto il territorio	Esondazione del Fiume Brembo tra lo sbarramento Enel e la confluenza con il Torrente Enna.

Relativamente ai dati forniti dallo STER di Bergamo, si riportano nella tabella seguente le segnalazioni relative al territorio comunale di Taleggio.

Data	Località	Tipologia	Danni	Intervento proposto
1992	Pizzino	Frana	Danni strada	Ricostruzione tratto corpo stradale franato
1992	Oneta	Frana		Demolizione masso pericolante e costruzione vallo paramassi
1994	Pizzino	Frana	Danni strada	Sgombero materiale franato, ripristino opere drenanti, ricostruzione tratti muri su strada
1994	Olda	Frana		Captazione acque falda a causa movimento franoso
1995		Frana		Bonifica frana a monte bacino acquedotto e formazione scogliera sponda dx Torrente Salzana
1996	Campitiniglio	Frana		Sistemazione movimento franoso
1999		Frana		
1999		Frana		
2000	Cà Corviglio	Frana		Consolidamento movimento franoso
2000	Pizzino-Sottochiesa	Frana	Smottamento sede stradale	Ripristino strada per acquedotto
2000	Cà Corviglio-Grasso-Pizzino	Frana	Cedimento muro di sostegno	Risanamento del muro
2000	Pizzino-Sottochiesa	Frana	Smottamento sede stradale	Ripristino strada per acquedotto
18/07/2002	Carale frazione Peghera	Frana	Frana con coinvolgimento della S.P. 24 e dell'abitazione al civ. 166	
29/11/2002	Fraz. Olda	Frana	Smottamento di grosse dimensioni con conseguente sgombero abitazioni ai civici nn. 69-97 e 105	Costruzione barriera paramassi
29/11/2002	Fraz. Sottochiesa	Frana	Smottamento su strada comunale	
02/12/2002	Peghera	Frana	Smottamento di terra e alberi	
03/01/2003	Olda	Frana	Caduta massi	
02/12/2003	Lancher - fraz. Olda	Frana	Distacchi di grossi massi a monte dell'abitato in fraz. Olda	
17/08/2004	Fornace	Frana	Cedimenti in edificio proprietà Sig.ra Cornago Libera	
21/12/2004	S.P. 25 - Valle Bordesigli	Frana	Frana di circa 200 m ³ con occlusione alveo Torrente Enna	
11/04/2006	Corna di Pizzino	Frana	Pericolo caduta massi su strada comunale	
08/06/2006	Canvento	Frana	Movimento franoso nei pressi di abitato in frazione Sottochiesa	

30/12/2006	Campì	Frana	Caduta massi	
03/01/2007	Pizzino	Frana	Rischio caduta massi	
19/04/2007	Corna di Pizzino	Frana	Ulteriore peggioramento per presenza grossi massi sopra mulattiera comunale	
12/06/2007	Corna di Pizzino	Frana	Ulteriore peggioramento caduta massi su strada	Bonifica parete rocciosa e stesura reti in aderenza
16/07/2007	Mistirola - Costa d'Olda	Frana	Caduta massi	
14/07/2008	Luchino	Frana	Cedimento strada comunale in frazione Sottochiesa, località Luchino	Ricostruzione strada con solettone in ca, raccolta acque e consolidamento versante
14/07/2008	Corna di Pizzino e Capo Foppa	Frana	Danni a viabilità comunale	
28/10/2008	Campì	Frana	Caduta massi	
05/11/2008	Pizzino	Frana	Cedimento sede stradale che collega la frazione	Ricostruzione muro di sostegno strada comunale

Relativamente al database ODS, si riportano nella tabella seguente le segnalazioni relative al territorio comunale di Taleggio.

Località	Tipologia	Annotazioni
Ponte del Becco	tombotto	
Ponte del Becco	rete	
Ponte del Becco	rete	
Ponte del Becco	galleria paramassi	
Ponte del Becco	tombotto	
Ponte del Becco	tombinatura	
Ponte del Becco	tombotto	
Ponte del Becco	tombotto	
Prato Rosso- Col d' Olda	gabbionata	Da progetto non si hanno informazioni aggiuntive.
Prato Rosso- Col d' Olda	gabbionata	Da progetto non si hanno informazioni aggiuntive.
Quindicina	muro in cemento armato	Serie di canalette in acciaio di scolo delle acque meteoriche disposte trasversalmente alla strada.
Olda- loc. Cornale	rivestimento antierosivo biodegradabile	Stabilizzazione delle scarpate attraverso posa di geostuoie.
Ponte del	rete	

Becco		
Baita Piazza Alberi	muro in cemento armato	Serie di canalette in acciaio di scolo delle acque meteoriche.
Baite Scandolera-loc.Bonetto	muro in cemento armato	Serie di canalette in acciaio disposte trasversalmente alla strada per scolo delle acque meteoriche. A monte della strada, opere di bioingegneria, con posa di geostuoie, per consolidamento scarpata, che assieme alle opere di drenaggio, stabilizzano il versante.
Corno del Bruco-loc. Bonetto	muro in cemento armato	Serie di canalette in acciaio disposte trasversalmente alla strada per scolo delle acque meteoriche. A monte della strada, opere di bioingegneria, con posa di geostuoie, per consolidamento scarpata, che assieme alle opere di drenaggio, stabilizzano il versante.
Prato Rosso- Col d' Olda	ponte	Ponte ad arco. Fori drenanti nelle spalle del ponte.
Prato Rosso- Col d' Olda	gabbionata	Da progetto non si hanno informazioni aggiuntive.
Sottochiesa	scogliera	
Sottochiesa	muratura	Opera preesistente al progetto Dgr5408/2001/1-Taleggio
Sottochiesa	muratura	Opera preesistente, demolita e ricostruita
Gioparia	gabbionata	
Gioparia	trincea drenante	Pannello drenante in Gabbiodren con tubi ramificati
Gioparia	gabbionata	
Gioparia	gabbionata	
Gioparia	gabbionata	
Gioparia	scoronamento	
Baghina	muro in cemento armato	
Baghina	gabbionata	Gabbionata rinverditata
Mistirolo	canaletta	
SP 24	rete	Rete romboidale zincata tipo pesante con tiranti e cavi intrecciati
SP 24	muratura	Opera preesistente. Muro in pietra intonacato
SP 24	canaletta	Opera preesistente
SP 24	rete	Rete romboidale zincata tipo pesante con tiranti e cavi intrecciati
SP 24	muro in cemento armato	
SP 24	rete	Rete romboidale zincata tipo pesante con tiranti e cavi intrecciati
SP 24	rete	Rete romboidale zincata tipo pesante con tiranti e cavi intrecciati
SP 24	rete	Rete romboidale zincata tipo pesante con tiranti e cavi intrecciati

3.2.2 Lineamenti geomorfologici

In Tavola 02 realizzata in scala 1:10.000 sono riportati gli elementi che permettono di identificare le principali forme presenti sul territorio ed i processi che le hanno determinate e che tuttora agiscono, determinandone l'evoluzione. Le informazioni rappresentate sono state ricavate sia attraverso rilievi diretti sul terreno, sia con l'utilizzo di tecniche fotointerpretative. Per rendere la carta sufficientemente leggibile sono stati privilegiati gli elementi che maggiormente mettono in luce la dinamica geomorfologica del territorio, operando una scelta tra quelli definiti dal medesimo processo geomorfico. Ad esempio non è stata riportata la forma degli impluvi laddove presente un solco di ruscellamento concentrato o un alveo con elevato trasporto solido.

Per il quadro particolareggiato della situazione relativa alle aree urbanizzate e ad un loro significativo intorno, si rimanda alle Tavola 04_{A,B,D,E} che, essendo state redatte alla scala 1:2.000, riporta anche tutte le forme non rappresentabili nella carta d'inquadramento.

Di seguito si riporta una breve descrizione degli elementi cartografati.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI (SIMBOLOGIA AREALE)

- ◆ *Zona interessata da deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV):* le aree interessate da DGPV sono più ampie di quelle riportate nella cartografia sia del progetto CARG, sia dell'Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani in quanto sono state integrate con quelle rilevate direttamente sul terreno o individuate con fotointerpretazione. Nell'individuazione delle aree soggette a DGPV si sono considerate esclusivamente quelle porzioni che, sulla base di osservazioni di campo o da foto aerea, presentano una significativa traslazione; si sono escluse pertanto quelle aree che, pur presentando elementi incipienti di detensionamento del versante (es. trincee di dimensioni significative), non mostrano evidenze di movimenti significativi.
- ◆ *Parete o area potenzialmente interessata da distacco massi:* sono state segnalate le zone sia dove si è potuto verificare con osservazioni dirette la possibilità di distacco di massi, sia dove è noto che tali fenomeni si sono già verificati, sia dove l'assetto strutturale e l'acclività sono tali da poter potenzialmente determinare tali fenomeni. È opportuno precisare che nel territorio in esame vi sono ampie pareti scoscese (es. forra del torrente Enna) che possono essere soggette a tale tipo di dissesto e lungo le quali si possono fornire unicamente osservazioni a grande distanza.
- ◆ *Falda detritica attiva, macereto o area d'alta quota denudata e non stabilizzata:* sono aree non vegetate, ricoperte da falde detritiche sia attive (tuttora alimentate dai settori sovrastanti), sia inattive ma non ancora stabilizzate a causa di fenomeni di dilavamento. Sono localizzate prevalentemente lungo i canali che si originano nella zona della Bocchetta di Regadur e che costituiscono le testate della Val Salzana e delle diramazioni occidentali della Valle Asinina.
- ◆ *Falda detritica parzialmente stabilizzata:* si tratta di aree prive di copertura

vegetale o con vegetazione molto rada che solo localmente possono essere interessate da modesti fenomeni di dilavamento o instabilizzazione. Sono localizzate al piede del ripido versante occidentale del Corno del Bruco e presso la sommità del versante destro della Valle Asinina, a monte di Giopparia.

- ◆ *Corpo o accumulo di frana attivo:* con tale simbologia sono state cartografate le aree interessate dai principali fenomeni franosi attivi (sia le zone di nicchia che quelle di accumulo). I dissesti più estesi riguardano entrambe le sponde della Valle dello Zucco, da 1300 a circa 1450 m s.l.m. di quota, e la sponda destra del canale Scanagallo a valle della confluenza con quello di Scanabecco. Altre aree in frana attiva riguardano la scarpata posta in destra idrografica al torrente Salzana, di fronte a Bonetto, il versante destro della Valle Asinina tra Piazza Mora e Giopparia, il versante destro del torrente Enna a valle di Asturi, ed il versante occidentale dei Canti, presso Piano Basso.
- ◆ *Corpo o accumulo di frana quiescente:* le principali aree interessate da fenomeni franosi non stabilizzati e potenzialmente riattivabili sono tutte concentrate nel bacino idrografico del torrente Salzana, sia lungo l'asta principale (in particolare nella zona di Bonetto e in quella sottostante Fraggio, sia lungo le sue diramazioni e tributarie (Valle dello Zucco, canali Scanagallo e Scanabecco).
- ◆ *Corpo o accumulo di frana stabilizzato:* con tale simbologia sono state cartografate sia paleofrane riconducibili ad un assetto morfologico sensibilmente diverso dall'attuale (riconoscibili per la posizione dell'accumulo non in equilibrio con la topografia attuale), sia frane più recenti e del tutto stabilizzate. L'accumulo di maggiori dimensioni è ubicato al piede del versante occidentale del Corno del Bruco ed è riferibile ad una paleofrana innescatasi a seguito della DGPV che interessa il rilievo. Altre frane legate all'evoluzione delle DGPV sono presenti lungo la sponda destra della Valle Asinina, sul versante nord-orientale del Corno Zuccone, sul versante che da S. Bartolomeo scende sino al fondovalle del torrente Salzana e sul versante soprastante la località Corvi. Una paleofrana in roccia dolomitica è presente lungo il versante sinistro della Valle Asinina, mentre grandi accumuli di litofacies argillitico – marnoso – calcaree ricoprono il pendio tra i canali Scanabecco e Scanagallo, ed il versante destro della Val Bona, tra le Baite e la Forcella di Bura.
- ◆ *Area interessata da dissesti diffusi della coltre superficiale:* si tratta di zone in dissesto, interessate da fenomeni erosivi o di dilavamento della coltre eluviale o detritico – eluviale. Prevalentemente sono localizzate a quote elevate quali la testata della Valle dello Zucco ed i versanti meridionali della dorsale che dal Monte Sodadura giunge sino al Pizzo di Baciarmorti.
- ◆ *Accumulo di debris flow non stabilizzato:* sono stati cartografati gli accumuli di colata detritica ancora ben riconoscibili (presenza di argini, lobi e solchi), non vegetati e soggetti a fenomeni di dilavamento. I principali colmano completamente gli alvei delle diramazioni occidentali della Valle Asinina, mentre un piccolo accumulo è presente sui ripiani d'Alben, in prossimità dell'ex – rifugio Cesare Battisti.

FORME E PROCESSI GRAVITATIVI (SIMBOLOGIA LINEARE O PUNTUALE)

- ◆ *Area interessata da soliflusso generalizzato*: si tratta di zone interessate da un movimento lento della coltre più superficiale (suolo), evidenziato prevalentemente dall'inclinazione degli alberi o dall'incurvatura basale dei fusti. Non essendo possibile definirne nel dettaglio l'estensione, sono identificate con un singolo simbolo puntuale.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana attiva*: con tale simbologia sono state cartografate sia le nicchie di frana vere e proprie (queste bordano i corpi di frana attivi cartografati con la simbologia areale), sia gli orli di scarpata derivati da processi erosivi diffusi (sempre legati principalmente all'azione della gravità) e generalmente più gradualità.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana quiescente*: ha lo stesso significato della simbologia precedentemente descritta, ma si riferisce a dissesti non attivatisi recentemente ma non ancora stabilizzati.
- ◆ *Orlo di scarpata di degradazione e/o di frana inattiva*: identifica le nicchie inattive di dissesti ormai completamente stabilizzati, sia quelli con accumulo ancora ben riconoscibile (cartografato perciò con la simbologia areale), sia quelli dove l'accumulo non è morfologicamente o tessituralmente discriminabile da altri depositi o è stato eroso o rimaneggiato da ulteriori fenomeni gravitativi.
- ◆ *Canale con scarico di detrito*: indica un canale sul versante settentrionale del monte Venturosa (fuori dal confine comunale ma sovrastante un pendio in esso compreso) lungo i quali si convoglia preferenzialmente il detrito distaccatosi per gravità, crioclastismo o per dilavamento.
- ◆ *Fenomeno franoso non cartografabile*: si è ricorso a tale simbologia per cartografare tutte le frane (di crollo, di scivolamento, di colamento) aventi estensione areale limitata e quindi non cartografabili con precisione alla scala della carta. Tali dissesti interessano sia il substrato roccioso che, in maggior misura, le coperture.
- ◆ *Nicchia di deformazione gravitativa profonda di versante*: tale simbologia evidenzia l'andamento delle principali nicchie di collasso gravitativo dei versanti, evidenziate dall'allineamento di scarpate, controscarpate, depressioni, valleciole ed impluvi non originatisi per erosione torrentizia.
- ◆ *Trincea di deformazione gravitativa profonda di versante*: il simbolo identifica le trincee in roccia presenti alla sommità del *klippe del Bruco* (tra il Corno del Bruco ed i ripiani d'Alben) e sul versante settentrionale del Corno Zuccone, zone entrambe interessate da DGPV.

FORME E PROCESSI LEGATI ALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE SUPERFICIALI

- ◆ *Valle a fondo inciso*: tale simbologia è stata utilizzata per evidenziare l'andamento di tutti i corsi d'acqua, a carattere sia permanente, sia temporaneo o stagionale, con alveo ben definito e con una generale tendenza all'approfondimento.

- ◆ *Alveo o solco con elevato trasporto solido*: indica le porzioni di canali o alvei occupati da detrito o sovralluvionati, dove il materiale presente può essere preso in carico e trasportato dall'acqua in occasione di eventi meteorici rilevanti.
- ◆ *Solco di ruscellamento concentrato*: tale simbologia è stata utilizzata per evidenziare tutte le incisioni minori create dall'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale, sia quelle che mostrano ancora evidenze di circolazione idrica temporanea in occasione di forti precipitazioni, sia quelle relitte.
- ◆ *Vallecola a fondo arrotondato*: tale simbologia è stata utilizzata unicamente per i principali impluvi dalla tipica forma trasversale a conca ed attualmente privi di un corso d'acqua vero e proprio.
- ◆ *Orlo di scarpata di erosione torrentizia attiva*: per motivi di scala (e quindi di leggibilità della carta) tale simbologia è stata utilizzata unicamente per un breve tratto del torrente Enna.
- ◆ *Orlo di scarpata di erosione torrentizia quiescente*: come la precedente anche tale simbologia è stata utilizzata per brevi tratti del torrente Enna.
- ◆ *Orlo di scarpata di erosione torrentizia inattiva*: tale simbologia è stata utilizzata lungo il corso dei torrenti Enna, Salzana e Asinina per evidenziare il ciglio dei terrazzi fluviali e l'orlo delle principali scarpate derivanti dai processi di approfondimento dei corsi d'acqua. Sui corsi d'acqua minori tale simbologia è stata omessa per motivi di leggibilità della carta, anche se, dove compare il simbolo di alveo con tendenza all'approfondimento o solco di ruscellamento concentrato, è in generale presente una scarpata di erosione più o meno accentuata.
- ◆ *Conoide attiva*: con tale simbologia sono stati indicati gli accumuli di materiali detritici che presentano una tipica forma a ventaglio. Si tratta di materiali di origine prevalentemente mista, con apporti derivati da fenomeni di trasporto di massa, gravitativi, di dilavamento e, in minor misura, valanghivi. Sono localizzate lungo le diramazioni occidentali della Valle Asinina sui ripiani d'Alben, presso l'ex – rifugio Cesare Battisti.
- ◆ *Conoide quiescente*: si tratta di conoidi che non mostrano evidenze di esondazioni o trasporto in massa recenti, ma che per la presenza di dissesti o spesse coltri detritiche lungo i canali o gli impluvi a monte, potrebbero essere ancora soggette a tali fenomeni. Sono localizzate in Val Asinina, sia nel tratto sottostante il monte Cancervo, sia più a monte, dove l'asta principale presenta varie diramazioni.

FORME CARSIICHE

- ◆ *Dolina*: sono le più tipiche macroforme carsiche superficiali, si presentano come depressioni chiuse, di forma generalmente circolare od ellittica. Sono particolarmente diffuse sull'altopiano del monte Cancervo e sui ripiani d'Alben, ma si riscontrano anche sul piastrone carbonatico di Cantoldo – Saltarino. La simbologia non è stata utilizzata per depressioni simili (pseudo –

doline) presenti laddove il substrato è costituito dalle litofacies dell'Argillite di Riva di Solto, in quanto si tratta di forme prevalentemente originatesi a seguito della disarticolazione degli ammassi rocciosi per fenomeni gravitativi.

- ◆ *Crepaccio, inghiottitoio*: il simbolo è stato utilizzato per evidenziare sia fratture beanti che piccole cavità a sviluppo verticale diffuse sui pianori sommitali del *klippe del Bruco* (ripiani d'Alben). Alcune di esse potrebbero non avere un'origine unicamente carsica, ma potrebbero essersi formate a seguito dei fenomeni di espansione laterale che interessa il piastrone carbonatico.

PROCESSI CRIONIVALI

Per quanto riguarda tali aspetti si è fatto riferimento a quanto riportato sulla "*Carta di localizzazione probabile delle valanghe*" edita dalla Regione Lombardia nel 1992 ed al Sistema Informativo Regionale delle Valanghe (SIRVAL). Sia nell'elaborato che nella banca dati sono state riportate le aree relative a:

- ◆ *Valanghe individuate da rilievi sul terreno (sia come sito areale che come pericolo localizzato lungo impluvi o canali).*
- ◆ *Valanghe individuate da fotointerpretazione (sia come sito areale che come pericolo localizzato lungo impluvi o canali).*

Vale la pena precisare che l'individuazione e la perimetrazione dei fenomeni valanghivi è stata effettuata mediante fotointerpretazione su fotogrammi di un volo estivo del 1982 e con inchieste sul terreno eseguite prima del 1992. In alcuni casi si tratta di valanghe avvenute diversi decenni or sono e tramandate per via orale dai più anziani abitanti del luogo; all'epoca alcune zone di distacco erano adibite a pascolo o a sfalcio e, quindi, risultavano prive di vegetazione arborea. Attualmente, con l'avanzare del bosco, l'estensione di tali aree si è ridotta.

I siti valanghivi, che non comprendono aree edificate, sono localizzati prevalentemente sui versanti settentrionali (dorsale Monte Sodadura – Bocchetta di Regadur – Monte Aralata – Passo Baciamorti) ed orientali (dorsale monte Venturosa – monte Cancervo, forra del torrente Enna, e dorsale Pizzo Grande – monte Sornadello). Altre zone pericolose per il distacco di masse nevose sono individuate sui pendii orientale ed occidentale dei ripiani d'Alben e sul versante orientale de I Canti.

FORME ANTROPICHE

- ◆ *Scarpata artificiale*: si riferisce al ciglio di una vecchia cava posta lungo la strada provinciale che sale da San Giovanni Bianco, poco oltre il Ponte del Becco.

3.3 ELEMENTI IDROGEOLOGICI

In questa sezione sono raccolte le conoscenze relative all'idrografia superficiale ed alla circolazione idrica sotterranea disponibili per il territorio di Taleggio. Tali conoscenze potranno essere utilizzate per la caratterizzazione quantitativa e qualitativa e la difesa delle risorse idriche.

3.3.1 Acque superficiali

Il reticolo idrico superficiale del territorio comunale fa parte unicamente del bacino imbrifero del torrente Enna, tributario destro del Fiume Brembo. Il corso d'acqua principale, a carattere permanente e discreta portata, nasce e termina esternamente al territorio comunale, mentre i suoi tributari ne sono del tutto o per gran parte compresi.

L'affluente principale del torrente Enna, in sinistra idrografica, è quello originato dalla confluenza della Valle Asinina con la Valle della Madonna (denominazione del tratto inferiore della Valle Salzana).

La prima, pur avendo un notevole sviluppo lineare e lunghe diramazioni alla testata, soltanto nel tratto mediano – finale presenta un corso d'acqua a carattere permanente, alimentato da grosse sorgenti disposte su entrambi i lati della valle e, in maniera alquanto limitata, da alcuni tributari destri, che scendono dalla zona compresa tra Pizzino e Cà Corviglio. Da notare che la portata del Torrente Asinina nel tratto terminale è tale da essere sfruttata per scopi idroelettrici.

Anche la seconda, altrettanto sviluppata linearmente e con importanti diramazioni, non ha un corso d'acqua a carattere permanente per tutto il suo decorso. I numerosi canali e valloni di testata e molti dei suoi tributari, infatti, si attivano temporaneamente, a seguito di forti piogge o di precipitazioni prolungate, o durante il disgelo. Soltanto a valle di Bonetto, dove peraltro è presente un'importante sorgente, nell'alveo è presente una discreta quantità d'acqua per la maggior parte dell'anno.

In destra idrografica, invece, il tributario principale è quello della Val Bona, che riceve apporti cospicui ma temporanei dai numerosi canali – valloni che scendono dal versante occidentale della dorsale Pizzo Grande – monte Sornadello, e più limitati ma a carattere semi – permanente da quelli che solcano il versante opposto.

Gli altri tributari, tra i quali il principale è quello della Valle di Sfrino, hanno un regime permanente unicamente nei tratti terminali, a valle delle principali emergenze idriche, mentre nelle zone di testata si attivano solo a seguito di forti precipitazioni.

Tutti i corsi d'acqua minori, anche quelli asciutti per buona parte dell'anno, hanno una risposta rapida alle precipitazioni piovose intense. Tale comportamento è particolarmente accentuato per quelli che scorrono in zone con substrato argillitico – marnoso, dove gli incrementi di portata spesso sono pressoché immediati, mentre è più graduale per quelli che scorrono in zone a substrato carbonatico o sono alimentati dalle emergenze idriche di circuiti carsici molto profondi.

Problematiche di carattere idraulico comunque comprese entro gli alvei ed in un immediato loro intorno, si riscontrano su molti corsi d'acqua, non soltanto su quelli caratterizzati da elevato trasporto solido, e sono connesse sia alla loro marcata capacità erosiva, sia al fatto che scorrono in aree dissestate e/o interessate da DGPV. Il progredire dei dissesti spondali può compromettere la stabilità di ampie porzioni dei versanti soprastanti con il rischio che si creino occlusioni tem-

poranee lungo le aste torrentizie (fatto già verificatosi più volte nel bacino del torrente Enna, come ad esempio durante l'evento alluvionale del giugno 1954, quando il cedimento di sbarramenti creati da frane – farana avvenuta lungo il Rio Chignolo in comune di Vedeseta – causò la distruzione di alcuni lunghi tratti della strada per San Giovanni Bianco e gravi danni alla centrale idroelettrica Serrati).

Nel corso degli anni sono state eseguite importanti opere di regimazione dell'alveo del torrente Salzana nella zona di Bonetto, ed interventi più limitati lungo altri due corsi d'acqua minori (uno poco ad est di Asturi, l'altro a valle di Cà Corviglio). Tuttavia, le criticità sono tali da richiedere interventi più incisivi e difusi.

3.3.2 Acque sotterranee

Il territorio comunale di Taleggio comprende acquiferi carsici di notevole importanza, sviluppati sia entro le litofacies dolomitiche che formano le dorsali ad est, sia nei piastroni carbonatico – dolomitico alloctoni del *Klippe del Bruco* e del *Klippe del Corno Zuccone*.

Uno degli acquiferi principali è quello che si sviluppa entro il massiccio del monte Cancervo e che alimenta diverse sorgenti perenni disposte lungo la forra della val Taleggio e la Valle Asinina. Tra queste vi è la sorgente denominata "Ponte del Becco" (portata media dell'ordine di 40 l/s), captata per uso idropotabile dal Comune di San Giovanni Bianco, posta all'inizio della Valle Asinina. La particolarità di questa emergenza è che avviene da una grotta – sorgente posta in destra idrografica, ovvero sulla sponda opposta al versante del Cancervo, ma presenta anche un troppo pieno in sinistra, in detrito, attivo per lunghi periodi dell'anno. Lo stesso acquifero in Valle Asinina alimenta un'altra sorgente perenne posta circa 2 km più a monte della "Ponte del Becco": si tratta di un'emergenza in detrito che può superare i 60 – 80 l/s e che forma un breve corso d'acqua.

Le principali sorgenti alimentate dagli acquiferi sviluppati nelle masse alloctone, invece, hanno la particolarità che, a causa dello scompaginamento dovuto alle deformazioni gravitative profonde di versante, non sono disposte lungo i contatti tettonici con le sottostanti litofacies argillitico – marnose (a permeabilità molto bassa se non disturbate da fenomeni gravitativi), ma entro le stesse. Tra esse sono da menzionare le sorgenti del Foppone e quella del Mulino di Bragoleggia, ubicate sul versante sinistro della Valle Asina sono da menzionare e tutte con una portata di diverse decine di l/s, la sorgente San Carlo sul versante sinistro della Valle di Salzana e la sorgente Fraggio captata per alimentare la rete acquedottistica comunale, posta lungo la sponda destra del torrente Salzana di fronte a Bonetto.

