



COMUNE DI TORRE DI SANTA MARIA

PROVINCIA DI SONDRIO

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO COMUNALE

AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO GEOLOGICO

Ai sensi delle d.g.r. 22 dicembre 2005, n° 8/1566 e 28 maggio 2008, n° 8/7374 (criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 comma 1, della l.r. 11 marzo 2005 n° 12)



Tavola:	Oggetto: RELAZIONE ILLUSTRATIVA (Aggiornata in base al parere sul PGT espresso con delibera n° VIII/010367 del 21 ottobre 2009 della Giunta Regionale)
Scala:	
Data: marzo 2009	
Aggiornamento: marzo 2010	
	A cura di: Dott. Geol. Guido Merizzi Via Lungo Mallerio Diaz, 9 23100 SONDRIO Tel. 0342/514527

SOMMARIO

1.	PREMESSA	Pag. 2
2.	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICO-TECNICA E DELLA VULNERABILITÀ IDRAULICA-IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE	Pag. 4
2.1	Valutazione della pericolosità indotta dalla frana di Spriana	
2.1.1	Caratteristiche generali del dissesto e stato di attività	
2.1.2	La possibile evoluzione catastrofica della frana	
2.1.3	Considerazioni in merito al volume della frana	
2.1.4	Considerazioni in merito alle cause scatenanti del movimento franoso	
2.1.5	Le zone interessate dal collasso della frana e le relative aree a rischio	
2.1.6	Il piano di protezione civile	
2.2	Valutazione della pericolosità indotta dalle grandi frane della Val Torreggio	
2.2.1	Caratteristiche generali dei dissesti nella Val Torreggio	
2.2.2	Il sistema di monitoraggio della Valle Torreggio	
2.2.3	Evoluzione delle frane dopo l'alluvione del luglio '87	
2.2.4	Grado di pericolosità delle aree di conoide del Torreggio	
2.3	Valutazione della pericolosità nelle aree di conoide del torrente Frisigaro	
3.	ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE	Pag. 27
3.1	La pericolosità sismica di base	
3.2	La pericolosità sismica locale	
3.3	Determinazione della pericolosità sismica locale secondo le attuali norme tecniche per le costruzioni (approccio semplificato)	
3.4	Determinazione della pericolosità sismica locale in fase pianificatoria	
3.5	La pericolosità sismica degli edifici strategici e rilevanti del comune di Torre S. Maria	
4.	FASE DI VALUTAZIONE DELLO STUDIO GEOLOGICO: LE CARTE DEI VINCOLI E DI SINTESI	Pag. 44
5.	FASE DI PROPOSTA DELLO STUDIO GEOLOGICO: LA CARTA DI FATTIBILITÀ E LE NORME GEOLOGICHE DI PIANO	Pag. 47
6.	LA CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL PAI	Pag. 57

Appendice 1 - Schede di valutazione della litologia ghiaiosa e delle scarpate

Appendice 2 - Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico (art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI)

Allegato 1 - Risultati dell'indagine sismica

1. PREMESSA

La presente relazione illustra l'aggiornamento dello studio geologico eseguito per verificare la compatibilità tra le previsioni urbanistiche del nuovo PGT e le condizioni geologiche, geomorfologiche e sismiche del territorio comunale di Torre di Santa Maria.

Tale studio, finalizzato alla prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico, è richiesto e finanziato dalla legge regionale n° 12 del 11 marzo 2005 ("legge per il governo del territorio"), che sostituisce la precedente legge regionale n° 41 del 24 novembre 1997.

L'applicazione della nuova "Legge per il governo del territorio", che ha profondamente modificato gli atti che costituiscono lo strumento urbanistico comunale, ha richiesto un aggiornamento dei criteri tecnici per la redazione degli studi geologici.

I nuovi criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio sono contenuti nelle deliberazioni regionali n° 8/1566 del 22 dicembre 2005 e n° 8/7374 del 28 maggio 2008.

Le principali modifiche e integrazioni introdotte nello studio geologico dalle succitate deliberazioni riguardano:

- a) l'analisi del rischio sismico del territorio comunale;
- b) le carte di sintesi e di fattibilità, che devono essere estese all'intero territorio comunale;
- c) l'aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità, con relativa normativa, riguardo alle perimetrazioni delle fasce fluviali e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Il Comune di Torre S. Maria possiede uno studio geologico completo redatto, ai sensi della legge n° 41/97, dal Geologo Tullio Tuia nel marzo 1997 e successivamente aggiornato dallo stesso, per adeguarsi ad alcune prescrizioni regionali, nel gennaio 1999.

Con l'entrata in vigore della d.g.r. n° 7/7365 dell'11 dicembre 2001, lo studio geologico relativo al PRG è stato ulteriormente aggiornato dal geologo Angelo Tuia nell'ottobre 2002, al fine di adeguare lo strumento urbanistico al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

Purtroppo per cause del tutto accidentali, il recepimento formale nelle tavole di azionamento e nelle Norme Tecniche di Attuazione del PRG del nuovo studio geologico adeguato alla normativa PAI, è avvenuto soltanto nel giugno 2007, con opportuna variante redatta dall'Arch. Gian Andrea Maspes e dall'ing. Pietro Maspes (delibera di approvazione comunale n° 3 del 7 marzo 2008).

A causa di questo ritardo, il Comune di Torre S. Maria compare ancora nella lista dei comuni di cui alla tabella 1 dell'Allegato 13 della d.g.r. n° 8/7374 del 28 maggio 2008.

In ogni caso, poiché anche l'iter di adeguamento al PAI si può considerare finalmente concluso, lo studio geologico del territorio comunale deve ora essere ulteriormente aggiornato limitatamente ai punti a), b) e c) sopra citati.

Il comune di Torre S. Maria mi ha incaricato di proporre anche un aggiornamento al quadro del dissesto del PAI relativo alle grandi frane di Spriana e della Val Torreggio (Elaborato 2, Allegato 4.2, codici delle aree: AD-12 e AD-13). Si tratta dei cosiddetti "ambiti soggetti a vincolo di inedificabilità", individuati in seguito agli eventi alluvionali del luglio 1987 dal servizio geologico della Regione Lombardia in base all'art. 4, comma 2 della legge 102/1990 e riportati nel Piano per la difesa del suolo ed il riassetto idrogeologico della Valtellina.

Con l'approvazione del d.p.c.m. 24 maggio 2001, questi ambiti sono confluiti nell'Elaborato 2 del PAI e sono stati assoggettati ai vincoli molto restrittivi di cui all'articolo 9 delle relative Norme di Attuazione.

Ulteriori aggiornamenti di minore importanza riguardano anche le aree di fondovalle del Mallero e i conoidi di deiezione dei torrenti Venduletto, Sora e Suello che negli ultimi anni sono stati oggetto di importanti opere di difesa.

Le proposte di aggiornamento delle aree di dissesto del PAI sopra elencate sono supportate da studi di dettaglio condotti secondo le metodologie di cui agli allegati 2 - Parte II "Procedure di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio frana" della delibera regionale n° 8/1566 del 22 dicembre 2005.

Il Comune, prima dell'adozione del PGT, è tenuto ad acquisire il parere delle competenti strutture regionali, trasmettendo lo studio geologico completo (versione cartacea - con carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI in duplice copia - e informatizzata).

Il presente studio geologico, in base alla "Legge per il governo del territorio", deve essere contenuto nel **Documento di Piano** del PGT, in quanto rappresenta una componente fondamentale del quadro conoscitivo del territorio comunale e la base per le scelte pianificatorie.

Le carte di Sintesi, dei Vincoli, di Fattibilità e le relative norme geologiche di Piano devono essere contenute anche nel **Piano delle Regole** del PGT in quanto contribuiscono alla definizione della normativa d'uso del territorio.

2. VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICO-TECNICA E DELLA VULNERABILITÀ IDRAULICA-IDROGEOLOGICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Come si è affermato in premessa, Il comune di Torre S. Maria mi ha incaricato di proporre anche un aggiornamento al quadro del dissesto del PAI relativo alle grandi frane di Spriana e della Val Torreggio (Elaborato 2, Allegato 4.2, codici delle aree: AD-12 e AD-13). Si tratta dei cosiddetti “ambiti soggetti a vincolo di inedificabilità”, individuati in seguito agli eventi alluvionali del luglio 1987 dal servizio geologico della Regione Lombardia in base all’art. 4, comma 2 della legge 102/1990 e riportati nel Piano per la difesa del suolo ed il riassetto idrogeologico della Valtellina.

Con l’approvazione del d.p.c.m. 24 maggio 2001, questi ambiti sono confluiti nell’Elaborato 2 del PAI e sono stati assoggettati ai vincoli molto restrittivi di cui all’articolo 9 delle relative Norme di Attuazione.

Una parte significativa delle aree urbanizzate del territorio comunale di Torre S. Maria cadono nelle aree a rischio del PAI; in particolare, le frazioni Cagnoletti e Arquino, la strada provinciale per la Valmalenco e alcuni edifici in fregio ai torrenti Torreggio e Frisigaro.

Queste perimetrazioni avevano l’importante funzione di inserire delle norme di tutela nei territori a rischio in attesa che si eseguissero adeguate opere di difesa e studi approfonditi dei movimenti franosi.

In seguito alle conoscenze acquisite tramite un monitoraggio protratto per più di 20 anni, l’esecuzione di numerose indagini geognostiche e importanti opere di difesa, appare ora possibile proporre una nuova perimetrazione un po’ meno restrittiva.

Ulteriori aggiornamenti di minore importanza riguardano anche le aree di fondovalle del Mallero e i conoidi di deiezione dei torrenti Venduletto, Sora e Suello che negli ultimi anni sono stati oggetto di importanti opere di difesa.

Le proposte di aggiornamento delle aree di dissesto del PAI sopra elencate sono supportate da studi di dettaglio condotti secondo le metodologie di cui agli allegati 2 – Parte II “Procedure di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio frana” della delibera regionale n° 8/1566 del 22 dicembre 2005.

2.1 Valutazione della pericolosità indotta dalla frana di Spriana

I dati sul dissesto sono stati reperiti in primo luogo da ripetuti sopralluoghi sul terreno e poi dai numerosi studi di dettaglio, effettuati negli ultimi anni, che riguardano le indagini geognostiche sul corpo frana, i dati di monitoraggio, le cause del dissesto e le possibili opere di mitigazione del rischio. In particolare sono stati consultati:

- lo studio effettuato nel febbraio 1979 per conto dell'Assessorato ai Lavori Pubblici della Regione Lombardia e dalla Comunità Montana di Sondrio, redatto dai professori Andrea Cancelli, Floriano Villa e dall'ing. Franco Coffano;
- le numerose relazioni e indagini effettuate dalla società Ismes negli anni 1989-1990 per conto del Provveditorato Regionale delle Opere Pubbliche e reperiti presso il Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio;
- la pubblicazione "Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio" del 1997 redatta dai Geologi della Regione Lombardia (Sciesa E., Laffi R., Agostoni S.).
- l'articolo redatto dagli ingg. Luigi Belloni e Maurizio Gandolfo, pubblicato nel 1997 sulla rivista trimestrale dell'Ordine Nazionale dei Geologi;
- la relazione sullo stato del monitoraggio dal giugno 1998 al 2005 nell'area della frana di Spriana redatta nel maggio 2007 dal geologo Francesco Ferrarini del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio.

2.1.1 Caratteristiche generali del dissesto e stato di attività

Si tratta di un lento scivolamento gravitativo che interessa il versante sinistro della Valmalenco di fronte all'abitato di Cagnoletti (v. tavola 1A).