Nella restante parte del territorio, sorgenti perenni di una certa entità (alcune delle quali in passato captate per uso idropotabile) sono prevalentemente localizzate su versanti interessati da DGPV (es. versante di Peghera e Asturi), mentre emergenze idriche perenni o semi – perenni ma con modeste portate si riscontrano in corrispondenza dei passaggi stratigrafici tra l'Argillite di Riva di Solto ed il Calcare di Zu.

3.3.2.1 Sorgenti asservite a sistemi acquedottistici

L'approvvigionamento della rete acquedottistica avviene con la captazione delle seguenti sorgenti:

ID	Denominazione Sorgente	Portata (l/s)	Ubicazione	Territorio Comunale
-	Cima l'Acqua*	27,0	presso loc. Reggetto	Vedeseta
01	Acqua Bona**	1,27	Valle di Sfrino	Taleggio
02	Piazza Alberi	(2,0)	Valle Asinina	Taleggio
03	San Carlo	(30,0)	Valle della Madonna	Taleggio
04	Ponte del Becco***	40,0	Valle Asinina	Taleggio
05	Fraggio	(6,0)	Valle della Madonna	Taleggio
06	Baita Bruciata	3,5	Valle Sfrino	Taleggio

Tabella 8: Identificazione delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici. Tra parentesi i dati di portata indicativi.

(*) Sorgente asservita anche al sistema acquedottistico di Vedeseta.

(**) Sorgente asservita anche al sistema acquedottistico di Gerosa.

(***) Sorgente asservita al sistema acquedottistico di San Giovanni Bianco.

Il dettaglio delle sorgenti è riportato in APPENDICE DUE.

3.3.2.2 Lineamenti idrogeologici ed idrografici

Nell'allegata Tavola 03 realizzata in scala 1:10.000, sono riportati gli elementi relativi alla rete idrografica, le principali sorgenti ed indicazioni di massima sulla permeabilità dei terreni di copertura e del substrato roccioso.

Nella legenda utilizzata sono riportati gli elementi di seguito brevemente descritti.

- ◆ Reticolo idrografico principale;
- ◆ Reticolo idrografico minore;
- ◆ Limite di bacino idrografico il cui dato è stato ricavato dalla banca dati della Regione Lombardia;
- ◆ Ubicazione ed identificativo delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici;
- ◆ Delimitazione dell'area di rispetto delle sorgenti asservite a sistemi acquedottistici (R = 200 m) ai sensi dell'articolo 94, comma 6 del d.lgs 152/2006 – d.lgs 258/2000 e smi. La porzione tratteggiata può essere esclusa a seguito di pronuncia dell'Autorità Competente riguardo la perimetrazione con criterio idrogeologico.
- ◆ Faglie/sovrascorrimenti: sono stati riportati i principali lineamenti tettonici in quanto possono rappresentare sia vie preferenziali di circolazione idrica sotterranea sia, più in generale, elementi di variazione della permeabilità del substrato in grado di deviare i flussi di circolazione idrica sotterranea.
- ◆ Aree paludose con ristagni d'acqua.

- ◆ Classi di permeabilità delle coperture e del substrato roccioso: per un esame di dettaglio delle classi impiegate, si veda nel seguito lo specifico paragrafo.

3.3.2.2.1 Classi di permeabilità delle unità cartografate

I depositi superficiali e le formazioni rocciose costituenti il substrato dell'area studiata sono stati suddivisi in classi di permeabilità, sulla base della seguente suddivisione (le sigle in maiuscolo sono riferite alle rocce, e quelle in minuscolo ai terreni):

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)
Molto bassa	$k < 10^{-8}$
Bassa	$10^{-8} < k < 10^{-6}$
Discreta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$
Elevata	$10^{-4} < k < 10^{-2}$
Molto elevata	$k > 10^{-2}$

Per quanto riguarda gli ammassi rocciosi la classe a permeabilità maggiore utilizzata è quella "Discreta", anche se riguarda litofacies che possono essere interessate da reticoli carsici entro i quali il tempo di percorrenza delle acque sotterranee può essere molto più rapido. Ciò poiché si è voluto considerare essenzialmente la permeabilità per fratturazione a grande scala degli ammassi rocciosi.

La suddivisione adottata per le formazioni rocciose che costituiscono il substrato è la seguente:

Classi di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Formazioni
Molto bassa	$k < 10^{-8}$	Argillite di Riva di Solto
Bassa	$10^{-8} < k < 10^{-6}$	Formazione di Bellano Formazione di Buchenstein Calcarea di Zorzino Dolomie Zonate Calcarea di Zu
Discreta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$	Calcarea di Angolo Calcarea di Esino Formazione di San Giovanni Bianco (evaporiti) Dolomia Principale Formazione dell'Albenza Calcarea di Sedrina

Relativamente ai depositi superficiali, la suddivisione adottata è più articolata rispetto a quella relativa alle rocce, in quanto per alcune tipologie di depositi car-

tografati con lo stesso significato sulla carta di inquadramento geologico – strutturale in scala 1:10.000, è stato necessario effettuare delle distinzioni in classi di permeabilità diverse, in funzione delle caratteristiche granulometriche effettivamente riscontrate durante il rilievo in sito, e connesse anche con l'età dei depositi stessi. La suddivisione adottata è la seguente:

Classe di permeabilità	Valori di permeabilità (k=m/s)	Tipologia dei depositi superficiali
Bassa	$k < 10^{-6}$	Depositi di versante e di frana non cementati ed alterati (Gr. Di Prato Grande) Paleosuoli anche rimobilizzati (Unità di Foppa Lunga del Gr. Di Prato Grande)
Discreta	$10^{-6} < k < 10^{-4}$	–
Elevata	$10^{-4} < k < 10^{-2}$	Depositi di versante (IN PARTE: Formazione di Col d'Olda)
Molto elevata	$k > 10^{-2}$	Conglomerati cementati (Formazione di Piazza d'Alben, Gr. del Culmine, Gr. della Valle dei Teti, Gr. di Prato Grande) Depositi di versante (IN PARTE: Sinterma del Po) Depositi di frana (Sinterma del Po) Depositi di conoide e di debris flow (Sinterma del Po) Depositi alluvionali (Sinterma del Po)

3.4 ELEMENTI GEOLITOLGICI, GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI DI DETTAGLIO

Considerando l'articolazione geologico – geomorfologica del territorio in esame e la distribuzione areale dei nuclei edificati, si è predisposta una fase di approfondimento ed integrazione dei dati raccolti durante la fase di inquadramento, in quanto le informazioni ricavabili dalla cartografia disponibile (carte geologiche del CARG e della Provincia di Bergamo, oltre che le informazioni disponibili sulla dinamica geomorfologica dell'area) non fornivano un dettaglio sufficiente per gli scopi del PGT. Tale approfondimento è stato eseguito attraverso un rilievo di dettaglio, effettuato in scala 1:2.000 (Tavola 4_{A,B,D,E}), al fine di evidenziare gli elementi e/o i processi vincolanti per uno sviluppo in sicurezza dell'edificato.

In seguito si riporta una descrizione delle litofacies del substrato roccioso, dei depositi di copertura e degli elementi geomorfologici ed idrogeologici identificati nell'analisi di dettaglio.

3.4.1 Substrato roccioso

CALCARE DI ANGOLO

A questa formazione sono state attribuite diverse litofacies, sempre ben stratifi-

cate, che affiorano in maniera discontinua alla base del "Klippe del Bruco": dal dosso a nord – est di Capo Foppa sino a Piazza Mora, a monte di Cacorviglio e Grasso e, in maniera molto limitata, lungo la strada che porta a Bonetto. Tali litofacies sono rappresentate da:

- ◆ calcari marnosi grigi o grigio – scuri, in strati spessi 10 – 30 cm a tratti nodulari o rinsaldati a formare banchi metrici, con sottili intercalazioni siltose ed argillitiche;
- ◆ calcari e calcari dolomitici grigi o grigio – scuri scuro, in strati planari di spessore da centimetrico a decimetrico;
- ◆ calcari siltoso – micacei grigio scuro – brunastri;
- ◆ siltiti e arenarie a cemento calcareo, grigie se fresche e marroncine in alterazione, ricche in muscovite.

È probabile che alcune di queste litofacies siano attribuibili ad altre formazioni anisiche, quali la Formazione di Bellano, il Calcarea di Camorelli e la Formazione di Prezzo, ma l'assenza di sezioni verticali sufficientemente estese, l'esigua estensione di molti affioramenti e le dislocazioni degli stessi a seguito di fenomeni gravitativi, non permette di effettuare ulteriori e più precise distinzioni.

Le rocce del Calcarea di Angolo poggiano per contatto tettonico (sovrascorrimento) sulle più recenti Argilliti di Riva di Solto.

CALCARE DI ESINO

Tale unità costituisce gran parte del "Klippe del Bruco", ed è rappresentata da varie litofacies di piattaforma carbonatica, sia massive che stratificate. Nell'area rilevata in dettaglio costituiscono il substrato roccioso delle pendici che, da Bonetto a Capo Foppa, salgono sino al Corno del Bruco ed ai ripiani d'Alben, inoltre formano i dossi isolati a monte di Cacorviglio, tra Marteruccio e S. Antonio, e tra Piazza Mora e Capo Foppa. La litofacies più diffusa è costituita da calcari grigio chiari, massivi o in bancate, a tratti intensamente fratturati e ricristallizzati. In minor misura compaiono calcari e calcari dolomitici di colore chiaro, in strati spessi 20 – 50 cm, breccie intraformazionali, calcareniti e calciruditi.

Nella zona indagata si osservano unicamente graduali passaggi stratigrafici con le sottostanti litofacies attribuite al Calcarea di Angolo, ma è probabile che, a causa di fenomeni di elisione tettonica, in alcune zone il Calcarea di Esino poggia direttamente (contatto tettonico) sull'Argillite di Riva di Solto, unità sulla quale è sovrascorso il "Klippe del Bruco".

DOLOMIA PRINCIPALE

Nell'area indagata in dettaglio le litofacies attribuibili a tale formazione sono state cartografate unicamente a nord di San Bartolomeo, dove formano un dosso isolato. Si tratta di un piccolo *klippe* ribassato da fenomeni gravitativi, riconducibile a quello ben più grande che costituisce il Corno Zuccone.

Tale lembo residuo è costituito da dolomie molto fratturate, a tratti con tessitura brecciata, che poggiano direttamente (contatto tettonico) sull'Argillite di Riva di

Solto, di età più recente.

ARGILLITE DI RIVA DI SOLTO

Tale unità costituisce il substrato roccioso di gran parte dell'area indagata in dettaglio ed in particolare delle zone dove sorgono i principali centri abitati. Essa costituisce l'orizzonte plastico su cui sono carreggiati i *klippen del Bruco e del Corno Zuccone*, e forma versanti con una spiccata propensione al dissesto, sia di tipo superficiale, per la presenza di una coltre di suolo argilloso ben sviluppata, sia di tipo profondo, a causa della deformazione plastica gravitativa.

Nel complesso è costituita da alternanze, spesso cicliche, di argilliti e marne di colore da grigio scuro a nero, con calcari marnosi e, verso l'alto, calcari. La porzione inferiore è costituita prevalentemente da argilliti e argilliti marnose nere fogliettate, con inglobati noduli decimetrici e metrici di calcare micritico grigio scuro, giallastro in alterazione. Verso l'alto aumentano gradualmente le intercalazioni di marne, calcari marnosi e calcilutiti grigio scure o nerastre, e nella porzione superiore i calcari divengono sempre più abbondanti.

BRECCE TETTONICHE

Litofacies brecciate connesse al sovrascorrimento del "*Klippe Bruco*" sulle Argilliti di Riva di Solto affiorano unicamente a nord di Quindicina, dove sono costituite prevalentemente da clasti spigolosi del Calcare di Angolo, immersi in una matrice calcareo – argillosa di colore variabile dal giallastro all'ocra.

3.4.2 Depositi neogenico – quaternari

Per quanto riguarda i depositi della copertura neogenico – quaternaria, sono state fatte le seguenti distinzioni, basate prevalentemente sulla genesi e, laddove possibile, sull'età relativa o sul grado di attività o stabilizzazione.

BRECCE DI VERSANTE O DI FRANA

Nell'area indagata in dettaglio sono ampiamente diffuse varie tipologie di brecce costituite unicamente o quasi esclusivamente da elementi calcarei o calcareo – dolomitici. Le principali differenze tra le diverse facies è data dalla pezzatura dei clasti (può essere a ciottoli con qualche blocco di medie dimensioni, come può essere prevalentemente a blocchi anche ciclopici), dal rapporto clasti/matrice (varia da assente ad abbondante) e dal grado di cementazione (si osservano depositi sia scarsamente cementati che ben cementati). In letteratura sono riportati vari tentativi di distinzione tra i vari di conglomerati, così come alcune ipotesi circa l'età dei diversi corpi sedimentari.

Durante il rilievo si è appurato che alcune di queste distinzioni non trovano alcun riscontro sul terreno, e che una ricostruzione dettagliata della situazione è resa problematica dalle dislocazioni gravitative che hanno interessato nel tempo i vari corpi conglomeratici. Per tale motivo si è scelto di non operare alcuna distinzione cartografica tra queste tipologie di deposito, ma di fornire comunque una descrizione dei corpi geologici di maggiori dimensioni.

Tra questi vi è quello che ricopre la dorsale di Olda tra Belvedere e S.Bartolomeo, che in letteratura viene distinto come "*Unità di Taleggio*", facente parte del

"*Complesso del Culmine*" (Carta Geologica della Provincia di Bergamo), o come "*Membro di Taleggio*" della "*Formazione di Piazza d'Alber*" (CARG), la cui deposizione può essere riferita al Pleistocene medio. Tale corpo è costituito da conglomerati a supporto clastico, con matrice arenacea e più raramente argillosa, e cementazione che varia da buona a ottima. I ciottoli sono eterometrici, con dimensioni variabili da 2 a 30 cm, e sono costituiti da litofacies carbonatiche riferibili prevalentemente al Calcarea di Esino e del Calcarea di Angolo, con subordinati elementi attribuibili ad altre formazioni, tra cui l'Argillite di Riva di Solto.

Un altro corpo molto vasto e spesso è quello che ricopre la dorsale che da Pizzino scende verso sud – est, fungendo da spartiacque tra la Valle Asinina e quella del torrente Salzana. In letteratura è attribuito all'"*Unità del Fraggio*", facente parte del "*Gruppo di Prato Grande*" di età Pleistocene medio – superiore (CARG). Si tratta di un conglomerato a supporto sia di matrice, sia clastico, con clasti spigolosi molto eterometrici, che possono raggiungere anche alcuni metri di diametro. Depositi simili, sempre attribuiti alla stessa unità (CARG) o all'"*Unità di Grasso*" del "*Complesso del Culmine*" (Carta Geologica della Provincia di Bergamo), ricoprono la zona a dossi posta a valle del centro storico di Sottochiesa, il pendio sovrastante la frazione di Grasso, il crinale sui cui sorge Cacorviglio e, in maniera discontinua, i pendii ed i ripiani che da Fraggio giungono sino a Bonetto.

Un grande corpo costituito da conglomerati a supporto clastico, con matrice anche scarsa o assente e blocchi che possono raggiungere dimensioni ciclopiche, è presente in destra idrografica del torrente Salzana, nella zona di fronte a Fraggio. Tale corpo in letteratura è attribuito al "*Complesso del Pizzo Menna*" (Carta Geologica della Provincia di Bergamo) o al "*Membro di Cantoldo*" della "*Formazione di Piazza d'Alber*" (CARG).

Altri corpi minori ricoprono in maniera discontinua le pendici del Corno del Bruco, la zona della chiesa di S. Antonio ed il versante di Piazza Mora.

CONGLOMERATI ALLUVIONALI

Sul pendio che da Olda scende verso il torrente Enna, ed in minor misura anche su quello opposto, che degrada verso il torrente Salzana, sono presenti conglomerati grossolani, al limite tra il supporto clastico e di matrice, con ciottoli anche ben arrotondati, di dimensione generalmente compresa tra 4 e 10 cm. La matrice è arenacea ed i ciottoli sono litologicamente eterogenei, essendo costituiti da varie facies carbonatiche e marnose.

Ai conglomerati si intercalano vere e proprie ghiaie ben cementate ma con scarsa matrice e, localmente, lenti sabbiose debolmente cementate. Tali materiali, di origine alluvionale, in letteratura sono riferiti al "*Gruppo del Culmine*" (CARG) o all'"*Unità di Costa d'Olda*" facente parte del "*Complesso del Culmine*" (Carta Geologica della Provincia di Bergamo), ed attribuiti dubitativamente al Pleistocene medio.

DEPOSITI DETRITICI ED ALLUVIONALI ANTICHI

Lungo il crinale che da Olda si estende verso est, in direzione dei Serrati, e su entrambi i versanti dello stesso, sono presenti depositi sciolti costituiti da ciottoli e

blocchi immersi in un'abbondante matrice argillosa bruno – rossastra. I ciottoli sono da subarrotondati ad arrotondati e poligenici (Argillite di Riva di Solto, Calcarea di Esino, Calcarea di Angolo). Parte di tali depositi ha una chiara origine alluvionale e potrebbe rappresentare la porzione non cementata dei conglomerati alluvionali precedentemente descritti, mentre parte sembra essere costituita da originari depositi detritici.

Lungo i versanti, a causa del rimaneggiamento gravitativo, entrambi i depositi sono frammisti e non è possibile discriminarli. La porzione di aspetto detritico posta lungo il crinale di Olda, in letteratura è attribuita alla "Formazione di Col d'Olda" facente parte del "Gruppo di Prato Grande" di età Pleistocene medio – superiore (CARG).

ACCUMULO DETRITICO O DI FRANA A GRANDI BLOCCHI

I depositi costituiti unicamente o prevalentemente da blocchi di grandi dimensioni sono abbastanza diffusi nell'area indagata in dettaglio. Tali accumuli derivano sia dallo scompaginamento gravitativo di ampie porzioni di versante costituite dal Calcarea di Esino o ricoperte dalle brecce di versante e di frana pleistoceniche, sia da vere e proprie frane di crollo, che in passato hanno interessato le stesse litofacies ed anche la Dolomia Principale.

Macereti di ampie dimensioni sono presenti lungo la parte bassa del versante sud – occidentale del Corno del Bruco, lungo la destra idrografica del torrente Salzana, a monte di Sottochiesa ed a nord – est di Grasso.

COLTRE DETRITICO – ELUVIALE DELLE AREE IN DGPV

Questa tipologia di depositi è stata utilizzata per evidenziare in parte le aree coinvolte in fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante (DGPV) caratterizzate da una copertura che, con le sole osservazioni di terreno, non permette di valutarne lo spessore o di definire la natura e le condizioni dei depositi o del substrato sottostante, se non per zone arealmente molto limitate.

Gran parte delle aree dove è stata utilizzata hanno un substrato roccioso costituito dalle litofacies dell'Argillite di Riva di Solto, facilmente alterabili e, quindi, già di per sé idonee allo sviluppo di una coltre eluviale di discreto spessore. Laddove il substrato argillitico è stato scompaginato o ha risentito maggiormente dei movimenti gravitativi, tale coltre può raggiungere spessori considerevoli, come ad esempio sui ripiani di Peghera e Asturi. Lungo le scarpate delle incisioni vallive che incidono tali ripiani si può osservare come, anche in brevi tratti, si passa da un substrato ricoperto da un suolo di modesto spessore (20 – 30 cm) ad una coltre di spessore plurimetrico, costituita da ciottoli e blocchi immersi in una matrice argillosa.

Inoltre, la coltre in questione può mascherare un substrato completamente disarticolato, la cui presenza è ipotizzabile unicamente sulla base di evidenze superficiali, quali una morfologia a dossi e depressioni o la presenza di pseudo – doline in substrato argillitico non carsificabile. Tale situazione è presente in molte zone del territorio indagato, ma è particolarmente evidente, oltre che sui pendii sovrastanti di Peghera, a monte di Sottochiesa, lungo il tratto iniziale della strada che

da Pizzino sale a Capo Foppa, presso Salzana e Fraggio.

In molte zone la coltre detritico – eluviale è associata agli accumuli detritici a grandi blocchi, anch'essi originati dallo scompaginamento gravitativo o da paleo-frane che hanno interessato le litofacies carbonatiche (Esino, Dolomia Principale) o le brecce pleistoceniche.

La coltre, comunque, è stata cartografata lungo l'andamento delle principali scarpate e nicchie di deformazione gravitativa, dove è presumibile che, a causa dei movimenti, il substrato si sia notevolmente fratturato e scompaginato e, nel caso di natura argillitica, sia più soggetto ad alterarsi.

DEPOSITI DI VERSANTE CEMENTATI

Tali depositi sono stati distinti dalle brecce e dai conglomerati precedentemente descritti in quanto, oltre ad essere più recenti, sono costituiti da clasti carbonatici prevalentemente centimetrici, spesso ben selezionati, hanno matrice scarsa, di colore ocraceo, o del tutto assente, grado di cementazione basso e si rinvencono in corpi clinostratificati di spessore abbastanza ridotto. Ricoprono in maniera discontinua i versanti del Corno del Bruco e dei ripiani d'Alben.

TRAVERTINO

I depositi di travertino sono presenti lungo diversi corsi d'acqua, ma l'unico che come dimensioni risulta cartografabile è posto a monte della vecchia carrozzabile che dai Serrati saliva ad Oida.

DEPOSITI DI VERSANTE

I depositi di versante sono stati suddivisi in funzione del grado di stabilizzazione (stabilizzati, parzialmente stabilizzati e non stabilizzati) sulla base della presenza o meno di un suolo vegetato, di movimenti superficiali lenti, di dilavamento per opera delle acque superficiali o altri fenomeni erosivi. I depositi derivanti dal degrado del substrato roccioso carbonatico (calcari, dolomie, brecce e conglomerati) sono costituiti prevalentemente da ghiaie e diamicton massivi, con clasti eterometrici, prevalentemente a spigoli vivi, e matrice variabile ma generalmente scarsa. Quest'ultima, invece, diviene preponderante nei depositi di versante derivanti dalle litofacies argillitico – marnose o dal rimaneggiamento di materiali detritico – alluvionali più antichi.

CORPO O ACCUMULO DI FRANA

I depositi di frana sono stati suddivisi in base al grado di attività del fenomeno (non attivo, quiescente, attivo) sulla base delle evidenze di terreno. Per quanto riguarda i fenomeni inattivi, sono stati individuati alcuni grandi accumuli di paleo-frana, che possono essere considerati una conseguenza delle ben più ampie deformazioni gravitative che interessano i versanti. Due di questi accumuli sono posti appena a monte di Sottochiesa e sono riferibili a distacchi che hanno interessato la dorsale su cui sorge Pizzino. Frane quiescenti ed attive sono particolarmente diffuse dove il substrato è di natura argillitica, ed in particolare lungo le scarpate delle incisioni torrentizie, sia quelle principali, sia lungo le loro tributarie.

Tra quelli da segnalare vi è una frana di scivolamento avvenuta recentemente

lungo la sponda destra del torrente Salzana, nella zona sottostante l'Oratorio di Salzana. Il materiale franato ingombra parzialmente l'alveo, mentre a monte della nicchia del distacco avvenuto è visibile un'ulteriore scarpata, che si sviluppa per circa 100 m e presenta ribassamenti di 1.5÷2 m. Se il fenomeno franoso evolvesse, si potrebbe verificare lo sbarramento del corso d'acqua.

Altri due dissesti degni di menzione interessano la strada che scende a Cacoriglio: entrambi sembrano quiescenti e su quello posto più a valle è già stato eseguito un intervento di consolidamento che, purtroppo, si è rilevato insufficiente.

DEPOSITI ALLUVIONALI

I depositi di natura alluvionale vera e propria sono presenti unicamente lungo i corsi dei torrente Enna e Salzana, dove peraltro sono frammisti a detriti provenienti dalle sponde e depositi di trasporto in massa. Sono stati distinti tra quelli attuali, lungo gli alvei, e quelli che formano brevi terrazzi o piccole pianie lungo le sponde. In alveo sono costituiti da ghiaie con ciottoli e blocchi eterometrici, sia arrotondati che a spigoli vivi, localmente a supporto di matrice sabbiosa. Lungo i terrazzi e le pianie presentano un suolo di spessore sottile, vegetato.

DEPOSITI DETRITICO – ALLUVIONALI LUNGO GLI ALVEI MINORI

Gli alvei dei corsi d'acqua minori sono per gran parte ingombri di blocchi e detriti di origine recente, dilavati o franati dalle sponde, oppure depositi in massa durante eventi di piena.

DEPOSITI DA TRASPORTO IN MASSA

Si tratta di depositi caotici, a struttura massiva, a supporto di matrice limoso – sabbiosa o limoso argillosa, con clasti eterometrici da spigolosi ad arrotondati. Formano corpi posti allo sbocco di incisioni vallive, che mostrano chiare evidenze (argini, solchi, lobi) di messa in posto per fenomeni di trasporto in massa (debris – flow o debris – torrent). Sono stati suddivisi tra stabilizzati e non stabilizzati in funzione della presenza o meno di suolo vegetato, di dilavamento o rimobilizzazione per opera delle acque correnti superficiali.

DEPOSITI COLLUVIALI

Tali depositi sono originati dal dilavamento, per opera delle acque meteoriche, di altri depositi di copertura (coltre eluviale, depositi di versante, depositi detritici ed alluvionali antichi, accumuli di frana). Sono presenti sia al piede di ripidi tratti di pendio, dove localmente danno luogo a forme simili a piccoli conoidi, o tappezzano il fondo di conche e depressioni di origine gravitativa. Sono costituiti da una matrice limoso – argillosa con immersi clasti lapidei di piccole dimensioni. Spesso sono frammisti a detrito di versante.

COLTRE ELUVIALE

La coltre prodotta dall'alterazione pedogenetica del substrato roccioso è costituita da argille e argille limose con sparsi clasti di piccole dimensioni. Le differenze che si notano in funzione della litofacies da cui derivano è data unicamente dal colore (più scuro quando il substrato è argillitico, tendente all'ocra dove deriva da litotipi carbonatici) e, in minor misura, dalle dimensioni e forma dei frammenti lapidei

(prevalenti scaglette nelle argilliti, ciottoli anche centimetrici nei carbonati). La coltre eluviale è stata cartografata anche in quelle aree interessate da DGPV dove presenta spessori ridotti e si riconosce che ricopre substrato o depositi cementati non disarticolati o scompaginati.

DEPOSITI ANTROPICI

Sono stati cartografati i principali riporti di origine antropica, la maggior parte dei quali è stata realizzata per consentire l'attraversamento stradale delle incisioni vallive minori. Si tratta di riporti costituiti prevalentemente da materiali di scavo eseguito in loco.

3.4.3 Elementi geomorfologici ed idrogeologici

Nell'allegata Tavola 04_{A,B,D,E} è corredata da una simbologia geomorfologica che evidenzia le forme ed i processi morfoevolutivi che hanno interessato e tuttora agiscono sul territorio.

FORME E PROCESSI DI VERSANTE DOVUTI ALLA GRAVITÀ

Per quanto riguarda le forme di denudazione sono stati riportati gli orli delle scarpate di degradazione/erosione e di frana, distinti in funzione del grado di attività o stabilizzazione, le zone interessate o potenzialmente soggette a distacco massi, le zone dissestate da movimenti superficiali lenti (soliflusso, creep) o da terrazzette da pascolo (rottura della cotica erbosa per opera degli animali da pascolo), inoltre, con apposita simbologia, sono stati indicati i punti interessati da dissesti di dimensioni non cartografabili alla scala di restituzione degli elaborati, anch'essi distinti tra attivi e quiescenti, i tratti stradali interessati da cedimento del ciglio ed un singolo caso di muro di sostegno notevolmente lesionato (tratto iniziale della strada che da Pizzino sale a Capo Foppa).