I limiti laterali della frana sono rappresentati dalle valli Calchera a sud e Bedoglio a nord; il tratto di versante interessato dal movimento franoso presenta una larghezza massima e media rispettivamente pari a circa 700 e 500 m.

L'unghia della superficie di scivolamento è situata intorno ai 700 m di quota dove, fino alla fine degli anni '70, era presente un allineamento di sorgenti. Questo fatto comporta che l'azione erosiva del Mallero non può condizionare la stabilità della frana in quanto la superficie di scivolamento interseca il versante almeno 100 m sopra l'alveo.

Le più importanti fratture che limitano superiormente il dissesto sono situate a circa 1170 e 1400 m s.l.m.; lesioni di minore importanza e di dubbia interpretazione sono state individuate anche a 1700÷1800 m s.l.m..

Secondo studi effettuati dall'IsmeS nel 1989 la superficie di scivolamento potenziale più profonda si situa ad una profondità media di circa 100 m dal piano campagna.

Sono coinvolti nel movimento franoso una coltre superficiale di depositi detritici, spesso da 30 a 40 m e il sottostante substrato roccioso intensamente fratturato.

In base alla profondità della ipotetica superficie di scivolamento e alla quota del coronamento (da 1400 a 1800 m s.l.m.), il volume complessivo del materiale in movimento può variare da 20 a 100 milioni di mc.

I primi movimenti importanti della frana di Spriana si verificarono nel 1912 e furono provocati dalle perdite d'acqua dalla galleria di derivazione idroelettrica Vizzola-Enel che attraversa il versante intorno ai 946 m di quota.

Questo canale a pelo libero alimenta la centrale del Mallero a Ponchiera e possiede una portata media di 1 mc/s con punte di 3 mc/s.

L'attivazione della galleria coincise con la comparsa di due sorgenti ai margini dell'abitato di Cucchi, una in zona Nord denominata sorgente " α ", l'altra in zona Sud denominata sorgente " β " (v. Tavola 1A). Nel gennaio del 1912 si ebbe lo sprofondamento di un tratto della calotta della galleria. In seguito a questi preoccupanti avvenimenti, l'11 giugno 1912 si effettuò un sopralluogo tecnico all'interno della galleria che rivelò la presenza di marcate filtrazioni d'acqua dalla calotta.

Nel periodo compreso tra il 1915 ed il 1917, in corrispondenza della sorgente " β ", si verificò una vera e propria frana, accompagnata da fratture nel terreno profonde 2 m e dalla caduta di alberi.

Meglio tardi che mai, la Vizzola S.p.A., tra il 1919 e il 1920, forse sensibilizzata da quanto successe alla diga del Gleno, realizzò una variante al tratto di galleria colabrodo lungo circa 273 m, che alimentava la sorgente β , attestandolo a maggiore profondità e in roccia. Purtroppo nulla si fece nel rimanente tratto di galleria situato più a nord e lungo circa 320 m, che probabilmente alimentava la sorgente α .

Negli anni successivi, spostamenti importanti furono segnalati in seguito a prolungati periodi di precipitazioni associati allo scioglimento delle nevi. I movimenti principali si verificarono negli anni: 1927, 1960, 1963, 1977, 1978 e 1983.

Nell'autunno del 1927, più precisamente nei mesi di settembre e novembre, quando precipitazioni molto intense provocarono l'esondazione dell'Adda e del Mallero, nella frana di Spriana si accentuò l'erosione superficiale sotto l'abitato di Cucchi in corrispondenza della sorgente " α " e si registrarono franamenti superficiali in corrispondenza delle aree 2 e 3 (v. tavola 1A). La frana 2 causò un abbassamento di circa 2 m del sentiero che conduceva alla frazione Cucchi.

Nel 1960, l'anno della famosa alluvione dell'Adda avvenuta nel mese di aprile, il

movimento franoso si espanse notevolmente, interessando gli abitati di Erta (650 m s.l.m.) e Cucchi (850 a s.l.m.). Una evidente frattura di tensione si evidenziò anche 20 m a valle della località Piazza (m 1030 s.l.m.).

Nel 1961 il Sindaco di Spriana ordinò lo sgombero degli abitati di Erta, Cucchi e Piazza, avendo rilevato una ulteriore espansione del movimento franoso.

Nel mese di novembre 1963 si verificò uno smottamento lungo il contorno della frana verso la Val Calchera, in seguito ad un periodo di piogge persistenti. Nel terreno rimase l'evidenza di un'incisione profonda circa 2 m in prossimità di Case Cucchi che coinvolse una lingua di materiale lunga circa 50 m e larga circa 10 m, estesa fino al Mallero.

Nel secondo semestre del 1977, si ebbe una notevole riattivazione della frana di Spriana con ampliamento delle nicchie di distacco situate a valle dell'abitato di Cucchi e caduta di materiale fino all'alveo del Mallero.

Queste frane superficiali (indicate nella tavola 1A con i numeri 1 e 2) erano provocate dalla presenza nel sottosuolo di una vera e propria falda freatica che alimentava una serie di sorgenti di notevole portata. Osservando la fotogrammetria della frana di Spriana, realizzata appositamente nel 1977 in scala 1:2.000, sono infatti segnalati quattro corsi d'acqua alimentati da acque sorgive.

A quell'epoca il coronamento della frana era evidenziato da una fenditura ubicata a quota 1165 m s.l.m., che attraversava il versante tra le Valli Calchera e Bedoglio.

In questo periodo di forti movimenti, si installarono 43 capisaldi nell'area di frana, misurando i loro spostamenti con cadenza settimanale. Si misurarono velocità di spostamento medie variabili da 7 a 40 cm/anno con valori massimi che oscillavano da 150 a 300 cm/anno.

Nei mesi di gennaio e febbraio 1978 il movimento franoso subì un brusco rallentamento in corrispondenza del periodo di innevamento del versante, ma anche in concomitanza con i lavori di impermeabilizzazione del canale di derivazione.

L'esecuzione di misure di portata a monte e a valle dell'attraversamento in frana portarono infatti alla scoperta di stillicidi di acqua ed allagamenti del sottofondo della galleria. Per questo motivo si rinnovò con grande velocità il rivestimento di base, procedendo ad una completa impermeabilizzazione estesa anche all'esterno della zona di frana. Per tutta la durata dei lavori, la galleria Vizzola-Enel rimase priva di acqua (notizie tratte dalla relazione di Cancelli-Villa-Coffano).

Nei mesi successivi, fino ad agosto 1978, si ebbe la ripresa del fenomeno, ad una velocità che però era circa la metà di quella relativa al semestre precedente.

Nel mese di luglio 1978 il movimento franoso si estese ulteriormente verso monte con la comparsa di una seconda frattura sommitale intorno ai 1400 m di quota.

Da allora i movimenti della frana furono modesti e in progressiva attenuazione, ad eccezione di un piccolo e breve colpo di coda nel maggio 1983, quando precipitazioni prolungate e intense provocarono frane in tutta la Valtellina.

Dal 1983 la frana di Spriana si trova in condizioni quiescenti.

Durante l'alluvione del luglio 1987, caratterizzata da un lungo periodo di intensissime precipitazioni che produsse dissesti molto più gravi di quelli avvenuti nel 1983, non si ebbero movimenti significativi. La stessa situazione si verificò anche durante i più recenti eventi alluvionali di minore importanza avvenuti nell'autunno 2000, novembre 2002 e luglio 2008. E' interessante costatare che l'autunno 2000 e l'inverno 2000-2001 furono caratterizzati da precipitazioni liquide e nevose del tutto eccezionali, che riattivarono tutte le grandi frane della Valtellina (Torreggio, Pruna, Ruinon, Monte Pidocchio...). Nella frana di Spriana gli unici eventi degni di nota furono la formazione di una colata di detriti che interessò l'alveo del torrente Bedoglio e ostruì la strada di accesso alla frana nonché un discreto ampliamento verso monte dell'area di frana n° 4. Questo dissesto sembra sia causato da una deviazione anomala delle acque provenienti dalla valle di Bedoglio il cui alveo, a monte della strada appena citata (m 935 s.l.m.) risulta completamente ostruito dal materiale trasportato da colate di detrito.

Secondo lo studio effettuato dal geologo Francesco Ferrarini del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio nel maggio 2007, gli spostamenti maggiori nel corpo frana, avvenuti durante l'evento alluvionale di novembre 2000, variano da 5÷8 cm/anno per le fratture superficiali a 0,5÷2,0 cm/anno lungo i piani di scivolamento profondi.

Si tratta di velocità per nulla preoccupanti, che confrontate con le soglie di allarme risultano centinaia di volte più basse. Ad esempio, per superare la soglia di allerta per gli estensimetri a filo, si dovrebbe registrare una velocità di spostamento pari a 7,2 cm in 24 ore: **in pratica il massimo movimento misurato nell'arco di tempo di un anno dovrebbe realizzarsi solamente in 24 ore.**

Per capire le ragioni della attuale fase di stabilità della frana che si protrae da più di 25 anni indipendentemente da eventi meteorici di eccezionale entità, è importante tenere presente che dopo i lavori di impermeabilizzazione del canale di derivazione Vizzola-Enel, la vasta area sorgentizia, situata a valle dell'abitato di Cucchi tra le quote 750÷770 m s.l.m., subì un graduale prosciugamento. Già negli studi

effettuati dall'Ismes del 1989 sia la falda freatica misurata nei piezometri che la corrispondente area sorgentizia, erano segnalate almeno 20 m più in basso rispetto alla posizione indicata da Cancelli-Villa nel 1978 (v. sezione tavola 1A). Attualmente sorgenti importanti si notano solo a quote molto basse: a valle dell'abitato di Erta tra i 600+620 m s.l.m. e a valle della frana n° 1, una trentina di metri sopra l'alveo del Mallero (m 580 s.l.m.).

Il forte abbassamento della falda freatica nel corpo frana per ragioni indipendenti dalle precipitazioni meteoriche è sicuramente la causa primaria dell'attuale fase di inattività del dissesto.

2.1.2 La possibile evoluzione catastrofica della frana

Una possibile (ma non l'unica e tanto meno la più probabile) evoluzione futura del movimento franoso consiste nella lenta e progressiva perdita di resistenza del materiale in movimento fino a culminare in un collasso generale del versante. Si formerebbe in questo modo una valanga di roccia simile alla frana di Val Pola.

In tal caso una massa enorme di materiale (diversi milioni di metri cubi) ostruirebbe l'alveo del Mallero, creando una diga in terra alta più di 100 m.

A monte della diga si formerà un lago che sommergerà il fondovalle fino all'isoipsa di quota 700 m s.l.m..

La successiva tracimazione del Mallero comporterà il collasso della diga e quindi la formazione di un'onda di piena in grado di distruggere o danneggiare gravemente la frazione Arquino e una parte della città di Sondrio.

Per evitare questa possibile catastrofe è stato realizzato, su commissione del Ministero dei Lavori Pubblici, il tunnel di by-pass che ha la funzione di impedire la formazione di un lago in caso di caduta della frana di Spriana. L'imbocco della galleria è situato di fronte alla valle Scilironi, circa 130 m a monte del previsto accumulo di frana.

A questo riguardo va detto che in base allo studio effettuato dall'ISMES nel 1989, la caduta della frana di Spriana potrebbe comportare, nell'ipotesi più pessimistica (impatto di 100 milioni di mc di materiale su un piccolo invaso preesistente), la formazione di un accumulo esteso verso monte fin quasi la località Prato.

In questo caso l'imbocco del tunnel di by-pass verrebbe distrutto e il fondovalle allagato fino al paese di Torre S. Maria. La conseguente tracimazione del lago comporterebbe la formazione di una breccia nello sbarramento in terra e il rilascio di grandi portate. Secondo il modello fisico-matematico elaborato dall'ISMES si

raggiungerebbero portate di picco pari a 5.500 mc/s. La frazione di Arquino e buona parte della città di Sondrio verrebbero distrutte o gravemente danneggiate.

2.1.3 Considerazioni in merito al volume della frana

Secondo lo studio Cancelli-Villa-Coffano realizzato nel 1979, la frana di Spriana può coinvolgere un volume massimo di materiale pari a 20 milioni di mc. Il coronamento della frana è posizionato intorno a quota 1400 m s.l.m., dove esiste una evidente frattura di tensione. Il piano di scivolamento si trova ad una profondità media pari a circa 70 m con valori massimi intorno a 80 m nel centro della frana ed è segnalato a questa profondità da evidenti deformazioni nei tubi inclinometrici nonché da un netto cambiamento delle caratteristiche meccaniche della roccia.

In superficie il perimetro della frana è delimitato da fratture osservabili sul terreno e comprende tutti i capisaldi che hanno subito movimenti più o meno importanti.

Studi di dettaglio effettuati dall'Ismes nel 1989, sulla scorta di approfondite indagini geognostiche, prevedono una volumetria della frana molto maggiore, fino a 100 milioni di mc. Il piano di scivolamento si troverebbe ad una profondità media superiore a 100 m e si estenderebbe verso monte fino ad intersecare il crinale spartiacque con la Val di Tegno, posto a 1700+2000 m di quota (la posizione di questo piano di scivolamento potenziale è riportata nella sezione geologica interpretativa della tavola 1A).

Questa ipotesi alquanto catastrofista, che comporterebbe tra l'altro lo spostamento verso monte dell'attuale imbocco del tunnel di by-pass con ulteriori ed enormi spese di denaro pubblico, sarebbe supportata principalmente dai dati geognostici ottenuti analizzando un cunicolo esplorativo eseguito nei mesi di giugno-novembre 1989 nella zona centrale del pendio in frana, a quota 1041m presso la località Case Piazza. Questo cunicolo disposto quasi orizzontalmente, orientato circa N80°E, lungo complessivamente 150 m e ampio alla base 3,2 m, è stato realizzato al fine di individuare la posizione delle eventuali superfici di scivolamento, indagare lo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso e definirne l'assetto strutturale in profondità.

Nel cunicolo esplorativo sono state individuate tre distinte formazioni litologiche: la prima, dalla progr. 0 m alla progr. 35.6 m, in detrito, la seconda dalla progr. 35.6 m fino alla progr. 145 m, in roccia molto fratturata, la terza, dalla progr. 145 m alla progr. 150 m, in roccia di buona qualità.

Dal punto di vista litologico sia la parte in detrito che l'ammasso roccioso sono risultati

omogenei e in particolare costituiti da gneiss minuti e micascisti appartenenti alla formazione degli Gneiss di Monte Canale.

Il passaggio tra lo strato di roccia fratturata, che si estende fino alla progressiva 145, e quello sottostante di roccia sana è segnalato da due grosse faglie orientate a franapoggio con inclinazione di 30 e 80°. La prima delle due è caratterizzata da un riempimento di spessore metrico con evidenze di un movimento verso valle.

Nel substrato roccioso fratturato sono stati individuati i seguenti sistemi di discontinuità principali:

Sistema	Immersione	Inclinazione
K9	030°	80°
K9	200÷230°	80°
K1a	060÷090°	85°
K1a	245÷270°	85°
K4	175° (355°)	80÷90°

Sono inoltre stati individuati altri sistemi di minor importanza, cioè presenti solo localmente e con minor frequenza lungo il cunicolo:

K1b: 270°/75°, K2: 120°/40°, K3: 065/50, K7: 245°/60; K8: 150÷170/35;

Il tratto di cunicolo compreso tra le progressive 35 e 145 m è inoltre caratterizzato dalla presenza di numerose faglie. In particolare se ne segnalano 3 di maggiore importanza: una subverticale con direzione N125°, presente tra le progressive 56 e 78 m circa, una con giacitura 260°/25÷35°, presente tra le progressive 132 e 141,5 m e infine una con giacitura 240÷250°/70°÷90°, presente tra le progressive 141,5 e 145 m. Tutte e tre le faglie sono caratterizzate da un riempimento cataclastico-argilloso di spessore notevole (1-3 m).

Secondo l'Ismes, i dati geognostici ottenuti dall'analisi strutturale del cunicolo esplorativo dimostrano chiaramente che il piano di scivolamento della frana si trova tra le progressive 132 e 142 m e quindi in corrispondenza della faglia orientata a franapoggio che separa la roccia fratturata da quella sana. Per questo motivo, lo spessore verticale della coltre roccioso-detritica instabile dovrebbe raggiungere valori di almeno 100 m e quindi il volume della frana aumenterebbe considerevolmente rispetto a quanto previsto dagli studi precedenti.

Personalmente non condivido affatto l'ipotesi fatta dall'Ismes in merito all'estensione e alla volumetria della frana, per le seguenti ragioni:

- 1) il cunicolo esplorativo possiede un orientamento sorprendentemente obliquo rispetto al versante, per cui gli**

- spessori misurati della coltre rocciosa instabile sono marcatamente superiori a quelli reali. In particolare il cunicolo ha un orientamento N80E, mentre la linea di massima pendenza del versante è orientata a N48°E e la direzione media di movimento dei capisaldi in frana è pari a N40°E: tra la direzione del cunicolo e la direzione di movimento della frana esiste quindi un angolo variabile da 32° a 40°. Proiettando il cunicolo nella direzione di movimento della frana o perpendicolarmente al versante, si ottengono spessori verticali di materiale instabile compresi tra 71 m e 84 m, quindi compatibili con l'ipotesi fatta da Cancelli-Villa.
- 2) il piano di scivolamento è fatto passare arbitrariamente appena sotto la quota massima raggiunta dai sondaggi geognostici e quindi entro un substrato roccioso parzialmente fratturato di cui non si conoscono le caratteristiche meccaniche e non è provata l'esistenza di evidenti superfici di taglio attive.
 - 3) Non è chiaro come si possa raggiungere una volumetria di 70 o addirittura 100 milioni di metri cubi in base alla posizione del piano di scivolamento riportato nelle sezioni interpretative disponibili e ipotizzando il coronamento della frana alla quota dell'Alpe Costa di Val di Tegno (m 1700 s.l.m.). Moltiplicando la sezione verticale passante per il centro della frana (che possiede una superficie pari 108.000 mq.) per la distanza media tra le Valli Calchera e Bedoglio (circa 500 m), si ottiene una volumetria massima pari a 54 milioni di mc. Si tratta di un calcolo speditivo, ma senza altro notevolmente approssimato per eccesso.
 - 4) in superficie, il perimetro di questo dissesto potenziale non è delimitato da fratture attive individuabili sul terreno e comprende vaste aree dove la strumentazione di monitoraggio non ha segnalato movimenti.

Si ritiene quindi molto più ragionevole e meglio documentata dai dati di sottosuolo e di superficie, l'ipotesi formulata dallo studio Cancelli-Villa-Coffano, secondo cui la frana di Spriana possiede una volumetria massima non superiore a 20 milioni di mc.

2.1.4 Considerazioni in merito alle cause scatenanti del movimento franoso

Analizzando la storia del dissesto esposta nel paragrafo 3.1.1, appare chiaro l'effetto negativo sulla stabilità del versante esercitato dal canale di derivazione idroelettrica dell'Enel.

Le perdite d'acqua da questa opera idraulica non sono state certamente l'unica causa importante, ma con ogni probabilità hanno innescato o accentuato il movimento franoso.

A pagina 8 della relazione dei proff. A.J. Hendron e F.D. Patton datata settembre 1989, (consulenti insieme al prof. P. Lunardi e all'Ismes, della Riunione Temporanea delle Imprese Cogefar-Cariboni, incaricata dal Ministero dei Lavori Pubblici di definire gli studi, le indagini, la progettazione esecutiva delle opere ritenute necessarie per la salvaguardia degli abitati minacciati dalla frana di Spriana), si segnala la necessità di riposizionare a maggiore profondità il tunnel dell'Enel in modo tale che non possa influenzare negativamente la stabilità del versante. Secondo questi professori l'attuale tunnel poteva essere utilizzato come canale di drenaggio delle acque sotterranee, svolgendo così un ruolo importante nel consolidare il dissesto.

Si tratta di un'opera quanto mai ovvia e di primaria importanza, soprattutto nell'ipotesi, formulata dall'Ismes, che il materiale instabile abbia uno spessore superiore a 100 m e quindi comprenda in pieno la galleria di derivazione (v. sezione geologica della tavola 1A).

Movimenti anche lentissimi di questo materiale verso valle provocheranno prima o poi nuove fessurazioni nella galleria e quindi una ulteriore riattivazione della frana.

Oltretutto non si può escludere che lo spostamento a maggiori profondità della galleria possa considerarsi un'opera risolutiva e rendere quasi superfluo l'esecuzione del tunnel di by-pass.

2.1.5 Le zone interessate dal collasso della frana e le relative aree a rischio

Le aree a rischio sono state delimitate ipotizzando che un eventuale collasso della frana di Spriana possa dar luogo ad una valanga di roccia di volumetria non superiore a 20 milioni di mc.

Per definire il grado di pericolosità delle aree potenzialmente interessate dal movimento franoso, si è fatto riferimento alla metodologia esposta nell'allegato 2 della delibera regionale n° 8/1566 del 22 dicembre 2005, con particolare riguardo alla parte che tratta dei crolli in massa (paragrafo 2.2.1.2).

Come disciplinato dalla direttiva regionale, le distanze massime raggiungibili e le relative aree di espansione dell'accumulo si possono determinare utilizzando tre differenti modelli di caduta della frana, che conducono alla definizione di tre zone a pericolosità relativa decrescenti (H4, H3, H2). Tra le possibili metodologie, si è scelto il modello fisico elaborato dall'Ismes nel 1989 e i modelli empirici di Tianchi (1983) e Schiedegger (1973).

Le zone a maggiore pericolosità (H4), che si ottengono utilizzando la metodologia meno conservativa, occupano le aree di accumulo previste dal modello fisico predisposto dall'Ismes.

Questo modello è stato realizzato con lo scopo di fornire indicazioni sperimentali in merito alla distribuzione geometrica dell'accumulo in caso di collasso generalizzato della frana di Spriana con un cinematismo di valanga di roccia.

Sono state eseguite dodici prove in centrifuga su un modello fisico in scala ridotta. La geometria del versante instabile, del fondovalle e del versante opposto, sono stati riprodotti in scala 1:4.000, mentre la massa instabile è stata simulata con sabbia. Sono state usate sabbie secche con caratteristiche attritive diverse, comprese nell'intorno dei valori dei coefficienti di attrito apparenti in grado di descrivere, secondo Scheidegger, gli effetti finali di grandi frane in roccia.

Si è assunto una volumetria del materiale franato pari a 20 milioni di metri cubi.

Le prove hanno consentito di determinare l'area di invasione del detrito sul fondovalle per il volume imposto di detrito mobilitabile e per le caratteristiche geometriche e meccaniche fissate. I limiti dell'accumulo riportati nella carta della pericolosità si riferiscono alle prove più cautelative, effettuate utilizzando sabbie con angoli di attrito interno e sulla superficie di scivolamento rispettivamente pari a 28 e 24 gradi.