Le forme di accumulo dei processi considerati sono evidenziate dalla simbologia geologica precedentemente descritta (es. accumuli di frana).

Per quanto riguarda le forme connesse alle deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), sono state riportate tutte le principali nicchie riconoscibili sul terreno e con l'analisi fotointerpretativa, e le trincee in roccia che sono state individuate durante i rilievi in sito. Sempre relativamente alla simbologia connessa alle DGPV, è stato introdotto un sovrassegno per evidenziare la presenza di un substrato affiorante ma completamente disarticolato, utilizzato per due ammassi rocciosi del Calcare di Esino presenti sul versante sud – occidentale del Corno del Bruco.

Inoltre, sono state cartografate le principali depressioni e pseudo – doline create a seguito dei movimenti gravitativi.

FORME FLUVIALI, TORRENTIZIE E DI VERSANTE DOVUTE AL DILAVAMENTO

Le forme di erosione cartografate riguardano gli impluvi a fondo inciso (valli a V), quelli a fondo arrotondato (vallecole a conca), i solchi di ruscellamento concentrato (corsi d'acqua prevalentemente a carattere temporaneo o stagionale che spesso non scorrono lungo un impluvio morfologicamente definito), i canali di sondazione (alvei secondari di piena) e gli orli dei terrazzi fluviali, distinti tra sta-

bilizzati e non.

Le forme di accumulo dei processi considerati sono evidenziate dalla simbologia geologica precedentemente descritta (es. terrazzi e piane alluvionali).

ELEMENTI STRUTTURALI

La carta è corredata da un cospicuo numero di giaciture della stratificazione del substrato roccioso, che permettono di valutarne l'assetto. Per quanto riguarda la tettonica, è stato riportato l'andamento dei sovrascorrimenti unicamente dove ricostruibile in maniera sufficientemente attendibile. In particolare non si è voluto cartografare il sovrascorrimento del "*Klippe del Bruco*" tra la zona di Marteruccio – Grasso e quella di Bonetto, in quanto è sicuramente dislocato più volte dai movimenti gravitativi di versante e sul terreno non vi sono elementi sufficienti per ipotizzarne la posizione.

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

Sulla carta sono state riportate tutte le sorgenti individuate con i rilievi di terreno, distinte tra non captate, captate dalla rete acquedottistica comunale e oggetto di captazioni per uso privato (utilizzo per baite, abbeveratoi e fontane o captazioni acquedottistiche dismesse). Sono state altresì riportate con un sovrassegno le zone paludose o interessate da ristagni d'acqua.

ELEMENTI ANTROPICI

Gli elementi antropici cartografati riguardano prevalentemente interventi di sistemazione di dissesti o di regimazione dei corsi d'acqua. In particolare sono stati indicate opere di sostegno costituite da gabbionate e muri (ad eccezione dei numerosi muri di sostegno delle scarpate di monte e di valle delle strade), opere di regimazione costituite da briglie, argini ed alvei artificiali, canalette di drenaggio e tratti di corsi d'acqua intubati (ad eccezione di quelli sottostanti gli attraversamenti stradali).

3.5 PERICOLOSITÀ SISMICA

In questa sezione sono descritte le metodologie ed i risultati dello studio utile per definire la componente sismica per il PGT. Le metodologie applicate, per quanto possibile, sono conformi ai contenuti della DGR IX/2616/2011; in particolare si sono applicati il primo e secondo livello riguardanti la fase di pianificazione come definiti dalla DGR citata.

I risultati dell'analisi di primo livello sono stati sintetizzati in Tavola 05 che definisce gli scenari di Pericolosità Sismica Locale (PSL); in tale tavola sono delimitati i contesti geologico – morfologici che, in caso di sisma, possono sviluppare uno o più fenomeni favorevoli ad un incremento del risentimento sismico.

Nel caso di Taleggio, la tavola inerente l'analisi di primo livello presenta una situazione molto articolata, dominata da ambienti in cui sono presenti sostanzialmente tutte le situazioni di amplificazione del moto sismico identificate dalla DGR IX/2616/2011.

I risultati dell'analisi di secondo livello identificano, per areali omogenei, i fattori

d'amplificazione riferiti a due intervalli di periodi (0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,5 s); il fine delle analisi di II livello è verificare se i fattori di amplificazione specificati nelle norme nazionali sono adeguati alla specifica situazione geologica. Nel caso di Taleggio, l'analisi di secondo livello è basata su dati stratigrafici puntuali estesi arealmente sulla base delle informazioni stratigrafiche e geologiche precedentemente riportate.

In Tavola 05 si hanno inoltre altri areali omogenei per i quali la normativa prevede approfondimenti di III livello (approfondimenti in fase di progettazione) senza ulteriori valutazioni in fase di pianificazione.

3.5.1 Inquadramento tettonico

L'inquadramento geo – tettonico è stato desunto fondamentalmente dai seguenti studi:

- ◆ Enciclopedia del petrolio e del gas naturale (ENI, Roma 1962 – 1971)
- ◆ Rapporto per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Lombardia (ENEL, 1984)
- ◆ Piano di Emergenza Provinciale del Rischio Sismico (Provincia di Bergamo – Settore Viabilità e Protezione Civile, 2005)
- ◆ Structural Model of Italy (CNR, 1983)

3.5.1.1 Assetto tettonico

L'attuale assetto tettonico dell'area è determinato dai fenomeni orogenetici che hanno prodotto i suoi due principali confini strutturali: le Alpi Meridionali che la delimitano a Nord, l'Appennino Settentrionale che la delimitano a sud (Figura 11).

L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali deriva dalla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore. È all'interno di queste strutture tettoniche che si possono ricercare le sorgenti sismogenetiche, storicamente attive o potenziali, rilevanti per la pericolosità sismica della provincia di Bergamo.

Nel fronte strutturale Nord Appenninico, che si estende per più di 50 Km nella Pianura Padana inferiormente alla copertura Quaternaria, si identificano tre principali sistemi arcuati di sovrascorrimento, grossolanamente orientati E – W, partendo da occidente:

- A) Sistema di Pieghe Arcuate del Monferrato: è il più interno ed occidentale, esso segna l'ultima fase orogenetica tardo Pliocenica;
- B) Sistema di Pieghe Arcuate Emiliane: rappresentano il sistema centrale di sovrascorrimenti arcuati più prossimo all'Omoclinale Alpina e ampiamente collidente con il contrapposto, antico e sepolto, Fronte Sudalpino. L'ultima e più importante fase che ha interessato questo sistema arcuato si è attuata dal tardo Pliocene;
- C) Sistema di Pieghe Romagnole – Ferraresi: costituiscono il più orientale e complesso tra i sistemi di archi ed anche il più complesso tra i maggiori allinea-

menti della Pianura Padana. Le "Pieghe Romagnole", le strutture più interne dell'arco, sono caratterizzate da una disarmonia strutturale delle formazioni clastiche Terziarie rispetto alle formazioni carbonatiche Mesozoiche.

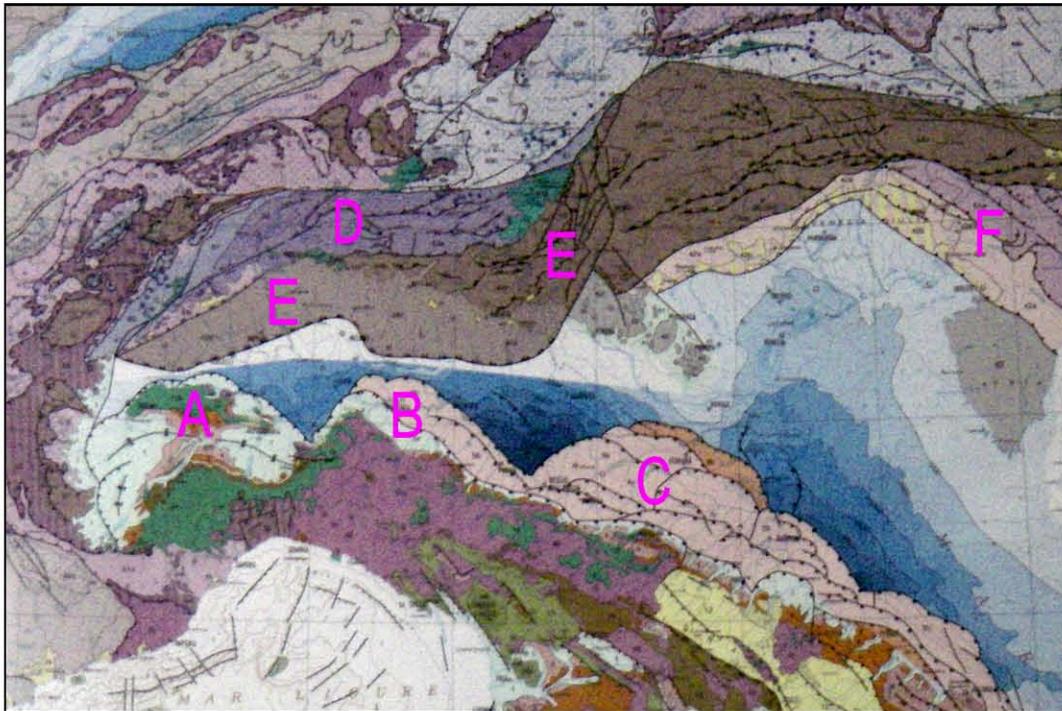


Figura 11: Estratto dal modello strutturale d'Italia (CNR, 1983) per l'ambito padano. Si possono osservare i due principali sistemi arcuati, Nordappenninico e Sudalpino, divisi dalla copertura Quaternaria indeformata. "A" Pieghe del Monferrato, "B" Pieghe Emiliane, "C" Pieghe Romagnole – Ferraresi, "D" Arco Orobico, "E" Arco delle Giudicarie – Val Trompia, "F" Arco del Friuli – Venezia – Giulia.

La struttura della Catena Alpina è divisa principalmente in due grandi domini tettonici dal Lineamento Insubrico o Periadriatico (costituito dai segmenti detti Linea della Gail – Pusteria, delle Giudicarie, del Tonale e del Canavese): a Nord del lineamento si distinguono le Alpi S.S., mentre a sud il Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali (Figura 11). Nelle Alpi Meridionali sono distinti tre sistemi arcuati:

- D) Arco Orobico: rappresenta il sistema più interno; attivo dal Cretaceo Superiore al Paleogene, si sviluppa circa est – ovest tra la zona dei Laghi ed il Massiccio dell'Adamello in prossimità del quale subisce una netta deviazione verso SW;
- E) Arco delle Giudicarie – Val Trompia: è il sistema intermedio che risale al Miocene medio – inferiore. La direzione preferenziale NNE – SSW assunta dall'asse delle Giudicarie è fortemente curvata verso ovest in corrispondenza della Val Trompia e del bresciano (Gomito del Garda) incuneandosi al di sotto della Pianura Padana;
- F) Arco del Friuli – Venezia – Giulia: è il sistema più esterno che rappresenta la maggior parte del settore orientale delle Alpi Meridionali. L'arco presenta un complesso fronte esterno concavo di età Pliocenica – Quaternaria, ed è la principale zona simogenica responsabile dell'elevata sismicità dell'area carnico – friulana.

Tra le Alpi Meridionali e l'Appennino si estende il bacino padano in cui si è sviluppata la successione detritica pliocenico – quaternaria, con spessore di alcune migliaia di metri; questi sedimenti poggiano su un substrato rigido formato da rocce carbonatiche mesozoico – eoceniche, interessato da una serie di faglie ad andamento ovest – est. In sintesi, l'area padana è il risultato di una compressione asimmetrica bilaterale che ha agito in più tempi nell'intervallo Miocene superiore – Pliocene, compressione applicata in modo differente nei bordi meridionali e settentrionali del sistema. Quest'ultima condizione ha provocato una progressiva riduzione dello spazio indeformato della Pianura Padana ed il suo graduale assottigliamento. L'alto tasso di sedimentazione Plio – Pleistocenico all'interno dell'avanfossa Padana in restringimento è da mettersi in relazione con il generale arretramento ed approfondimento del depocentro Padano. La conseguente subsidenza della Pianura Padana è stata incrementata dalla compressione Neogenica, come pure dai carichi implicati dagli spostamenti tettonici dei depositi sedimentari più recenti.

3.5.1.2 *Inquadramento sismologico*

Per conoscere la sismicità di un territorio sono utilizzati i dati relativi ai terremoti storici, verificatisi anche in epoche in cui non esistevano strumenti per la loro misura, e le caratteristiche sismotettoniche della regione.

Attraverso la distribuzione spaziale e temporale dei terremoti del passato è possibile, infatti, attribuire valori di Intensità e di Magnitudo ai singoli eventi sismici, e individuare le strutture sismogenetiche da cui prendono origine.

I dati sismometrici, registrati in epoca strumentale, forniscono informazioni sugli eventi sismici più complete e attendibili e consentono una valutazione più precisa della pericolosità sismica di base del territorio indagato; l'evento atteso può essere descritto sia in termini di scuotimento (Pga: accelerazione di picco attesa) sia in termini di intensità macrosismica (I_{MCS}).

3.5.1.2.1 *Cenni di sismicità storica e strumentale*

Per la definizione delle caratteristiche sismiche generali del Comune ci si è avvalsi di due banche dati sismologiche, la prima contenente per la maggior parte eventi sismici occorsi in epoca storica (approssimativamente accaduti negli ultimi due millenni), la seconda composta da eventi sismici registrati dalla rete sismica nazionale a partire dall'inizio degli anni 1980.

Le informazioni di sismologia storica e strumentale a disposizione, qualificano l'area di Taleggio come un territorio interessato da un'attività sismica di moderata entità che, pur tuttavia, non deve essere sottovalutata.

Anno	Località	Lat	Lon	M
1576	Bergamo	45,694	9,67	4,51
1593	Bergamo	45,694	9,67	4,93
1606	Bergamo	45,694	9,67	4,93

1661	Bergamasco	45,705	9,799	4,68
1882	Rovetta	45,878	9,926	4,91
1887	Lecco	45,827	9,361	4,12
1918	Lecchese	45,778	9,631	4,97
1961	Caprino Bergamasco	45,717	9,567	4,70
1967	Lecchese	-	-	4,52
1979	Capriate S. Gervasio	45,637	9,555	4,85
1995	Brescia – Bergamo	45,709	9,927	4,54

Tabella 9: Eventi sismici occorsi nel raggio di 25 chilometri da Taleggio tra il 200 a.C. e il 2002 d.C. (Gruppo di Lavoro CPTI, 2011).

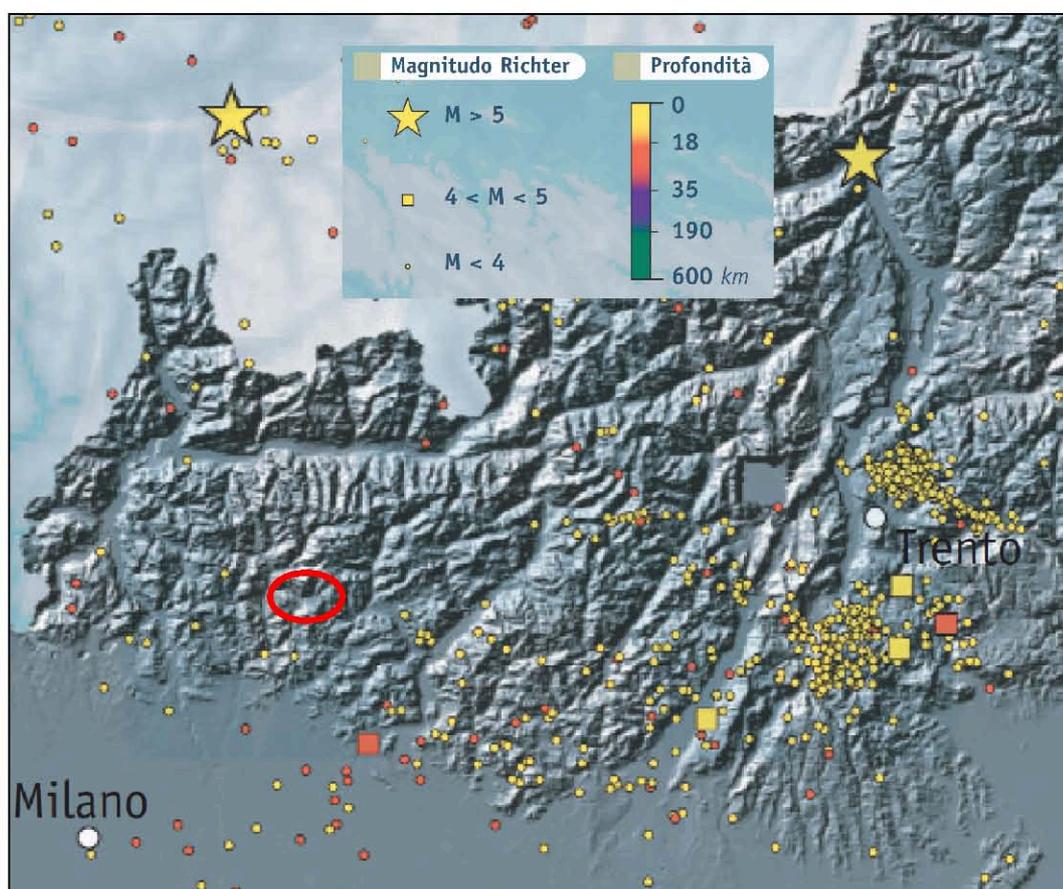


Figura 12: Sismicità strumentale dell'area (in rosso evidenziata l'area del comune).

L'evento sismico più prossimo a Taleggio contenuto nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI), un catalogo di eventi sismici occorsi nel territorio italiano tra il 200 a.C. e il 2002 d.C. (Gruppo di Lavoro CPTI, 2011), è un evento di magnitudo 4,7 accaduto nel 1961 in corrispondenza dell'abitato di Caprino Bergamasco (si veda a questo proposito Tabella 9).

Nel complesso, la sismicità sopra descritta mostra eventi di energia non elevata (magnitudo M_s inferiore a 5,0); l'unico evento che parzialmente contraddice

quest'osservazione è l'evento di magnitudo 5,36 (M_s) avvenuto nel 1396, con località epicentrale indicata nel catalogo CPTI come "Monza"

Osservando i campi quotati contenuti nel database macrosismico italiano (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>), non s'individuano osservazioni macrosismiche relative a Taleggio.

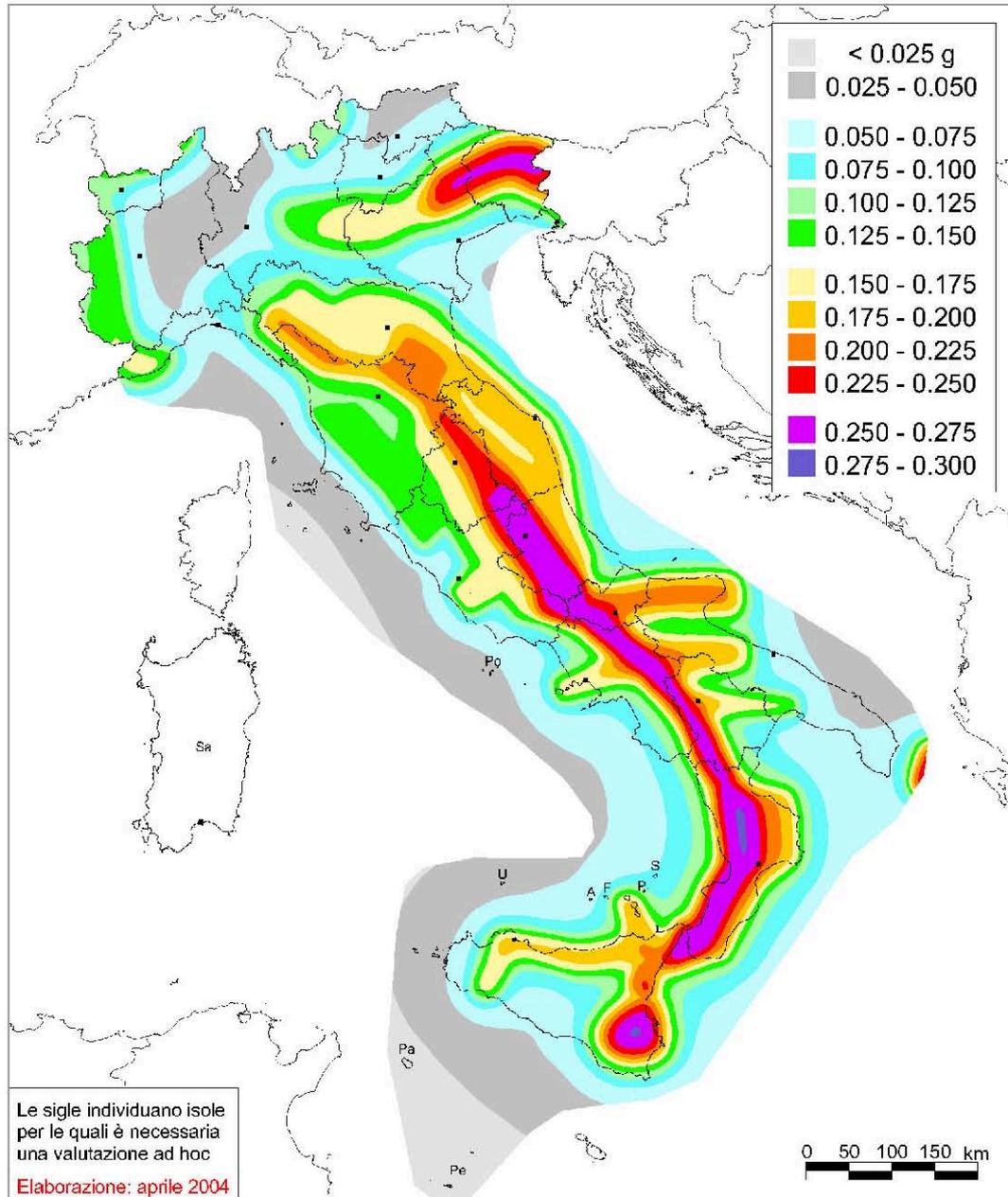


Figura 13: Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b) espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del 30 DM 14 settembre 2005).

La sismicità strumentale contenuta nel catalogo CSI (Catalogo Strumentale della Sismicità Italiana; Castello et al., 2006) mostra uno schema di distribuzione degli eventi differente rispetto a quella inerente la sismicità storica. In vicinanza dell'area indagata, infatti, la sismicità strumentale è disposta lungo una fascia al-

lungata in direzione NE – SO che dalla zona a nord di Brescia passa a sud del Lago d’Iseo e quindi scende verso la pianura in direzione di Lodi. La profondità ipocentrale degli eventi è in media inferiore a 30 km.

3.5.1.2.2 Quadro normativo nazionale

La recente approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (DM 14 gennaio 2008) ha modificato il concetto di zonazione sismica e, conseguentemente, il criterio di calcolo delle azioni sismiche da utilizzare nella progettazione di edifici e strutture. Per definire le azioni sismiche le Norme Tecniche per le Costruzioni partono da una pericolosità sismica di base (allo stato attuale questa coincide con la pericolosità sismica calcolata dall’INGV, si veda anche Gruppo di Lavoro, 2004) calcolata su una griglia a maglia regolare con lato di 5 km che copre l’intero territorio italiano (si veda Figura 13). La mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519. Questa iniziativa è stata rivolta a soddisfare l’esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l’individuazione delle zone sismiche, esigenza formulata dall’Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274, che ne fissa i criteri e scadenze. In particolare:

- ◆ è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9, a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. La nuova ZS9 viene riportata in Figura 14.
- ◆ è stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, detta CPTI2 (aggiornato poi a CPTI8), mediante la ricompilazione ex – novo della porzione temporale 1981 – 1992 e la sua estensione al 2008;
- ◆ sono state verificate le relazioni di attenuazione di a_{max} definite a scala nazionale ed europea;
- ◆ sono stati determinati, con approcci storici e statistici, due insiemi di completezza dei dati del Catalogo CPTI2 (aggiornato poi a CPTI8).

La suddivisione dei comuni italiani in 4 classi di pericolosità sismica, precedente all’OPCM 3274/2003, è mantenuta ai soli fini amministrativi (es. obblighi di valutazione della documentazione presso apposite commissioni, ecc.); il comune di Taleggio ricade in classe sismica 4 (OPCM 3274/2003 ed DGR VII/14964/2003) a “bassa sismicità”. La suddivisione era (è) basata sul parametro a_g corrispondente all’accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g , secondo la Tabella 10.

Classe	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (m/s^2)
1	> 0,25

2	0,15 – 0,25
3	0,05 – 0,15
4	< 0,05

Tabella 10: Corrispondenza tra Classi ed Accelerazione ricavata dall’OPCM 3274/2003.

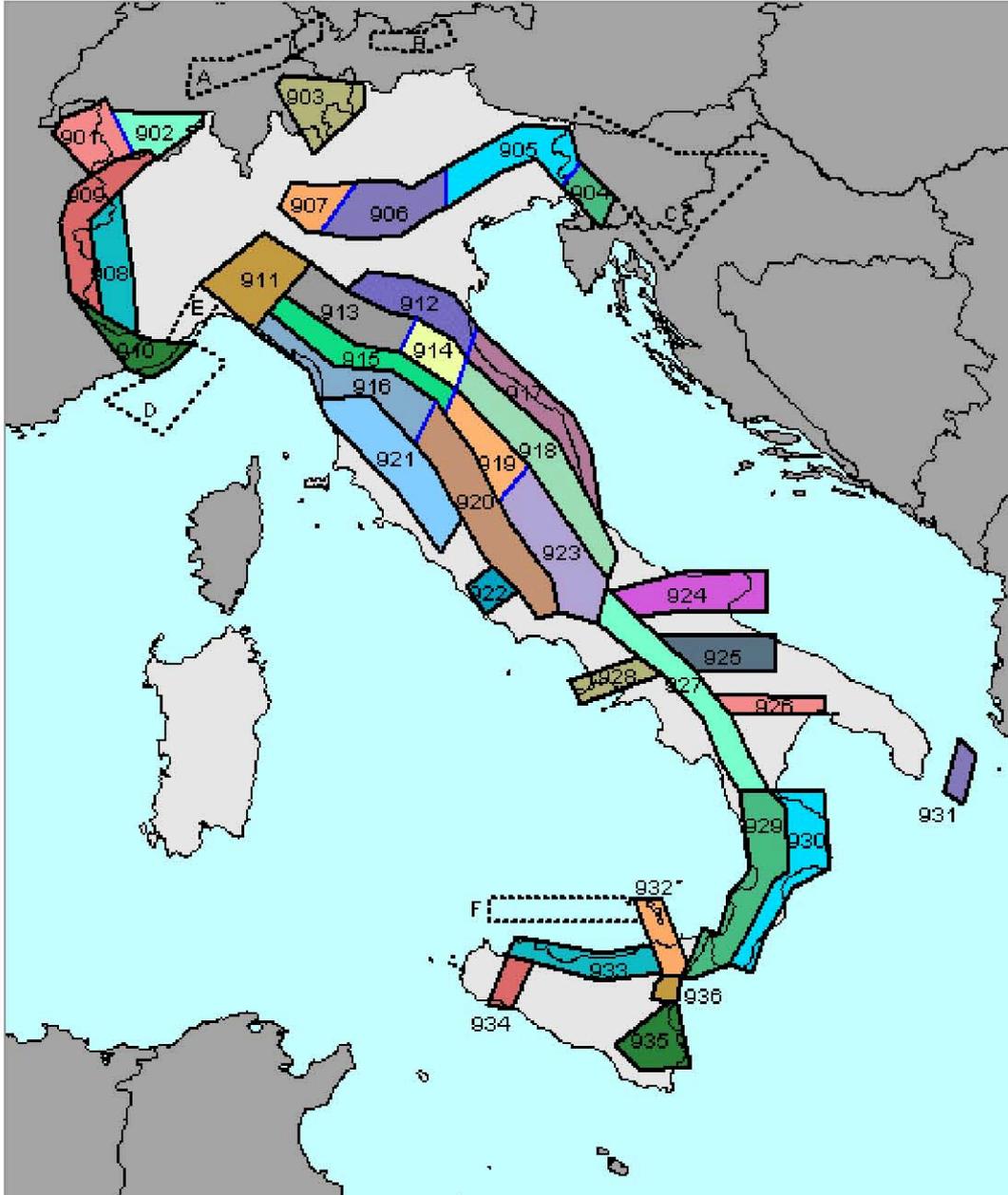


Figura 14: Zonazione Sismogenetica ZS9.