La corsa assiale massima **R**, ossia la distanza orizzontale massima percorsa dalla frana nella direzione dell'asse del movimento, misurata dal **baricentro** della nicchia di distacco fino all'estremo più lontano della zona di accumulo, è risultata pari a circa 820 m, mentre l'espansione laterale dell'accumulo **S**, cioè la dimensione massima dell'area di invasione del materiale nel fondovalle, misurata nella direzione normale a quella della corsa assiale massima, è risultata pari a circa 1500 m. Il loro rapporto vale quindi 0,55.

Le zone a pericolosità intermedia (H3), esterne alle zone H4, si estendono fino ai limiti dell'accumulo previsto utilizzando il metodo empirico di Tianchi; le zone a bassa pericolosità (H2), esterne alle zone H3, si estendono invece fino ai limiti dell'accumulo previsto utilizzando il metodo empirico di Schiedegger.

Secondo Tianchi e Schiedegger una stima della massima distanza percorsa dal materiale in caso di collasso di una frana, si può ottenere da formule empiriche, che si fondano sul fatto che in una frana la somma tra il lavoro eseguito dalla forza peso e il lavoro eseguito dalle forze di attrito è uguale a zero.

Per un volume di frana inferiore a circa 100.000 mc, il rapporto tra il massimo dislivello H percorso dal materiale di frana e la relativa distanza planimetrica L è pressappoco uguale al coefficiente di attrito del materiale. In termini matematici:

$$\frac{H}{L} = \tan(\alpha) = \tan(\phi)$$

dove alfa è l'inclinazione media, espressa in gradi, della congiungente tra il punto più alto del distacco e il punto più lontano raggiunto dal materiale; ϕ è l'angolo di attrito del materiale. Per un volume superiore a 100.0000 mc, la distanza percorsa dalla frana aumenta in quanto l'aria, intrappolata nel materiale in movimento, entra in pressione e forma un "cuscino d'aria" che riduce l'attrito col suolo. In tal caso Tianchi e Schiedegger propongono le seguenti formule:

$$\log_{10}(\tan \alpha) = 0,624 - 0,157 \cdot \log_{10} V \quad (\text{Tianchi})$$

$$\log_{10}(\tan \alpha) = 0,664 - 0,153 \cdot \log_{10} V \quad (\text{Scheidegger})$$

dove alfa è **in questo caso** l'inclinazione media, espressa in gradi, della congiungente **tra il baricentro della nicchia di distacco** e il punto più lontano raggiunto dal materiale; V è il volume della frana.

Nella tabella sottostante sono esposti i risultati che si ottengono applicando le due formule empiriche succitate, tenuto conto che il baricentro della frana di Spriana si colloca grosso modo a quota 1120 m e che la zona di arresto più lontana dalla nicchia si trova sul versante opposto, intorno a 690 m s.l.m. (zona ristorante Valdona - Cagnoletti). Per definire l'espansione laterale si è ipotizzato che il rapporto tra la corsa assiale massima **R** e l'espansione laterale massima **S**, fosse grosso modo simile a quello ottenuto con il modello fisico dell'Ismes e cioè pari a 0,55.

	Quota baricentro (m s.l.m.)	Quota min. (m s.l.m.)	Angolo di attrito app. (gradi)	Espansione laterale S (m)	Corsa assiale massima R (m)
Tianchi	1020	690	18,6	1780	981
Scheidegger	1020	690	16,0	1910	1051

I risultati della valutazione della pericolosità della frana di Spriana sono esposti sulla carta omonima (tavola 1B). I limiti sono tracciati tenendo anche conto della morfologia del territorio. La pericolosità preliminare ottenuta con questa procedura non è stata aumentata o diminuita di una unità in quanto la frana di Spriana si trova in condizioni quiescenti. Si è invece attribuito una pericolosità H5 ai dissesti superficiali ancora attivi presenti nel corpo frana (aree 1, 2, 4).

Per ragioni di chiarezza, nel realizzare questa carta non si è tenuto conto della pericolosità indotta da altri dissesti o dai corsi d'acqua (Mallero, Calchera e Bedoglio). Di quest'ultimi si è ovviamente tenuto conto nella redazione delle carte di sintesi, dei dissesti con legenda uniformata a quella del PAI e di fattibilità.

2.1.6 Il piano di protezione civile

Il Piano provinciale per il coordinamento delle operazioni di soccorso in caso di pubbliche calamità, contiene un Piano particolareggiato dedicato alla frana di Spriana redatto dalla Prefettura di Sondrio nel 1990 e successivamente aggiornato nel 1997.

In questo Piano particolareggiato sono allegare delle cartografie in scala 1:10.000 realizzate dall'Ismes nel 1990, che riportano le aree interessate in caso di collasso della frana di Spriana. Secondo l'ipotesi più catastrofista, la caduta di una valanga di roccia di 70 milioni di metri cubi con formazione di un bacino a monte del corpo frana, verrebbero devastate dall'accumulo le aree situate sul versante destro della Valmalenco fino all'isoipsa di quota 950 m s.l.m. e in particolare le località Arquino Cagnoletti, Valdona, l'impianto di depurazione della Valmalenco, Scilironi e Prato. L'attuale imbocco del tunnel di by-pass verrebbe ostruito o distrutto e quindi non potrebbe funzionare. A monte della frana, si svilupperebbe un lago fino all'isoipsa di quota 700 m s.l.m. che però, per un possibile "effetto Vajont" provocato dalla caduta di altro materiale nel bacino lacustre, potrebbe raggiungere l'isoipsa di quota 780, interessando così le località Spriana, Tornadù e Torre S. Maria (v. cartografia di sintesi e di fattibilità).

Il Piano prevede tre **modalità** di l'allertamento degli organismi interessati dall'evento, precisamente:

1) lo stato di "**preallarme uno**" è riservato ai soli tecnici gestori del sistema di

rilevamento, senza rilevanza all'esterno, i quali in tal modo, si attivano ad ogni segnale di situazione anomala. Tale misura di preallarme, peraltro alquanto frequente, indica ai responsabili la necessità di seguire collegialmente e da vicino l'evoluzione del fenomeno segnalato dagli strumenti; qualora si verificasse il superamento delle soglie previste, il Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio (Arpa Lombardia), ne darà immediata notizia alla Prefettura come precisato nei punti 2 e 3.

- 2) lo stato di **"preallarme due"** indica appunto l'evoluzione negativa del fenomeno e, qualora disponibile, l'eventuale margine di tempo cautelativo e orientativo a disposizione per l'attuazione dei provvedimenti cautelativi pianificati. La segnalazione verrà inoltrata alla Prefettura a cura del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio (Arpa Lombardia). Il "preallarme due" verrà diramato agli organismi interessati agli interventi al solo scopo di attivare le predisposizioni pianificate, senza che, almeno inizialmente, non sia necessario allertare la popolazione. In effetti è possibile che a tale prima segnalazione possa seguirne una seconda di cessato pericolo; se invece seguirà una segnalazione di aggravamento della situazione, si passerà allo stato di **"allarme"**.
- 3) lo stato di **"allarme"**; indica una situazione di imminente grave pericolo e viene anche esso trasmesso dal Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio (Arpa Lombardia) alla Prefettura, con modalità analoghe a quelle dello stato di "preallarme due", all'atto del superamento delle relative soglie di rischio.

Appena ricevuta la segnalazione di **"preallarme due"** o di **"allarme"** la prefettura provvederà all'ulteriore diramazione della stessa, ai numerosi organi interessati tra cui i **Sindaci di Sondrio, Spriana e di Torre S. Maria**.

In caso di **"allarme"** il comune di Torre S. Maria dovrà attuare il proprio piano di evacuazione delle località interessate tenendo conto che le vie di fuga della popolazione dovranno essere verso nord (Chiesa, Caspoggio, Lanzada) in quanto un esodo verso sud appesantirebbe i problemi della città di Sondrio, già impegnata nella medesima operazione.

Il Piano consiglia inoltre di far affluire da Chiesa gli autopulman della Società Autotrasporti Sondrio-Chiesa per il deflusso delle persone non munite di mezzo proprio, e le autotambanze della C.R.I., stanziate a Chiesa, per il trasporto degli infermi e degli inabili. A corredo del Piano, il Comune dovrà approntare, affiggere ed eventualmente distribuire alle singole famiglie tutte le predisposizioni pianificate nonché le modalità per segnalare lo stato di pericolo (sirene, campane a martello, ecc.) e ciò indipendentemente dalle comunicazioni radio e TV locali attivate dalla Prefettura. Di seguito si riportano le attuali soglie di allarme per la frana di Spriana, tratte dalla

relazione del geologo Ferrarini del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio. In funzione della tipologia di strumento di riferimento si distinguono:

Valori soglia per distometri ed estensimetri

- a) Preallerta: 36 mm in 24 h (1,5 mm/h)
- b) Allerta: 72 mm in 24 h (3,0 mm/h)
- c) Allarme: 108 mm in 24 h (4.5 mm/h)

Valori soglia per inclinometri automatici e manuali

- a) Preallerta: 2,16 gradi in 24 h (0,09 mm/h)
- b) Allerta: 4,08 gradi in 24 h (0,17 mm/h)
- c) Allarme: 6,24 gradi in 24 h (0,26 mm/h)

Valori soglia per dati meteorologici

	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Preallerta (mm)	38	50	70	87
Allerta (mm)	50	68	93	115
Allarme (mm)	55	73	100	125

Negli ultimi 20 anni, dal 1988 al 2008, si è verificato soltanto il superamento delle soglie relative alla strumentazione idrometeorologica e unicamente in 2 occasioni: 27 giugno 1997 e 16 novembre 2002.

2.2 Valutazione della pericolosità indotta dalle grandi frane della Val Torreggio

Le caratteristiche delle frane della Val Torreggio, di seguito esposte in modo molto sintetico, sono state desunte consultando gli studi effettuati negli ultimi anni, che si avvalgono di approfondite indagini geognostiche e da una cospicua mole di dati di monitoraggio. In particolare sono stati esaminati:

- la pubblicazione “Sistemi di monitoraggio nell’area della Val Torreggio – Valmalenco (SO)” del 1991 redatta dai Geologi della Regione Lombardia (Ceriani M., Fossati D., Laffi R. & Tavelli M.S.);
- la pubblicazione “Centri abitati instabili della Provincia di Sondrio” del 1997 redatta dai Geologi della Regione Lombardia (Sciesa E., Laffi R., Agostoni S.);
- il progetto definitivo di “**Riassetto idrogeologico e mitigazione dei rischi naturali presenti in Val Torreggio**” commissionato dalla Regione Lombardia e redatto dal geologo Lamberto Griffini e dall’ing. Alessandro Paoletti nel dicembre 2006;
- la relazione sullo stato del monitoraggio dal giugno 1998 al 2005 “nell’area di dissesto della Val Torreggio in Comune di Torre S. Maria (SO)”, redatta nel marzo 2007 dal geologo Francesco Ferrarini del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio.

2.2.1 Caratteristiche generali dei dissesti della Val Torreggio

In seguito agli eventi alluvionali del luglio 1987, il principale settore della Val Torreggio interessato da movimenti franosi, è stato suddiviso in quattro zone denominate **A, B, C, e D** (v. tavola 1C).

La **zona A** è situata in destra idrografica, tra l’isoipsa di quota 1600 e l’alveo del Torreggio. Lateralmente è delimitata dal torrente Arcogliasco e dal crinale spartiacque con la Valmalenco. In questa zona il versante possiede una inclinazione non particolarmente elevata (in media vicina a 36°) mentre le rocce affioranti, che appartengono alla Formazione degli Gneiss del Monte Canale, risultano intensamente fratturate per ragioni tettoniche e gravitative. Spesso si evidenziano fenomeni di “uncinamento” dei piani di scistosità.

I depositi di copertura, che sono rappresentati da sedimenti glaciali frammisti ad accumuli di frana, raggiungono spessori molto elevati in prossimità del fondovalle.

Nella zona A è presente una grande paleofrana di volumetria complessiva superiore ad alcuni milioni di mc, che si è riattivata durante l'alluvione del luglio 1987. A quell'epoca una massa roccioso-detritica, stimata in circa 1,5 milioni di mc, che costituiva una vasta porzione dell'accumulo della paleofrana, franò a valle a seguito dell'erosione al piede del versante esercitata dal Torreggio, provocando un temporaneo sbarramento dell'alveo. La successiva colata di fango e detriti generata dal collasso della diga temporanea, provocò la distruzione di alcune abitazioni e di due ponti situati nel paese di Torre S. Maria.

Nel settore più orientale della zona A (ex zona E), nei mesi di giugno 1988 e aprile 1989, si verificò un ulteriore frana per erosione al piede, ma di minori dimensioni: lungo il versante si aprirono una serie di fratture che interessavano la coltre detritica superficiale e isolavano una massa di materiale detritico instabile di volumetria pari a 250.000 mc.

La zona B si colloca in sinistra orografica del Torreggio, tra le località Ciappanico e l'Alpe Son. E' rappresentata dall'accumulo di una grande paleofrana che si è staccata dalle pendici della Rocca Castellaccio, probabilmente subito dopo il ritiro dei ghiacciai wurmiani. L'erosione al piede operata dal Torreggio durante l'alluvione del 1987 innescò un lento ma continuo movimento verso valle della porzione di accumulo situata sotto l'isoipsa di quota 1250, dove è presente una marcata frattura di tensione. Si è stimato che questa massa roccioso detritica in movimento abbia una volumetria pari a 2,6 milioni di mc. Il piano di scivolamento si troverebbe a circa 25÷27 m di profondità entro sottili livelli limoso-argillosi di origine fluvioglaciale.

La zona C occupa il versante destro idrografico del Torreggio di fronte all'Alpe Son. Possiede le medesime caratteristiche geologiche e morfologiche della zona A e si estende dal piede del versante fin quasi al maggengo dei Piasci (q. 1600 m s.l.m.). Durante l'alluvione del 1987 questa zona fu interessata da colate detritiche superficiali e da fenomeni erosivi al piede del versante accompagnati da lacerazioni della copertura detritica superficiale.

La zona D occupa il versante sinistro idrografico del Torreggio a valle dell'Alpe Son. Durante l'alluvione del luglio 1987, l'erosione al piede operata dal Torreggio provocò una serie di piccole frane accompagnate da fratture di tensione nella coltre detritica

superficiale. Questi dissesti possiedono una volumetria complessiva modesta, inferiore a poche migliaia di mc.

2.2.2 Il sistema di monitoraggio della Val Torreggio

Le quattro zone di frana A, B, C e D della Val Torreggio sono tenute sotto controllo mediante un complesso sistema di monitoraggio gestito dal Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio. La strumentazione attualmente attiva, che è stata in gran parte installata dalla società ISMES subito dopo l'alluvione del 1987, è costituita da:

- 9 estensimetri superficiali automatizzati che inviano dati a cadenza semioraria al Centro Monitoraggio;
- 19 basi distometriche manuali che vengono misurate 6 volte all'anno;
- 3 tubi inclinometrici a misura manuale che vengono misurati con cadenza semestrale;
- una rete topografica composta da 2 maser e 9 mire ottiche (6 in zona A e 3 in zona B);
- una rete GPS composta da un master e 4 capisaldi misurata una volta all'anno;
- una rete piezometrica composta da un piezometro automatico e 9 tubi piezometrici a lettura manuale;
- una stazione meteorologica, composta da termometro, pluviometro, barometro e nevometro, che invia i dati al Centro Monitoraggio ogni mezz'ora.

Di seguito si riportano le soglie di allarme adottate per le frane della Val Torreggio, tratte dalla relazione del geologo Ferrarini del Centro Monitoraggio Geologico di Sondrio. In funzione della tipologia di strumento di riferimento si distinguono:

Valori soglia per distometri ed estensimetri

a) Preallerta: 36 mm in 24 h (1,5 mm/h)

b) Allerta: 72 mm in 24 h (3,0 mm/h)

Valori soglia per inclinometri automatici e manuali

a) Preallerta: 2,06 gradi in 24 h (0,086 mm/h)

b) Allerta: 4,128 gradi in 24 h (0,172 mm/h)

2.2.3 Evoluzione delle frane dopo l'alluvione del luglio '87

Frana A

Negli anni successivi all'evento alluvionale del luglio 1987, si registrò un lento scivolamento della porzione di versante situata immediatamente a monte della nicchia di distacco. Le basi E1/A ed E5/A ubicate una ottantina di metri sopra l'attuale coronamento hanno registrato movimenti superiori a 110 mm all'anno nel corso degli anni '90÷'92, 100 mm/anno nel 2000 e fino a 70 mm/anno nel 2002.

Dal 1988 al 2001 il settore centrale del coronamento subì un arretramento verso monte di oltre 100 m (da quota 1430 a quota 1530 m s.l.m.).

Durante le precipitazioni meteoriche si sono verificati frequenti distacchi di massi e colate di fango e detriti che talora raggiunsero l'alveo del Torreggio.

L'erosione al piede operata dal Torreggio provocò franamenti localizzati dell'accumulo di frana che alimentarono in modo considerevole il trasporto solido del corso d'acqua.

Tali fenomeni si sono manifestati soprattutto durante il disgelo e nei periodi caratterizzati da precipitazioni molto intense (autunno 2000, novembre 2002, luglio 2008).

Il movimento franoso di minori dimensioni ubicato nel settore più orientale della zona A subì un movimento particolarmente importante nel 1991 e nel 1992. Gli estensimetri a filo ubicati lungo le fratture (E7/A) misurarono velocità di movimento fino a 200 cm/anno.

Quest'ultimo dissesto, che era particolarmente pericoloso in quanto poteva ostruire l'alveo del Torreggio e provocare una diversione del corso d'acqua, è stato oggetto di numerose opere di consolidamento al piede e attualmente si trova in condizioni quiescenti.

Zona B

La frana B si mosse in modo significativo a partire dal mese di settembre 1993 quando, a fronte di un periodo particolarmente piovoso, gli spostamenti misurati in corrispondenza delle Baite Masoni superarono le previste soglie di allarme. Ad esempio l'estensimetro E2/B registrò nel 1993 una variazione complessiva di 450 cm, di cui 290 cm nel solo mese di ottobre.

In questo periodo le baite della località Masoni furono interessate da vistose fessurazioni accompagnate da una rotazione verso monte dei muri perimetrali.

Se si confrontano le cartografie in scala 1:2000 del 1988 e del 2001, si nota chiaramente che le baite Masoni risultano spostate di almeno 16 m verso valle.

Sempre nel 1993 si è constatato che il dissesto si estendeva anche a monte dell'isoipsa di quota 1250: una lunga e continua frattura di tensione attiva fu infatti individuata in corrispondenza del margine sinistro della paleofrana fino alle pendici rocciose della Rocca Castellaccio (m 1565 s.l.m.), dove la fenditura piegava bruscamente verso l'Alpe Son perdendosi nel detrito. Le nuove misure distometriche effettuate lungo la frattura (E21, E22, E23) fecero registrare movimenti compresi tra 220 a 500 cm nei soli mesi di ottobre÷dicembre 1993.

Negli anni successivi al 1993 gli spostamenti della frana B si attenuarono progressivamente. Una sensibile ripresa dei movimenti si ebbe negli anni 2000 e 2002 in occasione di periodi particolarmente piovosi.

Attualmente la frana B si muove con velocità dell'ordine di pochi centimetri all'anno. La moderata pendenza media del versante (circa $20\div 25^\circ$) e le caratteristiche geotecniche del materiale coinvolto fanno ritenere che la frana B non possa evolvere in un collasso generalizzato e catastrofico. Si tratta di un movimento progressivo e lento che occasionalmente, per un innalzamento della falda freatica nel sottosuolo, può subire un'accelerazione, ma con velocità di spostamento inferiori a pochi metri l'anno.

Zona C

Dopo l'alluvione del 1987 i dissesti presenti in quest'area non hanno subito movimenti di rilievo.

Le 4 basi distometriche ubicate lungo la frattura principale, che attraversa il versante a quota 1430 m s.l.m., hanno registrato movimenti poco significativi (pochi centimetri). L'inclinometro I4/C, situato a quota 1311, ha evidenziato un piano di scivolamento del materiale intorno a 16 m di profondità.

Zona D

Dopo l'alluvione del 1987 la strumentazione presente in quest'area non ha evidenziato movimenti degni di nota.

2.2.4 Grado di pericolosità delle aree di conoide del Torreggio

Per definire l'attuale grado di pericolosità nelle aree di conoide si è fatto pieno riferimento allo studio idraulico-idrogeologico di dettaglio, eseguito dal geologo Griffini e dall'ing. Paoletti nel 2006 e finalizzato alla definizione delle opere di riassetto idrogeologico e di mitigazione dei rischi idrogeologici presenti in Val Torreggio.

Le verifiche di stabilità effettuate in corrispondenza della Frana A evidenziano che in occasione di precipitazioni intense e prolungate e per effetto dell'erosione operata al piede dal Torreggio, esiste ancora "la possibilità di mobilitazione dell'accumulo della paleofrana (gradino relitto) sino al collasso di porzioni rilevanti di materiale; anche i detriti accumulati nella porzione centrale della nicchia possono ancora essere rimobilizzati, ma si accumulerebbero, nella gran parte, a monte del gradino morfologico esistente a quota 1'100÷1'200 m s.m.".

In caso di rimobilizzazione dell'accumulo si potrebbe verificare di nuovo uno sbarramento temporaneo dell'alveo e la formazione di portate liquido-solidi del tutto eccezionali, stimate in 400 mc/s. Si tratta di un valore molto superiore alla sola portata liquida del Torreggio prodotta dalle precipitazioni con tempi di ritorno duecentennali, calcolata in 120 mc/s.

Nella relazione di analisi dei rischi attuali si afferma che "le opere eseguite sull'asta del Torreggio dal 1987 al 1992, tra la confluenza in Mallero e la briglia 25 (posta a quota 985 m s.l.m. a monte dell'abitato di Torre S.M.), garantiscono il transito delle portate di piena (derivanti dall'ipotetico collasso di sbarramenti con altezza compatibile con le masse instabili) con adeguato franco di sicurezza".

Fanno eccezione alcuni, limitati, punti di debolezza tra la briglia selettiva 17 ed il ponte alto, dove le piene (di entità eccezionale dovute a collasso di sbarramenti da frana) possono disalveare e quindi scorrere a tergo degli argini fino ad interessare le case di Torre S. Maria.

Questa ipotetica esondazione sarebbe comunque di entità notevolmente inferiore a quella avvenuta nel luglio del 1987 e si verificherebbe solo in caso di eventi estremi.