Il comune di Taleggio nell’allegato A alle Norme Tecniche per le Costruzioni, denominato “Pericolosità Sismica” ricade con una superficie abbastanza omogeneamente ripartita in quattro celle, che sono caratterizzate da dai parametri a_g , F_0 e T_c riportati in Tabella 11.

In particolare, è interessante osservare il parametro a_g , descrittivo del valore di scuotimento atteso (la sua unità di misura è in frazioni dell’accelerazione di gravi-

tà, g) per diversi periodi di ritorno. Il valore medio di a_g del territorio comunale (media dei valori delle quattro celle 10268, 10269, 10490 e 10491), caratterizzato da un periodo di ritorno T_R pari a 475 anni, ovvero contraddistinto da una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrisponde a 0,065 g.

ID Cella	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
10268	0,577	2,64	0,28
10269	0,621	2,62	0,28
10490	0,640	2,59	0,28
10491	0,702	2,57	0,28

Tabella 11. Valori dei parametri di a_g , F_0 e T_C^* previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni per il comune di Taleggio (BG) e con T_R di 475 anni.

Dai valori di scuotimento atteso riportati in Tabella 11, rispetto alla classificazione operata dalla Regione Lombardia di cui alla DGR VII/14964/2003, il comune di Taleggio non risulta correttamente inserito in Classe 4 di cui all'OPCM 3274/2003 in quanto l'accelerazione attesa è superiore a 0,05 g (il valore medio delle quattro celle è 0,065); *pertanto bisogna prestare attenzione alla corretta progettazione delle opere sotto il profilo sismico anche se il comune è formalmente classificato in Classe 4.*

3.5.2 Analisi e valutazione degli effetti sismici locali: aspetti metodologici

Quando una struttura sismogenetica ha accumulato una quantità di energia tale da superare la tensione critica di rottura, si verifica uno spostamento di materia con liberazione di energia e la conseguente formazione e propagazione delle onde sismiche; queste attraversano il mezzo con modalità diverse e arrivano al sito (il Comune in oggetto) con intensità decrescente, funzione della distanza dall'epicentro, valutata dalle note leggi di attenuazione.

Le onde sismiche però, attraversando gli strati superficiali eterogenei, spesso cambiano caratteristiche (velocità, ampiezza, periodo,..) e provocano effetti diversi anche tra aree molto vicine dello stesso Comune. Pertanto la conoscenza delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e le loro proprietà fisiche e meccaniche permettono di definire le modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di riferimento. Il campo di scuotimento prodotto da un sisma può quindi subire significative variazioni a livello locale in relazione all'assetto geologico e morfologico presente (Kramer, 1996; Bard, 1999).

Le condizioni geologiche locali sono in grado sia di modificare, anche in modo considerevole, le caratteristiche del moto sismico, sia di sviluppare dei fenomeni collaterali allo scuotimento sismico (es. innesco dinamico di frane, fenomeni di liquefazione dei terreni, ecc.) caratterizzati da un elevato tasso di pericolosità. L'evento sismico è un evento complesso capace di generare diverse tipologie fenomeni, e quindi di pericolosità. I principali fenomeni connessi con l'accadimento di un terremoto sono (Kramer, 1996):

- ◆ Scuotimento: il fenomeno più comune
- ◆ Liquefazione
- ◆ Frane
- ◆ Tsunami e seiche
- ◆ Danneggiamento o collasso di edifici
- ◆ Danneggiamento o collasso di strutture di contenimento
- ◆ Danneggiamento o collasso di lifelines e infrastrutture in genere (es. metanodotti, oleodotti, linee ad alta tensione).

Studiare le condizioni geologiche locali nell'ottica sismica significa quindi costruire un quadro di conoscenze utile a prevenire gli effetti di un possibile sisma.

L'obiettivo della microzonazione sismica è quindi l'individuazione delle aree caratterizzate dallo stesso scenario sismico e la verifica della risposta sismica locale con indagini e metodologie affidabili, al fine di prevedere il comportamento dei terreni superficiali interessati dalle costruzioni attuali e future, quando sono sottoposti ad un evento sismico.

La Regione Lombardia ha approvato, con DGR IX/2616/2011, una metodologia per la valutazione della risposta sismica locale che deve essere applicata da ciascun comune in fase di realizzazione o aggiornamento dello studio geologico nel PGT. La stessa DGR, oltre alle indicazioni per la fase pianificatoria, prevede indicazioni per la fase progettuale delle costruzioni nelle diverse zone sismiche, in sintonia con le nuove "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008 che disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche.

Gli effetti derivanti dalle condizioni locali sono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area (Categorie di sottosuolo).

In funzione della categoria del terreno, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli di instabilità.

3.5.2.1.1 Effetti di amplificazione sismica locale

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di amplificazione sono di due tipi, che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

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

3.5.2.1.2 *Effetti di instabilità*

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

3.5.2.2 *Analisi e valutazione degli effetti sismici secondo la normativa regionale*

Nell'allegato 5 della DGR IX/2616/2011 è riportato il "*Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine*", la metodologia e lo schema operativo per la valutazione dell'amplificazione sismica locale riprodotto in Diagramma 1. L'analisi degli effetti sismici di sito finalizzata alla definizione della componente sismica nei PGT in Regione Lombardia si articola quindi su tre distinti livelli di indagine.

Il primo e il secondo livello hanno il compito di fornire orientamenti utili alla pianificazione del territorio mentre il terzo livello di indagine è quello di supporto progettazione.

3.5.2.2.1 *Primo livello*

Il primo livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni, consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo

permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili, con buona attendibilità, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati cartografici di base, quali la cartografia geologica e dei dissesti ed i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte, che sono oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

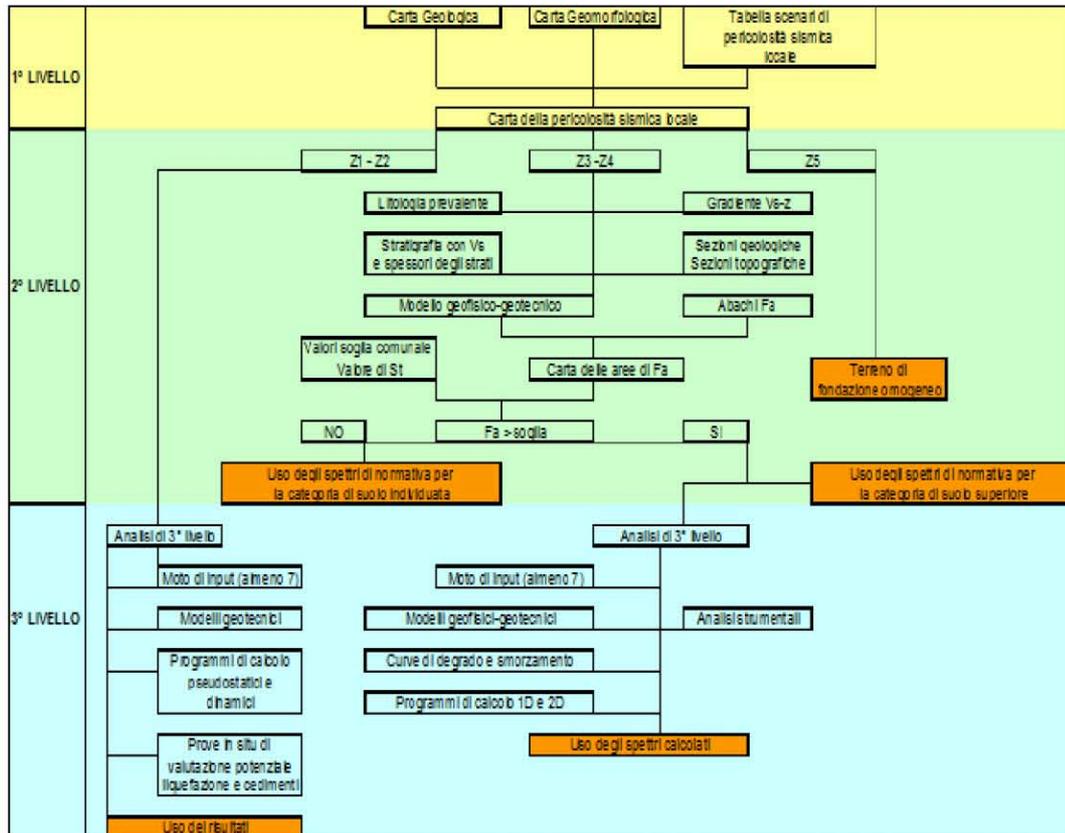


Diagramma 1: Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

Dalle cartografie di base, oltre che da un'analisi morfometrica del territorio comunale, si ricava la:

- ♦ **Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL):** contiene aree delimitate alla luce (1) dei criteri riportati in Tabella 12 e (2) dell'assetto geologico e geomorfologico descritto nella cartografia geologica e geomorfologica.

Zona	Scenario di pericolosità locale	Effetti attesi
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda)	Cedimenti e/o liquefazioni

Zona	Scenario di pericolosità locale	Effetti attesi
	superficiale) Zone con depositi granulari fini saturi	
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura 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 (comprese le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio – colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 12: Scenari di pericolosità sismica locale contenuti nel DGR IX/2616/2011, allegato 5.

In particolare, la Tabella 12 contiene le cinque principali tipologie di scenario, cioè i cinque contesti nei quali è presumibile attendersi una definita tipologia di fenomeno in caso di scuotimento sismico (es. fenomeni di amplificazione del moto, oppure fenomeni di amplificazione abbinati ad effetti indotti come liquefazione o instabilità dinamica dei versanti). L'occorrenza di un fenomeno in un'area, ovviamente, non preclude il contemporaneo accadere di altri fenomeni.

3.5.2.2.2 Secondo livello

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, negli scenari PSL, individuati attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (scenari Z3 e Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Gli approfondimenti di secondo livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, negli scenari PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al DDUO 19904/2003, ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

Il valore di F_a si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 – 0.5 s e 0.5 – 1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di F_a sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1 – 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 – 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0,1 – 0,5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno, che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0,5 – 1,5 s.

3.5.2.2.1 Amplificazione litologica

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- ◆ litologia dei materiali presenti nel sito;
- ◆ stratigrafia del sito;
- ◆ andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s; la conoscenza degli spessori e delle V_s può essere ottenuta utilizzando qualsiasi metodo di indagine diretto ed indiretto, in grado di fornire un modello geologico e geofisico del sottosuolo attendibile in relazione alla situazione geologica del sito e il più dettagliato possibile nella parte più superficiale per una corretta individuazione dello strato superficiale; in mancanza del raggiungimento del bedrock sismico ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s;
- ◆ spessore e velocità di ciascun strato;
- ◆ sezioni geologiche, conseguente modello geofisico – geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità V_s e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento. In funzione dello spessore e della velocità $V_s^{(2)}$ dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

² Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a = 1,0$).

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \cdot \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \cdot h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

Dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strati i – esimo. Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

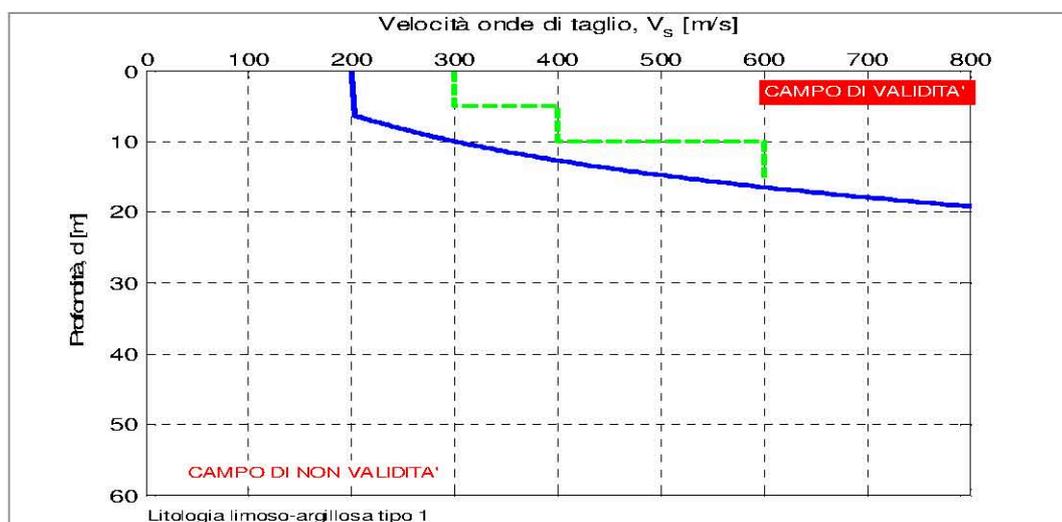


Figura 15: Esempio di scheda di valutazione. La linea blu separa il campo di validità dal campo di non – validità. La linea tratteggiata verde mostra un ipotetico profilo di V_s che rientra completamente nel campo di validità. In questo esempio è possibile quindi applicare le successive fasi di valutazione al fine di stimare il fattore di amplificazione.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo (da NTC) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato in una banca dati regionale (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

L'applicazione di questa metodologia richiede quindi l'esecuzione delle seguenti

fasi:

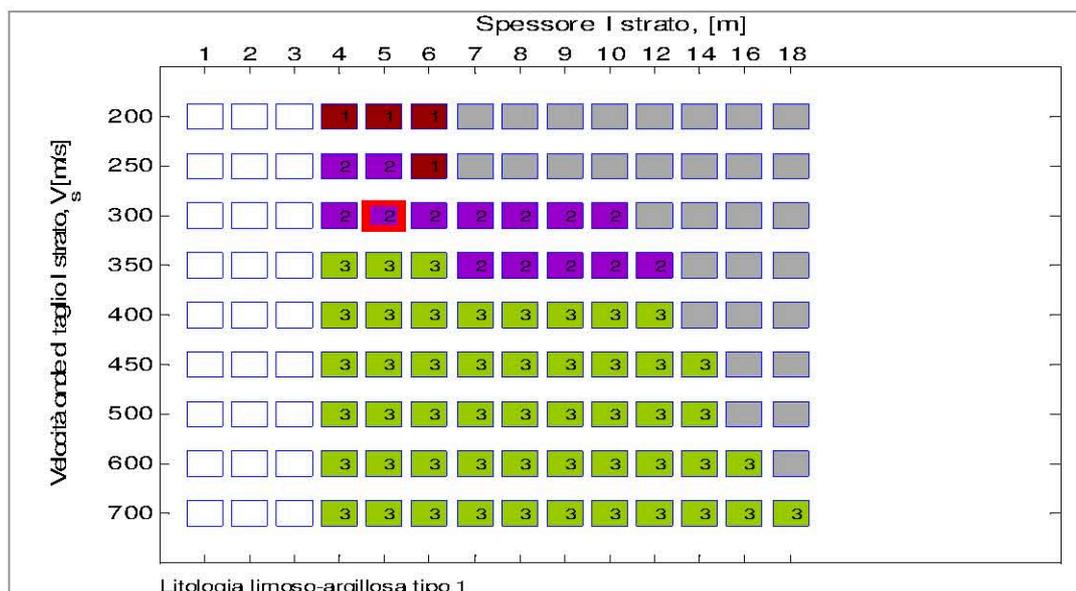


Figura 16: Esempio di scheda per la selezione della tipologia di curva da utilizzare per la determinazione di F_a (intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s). In questo caso la cella selezionata ha indice 2, quindi la curva che mette in relazione il periodo proprio del terreno con il Fattore di Amplificazione $F_{a_{0,1-0,5}}$ da impiegare è la numero 2.

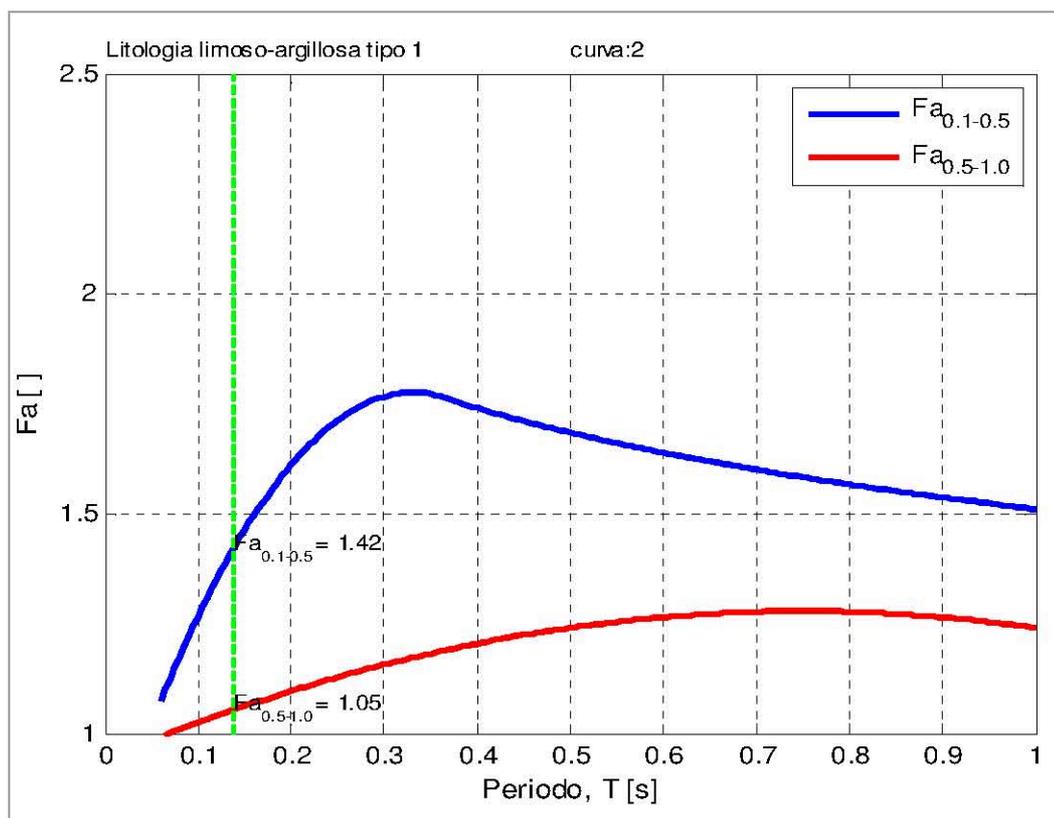


Figura 17: Esempio di un grafico per il calcolo del valore di F_a (negli intervalli di periodi 0,1 – 0,5 s – curva blu – e 0,5 – 1,0 s – curva rossa –).

1. Scelta della litologia prevalente lungo la verticale indagata, tra le classi litologiche messe a disposizione dalla Regione Lombardia (nella DGR 2616) e

quindi verifica della congruità del profilo di propagazione delle onde di taglio con il campo di validità messo a disposizione: se il profilo rientra nel campo di validità si passa al punto 2.

Nel caso in cui non fosse verificata la validità si passerà all'utilizzo della scheda in ordine successivo rispetto a quelle riportate in allegato 5 della DGR IX/2616/2011. In presenza di una litologia non contemplata dalle schede di valutazione allegate sono previsti quattro casi: (1) la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine; (2) nel caso esista la scheda di valutazione per la litologia esaminata ma l'andamento delle V_s con la profondità non ricade nel campo di validità della scheda potrà essere scelta un'altra scheda che presenti l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine (3) nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte; (4) in presenza di alternanze litologiche con inversioni di velocità con la profondità si potrà utilizzare la scheda di valutazione che presenta l'andamento delle V_s con la profondità più simile a quella riscontrata nell'indagine e si accetteranno anche i casi in cui i valori di V_s escano dal campo di validità solo a causa dell'inversione.

2. Selezione della curva da utilizzare per il calcolo del F_a nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, sulla base di:
 - a) velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) del primo strato sulla base degli intervalli di velocità V_s individuati
 - b) profondità del bedrock sismico.
3. Calcolo del F_a (nei periodi 0,1 – 0,5 s e 0,5 – 1,0 s) dipendente dal periodo fondamentale del terreno connesso alla categoria di suolo definita nelle NTC08 (si veda Tabella 13); le categorie speciali di suolo, in tale elaborazione e per mancanza di previsione specifica della DGR IX/2616/2011, sono state ricondotte alle categorie di suolo base (B, C, D o E) sulla base del solo valore di $V_{s,30}$.

CAT.	DESCRIZIONE	PARAMETRI		
		VS30 [m/s]	NSPT [colpi/30 cm]	Cu [kPa]
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.	> 800	–	–

B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa o coesione non drenata > 250 kPa nei terreni a grana fine).	360÷800	> 50	> 250
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa o $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fine).	180÷360	15÷50	70÷250
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (ovvero $N_{sp} < 15$ nei terreni a grana grossa o $c_u < 70$ kPa nei terreni a grana fine).	< 180	< 15	< 70
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di V_{s30} simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s,30} > 800$ m/s.	–	–	–

Tabella 13: Categorie di suolo principali previste dalle NTC08.

Una volta calcolati i F_a , l'ultimo passo da compiere prevede il loro confronto con dei valori predeterminati dalla Regione Lombardia per ogni Comune.

Si possono presentare quindi due situazioni:

1. il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;

2. il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (terzo livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:

- ◆ anziché lo spettro della categoria B di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
- ◆ anziché lo spettro della categoria C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
- ◆ anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole (non si prevede quindi di sommare gli effetti delle due condizioni). La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s utilizzati nella procedura di II° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la Tabella 14:

Dati	Attendibilità	Tipologia
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Tabella 14: Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi.

3.5.2.2.2 Amplificazione topografica

Zona di scarpata (Scenario Z3a)

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s. Le analisi di II° Livello in corrispondenza dello scenario di pericolosità sismica Z3a si ritengono inoltre valide, come indicato dalle indicazioni della Regione Lombardia, per condizioni di far – field, ipotizzando le onde sismiche in-

cidenti verticalmente al sito.

Lo scenario di zona di scarpata rocciosa (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione (α) del fronte principale uguale o superiore ai 10° .

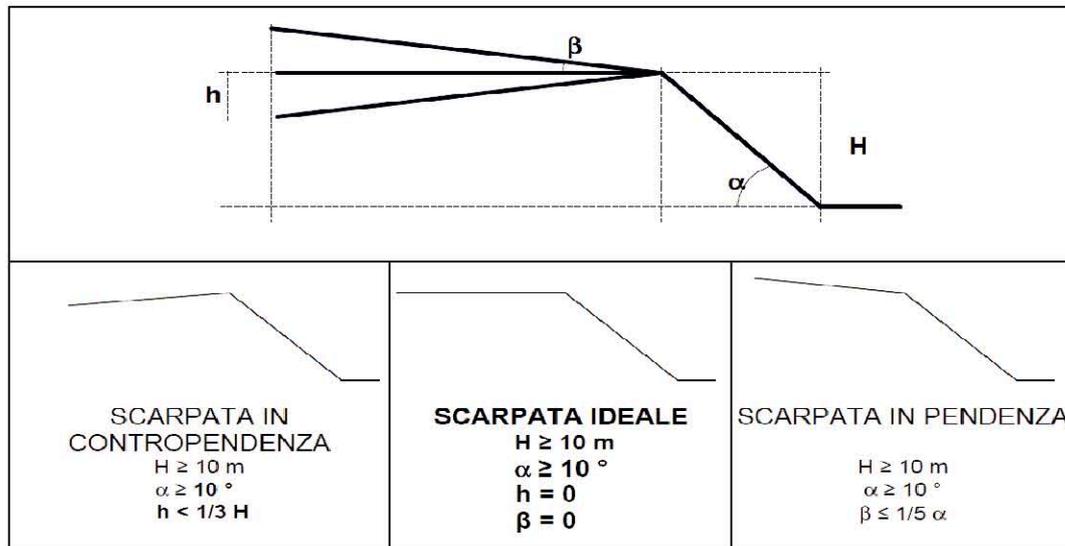


Figura 18: Schemi delle scarpate relative allo scenario Z3a.

In funzione della tipologia del fronte superiore (Figura 18) si distinguono:

- ◆ scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- ◆ scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- ◆ scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale

La misura dell'altezza H è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- ◆ un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo (H) o comunque non inferiore ai 15 – 20 m;
- ◆ l'inclinazione (β) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione (α) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per $\beta > 1/5 \cdot \alpha$ la situazione è da considerarsi pendio);
- ◆ il dislivello altimetrico minimo (h) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H), nel caso di scarpate in contropendenza (per $h \geq 1/3 \cdot H$ la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).

All'interno della Tabella 15 si sceglie, in funzione dell'acclività α , il valore di Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s.

Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0,1-0,5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1,1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1,2	$A_i = 3/4 \cdot H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1,1	$A_i = 2/3 \cdot H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1,2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1,3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1,2	
	$\alpha > 70^\circ$	1,1	

Tabella 15: Determinazione di Fa e dell'area di influenza in caso di scarpate.

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato al ciglio del fronte principale, mentre all'interno della relativa area di influenza (fronte superiore) il valore è scalato in modo lineare fino al raggiungimento del valore unitario; lungo il fronte principale tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base del fronte stesso.

Confrontando i valori di Fa ottenuti con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

Zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Scenario Z3b)

La procedura semplificata è valida per lo scenario di zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo (Z3b), caratterizzata da pendii con inclinazione maggiore o uguale ai 10° ; il rilievo è identificato sulla base di cartografie a scala almeno 1:10.000 e la larghezza alla base è scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono da considerare creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H). *Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.*

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

- ◆ rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta (l) molto inferiore alla larghezza alla base (L) (cresta appuntita);
- ◆ rilievo caratterizzato da una larghezza in cresta paragonabile alla larghezza alla base, ovvero pari ad almeno $1/3$ della larghezza alla base; la zona di cresta è pianeggiante o subpianeggiante con inclinazioni inferiori a 10° (cresta arrotondata).

Per l'utilizzo della scheda di valutazione si richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- ◆ larghezza alla base del rilievo L ;
- ◆ larghezza in cresta del rilievo l ;

- ◆ dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- ◆ coefficiente di forma H/L.

In Figura 19, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0,1 – 0,5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L.

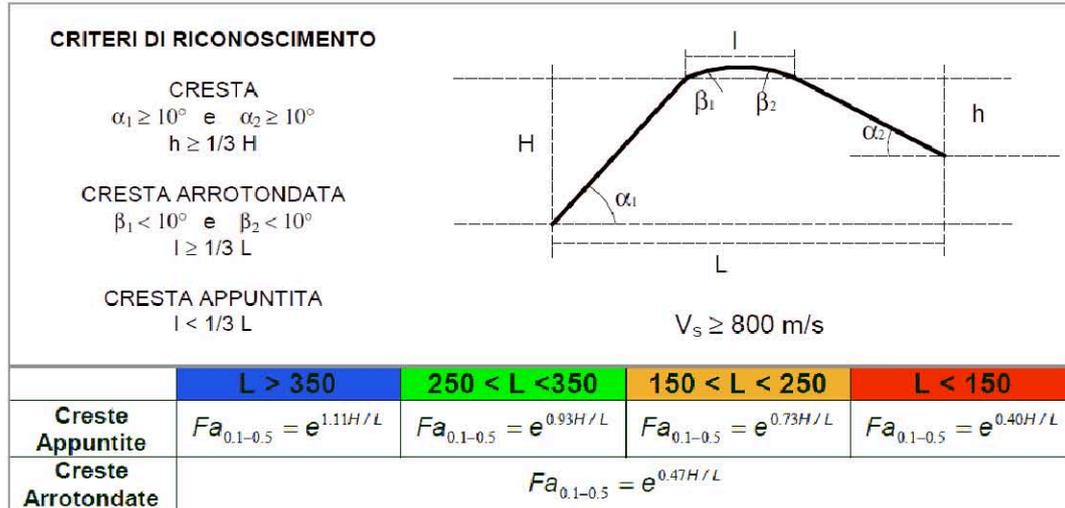


Figura 19: Schemi delle creste relative allo scenario Z3b e modalità di determinazione di Fa.

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l, mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. I valori di Fa così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica.

La valutazione del grado di protezione, per ambedue gli scenari (zona di scarpata e zona di cresta rocciosa e/o cucuzzolo), viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di Fa ottenuti con il valore di St delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Tale valore St rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede, pertanto, di valutare il valore di Fa con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0,1 che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare, quindi, due situazioni:

- ◆ il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- ◆ il valore di Fa è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è

insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite III° livello) in fase di progettazione.

Nel caso di rilievi morfologici asimmetrici che possono essere rappresentati sia dallo scenario Z3a sia dallo scenario Z3b, a seconda dell'orientazione della sezione, si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

Nel caso si prevedano costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani, in presenza di scenari Z3a e Z3b, è necessario effettuare analisi più approfondite III° livello) in fase di progettazione edilizia.

3.5.2.2.3 Terzo livello

Il III° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del II° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse (Z5).

Il terzo livello si applica secondo la casistica riportata in Tabella 16.

Zona sismica	1° livello (fase pianificatoria)	2° livello (fase pianificatoria)	3° livello (fase progettuale)
2 – 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	Nelle zone Z3 e Z4 quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle zone Z1 e Z2.
4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al DDUO 19904/2003 e dal Decreto del Dipartimento della Protezione Civile 3685/2003 (ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici).	Nelle zone Z3 e Z4 quando F_a calcolato > valore soglia comunale. Nelle zone Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti e, a discrezione del comune, per tutti gli altri edifici.

Tabella 16: Livelli di approfondimento e fasi di applicazione. Per gli scenari Z5 è necessario prevedere una omogeneizzazione artificiale del terreno di fondazione omogeneo; nell'impossibilità di ottenere tale condizione, si dovranno prevedere opportuni accorgimenti progettuali atti a garantire la sicurezza dell'edificio.

I risultati delle analisi di III° livello sono poi utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

3.5.2.2.3.1 Effetti di instabilità

L'analisi prevede, a seguito della caratterizzazione ed identificazione dei movimenti franosi, la quantificazione della loro instabilità intesa come la valutazione degli indici di stabilità in condizioni statiche, pseudostatiche e dinamiche e prevede un approccio di tipo puntuale, finalizzato cioè alla quantificazione della instabilità di singoli movimenti franosi.

Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni sono distinte per tipologia di movimenti franosi, in particolare per i movimenti franosi tipo scivolamenti (rotazionali e traslazionali) possono essere così schematizzate:

- ◆ individuazione delle sezioni geologiche e geomorfologiche che caratterizzano il corpo franoso, le sue geometrie, gli andamenti delle superfici di scivolamento, dei livelli di falda, finalizzati alla ricostruzione di un modello geologico interpretativo del movimento franoso;
- ◆ individuazione dei parametri geotecnici necessari all'analisi: il peso di volume (γ), l'angolo di attrito (Φ) nei suoi valori di picco e residuo e la coesione (c) nei suoi valori di picco e residuo (nel caso si adotti il criterio di rottura di Mohr - Coulomb);
- ◆ individuazione degli accelerogrammi di input nel caso di analisi dinamiche;
- ◆ analisi numeriche: diversi sono i modelli numerici che possono essere utilizzati per il calcolo della stabilità; tali codici, più o meno semplificati (es. metodo dei conci, metodo ad elementi finiti, ecc.), forniscono la risposta in termini di valori del fattore di sicurezza (F_s) in condizioni statiche, in termini di valori del coefficiente di accelerazione orizzontale critica (K_c) in condizioni pseudostatiche ed in termini di spostamento atteso in condizioni dinamiche. L'applicazione dei diversi modelli dipenderà chiaramente dalle condizioni geologiche del sito in analisi e dal tipo di analisi che si intende effettuare.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno i livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame: in particolare i valori del fattore di sicurezza forniscono indicazioni sulla stabilità dell'area considerando un ben preciso stato del sito di analisi non tenendo in conto la contemporanea variazione di alcuni parametri quali contenuto d'acqua e carichi agenti (pioggia, terremoto, azioni antropiche, ecc); il coefficiente di accelerazione orizzontale critica fornisce invece la soglia di accelerazione al suolo superata la quale l'area stabile diviene instabile in occasione di un terremoto; infine lo spostamento atteso fornisce indicazioni e sull'area di influenza del movimento

franso e una misura di quanto l'accadimento di un evento sismico può modificare la situazione esistente.

Per quanto riguarda i movimenti tipo crolli e ribaltamenti le analisi che possono essere effettuate sono di tipo statico e pseudostatico. Le fasi, i dati e le metodologie necessarie per l'effettuazione di queste analisi e valutazioni possono essere così schematizzate:

- ◆ inquadramento geologico di un intorno significativo in scala 1:10.000 e esecuzione di sezioni geologiche e topografiche in scala 1:10.000;
- ◆ individuazione dei parametri dell'input sismico (quali valore del picco di accelerazione, valore del picco di velocità);
- ◆ rilievi geomeccanici per la classificazione degli ammassi rocciosi sorgenti dei distacchi (determinazione delle principali famiglie di discontinuità, prove in sito sugli affioramenti quali martello di Smidth tipo L, pettine di Barton, spessimetro per apertura giunti ecc., prelievo di campioni per esecuzione di Point Load Test e di prove di scivolamento Tilt Test);
- ◆ identificazione dei principali cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- ◆ descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- ◆ costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

I risultati, ottenuti per ogni movimento franoso o per ogni area potenzialmente franosa, forniranno livelli di pericolosità a cui è sottoposta l'area in esame, in particolare, vengono individuate le possibili piste di discesa, le relative aree di influenza e la statistica degli arrivi.

3.5.2.2.3.2 *Effetti di cedimenti e/o liquefazioni*

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni. Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale. Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura⁽³⁾. Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

3.5.2.2.3.3 *Effetti di amplificazione morfologica e litologica*

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di mag-

³ Crespellani T., 1991. La liquefazione del terreno in condizioni sismiche. Zanichelli, Bologna, pp 185 ed altre più recenti

gior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica – sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989) e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati (modelli monodimensionali 1D, bidimensionali 2D e tridimensionali 3D), basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. I concetti fondamentali su cui si basano i codici di calcolo numerico riguardano la teoria della propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la teoria del comportamento non lineare e dissipativo dei terreni in condizioni dinamiche. La valutazione della risposta sismica deve tener conto non solo delle variazioni di ampiezza massima del moto sismico di riferimento, ma anche dell'effetto di filtraggio esercitato su di esso dal terreno, cioè delle modifiche nel contenuto in frequenza.

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche

specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (I° e II° livello). È inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Le analisi strumentali e numeriche rappresentano due approcci diversi per la valutazione quantitativa dell'amplificazione locale; essi sono tra loro coerenti ma presentano le seguenti differenze:

- ♦ l'analisi numerica ha il vantaggio di essere facilmente applicabile con tempi veloci ma ha lo svantaggio di richiedere alti costi di realizzazione, di considerare modelli semplificati della situazione reale (soprattutto per i codici di calcolo 1D e 2D) e di trascurare l'effetto delle onde superficiali, sottostimando gli effetti ad alti periodi;
- ♦ l'analisi strumentale ha il vantaggio di considerare l'effetto della sollecitazione sismica nelle tre dimensioni spaziali ma ha lo svantaggio di considerare eventi di bassa magnitudo, valutando il comportamento dei materiali solo per basse deformazioni in campo elastico, di richiedere, oltre alle analisi sismologiche di registrazione strumentale, analisi geotecniche dinamiche integrative atte a rilevare il comportamento del bedrock sotto sollecitazione, di effettuare le registrazioni per periodi di tempo che dipendono dalla sismicità dell'area e che possono variare da un minimo di 1 mese ad un massimo di 2 anni.

Per compensare i limiti di un metodo con i vantaggi dell'altro è da valutare la possibilità di integrazione delle due metodologie: in questo modo è possibile effettuare un'analisi quantitativa completa che considera sia l'effetto della tridimensionalità del sito sia il comportamento non lineare dei materiali soggetti a sollecitazioni sismiche.

Per lo sviluppo del III° Livello di cui alla DGR IX/2616/2011 (analisi effetto sismico in fase di progettazione) la Regione ha suddiviso il territorio regionale in fasce caratterizzate da severità sismica omogenea. In particolare sono state individuate 8 fasce nelle quali i comuni presentavano valori di accelerazione massima attesa al suolo e valori dell'ordinata spettrale massima (NTC, 2008) compresi in un range del $\pm 10\%$ dal valore medio.

Il Comune ricade in **Fascia 3** (un valore crescente indica una accelerazione maggiore). Per ogni fascia sono stati messi a disposizione 5 accelerogrammi registrati (diagramma in funzione del tempo che rappresenta le accelerazioni indotte al suolo in un dato sito, durante un evento sismico); tali accelerogrammi, come previsto dalle NTC08 e dalla Circolare 2009, sono da utilizzarsi nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici nella fascia corrispondente (FASCIA1 – FASCIA8).

Nelle Norme e nella Circolare, infatti, viene esplicitamente richiesto nelle analisi dinamiche dei sistemi geotecnici (amplificazioni, frane, ecc.) l'uso di 5 accelerogrammi registrati rappresentativi della sismicità del sito in analisi, compatibili con le caratteristiche sismogenetiche della sorgente, con la coppia magnitudo – distanza dalla sorgente e con la massima accelerazione orizzontale attesa e registrate su bedrock sismico, provenienti dai database nazionali ed internazionali più accreditati

Gli accelerogrammi vengono utilizzati, per l'analisi dinamica non lineare delle strutture, in quanto consentono di ottenere una stima accurata e statisticamente corretta della domanda sismica.

3.5.3 Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito

Gli elaborati di caratterizzazione geologica e geomorfologica non individuano delle zone omogenee in ambito comunale, ma denotano una significativa articolazione di aspetti geomorfologici e caratteristiche geologiche. Si possono comunque individuare tre settori relativamente omogenei: 1) un settore orientale caratterizzato da versanti scoscesi e substrato lapideo (coincidente con quello sismico) affiorante o, comunque, caratterizzato da coperture molto modeste; 2) un settore che si sviluppa nella porzione centro meridionale del territorio comunale in cui sono ubicati i principali nuclei edificati, caratterizzato prevalentemente da formazioni argillitiche e segnato da deformazioni gravitative profonde di versante (DGPV), il cui substrato sismico può risultare a profondità significative per la presenza dei fenomeni gravitativi che hanno profondamente disarticolato il substrato prequaternario; 3) le porzioni settentrionali e meridionali caratterizzate dalla presenza di ambienti a morfologia moderatamente acclive e substrato sismico relativamente superficiale.

3.5.3.1 Primo livello

Il primo livello d'indagine ha portato a mappare la pericolosità sismica locale sulla base delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio. Analizzando in dettaglio gli "scenari di pericolosità" contenuti in Tabella 12 alla luce delle condizioni geologiche proprie del territorio indagato:

- ◆ Zone caratterizzate da fenomeni di instabilità dei versanti o potenzialmente instabili (**Z1**): tali aree sono distribuite prevalentemente nel settore settentrionale del territorio comunale ed in quello orientale.
- ◆ Zone caratterizzate dalla presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti (**Z2**): aree di modestissime dimensioni presenti in modo sporadico in ambito comunale.
- ◆ Zone esposte a fenomeni di amplificazione topografica (**Z3**): sono presenti in tutto il territorio comunale con netta prevalenza in corrispondenza del settore orientale.
- ◆ Zone interessate da fenomeni di amplificazione litologica o geometrica del moto sismico (**Z4**): queste aree sono prevalentemente coincidenti con le DGPV per via della notevole disarticolazione delle litologie del substrato quaternario.
- ◆ Zone di contatto tra litotipi con caratteristiche meccaniche marcatamente dissimili (**Z5**): sono presenti in una stretta fascia nella porzione centrosettentrionale del territorio comunale.

Tra gli scenari geologico – morfologici descritti nella Tabella 12, il territorio di Taleggio è dominato dagli scenari appartenenti alla categoria Z1, Z3 e Z4. In maggior dettaglio, lo scenario di pericolosità sismica locale principale è lo scenario

Z4b definito come "Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio – lacustre" con il quale si sono identificate le aree in DGPV non potendole assimilare a fenomeni di instabilità dei versanti o potenzialmente instabili in quanto, in caso di sisma e per via dei bassi valori di magnitudo possibili in quest'area, non si ha l'insorgere di dinamiche gravitative ma esclusivamente di amplificazione litologica.

L'allegata Tavola 05 mostra la Pericolosità Sismica Locale ottenuta per il Comune di Taleggio.

3.5.3.2 Secondo livello

L'indagine di secondo livello si è sviluppata impiegando le indicazioni emerse dall'indagine di I livello e le informazioni contenute nell'allegata cartografia geologico – geomorfologica; non si sono valutati quegli scenari che, una volta individuati in Tavola 05, non rispondano ai requisiti per le necessarie verifiche di II o III livello (esempio scenari morfologici Z3a o Z3b che si sviluppano in ambiti con V_s inferiore a 800 m/s) o, come previsto dalla DGR IX/2616/2011, non sono stati valutati nel secondo livello quegli scenari la cui disamina è relegata direttamente al III livello (scenari Z1 e Z5).

3.5.3.3 Approfondimenti negli scenari Z3

Come descritto in precedenza, nella mappa di pericolosità sismica locale sono state inserite aree appartenenti agli scenari Z3, con particolare riferimento a elementi Z3a "Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)" e Z3b "Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite – arrotondate".

Per tali scenari si applica la procedura descritta nella sezione 3.5.2.2.2.2: in primo luogo, sulla base delle caratteristiche geometriche si è determinato il valore di F_a relativamente al solo intervallo 0,1 – 0,5 s in quanto unico ritenuto significativo per tale amplificazione) e, successivamente, si è confrontato tale valore con il valore del parametro di adeguamento della forma spettrale in relazione alla topografia (S_T) riportato nelle NTC 08 e dipendente dall'assetto morfologico (si veda la Tabella 17).

Cat.	Caratteristiche della superficie topografica	S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con acclività media $i \leq 15^\circ$	1,0
T2	Pendii con acclività media $i > 15^\circ$	1,2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e acclività media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e acclività media $i > 30^\circ$	1,4

Tabella 17: Parametri di adeguamento forma spettrale in relazione alla topografia.

Scenari Z3a: questo scenario si sviluppa solamente in presenza di substrato roc-

cioso o in zone ove sono presenti modestissimi spessori di coperture; non si sono individuati elementi di questo scenario caratterizzati da depositi quaternari sciolti. Sulla base di queste considerazioni, si ritiene che gli elementi di questo scenario si sviluppino solamente su substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Essendo costituite da materiali lapidei, le scarpate individuate in ambito comunale presentano una acclività della scarpata (α) superiore a 50° ed una acclività del ripiano superiore (β) intorno a $10^\circ - 15^\circ$. Questa morfologia media, derivante da analisi computerizzate, è classificata come "scarpata in pendenza" in Figura 18 e, con riferimento al parametro S_T di Tabella 17, si è in presenza di un assetto topografico T2 a cui corrisponde un valore di S_T pari a 1,2 (corrispondente al valore soglia comunale).

L'altezza delle scarpate è generalmente compresa tra 20 e 40 metri, subordinatamente (lungo la forra dei Serrati) sono presenti scarpate con altezza superiore a 40 metri. Considerando la condizione più cautelativa tra le due (scarpate con altezza compresa tra 20 e 40 metri), il valore di $Fa_{0,1-0,5}$ vale 1,2 a cui bisogna sommare + 0,1 per tener conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata (come stabilito dalla DGR IX/2616/2011); conseguentemente il valore finale di Fa caratteristico per tali scarpate vale 1,3 che risulta superiore al valore soglia comunale.

Gli scenari Z3a sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

Scenari Z3b: anche questo scenario si sviluppa solamente in presenza di substrato roccioso o in zone ove sono presenti modestissimi spessori di coperture; non si sono individuati elementi di questo scenario caratterizzati da depositi quaternari sciolti. Sulla base di queste considerazioni, si ritiene che gli elementi di questo scenario si sviluppino solamente su substrato sismico ($V_s > 800$ m/s).

Essendo costituite da materiali lapidei, le zone di cresta individuate in ambito comunale presentano una acclività della scarpata (α) superiore a 10° (valori compresi tra 25° e 70°). La larghezza porzione sommitale (I) si presenta molto acuminata rispetto alla larghezza della base (L); questa morfologia media, derivante da analisi computerizzate, è classificata come "cresta appuntita" in Figura 19 e, con riferimento al parametro S_T di Tabella 17, si è in presenza di un assetto topografico T4 a cui corrisponde un valore di S_T pari a 1,4 (corrispondente al valore soglia comunale).

La larghezza della base varia tra 180 – 210 m e 50 – 80 m, con altezza variabile tra 50 – 80 m e 20 – 30 m; considerando queste due situazioni estreme ed impiegando i dati più cautelativi nell'ambito della variabilità dei valori citati, si hanno i seguenti valori di $Fa_{0,1-0,5}$:

$$150 < L < 250 \quad Fa = 1,38 \rightarrow +0,1 \text{ (da DGR IX/2616/2011)} \rightarrow Fa \cong 1,5$$

$$L < 150 \quad Fa = 1,27 \rightarrow +0,1 \text{ (da DGR IX/2616/2011)} \rightarrow Fa \cong 1,4$$

Al valore di Fa calcolato è stato sommato + 0,1 per tener conto della variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata (come stabilito dalla DGR IX/2616/2011); conseguentemente il valore finale di Fa caratteristico per le cre-

ste è pari o superiore a 1,4 e, quindi, pari o superiore al valore soglia comunale 1,4.

Gli scenari Z3b sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

3.5.3.4 Approfondimenti negli scenari Z4

Ai fini della definizione del secondo livello nell'ambito degli scenari Z4, considerando l'estensione delle aree, si sono utilizzati essenzialmente dati litologici e stratigrafici, nonché correlazioni tra litologia e Vs presenti in bibliografia; tali elementi sono poi stati associati a risultanze di prove in sito (geotecniche e/o geofisiche) già disponibili presso l'archivio comunale.

Sulla base delle litologie presenti in ambito comunale, sulla base dei dati disponibili di prove in sito effettuate in ambito comunale si sono adottate le correlazioni con le Vs riportate in Tabella 18.

TIPO DI SUOLO / LITOLOGIA	Vs min [m/s]	Vs med [m/s]	Vs max [m/s]	Origine del dato	Attendibilità
Argilliti di Riva di Solto in facies argillitica	425	875	1.325	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Argilliti di Riva di Solto in facies calcarea	1.115	1.258	1.400	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Porzione corticale disarticolata delle argilliti alterata	100	175	250	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Porzione corticale delle argilliti in DGPV	100	192	283	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media
Porzione regolitica delle argilliti	140	270	400	Prove sismiche in sito in ambito comunale (MASW)	Alta
Livelli incoerenti delle argilliti in DGPV	130	165	200	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media
Porzione disarticolata delle argilliti in DGPV	150	200	250	Rielaborazione prove geotecniche in sito realizzate in ambito comunale (secondo Yoshida e Motonori, 1988)	Media

Tabella 18: Velocità caratteristiche delle onde S nei vari tipi di suolo

TIPO DI SUOLO / LITOLOGIA	Vs min [m/s]	Vs med [m/s]	Vs max [m/s]	Origine del dato	Attendibilità
---------------------------	--------------	--------------	--------------	------------------	---------------

Sabbie	176	220	264	Bibliografia	Bassa
Sabbie sature	286	310	335	Bibliografia	Bassa
Argille	280	307	333	Bibliografia	Bassa
Limi ed argille	241	309	376	Bibliografia	Bassa
Limi e sabbie	212	248	283	Bibliografia	Bassa
Argille consolidate	557	622	687	Bibliografia	Bassa
Calcarei molto fratturati	330	484	638	Bibliografia	Bassa
Calcarei	616	1.058	1.500	Bibliografia	Bassa
Arenarie fratturate	363	659	954	Bibliografia	Bassa
Arenarie	935	1.243	1.550	Bibliografia	Bassa
Dolomie	1.200	1.681	2.162	Bibliografia	Bassa
Basalto fratturato	489	592	695	Bibliografia	Bassa
Basalto	995	1.326	1.656	Bibliografia	Bassa
Granitoidi fratturati	514	707	900	Bibliografia	Bassa
Granitoidi	884	1.215	1.546	Bibliografia	Bassa
Metamorfiti fratturate	772	901	1.029	Bibliografia	Bassa
Metamorfiti	1.400	1.800	2.200	Bibliografia	Bassa

Tabella 19: Velocità caratteristiche delle onde Vs nei vari tipi di suolo da bibliografia [Estimates of Site Dependent Response Spectra for Design – Borcherdt, 1994 / Geofisica applicata AAVV, 2009].

I valori soglia comunale, come previsto dalla DGR IX/2616/2011, sono legati alle categorie di suolo previste dalle NTC 08 come evidenziato in Tabella 20.

Comune	Intervallo di periodi	B	C	D	E
Taleggio	0,1 – 0,5	1,4	1,9	2,2	2,0
Taleggio	0,5 – 1,5	1,7	2,4	4,2	3,1

Tabella 20. Valori di soglia di Fa (periodi 0,1 – 0,5 e 0,5 – 1,0) per il comune di Taleggio secondo quanto indicato nel file soglie_lomb.xls (disponibile presso il portale della Regione Lombardia – [link](#)).

Per ognuno degli scenari di pericolosità Z4 identificati in ambito comunale (Z4a e Z4b), stante la loro diffusione areale e dislocazione eterogenea in ambito comunale, si è identificata una situazione tipo (cautelativa) e le risultanze delle verifiche, effettuate secondo gli schemi riportati nell'allegato 5 della DGR IX/2616/2011 in corrispondenza della situazione tipo, le si sono estese a tutto l'areale dello scenario corrispondente.

Scenario Z4a: questo scenario è relativamente poco rappresentato in ambito comunale e si sviluppa esclusivamente per brevi tratti lungo le aste dei fiumi principali (torrente Enna, Torrente Valbona e nella porzione terminale del torrente Asinina). Per tale scenario, la stratigrafia litologica e delle Vs tipo è la seguente:

PROFONDITÀ		LITOLOGIA	Vs
0,0	3,0	Sabbie e ghiaie non sature	220
3,0	10,0	Sabbie e ghiaie sature	310
10,0	-	Substrato lapideo e sismico	900

Tabella 21: Stratigrafia litologica e delle Vs.

Per tali areali omogenei si ha:

Litologia prevalente	Profilo litologico è perlopiù composto di ghiaie e sabbie, con alcune sottili intercalazioni di materiali a granulometria più fine, poggiante su substrato lapideo costituito da formazioni carbonatiche e, subordinatamente, argillitiche.
Attendibilità dei dati geofisici	BASSA (dati derivanti da bibliografia)
Attendibilità dei dati stratigrafici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)
Attendibilità dei dati litologici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)
$V_{S,30}$	688 m/s
Categoria di suolo	B

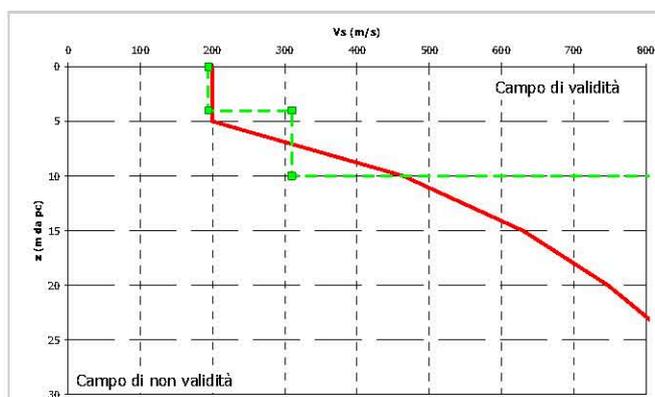


Figura 20: Verifica di validità con la scheda ghiaiosa.

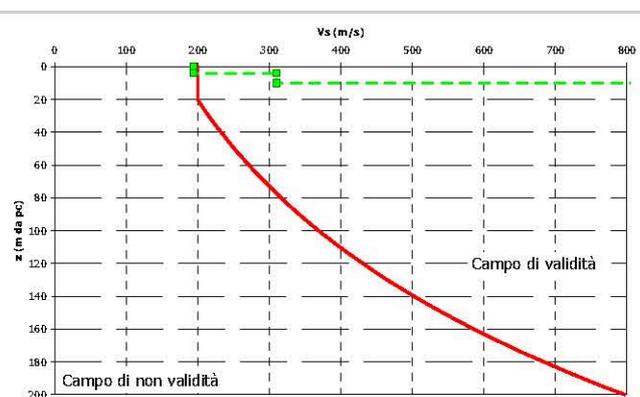


Figura 21: Verifica di validità con la scheda sabbiosa.

Le verifiche di validità delle schede contenute nel DGR IX/2616/2011 sono sintetizzate in Figura 20 e Figura 21, per quanto riguarda il profilo di velocità riportato in Tabella 21. Come è possibile osservare il profilo di velocità misurato non rientra nel campo di validità della scheda ghiaiosa (quella ritenuta più adatta a descrivere la stratigrafia tipo); la scheda nella quale il profilo di velocità rientra in modo più congruente nel campo di validità è la sabbiosa.

Scegliendo la scheda di valutazione per litologia sabbiosa e sulla base del profilo

sismico riportato in Tabella 21, la curva da impiegare per il calcolo dei valori di Fa corrisponde alla numero 2.

I valori di Fa che si ottengono dalle corrispondenti curve sono:

Intervallo 0,1 – 0,5 s Fa = 1,47 → +0,1 (da DGR IX/2616/2011) → Fa ≅ 1,6

Intervallo 0,5 – 1,5 s Fa = 1,11 → +0,1 (da DGR IX/2616/2011) → Fa ≅ 1,2

Nel caso di una classe di terreno di tipo B (classe di terreno attribuita all'intero scenario per via del valore di $V_{s,30} = 694$ m/s), i valori di amplificazione sono rispettivamente **SUPERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia (si veda a questo proposito la Tabella 20) nell'intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s e **INFERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione per l'intervallo di periodi 0,5 – 1,5 s.