Per queste ragioni, le aree a rischio idraulico definite nello studio Griffini-Paoletti si estendono anche all'esterno delle arginature a partire dalla briglia selettiva 17, fino a interessare il ponte di collegamento con la strada provinciale e lambire le case più prossime all'alveo (v. tavola 1 D). L'area a rischio risulta più ampia in sponda destra, in quanto le acque di esondazione seguirebbero in parte la strada

comunale che scende dal ponte alto.

In considerazione delle condizioni di rischio segnalate nello studio idraulico, si è deciso di attribuire alle aree di conoide del Torreggio i seguenti gradi di pericolosità:

- molto alta (H5), all'alveo delimitato dalle arginature;
- alta (H4), alle zone poste all'esterno delle arginature che sono state maggiormente colpite dall'esondazione del luglio 1987 (questa fascia possiede un'ampiezza sempre superiore a 10 m);
- media (H3 con forti limitazioni urbanistiche), alle rimanenti aree a rischio idraulico perimetrato nello studio Griffini-Paoletti o definite con criteri geomorfologici;
- bassa (H2) ai restanti settori del conoide di deiezione.

Nelle zone A, B, C e D della Val Torreggio si è attribuito una pericolosità molto alta (H5) alle frane ancora attive; alta (H4) alle frane quiescenti o alle aree che potenzialmente possono essere interessate da movimenti franosi; H3 ai rimanenti settori.

Si segnala infine che una volta realizzate le opere di sistemazione previste dal progetto definitivo di Griffini-Paoletti, che sono finalizzate principalmente al parziale consolidamento dell'accumulo della Frana A e alla stabilizzazione dell'alveo del Torreggio nel tratto compreso tra la Briglia 25 (m 984 s.l.m.) e la confluenza con il torrente Arcogliasco (m 1150 s.l.m.), le condizioni di rischio nelle zone di conoide saranno ridotte a valori più che accettabili.

2.3 Valutazione della pericolosità nelle aree di conoide del torrente Frisigaro

Il torrente Frisigaro (detto anche Dagua), che possiede un bacino idrografico di 4,4 kmq., è caratterizzato da una capacità di trasporto solido molto alta.

La quasi totalità del materiale solido trasportato alla foce è prelevato nel tratto di alveo situato sotto l'isoipsa di quota 1250 e in particolare nel settore compreso tra le quote 990 e 1140 m s.l.m., dove il corso d'acqua erode al piede l'accumulo di una grande paleofrana in condizioni quiescenti.

Durante l'alluvione del 1987, si ebbe una portata liquida e solida di dimensioni eccezionali che provocò l'esonazione del corso d'acqua da entrambe le sponde nella zona di conoide. L'esonazione fu causata principalmente dall'ostruzione del ponte della strada provinciale. Le acque e il materiale solido fuoriuscito dall'alveo investirono le case più prossime all'alveo senza però provocare danni particolarmente gravi (v. tavola 1C). Secondo uno studio redatto dall'ISMES (v. G. Di Silvio, l'Evento in Valtellina del Luglio 1987), durante l'alluvione del 1987 sono stati trasportati a valle dal torrente Frisigaro circa 200.000 mc di materiale.

In seguito all'alluvione del 1987 l'alveo del torrente Frisigaro fu oggetto di numerose opere di sistemazione finanziate dalla legge Valtellina.

Il ponte sulla strada provinciale fu ricostruito con una luce molto più grande mentre nella zona medio-apicale del conoide le sponde sono state protette da arginature subverticali alte 4,5 m, L'alveo, che possiede una larghezza di 10 m e una pendenza piuttosto alta pari al 12%, è stato rivestito in pietrame al fine di ostacolare il deposito del materiale alluvionale.

A monte del conoide (alle quote 805 e 830 m s.l.m.) sono state realizzate due briglie selettive che hanno la funzione principale di trattenere il materiale più grossolano (trovanti di grandi dimensioni) che potrebbe essere trasportato a valle dal corso d'acqua.

L'accumulo della paleofrana che interessa il versante sinistro della Valle Dagua è monitorato dal sottoscritto dal 2005 mediante misure inclinometriche e GPS effettuate 2 volte all'anno. La strumentazione ha registrato movimenti molto lenti (di entità variabile da 3,3 a 7 cm/anno). Il piano di scivolamento del materiale individuato dalle misure inclinometriche nel foro di sondaggio, si situa a circa 38÷40 m di profondità dal piano campagna. Il volume complessivo di materiale detritico soggetto a questo lento creep potrebbe raggiungere il milione di mc.

Similmente a quanto avviene per la frana B del Torreggio, la moderata pendenza media del versante e le caratteristiche geotecniche del materiale coinvolto fanno ritenere che la paleofrana della Valle Dagua non possa evolvere in un scivolamento generalizzato e catastrofico.

Il torrente Frisigaro erodendo il piede della frana provoca però il collasso di ampie porzioni dell'accumulo situate in prossimità dell'alveo.

Questo fenomeno può innescare trasporti in massa di eccezionale intensità.

L'attuale sezione dell'alveo nella zona di conoide è in grado di far transitare la massima piena centenaria del corso d'acqua (sovrastimata in 30 mc/s) con un elevato franco di sicurezza. E' molto probabile che se si dovesse ripetere l'evento del luglio del 1987 la portata liquida e solida rimarrebbe all'interno delle arginature.

Ciononostante, in considerazione dei dissesti presenti nel bacino e delle elevate capacità di trasporto solido del corso d'acqua, si ritiene opportuno limitare fortemente l'edificazione su tutte le aree del conoide di deiezione.

Più in dettaglio si è deciso di attribuire alle aree di conoide del Torrente Frisigaro i seguenti gradi di pericolosità:

- molto alta (H5), all'alveo delimitato dalle arginature;
- alta (H4), alle zone poste all'esterno delle arginature che sono state maggiormente colpite dall'esondazione del luglio 1987 (questa fascia possiede un'ampiezza sempre superiore a 10 m);
- media (H3 con forti limitazioni urbanistiche), alle rimanenti aree del conoide di deiezione.

3. ANALISI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA NEL TERRITORIO COMUNALE DI TORRE S. MARIA

3.1 La pericolosità sismica di base

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recepita dalla Regione Lombardia con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, i territori comunali sono stati classificati in 4 zone principali in funzione del rischio sismico.

Ogni comune è caratterizzato da una **pericolosità sismica di base** ossia dalla probabilità che nel proprio territorio si possa verificare un terremoto con una determinata intensità e con un particolare tempo di ritorno (in genere 475 anni).

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria di suolo **A** delle norme tecniche per le costruzioni) e con superficie topografica orizzontale.

Zona	Pericolosità sismica di base	Valore di a_g (Accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria "A" con probabilità di superamento del 10% in 50 anni)
1	elevata	0,35g
2	media	0,25g
3	bassa	0,15g
4	molto bassa	0,05g

Tutti i comuni della Provincia di Sondrio sono classificati in zona 4 e quindi occupano territori a pericolosità sismica molto bassa.

Con l'entrata in vigore delle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 maggio 2008), tutte gli edifici, anche in zona 4, devono essere realizzati secondo criteri antisismici. Tali norme definiscono la pericolosità sismica di base in modo più dettagliato: l'allegato B del citato decreto ministeriale fornisce, per differenti tempi di ritorno (T_R) e per 10.751 punti del territorio nazionale disposti su un reticolo a maglie quadrate di circa 10 km di lato, i seguenti tre parametri:

- 1) l'accelerazione orizzontale massima del terreno a_g , espressa in g/10;
- 2) il valore massimo F_0 del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

- 3) il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_C^* .

Nella tabella sottostante sono esposti i parametri della pericolosità sismica di base relativi a quattro punti, identificati dai codici ID 8718, 8719, 8940 e 8941, che cadono nel territorio comunale di Torre S. Maria o nel suo intorno.

Codice ID	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 475$			$T_R = 975$		
	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
8718	0,283	2,47	0,19	0,369	2,49	0,20	1,012	2,47	0,26	1,308	2,52	0,26
8719	0,299	2,44	0,19	0,391	2,48	0,20	1,125	2,46	0,25	1,442	2,53	0,26
8940	0,264	2,52	0,18	0,344	2,51	0,20	0,912	2,49	0,26	1,18	2,52	0,27
8941	0,279	2,49	0,18	0,364	2,50	0,20	1,041	2,45	0,26	1,35	2,51	0,26

Eseguendo una media pesata dei valori sopra esposti si ottengono i seguenti parametri della pericolosità sismica di base, validi per il paese di Torre S. Maria.

$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 475$			$T_R = 975$		
a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*	a_g	F_0	T_C^*
0.28	2.48	0.10	0.370	2.50	0.20	1,03	2.47	0.26	1.34	2,51	0.27

Questi parametri costituiscono i dati principali per prevedere gli effetti sulle costruzioni dei terremoti che possono colpire il territorio comunale di Torre S. Maria e quindi per dimensionare le strutture secondo criteri antisismici.

3.2 La pericolosità sismica locale

La pericolosità di un terremoto non dipende soltanto dalla sua intensità, ma anche dalle caratteristiche geologiche e geomorfologiche del sito interessato: un luogo pianeggiante e caratterizzato da un substrato roccioso compatto è sicuramente molto meno pericoloso, da un punto di vista sismico, di un sito con una morfologia superficiale molto accidentata e con un sottosuolo costituito da materiali sciolti con scadenti caratteristiche geotecniche.

I parametri relativi alla pericolosità sismica di base dipendono esclusivamente dall'intensità del terremoto che può avvenire in un determinato tempo di ritorno e permettono di prevedere gli effetti sulle

costruzioni delle onde sismiche che si propagano entro un substrato rigido (suolo di categoria A) e orizzontale.

Quando la superficie topografica non è orizzontale o il sottosuolo è costituito da strati di spessore variabile e materiali con caratteristiche meccaniche diverse dal substrato roccioso, il movimento del terreno provocato da un determinato terremoto può avere effetti molto diversi da quelli che si verificherebbero in presenza di un substrato rigido e orizzontale.

Per questo motivo, la pericolosità sismica di un determinato luogo (locale) differisce anche notevolmente dalla pericolosità sismica di base ed è, rispetto a quest'ultima, superiore o, al limite, uguale.

A causa delle peculiari condizioni geologiche e geomorfologiche presenti in un particolare luogo, le onde sismiche possono subire un processo di amplificazione e/o provocare fenomeni di instabilità.

Esistono due tipi di amplificazione sismica, che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- 1) Amplificazione topografica, che si verifica quando la morfologia superficiale è rappresentata da forme più o meno articolate e irregolari (ripide scarpate, rilievi, ecc.).
- 2) Amplificazione litologica, che si verifica quando il sottosuolo è costituito da materiali sciolti e con mediocri caratteristiche geotecniche (la velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali V_s è inferiore a 800 m/s).

Fenomeni di instabilità si possono realizzare quando le onde sismiche attraversano versanti in equilibrio precario oppure terreni particolarmente scadenti dal punto di vista geotecnico.

Nel primo caso un terremoto può innescare veri e propri movimenti franosi mentre nel secondo si possono produrre forti cedimenti del suolo a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale oppure, in terreni sabbiosi saturi d'acqua, fluiscenti e colamenti a causa dei processi di liquefazione.

Una particolare situazione di instabilità si può generare quando le onde sismiche attraversano particolari strutture geologiche quali i contatti stratigrafici e tettonici (faglie); difatti, i movimenti relativi tra diversi settori geologici possono tradursi in cedimenti differenziali nelle costruzioni sovrastanti.