Gli scenari Z4a sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

Scenario Z4b: lo scenario è significativamente rappresentato in ambito comunale e si sviluppa prevalentemente in aree coinvolte da DGPV e, subordinatamente, in aree di conoide o con falde di detrito di dimensioni significative. Per tale scenario, la stratigrafia litologica e delle Vs tipo è la seguente:

PROFONDITÀ		LITOLOGIA	Vs
0,0	4,0	Porzione corticale disarticolata delle argilliti (alterata)	175
4,0	8,0	Porzione corticale delle argilliti in DGPV	192
8,0	15,0	Porzione regolitica delle argilliti	270
15,0	–	Argilliti di Riva di Solto in facies argillitica	875

Tabella 22: Stratigrafia litologica e delle Vs.

Per tali areali omogenei si ha:

Litologia prevalente	Profilo litologico è perlopiù composto da argilliti alterate e/o molto disarticolate (equivalenti a sabbie e ghiaie con limi ed argille poco consolidate), poggianti su argilliti disarticolate in facies prevalentemente argillitica.
Attendibilità dei dati geofisici	BUONA (dati derivanti da indagini in sito anche se non specifiche per questa caratterizzazione)
Attendibilità dei dati stratigrafici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)
Attendibilità dei dati litologici	MEDIA (dati ottenuti da specifico rilevamento di superficie)

$V_{S,30}$	688 m/s
Categoria di suolo	B

Le verifiche di validità delle schede contenute nel DGR IX/2616/2011 sono sintetizzate in Figura 22, per quanto riguarda il profilo di velocità riportato in Tabella 21. Come è possibile osservare il profilo di velocità misurato rientra nel campo di validità della scheda limoso sabbiosa 2 (quella ritenuta più adatta a descrivere la stratigrafia tipo).

Scegliendo la scheda di valutazione per litologia sabbiosa e sulla base del profilo sismico riportato in Tabella 21, la curva da impiegare per il calcolo dei valori di F_a corrisponde alla numero 2.

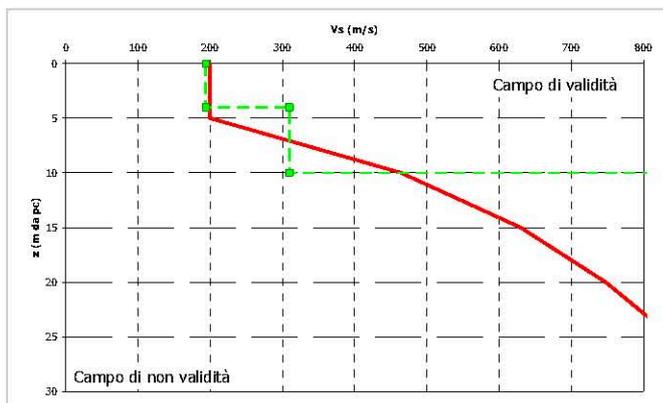


Figura 22: Verifica di validità con la scheda ghiaiosa.

I valori di F_a che si ottengono dalle corrispondenti curve sono:

Intervallo 0,1 – 0,5 s $F_a = 2,13 \rightarrow +0,1$ (da DGR IX/2616/2011) $\rightarrow F_a \cong 2,2$

Intervallo 0,5 – 1,5 s $F_a = 1,26 \rightarrow +0,1$ (da DGR IX/2616/2011) $\rightarrow F_a \cong 1,4$

Nel caso di una classe di terreno di tipo D (classe di terreno attribuita all'intero

scenario per via del valore di $V_{S,30} = 111$ m/s), i valori di amplificazione sono rispettivamente **SUPERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione Lombardia (si veda a questo proposito la Tabella 20) nell'intervallo di periodi 0,1 – 0,5 s e **INFERIORI** ai valori di soglia forniti dalla Regione per l'intervallo di periodi 0,5 – 1,5 s.

Gli scenari Z4b sono da evidenziarsi quindi nell'ambito della cartografia di fattibilità in quanto significativi per l'amplificazione locale dell'effetto sismico.

3.5.3.4.1 Sintesi degli aspetti di amplificazione sismica locale

I valori del fattore di amplificazione F_a calcolati per il territorio del Comune di Taleggio, quando significativi per la pianificazione, sono riportati sulla cartografia di fattibilità.

Secondo le indicazioni contenute nella DGR IX/2616/2011, nelle aree in cui i fattori di amplificazione calcolati sono inferiori ai valori di soglia le norme sismiche nazionali, forniscono valori di scuotimento "sufficienti a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito ...". Al contrario nelle aree in cui i valori di F_a calcolati sono superiori ai valori di soglia regionali, le possibilità sono di svolgere in fase di progettazione edilizia analisi di III livello oppure di utilizzare uno spettro di normativa con azioni sismiche maggiori.

Considerando quanto riportato nella sezione 3.5.1.2.2 riguardo l'incongruenza tra classificazione sismica del territorio comunale (classe sismica 4) / accelerazione ricavata dall'OPCM 3274/2003 per le varie classi e l'accelerazione di base conte-

nuta nelle NT08, superiore a quella dei comuni in classe 4, a prescindere dalla zonizzazione sismica effettuata, è necessario l'assoggettamento di tutti gli interventi ad una progettazione che consideri gli stati limiti e l'effetto sismico (in analogia a quello che avviene per comuni in classe sismica 3).

4. FASE DI SINTESI / VALUTAZIONE

4.1 SINTESI DEI VINCOLI A CARATTERE PRETTAMENTE GEOLOGICO

La sintesi dei vincoli a carattere prettamente geologico è riportata su apposita cartografia (Tavola 06_{A,B,C}), riguarda tutto il territorio comunale e è stata realizzata in scala 1:5.000.

Le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati di contenuto prettamente geologico in vigore e di contenuto prettamente geologico previste dalla DGR IX/2616/2011 sono:

- 1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/1989 (cfr. Parte 2 – Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata):
 - 1) Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con DPCM 24 maggio 2001 (Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
 - 2) Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con DPCM 24 luglio 1998 (in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del fiume Po);
 - 3) Quadro del dissesto vigente derivante:
 - dall'aggiornamento effettuato ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI per i comuni che hanno concluso positivamente la verifica di compatibilità;
 - dall'Elaborato 2 del PAI «Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici» (quadro del dissesto originario) per i comuni che non hanno proposto aggiornamenti e non li propongono mediante il presente studio;
 - dalle proposte di aggiornamento trasmesse all'Autorità di Bacino, per i comuni compresi nell'Allegato A alla VII/7365/2001 tramite carta del dissesto elaborata d'ufficio dalla Regione Lombardia sulla base dei contenuti degli studi geologici ritenuti già compatibili con le condizioni di dissesto presente o potenziale, ai sensi dell'art. 18, comma 1, delle NdA del PAI;
 - 4) in alternativa al quadro del dissesto vigente, la proposta di un quadro del dissesto aggiornato redatto secondo i criteri di cui alla DGR IX/2616/2011, come specificato nella seguente sezione 5.2.

Il quadro del dissesto deve essere comprensivo anche delle aree perimetrare negli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI («aree rosse» e «aree verdi»), nonché delle aree a rischio idrogeologico molto elevato introdotte con i successivi aggiornamenti al PS 267.

Le zone di inedificabilità assoluta e temporanea, introdotte ai sensi della L. 102/1990 con DGR VI/35038/1998, come definite ed individuate nel piano approvato con DCR V/376/1991 e DPR 9 ottobre 1997, sono confluite nell'Elaborato 2 del PAI approvato con DPCM 24 maggio 2001; con Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino 3 del 13 marzo 2002

esse sono state assoggettate alle norme dell'art. 9 delle NdA del PAI.

- 2) Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della DGR VII/7868/2002 e successive modificazioni. Sono riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore.
- 3) Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile asservite a sistemi acquedottistici: sono riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto (comprese le porzioni di aree di salvaguardia relative a pozzi e sorgenti dei comuni limitrofi, qualora ricadano all'interno del territorio del comune), ai sensi del d.lgs 258/2000, articolo 5, comma 4. In tali ambiti si applicano le disposizioni contenute nella DGR VII/12693/2003.

Le aree di rispetto individuate con il criterio idrogeologico e temporale ai sensi della DGR VI/15137/1996 diventano efficaci solo a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente; in assenza di tale atto, i relativi vincoli devono essere applicati sull'ambito individuato con criterio geometrico.

- 4) Vincoli derivanti dal PTR: identificazione dei perimetri delle infrastrutture strategiche di interesse regionale (vasche di laminazione) contenute nella Tabella "Progetti di riferimento per le previsioni di infrastrutture per la difesa del suolo" dell'elaborato SO1 "Obiettivi prioritari di interesse regionale e sovra regionale - Obiettivi prioritari per la difesa del suolo" del Piano Territoriale Regionale.
- 5) Geositi: devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14 della DGR VIII/7374/2008).

Relativamente all'ambito comunale, sono presenti i seguenti vincoli a carattere prettamente geologico:

- 1) Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/1989: in ambito comunale non sono presenti vincoli presenti nell'Elaborato n. 8 - Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali o nel PSFF approvato con DPCM 24 luglio 1998. Considerando il profondo riesame della documentazione di analisi e gli approfondimenti effettuati in tale fase, il comune ha proposto un aggiornamento del quadro del dissesto anche per tener conto dei contenuti della DGR IX/2616/2011.
- 2) Vincoli di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2002 e smi: In ambito comunale sono identificati corpi d'acqua appartenenti al reticolo idrico principale ed al reticolo idrico minore. Lo studio specifico è già stato valutato positivamente dallo STER di Bergamo.
- 3) Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: in ambito comunale sono presenti sorgenti destinate ad uso potabile ed asservite a sistemi acquedottistici. Per tali sorgenti si sono definite: fascia di tutela assoluta con raggio di 10 metri e fascia di rispetto, a carattere geometrico, con raggio di 200 metri. Non risultano agli atti pronunce da parte dell'Autorità Competente riguardo ripermetrazioni della fascia di rispetto.

- 4) Vincoli derivanti dal PTR: non vi sono previsioni in ambito comunale sulla base dell'aggiornamento del PTR avvenuto con DCR IX/2762011.
- 5) Geositi: sono individuati in ambito comunale emergenze già sottoposte a tutela (Gole dell'Enna di valenza regionale – a livello locale la denominazione corretta è Orrido dei Serrati) ai sensi dell'art. 22, c. 2 delle NTA del Piano Paesistico Regionale facente parte del PTR. Da evidenziare che la perimetrazione dei geositi è di competenza provinciale: la Provincia di Bergamo non ha prodotto al momento alcuna perimetrazione del geosito e, pertanto, in questa sede e sulla base delle conoscenze dei luoghi derivanti dal presente studio, si è proposta una perimetrazione indicativa che tiene conto degli elementi tutelati.

4.2 SINTESI DEGLI ELEMENTI TECNICI

La cartografia di sintesi degli elementi di tecnici caratteristici del territorio comunale (Tavola 07_{A,B,C}), è stata redatta per tutto il territorio comunale e ad una scala utile per poter rappresentare gli specifici contenuti che lo caratterizzano (scala 1:5.000). La DGR IX/2616/2011 prevede, per le aree urbanizzate e/o oggetto di approfondimento tramite gli studi di dettaglio previsti al punto 1.3 della medesima DGR, la redazione della cartografia di sintesi in scala 1:2.000; considerando che la cartografia riportante la fattibilità geologica delle azioni di piano è stata redatta in scala 1:2.000 per le aree edificate, di prevista edificazione e per un significativo intorno delle stesse e, sulla medesima cartografia, si sono riportate come sottoclassi le limitazioni derivanti dalla cartografia di sintesi, non si è ritenuto necessario produrre questi elaborati in scala 1:2.000.

La carta di sintesi rappresenta aree omogenee dal punto di vista della pericolosità / vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera mediante individuazione di poligoni che definiscono omogenee porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico – geotecnica e vulnerabilità idraulica ed idrogeologica.

La sovrapposizione di più elementi di pericolosità / vulnerabilità determina dei poligoni omogenei caratterizzati da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni ricavate da osservazioni ed analisi qualitative o, nei casi previsti dal punto 1.3 della DGR IX/2616/2011, mediante le procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità (Allegati 2, 3 e 4 della medesima DGR); nel caso specifico non sono effettuati specifici studi di dettaglio.

La sintesi degli elementi di pregiudizio riguardo l'attuazione degli interventi edilizi / trasformazione d'uso del suolo considerati nella sintesi sono:

- a) Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti (comprendendo sia aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti già avvenuti, delimitabili in base a evidenze di terreno e/o in base a dati storici, sia aree che potenzialmente potrebbero essere interessate dai fenomeni)
- b) Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
- c) Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

d) Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

e) Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale

In relazione alle caratteristiche del territorio comunale e con riferimento alla casistica riportata nella sezione 2.2 della DGR IX/2616/2011, in Tabella 23 sono evidenziati gli elementi di pregiudizio per l'attuazione degli interventi edilizi / trasformazione d'uso del suolo riportati nella cartografia di sintesi degli elementi tecnici.

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
AA	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AB	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)
AC	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AD	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)
AE	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprehensive di aree di distacco e di accumulo)
AG	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)
AH	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide
AI	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza
AJ	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza
AK	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso
AL	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno
AM	Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprehensive delle aree di possibile accumulo
AN	Aree interessate da valanghe già avvenute
AO	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali
AP	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti

A	Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
AQ	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area
AR	Altre tipologie non classificabili nei punti precedenti
B	Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
BA	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000 (l'acquifero è sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale, nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela)
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente scavate, aree con emergenze della falda)
BC	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese
BD	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline
BE	Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture,...)
C	Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
CA	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido
CB	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche
CC	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.
CD	aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica – bibliografica
CE	Aree soggette ad esondazioni lacuali
CF	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido – liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)

CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa
CH	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura
CI	Aree adiacenti a corsi d’acqua da mantenere a disposizione per consentire l’accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2001)
D	Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
DA	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose
DB	Aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante
DC	Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali
DD	Aree con riporti di materiale, aree colmate
DE	Altro
E	Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale
E1	Sono individuate sulla cartografia di sintesi le opere realizzate per la mitigazione del rischio evidenziando, quando possibile, la relativa area di influenza e lo stato di efficienza

Tabella 23: Elementi rappresentabili nella cartografia di sintesi (sono evidenziati i fattori effettivamente riportati nella sintesi realizzata).

Ai fini dell’individuazione dei poligoni a pericolosità omogenea, si sono discretizzate aree omogenee con superficie non inferiore a 50 – 60 mq, in relazione alla tipologia dei fenomeni, alla loro collocazione e per motivi di leggibilità degli elaborati. Oltre a ciò, data l’articolazione del territorio in esame e al fine di evitare una eccessiva frammentazione dei poligoni, in taluni casi si è attribuito un peso maggiore ad alcune limitazioni (scegliendo la condizione più cautelativa).

5. FASE DI PROPOSTA

La fase di proposta è definita attraverso l'individuazione della fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di piano (NGdP) attraverso modalità standardizzate di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica, nonché per vulnerabilità idraulica ed idrogeologica individuati nella fase di sintesi.

Nella fase di proposta è ricompresa anche la definizione del quadro del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, al fine di aggiornare l'elaborato 2 del PAI nel caso che il Comune si obbliga a compilarlo o che lo stesso intenda proporre modifiche / integrazioni. Per il comune di Taleggio, l'aggiornamento del quadro del dissesto alla data di chiusura del presente documento risulta in itinere (procedura non conclusa) e, quindi, l'amministrazione intende proporre l'aggiornamento ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI.

5.1 FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO

La fattibilità geologica delle azioni di piano, facente parte del Piano delle Regole, riporta una zonizzazione del territorio secondo aree omogenee per grado di pericolosità geologica, geomorfologica, geotecnica e vulnerabilità idraulica – idrogeologica.

La fattibilità geologica delle azioni di piano è stata redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico (1:2.000) per le aree edificate, di prevista edificazione e per un significativo intorno delle stesse (Tavola 09_{A,B,C,D}); come previsto dal punto 3.1 della DGR IX/2616/2011, la cartografia di fattibilità è stata prodotta per l'intero territorio comunale utilizzando la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel SIT regionale; nel caso specifico e vista l'articolazione del territorio in esame, utilizzando la cartografia regionale, si è realizzato l'elaborato in scala 1:5.000 (Tavola 08_{A,B,D}).

La classificazione della fattibilità è prevista su quattro livelli (classi) di pericolosità / vulnerabilità:

Classe 1 (nessun colore) – Fattibilità senza particolari limitazioni: la classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni: La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico – costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati,

nelle norme geologiche di piano, gli approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni: La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Nelle NGdP sono indicati, come alternativa:

- ▶ se disponibili elementi sufficienti, per le aree soggette a trasformazione d'uso del suolo si sono definite le opere di mitigazione del rischio da realizzare e/o le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità dell'ambito;
- ▶ se non disponibili tali elementi, isi sono fornite le necessarie prescrizioni per attuare quelle indagini che consentono la compiuta definizione degli elementi di pericolosità / vulnerabilità al fine di accertare la compatibilità tecnico – economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare, di conseguenza, le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

Classe 4 (rossa) – 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, ivi comprese quelle interrato, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della LR 12/2005, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

In questo documento, mediante l'individuazione delle caratteristiche dei dissesti, possono essere desunte indicazioni per l'attuazione delle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non é strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, vi sono indicazioni da impiegarsi per la redazione di piani di emergenza; inoltre, se il caso, sono fornite indicazioni per la predisposizione di sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comun-

que 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 comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Tali indicazioni sulle classi di fattibilità sono state tradotte in specifica normativa (si vedano le Norme Geologiche di Piano allegate) al fine di raccordarle con le previsioni dell'art. 3 del DPR 380/2001 (e smi) e/o con l'art. 27 della LR 12/2005 (e smi) che disciplinano l'attività edilizia nelle sue forme.

Per la realizzazione della fattibilità sono previste modalità standardizzate di assegnazione della classe ad ambiti omogenei per grado di pericolosità, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico; la fattibilità è desunta dalla sintesi degli elementi tecnici (si veda la sezione 4.2) e dai vincoli di natura prettamente geologica (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI – si veda la sezione 4.1) attribuendo un valore di classe a ciascun poligono.

Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino «trasparente», le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dall'analisi della risposta sismica locale (si veda la sezione 3.5).

Mediante la fattibilità geologica delle azioni di piano si forniscono indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

Alla fattibilità geologica delle azioni di piano sono poi associate specifiche norme "Norme geologiche di piano" riportate in allegato al presente documento (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di emergenza).

L'attribuzione della classe di fattibilità avviene attraverso due fasi:

- ♦ **prima fase:** a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità /vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni della Tabella 24;
- ♦ **seconda fase:** il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe in ingresso in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso viene documentata e motivata da ulteriori indagini sulla pericolosità del comparto con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 della DGR IX/2616/2011.

Come specificato dal punto 5.1.2 della DGR, non possono essere variati i valori delle classi di ingresso 4 evidenziate in Tabella 24 con «asterisco» o le classi desunte dalla Tabella 27 e delimitate in seguito alla zonazione della pericolosità mediante le procedure di cui agli allegati 2 – Parte II, 3 e 4 della

DGR IX/2616/2011.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, è attribuito il valore più alto di classe di fattibilità desunto dalla Tabella 24. Nelle norme geologiche di piano vi sono prescrizioni che considerano l'eventuale coesistenza di elementi limitanti la fattibilità.

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Classe
AA	Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
AB	Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
AC	Aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
AD	Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali)	4
AE	Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
AF	Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco e di accumulo)	4
AG	Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
AH	Aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide	4*
AI	Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
AJ	Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
AK	Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso	3
AL	Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
AM	Aree a pericolosità potenziale legata alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprendenti delle aree di possibile accumulo	3
AN	Aree interessate da valanghe già avvenute	4
AO	Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti		Classe
AP	Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
AQ	Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico		Classe
BA	Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000 (l'acquifero è sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale, nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela)	3
BB	Aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente escavate, aree con emergenze della falda)	4
BC	Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
BD	Aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline	4
BE	Aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture, ...)	3

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico		Classe
CA	Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20 – 50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
CB	Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
CC	Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
CD	aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica – bibliografica	4

CE	Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
CF	Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido – liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
CG	Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
CI	Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina – pianura	3
CH	Aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla DGR VII/7868/2001)	4

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche		Classe
DA	Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
DB	Aree prevalentemente limo – argillose con limitata capacità portante	3
DC	Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali	3
DD	Aree con riporti di materiale, aree colmate	3

Tabella 24: Classi di ingresso per l'attribuzione della fattibilità agli ambiti con pericolosità omogenea. Sono evidenziati i fattori di pericolosità / vulnerabilità riscontrati in ambito comunale.

Oltre che dagli aspetti meramente tecnici di cui alla sezione 4.2, in alcuni casi la fattibilità è governata anche dalla pianificazione sovraordinata a carattere prettamente geologico (esclusivamente per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali). Per tali ambiti, il grado di fattibilità è stabilito dalle relazioni presenti in Tabella 25.

Tipologia di fascia	Classe	Riferimenti PAI
Fascia A all'esterno dei centri edificati	4	Artt. 29, 38, 38 bis, 38 ter, 39 e 41 NdA del PAI.
Fascia B all'esterno dei centri edificati	3	Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38bis, 38ter, 39 e 41 delle NdA del PAI.
Fasce A e B all'interno dei centri edificati	Da attribuire in base agli studi idraulici realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4 della DGR IX/2616/2011.	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardan-

		ti le fasce A e B.
Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come "limite e progetto tra la fascia B e la Fascia C"	Da attribuire in base agli studi idraulici realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4 della DGR IX/2616/2011.	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C.
Fascia C	Da attribuire in base alle problematiche riscontrate.	Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle NdA del PAI.

Tabella 25: Classe di fattibilità per le aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali.

Ogni classe di fattibilità, come auspicato dal punto 3.1 della DGR IX/2616/2011, è stata suddivisa in sottoclassi per ambiti di pericolosità/vulnerabilità omogenei; per ogni ambito si sono quindi riportati gli elementi emersi nella fase di sintesi e si sono evidenziati gli areali omogenei assoggettati anche a specifiche normative (aree in dissesto art. 9 delle NdA del PAI e aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali) a carattere sovraordinato rispetto alle norme regionali (prevalenti quindi su queste ultime).

Relativamente alla fattibilità geologica delle azioni di piano si sono individuate delle sottoclassi che sono assoggettate anche al regime delle NdA del PAI: AL, CA, CB e CD per dissesti a carattere torrentizio a pericolosità molto elevata (Ee), AA, AC e AI per dissesti connessi alla gravità come aree di frana attiva (Fa), AD e AG per dissesti connessi alla gravità come area di frana quiescente (Fq), AH per area di conoide attivo non protetta (Ca) e AN e AO per area a pericolosità media o moderata (Vm) per fenomeni di valanga.

La valutazione della possibilità di declassamento di ambiti inseriti in classe 4 a seguito del presente studio può essere attuata esclusivamente secondo quanto previsto dal punto 1.3 della DGR IX/2616/2011. Nel caso di ambiti inseriti in classe 4 e assoggettati anche a specifiche normative (aree in dissesto art. 9 delle NdA del PAI e aree ricadenti all'interno delle Fasce Fluviali), la valutazione della possibilità di declassamento è subordinata anche ad ulteriori vincoli evidenziati nella successiva sezione 5.2. Per le aree nelle quali siano stati effettuati studi di dettaglio per la valutazione della pericolosità con le metodologie di cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4 della DGR IX/2616/2011, le classi di fattibilità devono essere attribuite sulla base di quanto previsto in Tabella 27.

L'efficienza, la funzionalità e la congruità delle opere di difesa idrogeologica presenti contribuiscono alla definizione delle classi di fattibilità. La presenza di opere di difesa ritenute efficaci ed efficienti comporta, infatti, la riduzione del livello di rischio concernente un determinato fenomeno di dissesto. Al contrario, la presenza di opere palesemente non idonee o in cattivo stato di manutenzione può esse-

re ininfluenti rispetto al livello di rischio considerato ed in taluni casi può addirittura rappresentare un'aggravante delle condizioni di rischio stesso.

Gli ambiti esterni ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe 1). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni, di cui alla normativa nazionale.

Non è richiesta l'individuazione nella carta di fattibilità dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, delle fasce di rispetto del reticolo idrico principale e minore, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deve derivare esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

In relazione a quanto riportato in Tabella 24 ed alle necessarie valutazioni del grado di pericolosità/vulnerabilità per l'attribuzione delle classi di fattibilità, si sono operate le seguenti declassamenti rispetto alle classi in ingresso (evidenziati sulla carta di fattibilità con il simbolo " – " meno).

Ambiti declassati	Classe in ingresso	Classe attribuita	Motivazione del declassamento
DC –	3	2	L'eterogeneità litologica risulta alquanto contenuta; il conseguente riflesso sulle caratteristiche geotecniche è facilmente superabile con accorgimenti costruttivi di non particolare complessità ed individuabili anche in assenza di campagne geognostiche approfondite. In taluni casi è stata individuata anche in ambiti ove si è voluto operare un controllo da parte del Comune su interventi ricadenti entro porzioni interne ad aree in DGPV che presentano modestissime disomogeneità tessiturali verticali e laterali.
AE –	3	2	In tali ambiti la problematica è di modestissima entità ed è risolvibile mediante l'attuazione di misure interne al lotto di intervento; il grado di pericolosità è stato assimilato alla sottoclasse AM.

Tabella 26: Sottoclassi per le quali si è operato un declassamento rispetto a quanto riportato in Tabella 24.

5.2 CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

La DGR IX/2616/2011, riprendendo le precedenti DGR regionali che ha sostituito, prevede l'obbligo della redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata

PAI (Elaborato 2), facente parte del Piano delle Regole, ed utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Sono tenuti a produrre il quadro del dissesto con legenda uniformata PAI i Comuni che:

- a) sono compresi negli allegati B e C della DGR VII/7365/2001 e quelli che risultavano in istruttoria al momento della redazione di tale delibera o che non abbiano ancora concluso l'iter per l'adeguamento ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI (o qualora le competenti strutture regionali non abbiano ancora formalmente già preso atto della trasmissione di tale elaborato). Qualora non vengano individuate aree in dissesto, il professionista incaricato deve dichiarare la non necessità di redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (nell'ambito della Dichiarazione di cui all'Allegato 15 della DGR IX/2616/2011);
- b) pur non rientrando tra quelli di cui al punto a), intendano proporre aggiornamenti al quadro del dissesto sulla base delle risultanze dello studio geologico;
- c) abbiano già provveduto all'adeguamento del proprio quadro del dissesto con attestazione di esonero o di chiusura dell'iter ai sensi dell'art. 18 delle NdA del PAI, e che intendano proporre ulteriori modifiche;
- d) sono compresi nell'Allegato A della DGR VII/7365/2001, per i quali il quadro del dissesto è stato elaborato d'ufficio e trasmesso all'Autorità di Bacino del fiume Po dalla Regione Lombardia (qualora i comuni non rientrino nel caso c), il quadro del dissesto sarà desunto dal Geoportale regionale)

Tutti gli studi geologici finalizzati alla redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, riferiti alle tipologie sopra citate, compresi quelli dei Comuni che intendano avvalersi della dichiarazione di non necessità di redazione di tale carta, devono essere inviati alla competente struttura regionale per la verifica e le procedure specificate nella Parte 3 della DGR IX/2616/2011.

In Tabella 27 è riportata la correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità geologica e voci della legenda PAI da utilizzare in sede di redazione del quadro del dissesto con legenda uniformata PAI.

Classe	Legenda PAI	Pericolosità/rischio
1 o 2	Cn – conoide protetta...	H1 su conoide
2 o 3	Cn – conoide protetta...	H2 su conoide
3	Cp – conoide parz. protetta ⁽¹⁾ Cn – conoide protetta...	H3 su conoide
4	Ca – conoide attiva non protetta	H4 – H5 su conoide
2 o 3	Fs – frana stabilizzata	H1 per crolli, crolli in massa e

		scivolamenti
4 o 3	Fq – frana quiescente ⁽²⁾	H2 per crolli e crolli in massa, H2 – H3 per scivolamenti
4	Fa – frana attiva	H3 – H5 per crolli e crolli in massa, H4 – H5 per scivolamenti
2 o 3	Em – pericolosità media o moderata di esondazione	H1 – H2 per esondazione
3 (con norma più restrittiva art. 9 comma 6 delle NdA del PAI)	Eb – pericolosità elevata di esondazione	H3 per esondazione
4	Ee – pericolosità molto elevata	H4 per esondazione
4	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga	Zona rossa
3	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3 della DGR IX/2616/2011	Zona blu
2	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all'Allegato 3 della DGR IX/2616/2011	Zona gialla, Zona bianca

Tabella 27: Correlazione tra classi di pericolosità, classi di fattibilità e voci legenda PAI.

⁽¹⁾ Per le zone ricadenti in H3 – classe 3 di fattibilità, l'inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l'area venga inserita in Cp, la norma dell'art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.

⁽²⁾ Come previsto dall'art. 9 comma 3 delle NdA del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull'area e gli interventi edificatori di cui all'art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico.

Con riferimento all'assetto geomorfologico e geologico del territorio comunale, si sono identificati i dissesti significativi (si veda Tabella 28).

Sigla	Tipologia dissesto	Identificato
Frane		
Fa	Area di frana attiva	SI
Fq	Area di frana quiescente	SI

Fs	Area di frana stabilizzata	NO
Esondazioni e dissesti morfologici a carattere torrentizio		
Ee	Area a pericolosità molto elevata	SI
Eb	Area a pericolosità elevata	NO
Em	Area a pericolosità media o moderata	NO
Trasporto in massa su conoidi		
Ca	Area di conoide attivo non protetta	SI
Cp	Area di conoide attivo parzialmente protetta	NO
Cn	Area di conoide attivo non recentemente attivatosi o completamente protetta	NO
Valanghe		
Va	Area a pericolosità molto elevata od elevata	NO
Vm	Aea a pericolosità media o moderata	SI

Tabella 28: Dissesti con legenda PAI identificati in ambito comunale.

L'art. 18 delle NdA del PAI prevede la possibilità di modificare le perimetrazioni delle aree in dissesto (frane, conoidi, esondazioni torrentizie, valanghe come definite dall'art. 9 delle NdA) e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato (come definite dal Titolo IV delle NdA), soprattutto a seguito della realizzazione di interventi di mitigazione del rischio, effettivo e/o potenziale.

Le proposte di ripermetrazione dovranno essere redatte impiegando le metodologie di cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4 con alcune limitazioni esplicitamente previste dalla DGR IX/2616/2011:

- ♦ non saranno ritenute ammissibili le proposte di ripermetrazione delle aree a "rischio idrogeologico molto elevato", che sono già state oggetto di precedenti modifiche a seguito di studi di dettaglio, non giustificate dalla predisposizione di opere di mitigazione del rischio. Nello studio di supporto alla proposta di ripermetrazione dovrà, al minimo, contenere la descrizione della tipologia, delle caratteristiche tecniche, del dimensionamento e dell'esatta ubicazione delle opere previste;
- ♦ non saranno ritenute ammissibili le proposte di ripermetrazione delle aree in dissesto PAI (ivi comprese quelle all'interno delle revisioni di studi geologici dell'intero territorio comunale) che sono già state oggetto di precedenti modifiche a seguito di approfondimenti redatti ai sensi delle direttive tecniche prevalenti alla presente, che non contengano sostanziali elementi innovativi relativi ai quadri conoscitivo e analitico del dissesto.

Le proposte di ripermetrazione derivanti da interventi di mitigazione del rischio possono essere sottoposte al parere delle competenti strutture regionali anche preliminarmente alla realizzazione degli stessi, purché corredate dagli elaborati

progettuali. Qualora nel corso dei lavori venissero realizzate perizie suppletive e di variante, una volta ultimati i lavori, dovrà essere prodotta, a firma del Progettista e/o del Direttore dei Lavori, una dichiarazione di congruità alle opere realizzate delle proposte di ripermimetrazione formulata in sede progettuale; in alternativa dovrà essere prodotta una nuova proposta di ripermimetrazione da sottoporre nuovamente al vaglio.

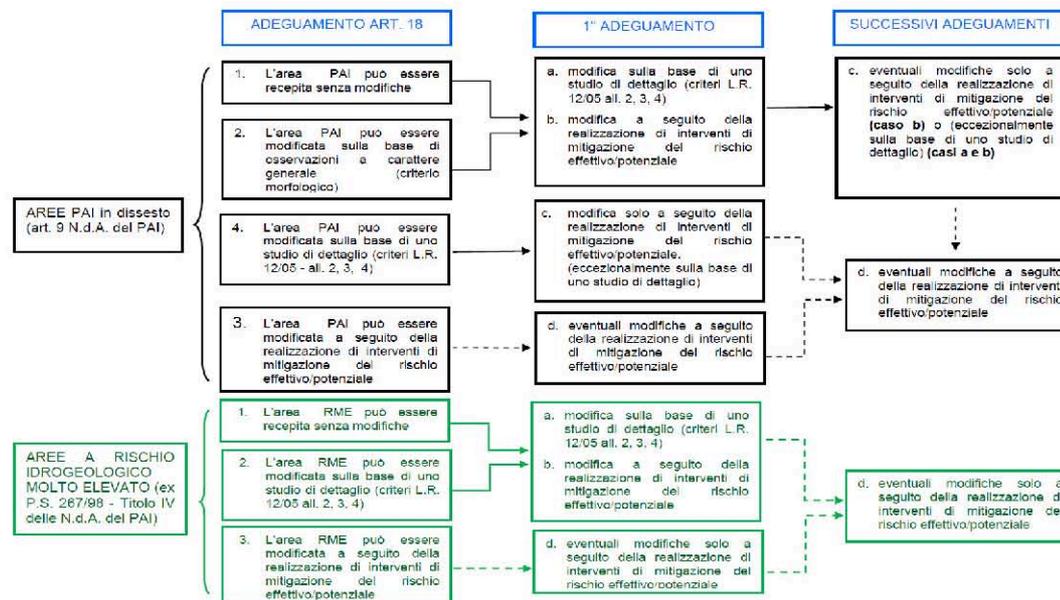


Figura 23: Procedure per ripermimetrazioni aree PAI in dissesto (art. 9 N.d.A.) e aree a rischio idrogeologico molto elevato (titolo IV delle N.d.A. del PAI).

Le ripermimetrazioni diverranno efficaci, ad interventi terminati e collaudati, a conclusione dell'iter amministrativo di *recepimento nello strumento urbanistico comunale*.

Gli studi a supporto di tali proposte dovranno prendere in esame la totalità dell'area perimetrata e non potranno in ogni caso riguardare singole particelle catastali; per particolari tipologie di dissesto potranno essere condotti approfondimenti su porzioni più limitate, purché le stesse non siano influenzate dal dissesto nel suo insieme e purché la scelta venga adeguatamente motivata.

Nell'approccio alle proposte di ripermimetrazione occorre sempre ricordare le seguenti considerazioni generali:

- ◆ l'obiettivo alla base dell'individuazione di aree in dissesto e del loro assoggettamento a misure limitative sulle trasformazioni del suolo, è in primo luogo quello della tutela dell'incolumità delle persone, e subordinatamente la riduzione del danno alle cose e alle attività;
- ◆ la realizzazione di opere di difesa deve essere motivata prioritariamente dalla necessità di garantire la sicurezza degli insediamenti esistenti e non da quella di svincolare aree per nuova edificazione, in quanto un aumento del carico insediativo comporta comunque un conseguente aumento del rischio;
- ◆ la mitigazione del rischio che si consegue con le opere non può essere assoluta, in quanto permarrà sempre presente una quota, per quanto limitata, di ri-

schio residuo, dovuto all'aleatorietà intrinseca nel prevedere i fenomeni di dissesto e la loro evoluzione;

- ◆ la durata e la funzionalità delle opere sono legate sia alle caratteristiche tecniche dei materiali utilizzati sia alla corretta e costante manutenzione;
- ◆ le conseguenze del rischio residuo sull'incolumità delle persone e sull'integrità delle strutture sono funzione della tipologia del fenomeno e dell'intensità e aleatorietà con cui si manifesta; da questo punto di vista, in particolare, crolli in roccia, caduta sassi, trasporti in massa su versanti e lungo le conoidi alpine e valanghe rientrano tra le tipologie più delicate e problematiche da affrontare ed eventuali trasformazioni urbanistiche nelle aree svincolate dalla perimetrazione originaria a seguito della realizzazione di opere di difesa per queste tipologie di dissesto necessitano di cautele superiori rispetto a quelle per mitigazione di altri tipi di dissesto;
- ◆ la valutazione regionale sugli studi di dettaglio a supporto delle istanze di ripermimetrazione verte unicamente sulla congruità dei criteri adottati nella valutazione della pericolosità rispetto ai presenti criteri: sono pertanto piena responsabilità del Professionista estensore dello studio (attraverso la dichiarazione sostitutiva di Atto di Notorietà di cui all'allegato n. 15 della DGR IX/2616/2011) le valutazioni operate e le conclusioni tratte.

Ne consegue che eventuali trasformazioni urbanistiche nelle aree svincolate dalla perimetrazione originaria, e in particolare quelle comportanti aumenti di carico insediativo, dovranno essere valutate con la massima attenzione, ricordando anche che:

- ◆ sono responsabilità del Comune, una volta recepita la nuova ripermimetrazione all'interno dello strumento urbanistico, sia le scelte in merito all'utilizzo del suolo nelle aree non più vincolate, sia la gestione del rischio in tali aree nel Piano di Emergenza comunale;
- ◆ per gli interventi finanziati e realizzati dal Comune (anche con l'eventuale concorso di soggetti privati) è responsabilità dello stesso e dei soggetti beneficiari dell'intervento, anche tramite accordi specifici da definirsi di caso in caso, il mantenimento nel tempo delle condizioni assunte a base della proposta di ripermimetrazione stessa (eventuale monitoraggio, controlli periodici sull'efficienza delle opere, manutenzioni, ecc), e l'adozione, se del caso, di tutte le misure atte alla salvaguardia della pubblica incolumità;
- ◆ per gli interventi finanziati da altri Enti, nel caso il Comune decidesse di utilizzare le aree svincolate dalla perimetrazione per nuove edificazioni, allo stesso potrà essere richiesto di compartecipare alla manutenzione degli interventi al fine di garantirne l'efficacia nel tempo, attraverso modalità da definire nelle procedure di attuazione degli interventi e tramite accordi specifici da definirsi di caso in caso.

APPENDICE UNO



RegioneLombardia

Giunta Regionale
DIREZIONE GENERALE TERRITORIO E URBANISTICA
TUTELA E VALORIZZAZIONE DEL TERRITORIO
PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE DI BACINO E LOCALE

Plaza Città di Lombardia n.1
20124 Milano
Tel 02 6765.1

www.regione.lombardia.it
territorio@pec.regione.lombardia.it

Spett. le

COMUNE TALEGGIO

Via Sottochiesa n. 419

24010 Taleggio (BG)

Email:

comune.taleggio@pec.regione.lombardia.it

Oggetto: Studio geologico del territorio comunale – L.r. 11 marzo 2005, n. 12 e l. 18 maggio 1989, n. 183. Richiesta parere.

Rif. nota n. 775 del 08.03.2012.

Si comunica che lo studio in oggetto è stato ritenuto conforme ai criteri di attuazione della l.r. 12/05 in campo geologico e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI.

Lo studio potrà essere inserito nel PGT, con le modalità di seguito indicate, una volta recepite le prescrizioni riportate nel parere allegato.

- l'adeguamento dello strumento di pianificazione comunale alle risultanze dello studio geologico dovrà avvenire secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05. Ai sensi dell'art. 57, comma 1, lettera a) della L.R. 12/05 lo Studio Geologico del territorio, comunale deve far parte del Documento di Piano del P.G.T.; il Piano delle Regole deve inoltre contenere, ai sensi dell'art. 57, comma 1, lettera b) della L.R. 12/05, come definito dalla d.g.r. n. 9/2616/2011, le cartografie di sintesi, dei vincoli e della fattibilità geologica e del quadro del dissesto PAI, nonché le relative prescrizioni;
- una volta completato l'iter amministrativo di cui al punto precedente dovrà essere trasmesso a questi uffici l'atto di definitiva approvazione, con il duplice scopo di aggiornare il Sistema Informativo Territoriale e di trasmettere all'Autorità di Bacino del fiume Po il quadro del dissesto aggiornato.

Si coglie l'occasione per ricordare che:

- codesto Comune è tenuto all'attuazione di quanto previsto dall'art. 18, comma 7, delle N.d.A. del

Referente per l'istruttoria della pratica: Dott. Geol. ALESSANDRO CAGNONI

Tel. 02/6765.6062

Fax 02/6765.5302

PAI;

- in ogni caso non potranno essere ignorate le prescrizioni geologiche in attuazione delle previsioni dello strumento urbanistico vigente, con piena assunzione di responsabilità da parte di codesto Comune.

Distinti saluti.

IL DIRIGENTE

Ing. RAFFAELE OCCHI

Allegato

COMUNE DI TALEGGIO (BG)

PARERE INERENTE GLI ASPETTI GEOLOGICI

Tipo di studio: Studio geologico del territorio comunale – L.r. 11 marzo 2005, n. 12 e l. 18 maggio 1989, n. 183.

Autore: Dott. geol. U. Locati – febbraio 2012.

Elaborati:

- Relazione illustrativa;
- Norme geologiche di piano;
- Tavola 1 – Lineamenti geolitologici scala 1:10.000;
- Tavola 2 – Lineamenti geomorfologici scala 1:10.000;
- Tavola 3 – Lineamenti idrogeologici scala 1:10.000;
- Tavola 4a-b-c-d – Lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici scala 1:2.000;
- Tavola 5 – Pericolosità sismica locale scala 1:10.000;
- Tavola 6a-b-c – Sintesi dei vincoli scala 1:5.000;
- Tavola 7a-b-c – Sintesi degli elementi tecnici scala 1:5.000;
- Tavola 8a-b-c – Fattibilità geologica delle azioni di piano scala 1:5.000;
- Tavola 9a-b-c-d – Fattibilità geologica delle azioni di piano scala 1:2.000;
- Tavola 10 – Quadro del dissesto con legenda uniformata PAI scala 1:10.000;
- Copia dello studio in formato digitale (formato shape file e pdf);
- Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (All. 15 d.g.r. 2616/11).

Istruttoria: Dott. geol. Alessandro Cagnoni.

Il Comune di Taleggio (BG), inserito nell'Allegato 13 – Tabella 1 – alla d.g.r. 8/7374/08 tra i comuni in itinere per quanto riguarda la verifica di compatibilità di cui all'art. 18, comma 2, delle N.d.A del PAI, ha trasmesso l'aggiornamento dello studio geologico del proprio territorio comunale, ai fini dell'adeguamento ai criteri attuativi in campo geologico idrogeologico e sismico della l.r. 12/05.

Premesso che, ai sensi dei citati criteri, la valutazione operata da questi uffici è finalizzata a valutare le proposte di aggiornamento al PAI, in base agli elaborati trasmessi e alla documentazione agli atti, si segnala quanto segue:

- la carta dei dissesti PAI propone numerose modifiche al quadro del dissesti proposto nel precedente studio e sul quale la Scrivente Struttura si è espressa positivamente con nota n. Z1.2004.37664 del 11/10/2004. Si prende atto di tali aggiornamenti, che non discendono da approfondimenti derivanti da studi di dettaglio, ma che risultano comunque coerenti con le cartografie di analisi e inquadramento e con gli approfondimenti condotti nel presente studio. Si chiede tuttavia di esplicitare in modo puntuale le motivazioni che hanno portato ad una diversa valutazione (e relativo declassamento da classe 4 a classe 3 di fattibilità) rispetto a quanto indicato nella cartografia dello studio precedente, per quanto riguarda la frana attiva posta in

prossimità della località Oida (modifica e riduzione del perimetro) e la frana attiva ubicata a nord di loc. Peghera, non più indicata nella proposta di carta PAI;

- nel presente studio sono stati classificati in classe 1 di fattibilità geologica diversi ambiti localizzati in aree montane (es: - Baita Rudera, Cantello ecc... in Tav. 08a). Si chiede di riclassificare tali ambiti in una classe di fattibilità più cautelativa, che tenga in considerazione le eventuali problematiche derivanti dal contesto geomorfologico in cui sono inseriti. Si segnala altresì che alcune di tali aree risultavano essere state classificate in classe 4 nel precedente studio geologico;
- la documentazione deve essere integrata con la seconda copia della carta dei dissesti con legenda uniformata PAI.

A puro titolo collaborativo si segnala inoltre:

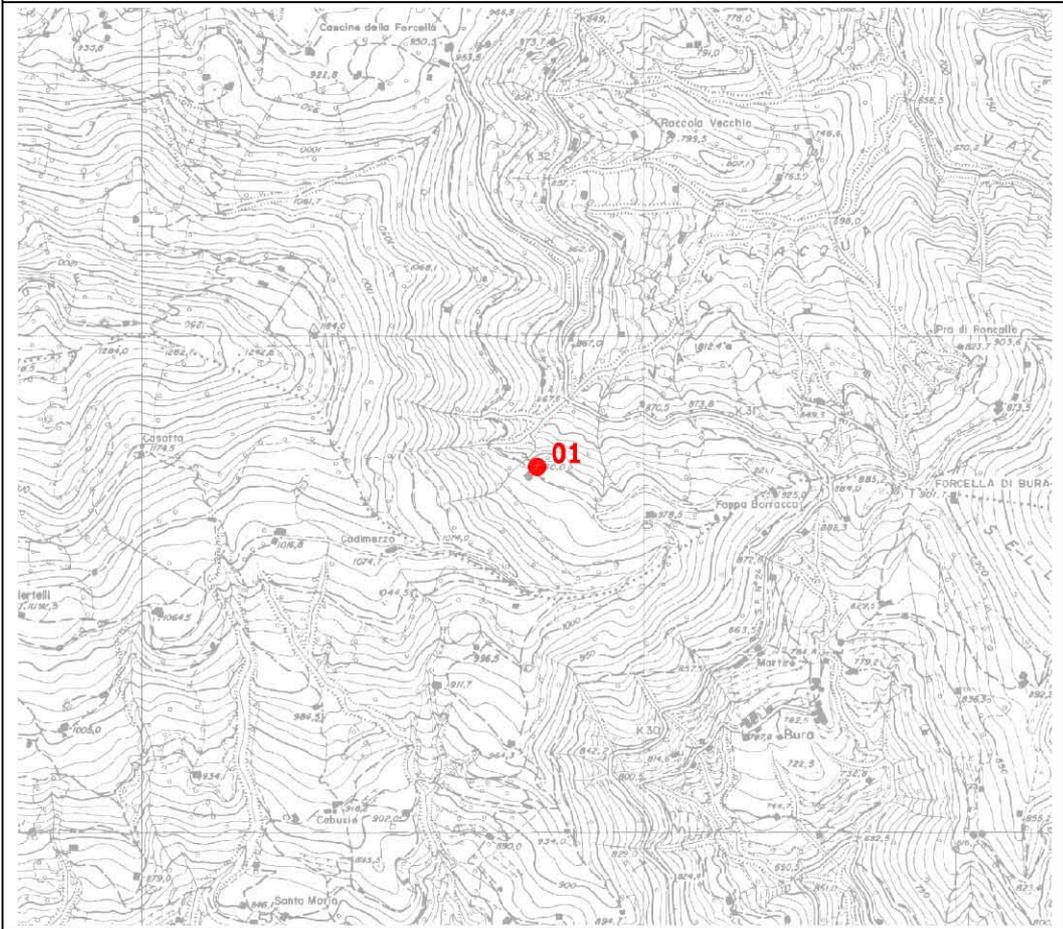
- alcune "aree con consistenti disomogeneità tessiturali" (denominate DC in carta di sintesi es. ambiti ubicati tra Taleggio e Olga) sono state classificate in carta della fattibilità parte in classe 1 e parte in classe 3. Preso atto delle motivazioni riportate nella dichiarazione sostitutiva in merito alle aree DC-, si chiede di esplicitare le motivazioni per le quali aree con medesime caratteristiche sono state classificate in classe di fattibilità diversa;
- nella carta della pericolosità sismica locale di 1° livello di riportare con perimetrazioni lineari (in luogo di areali) gli scenari classificati come Z3 a e b.

APPENDICE DUE

1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	1 ACQUA BONA	
Località	Lungo la Valle di Sfrino	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a4	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5078737
	Longitudine	1544786
Quota (m slm)	960	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL’OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	1,27
Utilizzatore	Comune di Taleggio e di Gerosa

4 – QUADRO GEOLOGICO

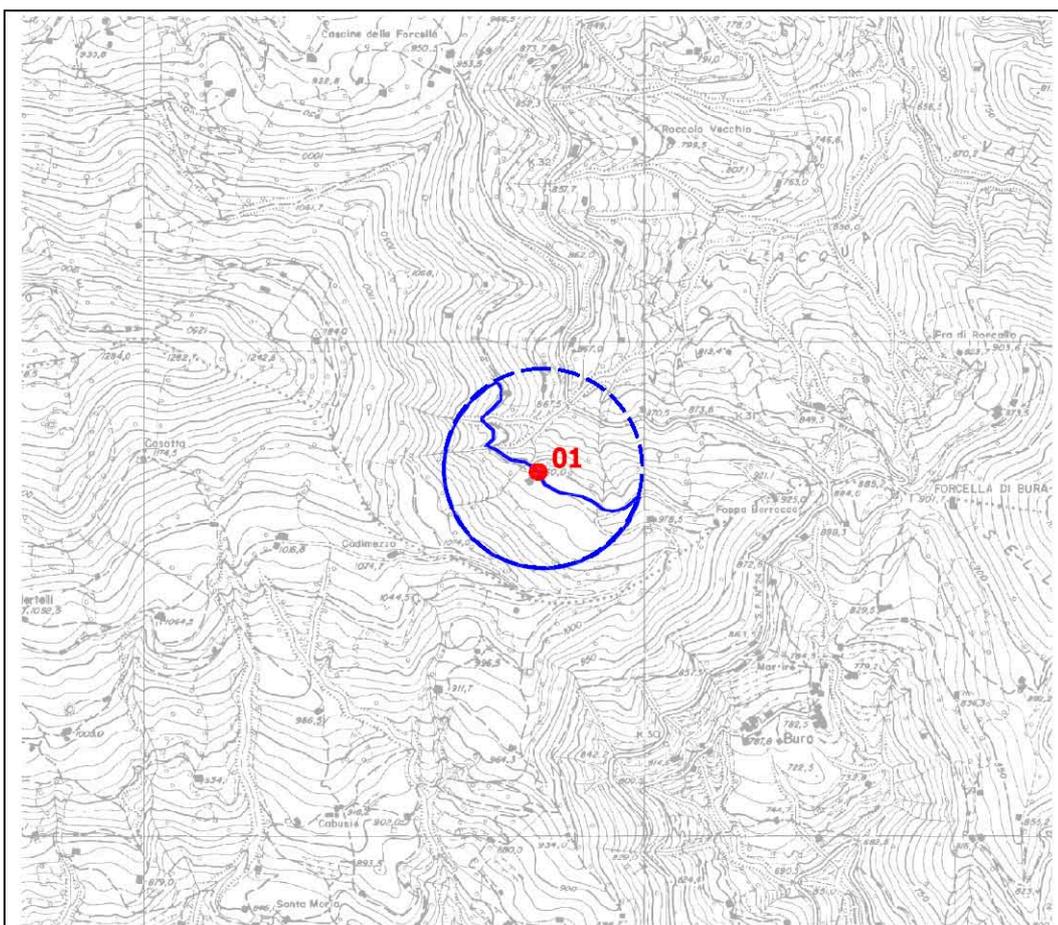
--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

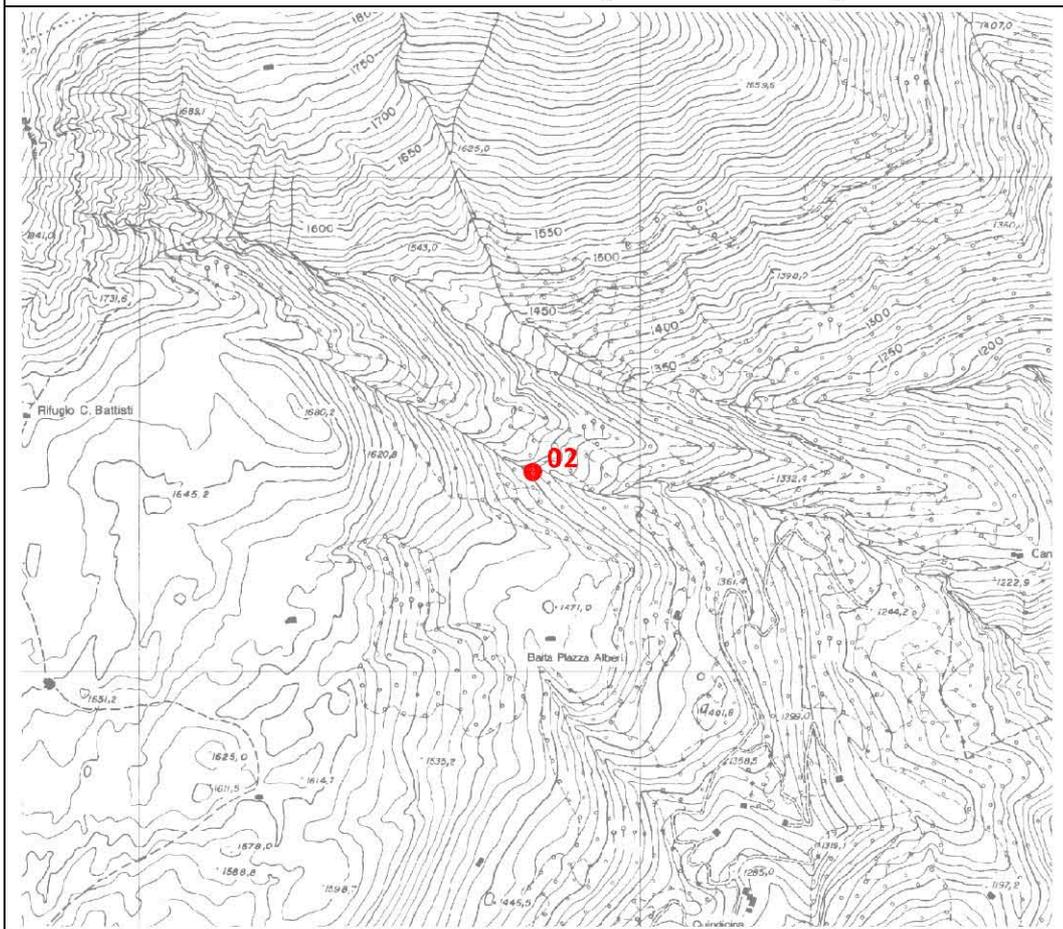
6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	2 PIAZZA ALBERI	
Località	Lungo la Valle Asinina	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a2	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5086402
	Longitudine	1544784
Quota (m slm)	1450	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)