3.3 Determinazione della pericolosità sismica locale secondo le attuali norme tecniche per le costruzioni (approccio semplificato)

Secondo il d.m. 14 gennaio 2008, in assenza di studi approfonditi per la determinazione della pericolosità sismica locale, si può far riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di suolo e topografiche di riferimento (v. tabelle sottostanti).

CATEGORIE DI SUOLO	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

CATEGORIE TOPOGRAFICHE	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità e definita dalla espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]} \text{ dove } N \text{ è il n}^\circ \text{ di strati compresi nei primi 30 metri di profondità.}$$

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina, utilizzando le formule sotto esposte.

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} N_{SPT,i}} \quad c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,k} h_i}{\sum_{i=1,k} c_{u,i}}$$

dove M e k sono rispettivamente il n° di strati a grana grossa e a grana fina compresi nei primi 30 metri di profondità.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Una volta stabilite le categorie di sottosuolo e topografiche, si determinano i coefficienti S_S (di amplificazione stratigrafica), C_c (funzione della categoria di suolo) e S_T (di amplificazione topografica) con l'ausilio delle tabelle sotto riportate.

Espressioni dei coefficienti S_S e C_c		
Categoria	S_S	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T		
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1 (pendii con $i \leq 15^\circ$)	-----	1,0
T2 (pendii con $i \geq 15^\circ$)	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3 (creste con $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$)	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4 (creste con $i \geq 30^\circ$)	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove S_T assume valore unitario.

Nel caso del comune di Torre S. Maria, tenuto conto dei parametri della pericolosità sismica di base relativi al punto più vicino al paese (identificato dal codice ID 8941), i coefficienti di amplificazione stratigrafica S_S e C_c , per un terremoto con tempo di ritorno di 475 anni, assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

Valori dei coefficienti S_S e C_c a Torre di S. Maria		
Categoria	S_S	C_c
A	1,00	1,00
B	1,20	1,44
C	1,50	1,64
D	1,80	2,45
E	1,60	1,97

Infine, una volta stabiliti i coefficienti di amplificazione topografica e

stratigrafica, si può descrivere il moto provocato da un sisma, che si verifica nel territorio comunale di Torre S. Maria con un determinato tempo di ritorno, utilizzando le espressioni sotto esposte.

Tali formule permettono di definire lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale (= accelerazioni orizzontali massime del terreno al variare del periodo T).

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T \leq T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T \leq T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

dove:

T è il periodo di vibrazione;

S_e è l'accelerazione spettrale orizzontale;

$S = S_S \cdot S_T$ è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, essendo S_S e S_T i coefficienti di amplificazione stratigrafica e topografica;

η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali diversi dal 5%, mediante la relazione $\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \leq 0,55$ dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da $T_C = C_c \cdot T_C^*$, dove C_c è il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

$T_B = T_C / 3$ è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

3.4 Determinazione della pericolosità sismica locale in fase pianificatoria

La legge per il governo del territorio (l.r. n° 12 del 11 marzo 2005) ha imposto una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

La deliberazioni n°8/1566 del 22 dicembre 2005 e quella successiva n° 8/7374 del 28 maggio 2008, che forniscono gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni, secondo quanto stabilito dalla succitata legge regionale, richiedono la valutazione della pericolosità sismica locale del territorio comunale.

L'indagine prevede tre livelli di approfondimento:

1° livello Consiste nel riconoscimento delle possibili aree di pericolosità sismica locale (PSL) sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche. I risultati sono esposti nella carta omonima che riporta le perimetrazioni delle aree PSL presenti nel territorio comunale (v. tavola 2). Ogni area è classificata in base agli effetti sismici attesi utilizzando lo schema esposto nella tabella sottostante.

Le zone con amplificazioni topografiche (Z3) e di contatto tra litotipi molto diversi (Z5) non sono individuate sulla carta della pericolosità sismica locale con un'area retinata, ma con un elemento lineare. In particolare, per lo scenario Z3a è evidenziato il ciglio della scarpata, per lo scenario Z3b, la linea di cresta sommatatale e per lo scenario Z5 il limite di contatto tra i litotipi individuati.

Una volta realizzata la carta della pericolosità sismica locale, si procede con analisi sismiche più approfondite ad eccezione delle zone Z1a e Z5, in quanto nelle aree di frana attiva o a cavallo di due litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, non sono ammesse nuove costruzioni. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa per lo scenario Z5, qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.) Zona con depositi granulari fini saturi	Cedimenti e/o liquefazioni
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 con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

2° livello Comporta la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree a pericolosità sismica locale Z3 e Z4. In particolare si valuta, in ogni area, il fattore di amplificazione F_a delle onde sismiche tramite opportune schede di valutazione riportate nell'allegato 5 del dgr n° 8/1566 del 25 maggio 2008. Il valore di F_a è calcolato per due intervalli di periodo, compresi tra 0,1-0,5 e 0,5-1,5 secondi, che sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale: l'intervallo di periodo tra 0,1-0,5 secondi è assunto come rappresentativo del periodo proprio di edifici con strutture particolarmente rigide e altezze indicative fino a 5 piani mentre l'intervallo di periodo tra 0,5-1,5 secondi si riferisce a edifici presenti nei centri urbani più sviluppati, che possiedono strutture flessibili e altezze comprese tra i 5 e i 15 piani.

Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 e quindi anche per il comune di Torre S. Maria, è obbligatorio eseguire gli studi di secondo livello soltanto nelle aree che coinvolgono

gli edifici strategici e rilevanti, definiti dal d.d.u.o. (decreto dirigente unità organizzativa) n° 19904 del 21 novembre 2003. Si tratta delle aree occupate dal municipio e dalle scuole elementari.

Nelle aree PSL Z4, dove si verificano amplificazioni per cause litologiche, si confronta il fattore di amplificazione F_a delle onde sismiche calcolato tramite le schede di valutazione con i valori limite forniti dal politecnico di Milano per ciascun comune della Regione Lombardia e per diverse categorie di suolo (v. tabella sottostante).

Valori soglia del Comune di Torre di S. Maria				
Intervallo di periodo in secondi	Categorie di suolo			
	B	C	D	E
0,1 - 0,5	1,5	1,9	2,3	2,1
0,5 - 1,5	1,7	2,5	4,4	3,1

Se F_a calcolato supera i valori di soglia, significa che nell'area PSL esaminata, gli spettri di risposta sismica, che si ottengono seguendo la procedura semplificata prevista dalle norme tecniche sulle costruzioni ed esposta nel paragrafo 3.3, sono sottostimati.

Quando ciò avviene si deve procedere ad analisi di 3° livello o in alternativa, si utilizzano gli spettri di risposta sismica caratteristici della categoria di suolo più scadente, secondo il seguente schema:

- anziché il fattore di amplificazione relativo alla categoria di suolo B, si utilizzerà quello di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente, si utilizzerà il fattore di amplificazione relativo al suolo D;
- anziché il fattore di amplificazione relativo alla categoria di suolo C, si utilizzerà quello di suolo D;
- anziché il fattore di amplificazione relativo alla categoria di suolo E, si utilizzerà quello di suolo D;

Per le aree PSL Z3, dove si verificano amplificazioni per cause topografiche, si confronta il fattore di amplificazione F_a delle onde sismiche, calcolato con le schede di valutazione e unicamente per un

intervallo di periodo 0,1-0,5 secondi, con i valori di amplificazione topografica S_T riportati nelle norme tecniche sulle costruzioni (v. paragrafo 3.3).

Si possono presentare due situazioni:

- se F_a è minore di S_T , il metodo riportato nelle norme tecniche sulle costruzioni, per tener conto delle amplificazioni topografiche, fornisce risultati attendibili e quindi si applica lo spettro che si ottiene seguendo tale normativa;
- se F_a è maggiore di S_T , il metodo riportato nelle norme tecniche sulle costruzioni fornisce risultati che sottostimano il fenomeno e quindi in fase di progettazione edilizia è necessario eseguire analisi più approfondite (3° livello).

In aree PSL Z3 si effettuano analisi di 3° livello anche quando si prevedono costruzioni con strutture flessibili e sviluppo verticale indicativamente compreso tra i 5 e i 15 piani.

3° livello Gli studi di 3° livello si eseguono esclusivamente in fase progettazione degli edifici e richiedono indagini approfondite, in quanto sono finalizzati a determinare la pericolosità sismica locale in modo dettagliato e quantitativo. Nei comuni ricadenti in zona 4 e quindi anche per il **Comune di Torre S. Maria**, tale livello è obbligatorio soltanto in fase di progettazione degli edifici strategici e rilevanti che verificano le seguenti condizioni:

- a) occupano zone PSL Z4 dove il fattore di amplificazione F_a , calcolato tramite gli studi di 2° livello, supera i valori soglia forniti per ogni comune dal politecnico di Milano;
- b) occupano zone PSL Z3 dove il fattore di amplificazione F_a , calcolato tramite gli studi di 2° livello, supera i valori limite forniti dalle norme tecniche sulle costruzioni;
- c) occupano zone interessate da instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (PSL Z1b, Z1c e Z2).

3.5 La pericolosità sismica degli edifici strategici e rilevanti del comune di Torre S. Maria

Nel territorio comunale di Torre S. Maria, gli edifici che durante gli eventi sismici assumono un'importanza fondamentale ai fini della protezione civile, sono rappresentati dal municipio e dalle scuole elementari, che si trovano rispettivamente in Via Cortile Nuovo n° 1 e in Via Soncelli n°1 (v. figura 3.5.1).

Entrambi gli edifici possiedono altezze modeste (inferiori a 5 piani) e quindi sono caratterizzati da una elevata rigidità e da un periodo proprio di oscillazione compreso tra 0,1 e 0,5 secondi.

In base alla carta della pericolosità sismica locale, questi edifici, molto vicini l'uno rispetto all'altro, cadono nelle zone PSL Z4c e Z3a, quindi devono essere sottoposti ad analisi sismiche di secondo livello.

Secondo le direttive della Regione Lombardia (allegato 5 del dgr n° 8/1566 del 25 maggio 2008), in presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si devono analizzare entrambi i casi e poi si sceglie quello più sfavorevole.