2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	2 (dato indicativo)
Utilizzatore	Comune di Taleggio

4 – QUADRO GEOLOGICO

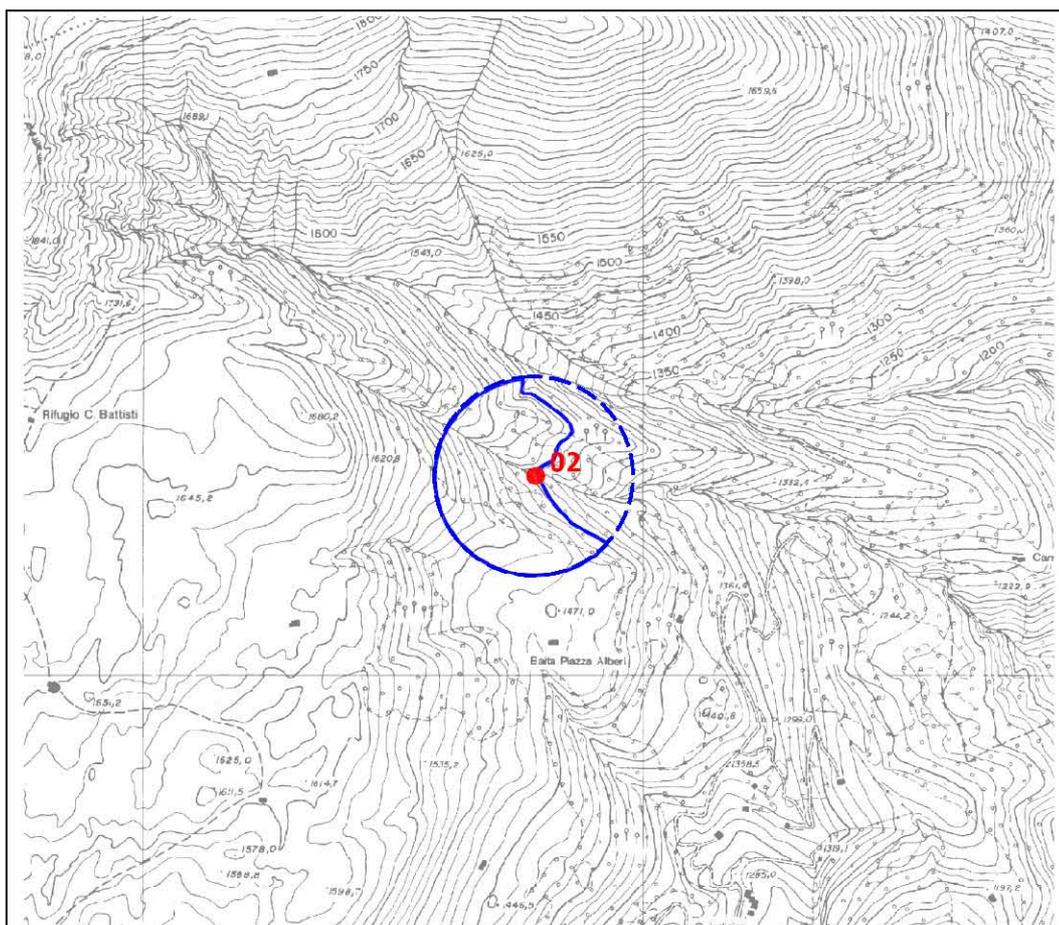
--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

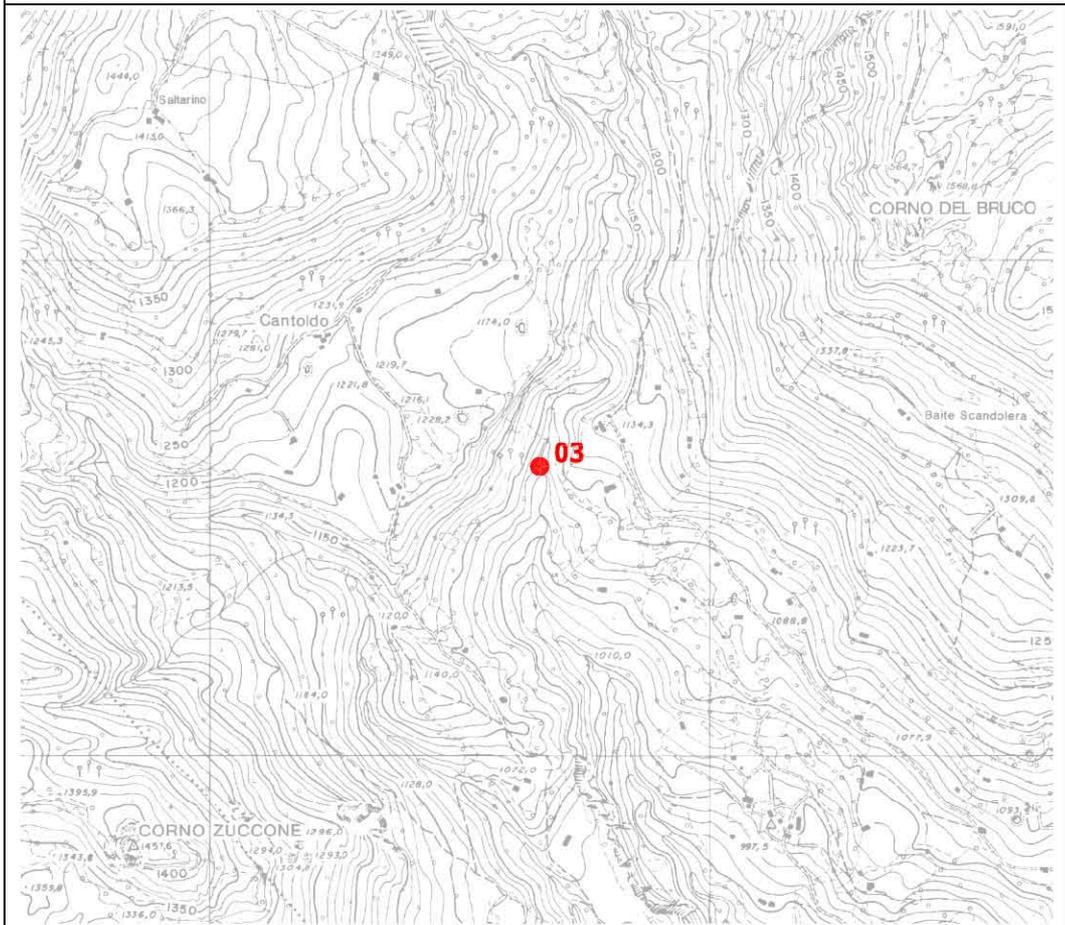
6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	3 SAN CARLO	
Località	Lungo la Valle della Madonna	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5084584
	Longitudine	1542660
Quota (m slm)	1080	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)

2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	30 (dato indicativo)
Utilizzatore	Comune di Taleggio

4 – QUADRO GEOLOGICO

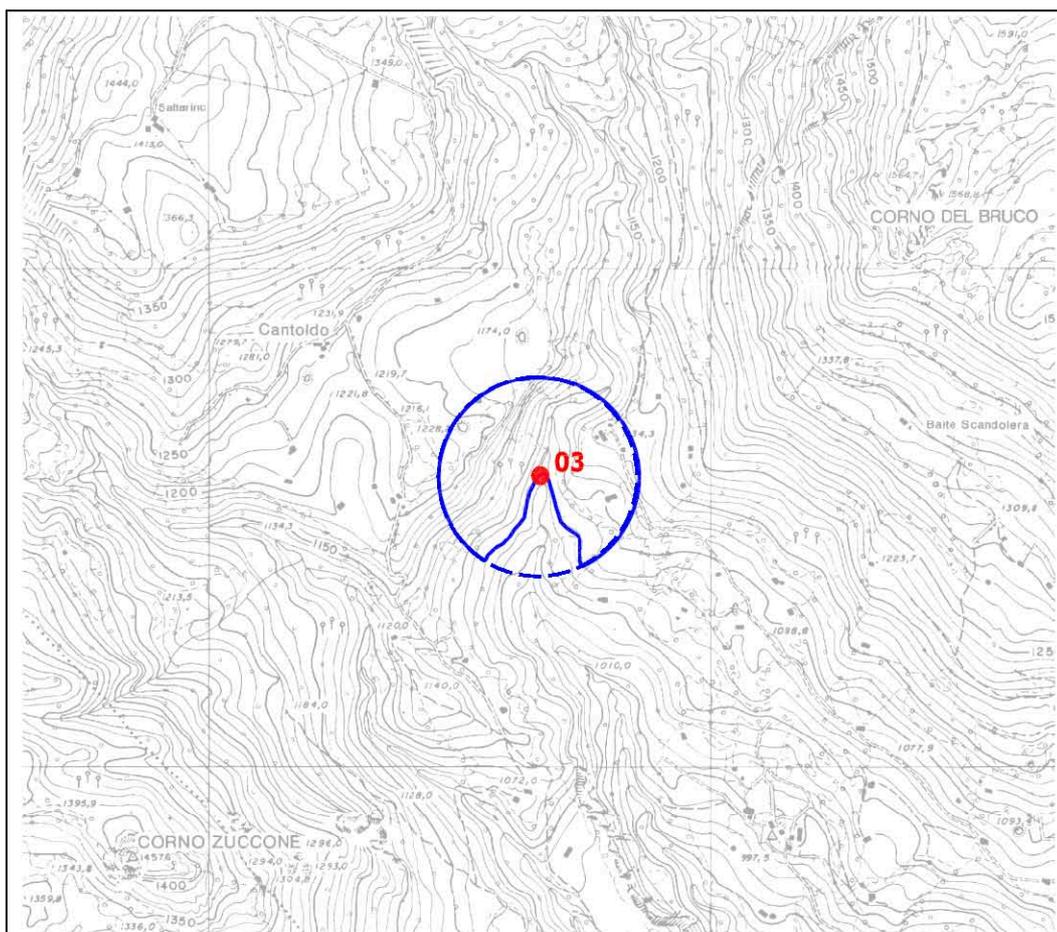
--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

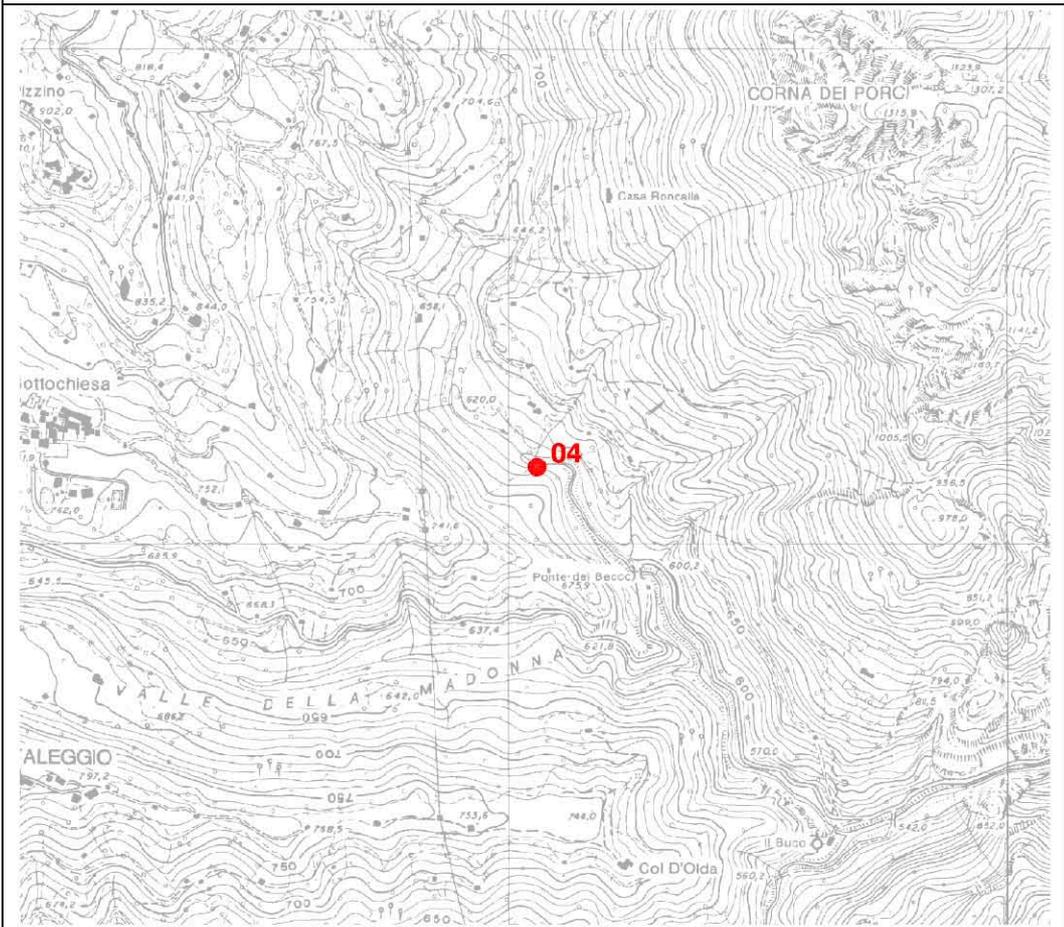
Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	4 PONTE DEL BECCO	
Località	Lungo la Valle Asinina	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5082156
	Longitudine	1545057
Quota (m slm)	620	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)



2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL’OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	40
Utilizzatore	Comune di San Giovanni Bianco

4 – QUADRO GEOLOGICO

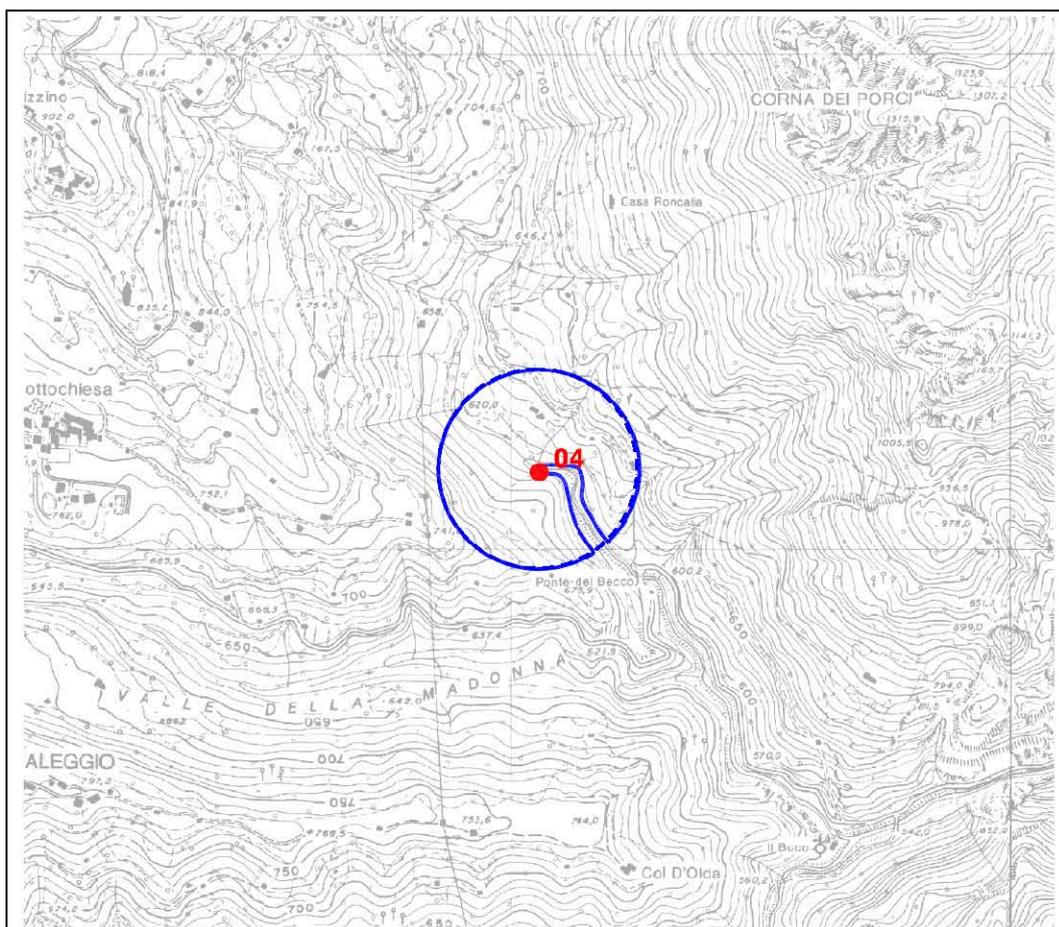
--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

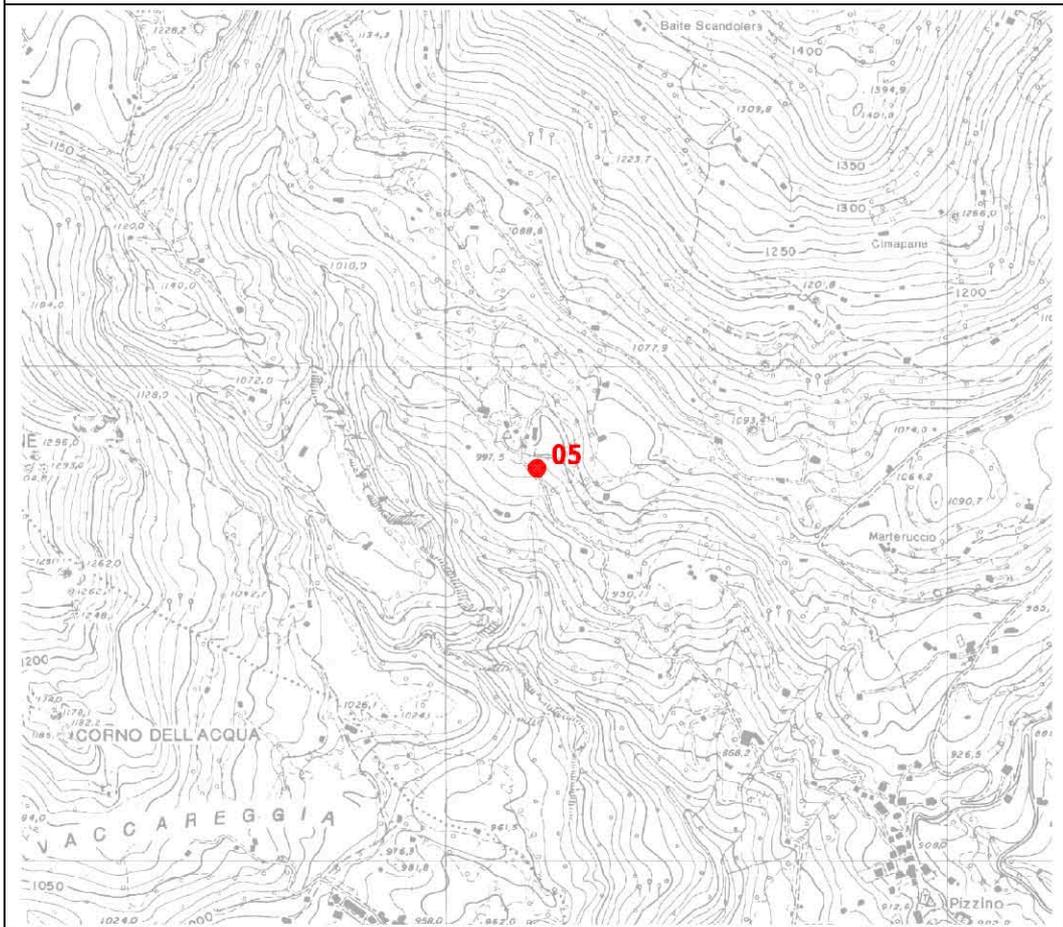
6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	5 FRAGGIO	
Località	Lungo la Valle della Madonna	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a4	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5083793
	Longitudine	1543183
Quota (m slm)	990	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)

2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL’OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	6 (dato indicativo)
Utilizzatore	Comune di Taleggio

4 – QUADRO GEOLOGICO

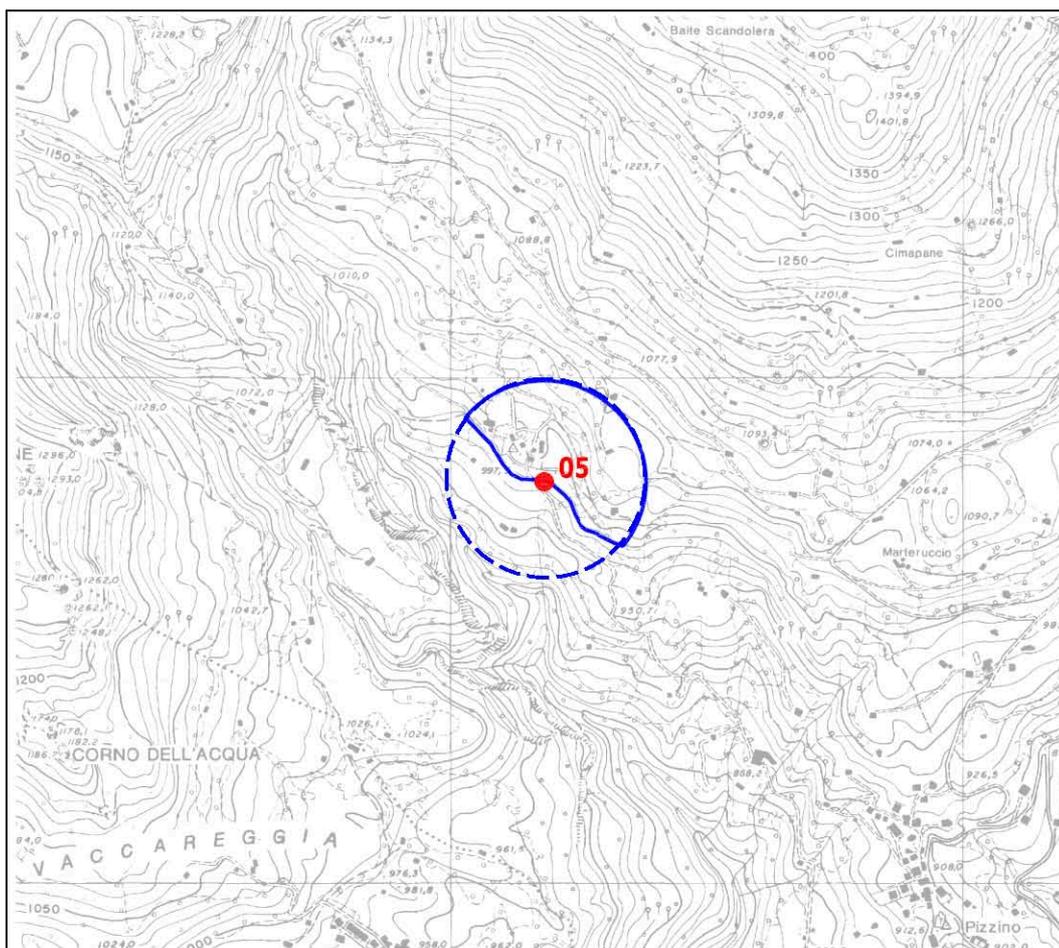
--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

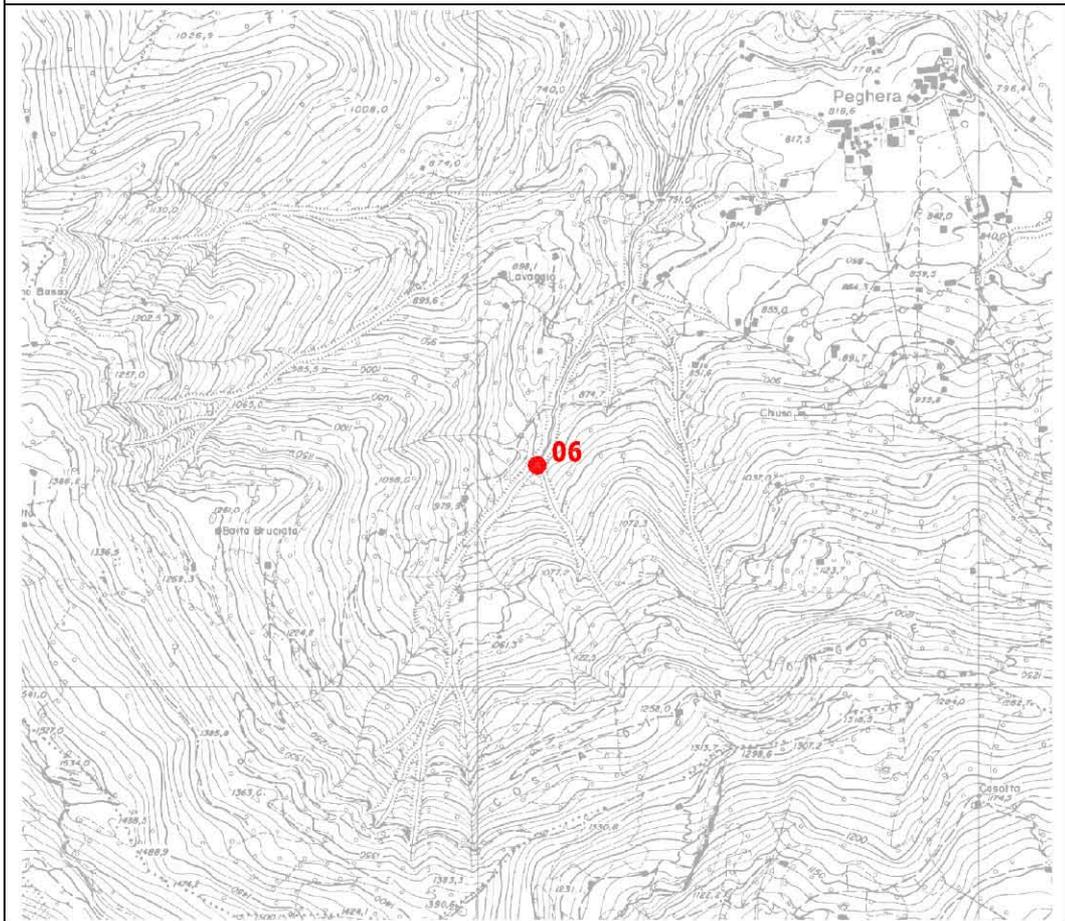
6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	



1 – DATI IDENTIFICATIVI

N. riferimento e denominazione	6 BAITA BRUCIATA	
Località	Lungo la Valle Sfrino	
Comune	Taleggio	
Provincia	Bergamo	
Sezione CTR	C4a3	
Coordinate chilometriche da CTR	Latitudine	5079444
	Longitudine	1543118
Quota (m slm)	900	

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)

2 – DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	X
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	X
Secca stagionalmente	

Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	X
Non captata	

3 – DATI CARATTERISTICI DELL’OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo	Potabile
Portata utilizzata l/s	3,5
Utilizzatore	Comune di Taleggio

4 – QUADRO GEOLOGICO

--

5 – DATI CHIMICO-FISICI

--

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA

Criteri di perimetrazione (area di rispetto)			
Geometrico	X	Idrogeologico	