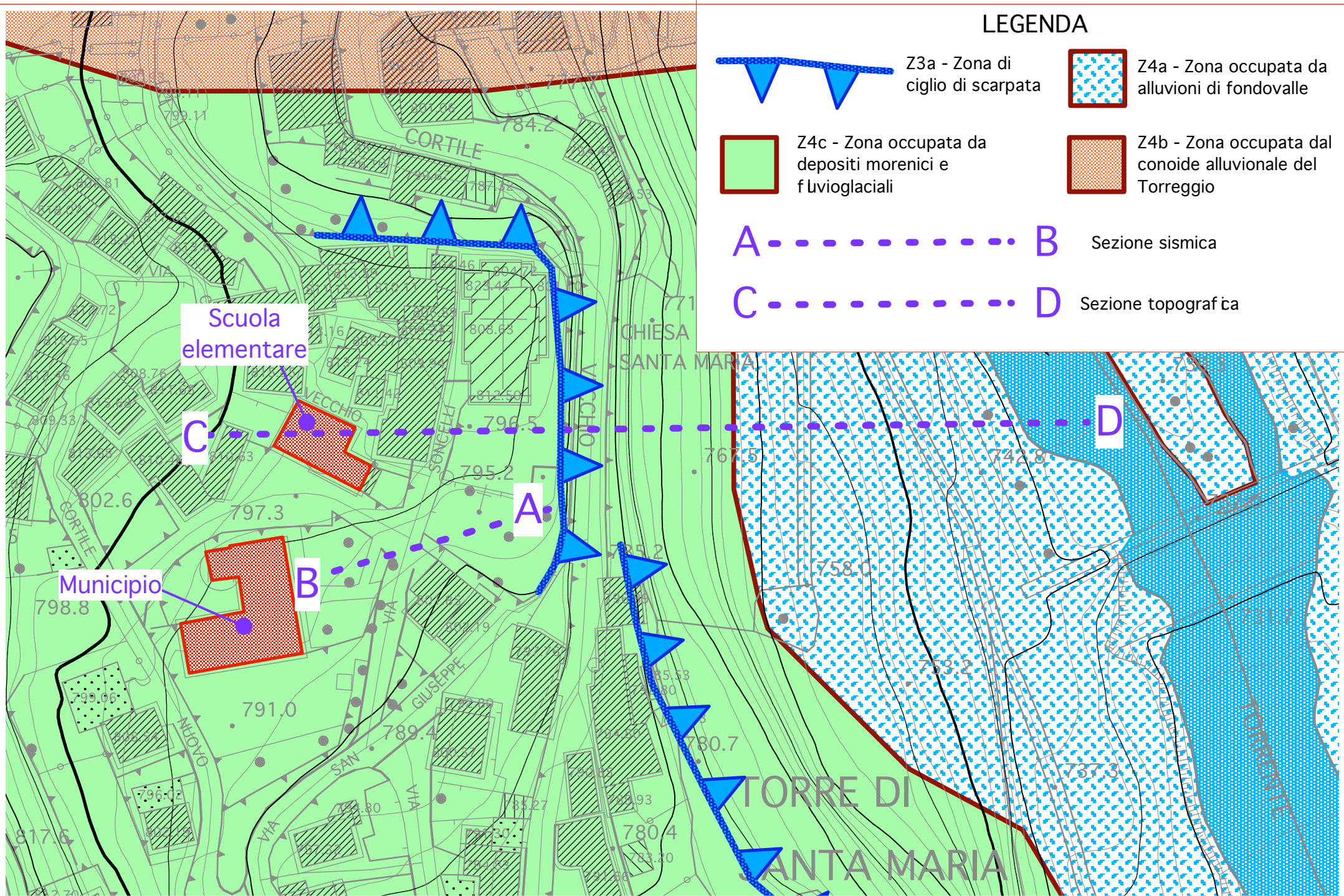
3.5.1. Valutazione del fattore di amplificazione litologico o stratigrafico

La procedura di secondo livello, per le zone soggette ad amplificazioni litologiche (Z4), richiede la conoscenza dei seguenti dati:

- 1) la litologia prevalente e la stratigrafia dei materiali presenti nel sito;
- 2) l'andamento delle velocità delle onde sismiche trasversali Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- 3) lo spessore di ciascuno strato e le relative velocità delle onde S; di particolare importanza è la determinazione della velocità all'interno dello strato più superficiale (di spessore superiore a 4 m).

La litologia prevalente del sottosuolo è stata dedotta osservando i numerosi fronti di scavo eseguiti nelle vicinanze del municipio e delle scuole elementari. Qui il sottosuolo risulta composto da sedimenti fortemente eterometrici dove ghiaie, ciottoli e grossi blocchi di serpentinite subarrotondati (di dimensioni anche superiori a qualche decina di mc) sono immersi in una matrice fine, sabbiosa e limo-argillosa. La frazione limo argillosa è normalmente presente in una percentuale notevolmente inferiore al 30%.

Si tratta di materiali con buone caratteristiche geotecniche a cui si possono attribuire i seguenti parametri geotecnici indicativi:



Carta della pericolosità sismica locale in corrispondenza del municipio e delle scuole - Scala 1 : 1.000

FIGURA 3.5.1

peso dell'unità di volume	$\gamma = 1850\div 2100 \text{ kg/m}^3$
porosità	$n = 30\div 35\%$
coesione	$c = 0,0\div 0,2 \text{ kg/cm}^2$
angolo di attrito	$\phi = 35\div 40^\circ$

Per stabilire l'andamento delle velocità delle onde sismiche trasversali Vs con la profondità è stata commissionata alla ditta CIS GEOFISICA s.r.l., con sede legale in Via Gorizia 25/a a Luino (Va), un'indagine geofisica in prossimità del municipio e delle scuole, utilizzando la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves, v. appendice 2).

Questo particolare sistema d'investigazione, che consiste nel creare delle onde sismiche artificiali sulla superficie di terreno da investigare e registrare le vibrazioni prodotte a distanze note e prestabilite mediante opportuni sensori (geofoni), permette di conoscere le velocità delle onde di taglio verticali Vs nel sottosuolo misurando le modalità di propagazione delle onde superficiali Rayleigh.



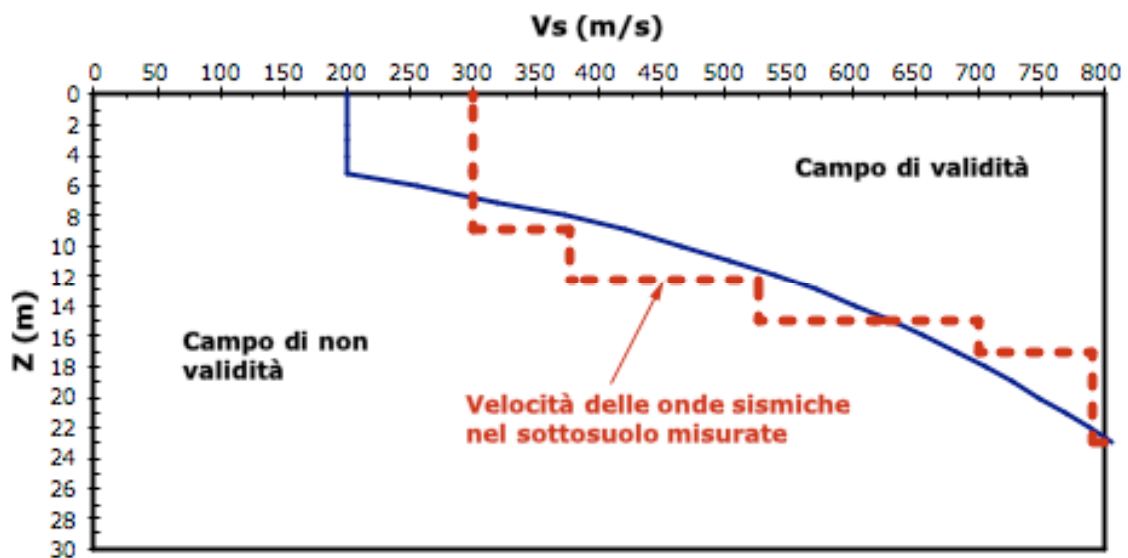
I risultati dell'indagine, esposti in appendice 2, consentono di affermare che:

- 1) in corrispondenza del municipio e delle scuole il sottosuolo appartiene alla categoria B descritta nelle norme tecniche sulle costruzioni, in quanto la velocità media delle onde sismiche S nei primi 30 metri di profondità è

risultata pari a 462 m/s. Una velocità di propagazione così elevata indica la presenza di terreni addensati e con buone caratteristiche geotecniche.

- 2) il sottosuolo è suddivisibile in strati con velocità di propagazione delle onde sismiche mediamente crescenti verso il basso. Nel primo strato, spesso circa 9 m, la velocità delle onde S è superiore a 300 m/s. A circa 23 m di profondità le onde sismiche trasversali possiedono velocità superiori a 800 m/s.

In base alle caratteristiche geologiche e granulometriche dei materiali che costituiscono il sottosuolo, è stata ritenuta più rappresentativa la scheda di valutazione relativa a litologie prevalentemente ghiaiose (v. appendice 1). La validità di questa scelta è stata verificata analizzando la velocità di propagazione delle onde sismiche S in funzione della profondità. Osservando la figura sottostante, si può infatti constatare che le velocità delle onde sismiche cadono all'interno o in prossimità del campo di validità della scheda.



Il periodo proprio del sito T, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, è stato calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s e utilizzando la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del sottosuolo.

Una volta calcolato il periodo del sito T, si è proceduto alla valutazione del fattore di

amplificazione F_a utilizzando rispettivamente la curva n° 3 (velocità del primo strato pari a 300 m/s) riportate nella scheda "litologia ghiaiosa". I risultati sono esposti nella tabella sottostante.

Calcolo di F_a				
Profondità p (m)	Spessore h (m)	V_s (m/s)	T(s)	F_a
9	9	300	0,20	1,3
12	3	365		
15	3	525		
17	2	700		
23	5	790		
30	7	900		

Il fattore di amplificazione stratigrafica così ottenuto è inferiore al corrispondente valore soglia per il suolo di categoria B che è pari a 1,5 (v. paragrafo 3.4).

3.5.2. Valutazione del fattore di amplificazione topografico

Gli edifici strategici e rilevanti di Torre S. Maria si trovano in prossimità di una ripida scarpata incisa dal Mallero nei sedimenti di origine fluvio-glaciale, subito dopo la glaciazione wurmiana.

Osservando la sezione topografica CD si può constatare che la scarpata possiede le seguenti caratteristiche geometriche: altezza $H = 53$ m, pendenza del fronte superiore $\beta = 4^\circ$, inclinazione del fronte principale $\alpha = 31^\circ$ (v. figura 3.5.2.1).

Seguendo la procedura esposta nella scheda di valutazione delle scarpate (v. appendice 1), si ottiene un fattore di amplificazione massimo $F_a = 1,2$ in corrispondenza del ciglio della scarpata. L'area di influenza A_i lungo il fronte superiore risulta uguale a $2/3H \approx 35$ m.

Secondo la direttiva della regione, il fattore di amplificazione diminuisce in modo proporzionale alla distanza dal ciglio e assume il valore 1 sia al termine dell'area di influenza che alla base della scarpata.

Il municipio e le scuole, trovandosi a non meno di 44 m dal ciglio della scarpata, cadono all'esterno dell'area di influenza e quindi sono soggetti ad un fattore di amplificazione topografico F_a pari a 1,0, che è ovviamente minore del corrispondente fattore di amplificazione S_T riportato nelle norme tecniche sulle costruzioni (v. paragrafo 3.3).

3.5.3. Considerazioni conclusive

In definitiva si può affermare che in fase di progettazione edilizia di opere riguardanti il municipio e le scuole, non è obbligatorio eseguire approfondite analisi sismiche di 3° livello: le accelerazioni ottenute applicando la procedura prevista dalle norme tecniche sulle costruzioni è adeguata a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e topografica del sito.

4. FASE DI VALUTAZIONE DELLO STUDIO GEOLOGICO: LE CARTE DEI VINCOLI E DI SINTESI

Le carte dei vincoli e di sintesi hanno lo scopo di fornire un quadro sintetico dello stato del territorio e, nella redazione della componente geologica del PGT, costituiscono il prodotto finale della cosiddetta fase di valutazione (v. tavole 3A, 3B, 3C e 3D).

La carta dei vincoli “individua le limitazioni d’uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico “ mentre la carta di sintesi “propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-tecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica”.

Entrambe le carte comprendono l’intero territorio comunale e sono state redatte alla scala 1 : 5.000 utilizzando la Cartografia Tecnica Regionale del 1982. Non è stata utilizzata la cartografia vettoriale più recente (2001) in quanto molto meno precisa, soprattutto nella individuazione dei corsi d’acqua.

Nella carta dei vincoli sono rappresentate le aree soggette alle limitazioni d’uso del territorio di seguito elencate:

- 1) Quadro del dissesto vigente relativo alle aree perimetrare negli allegati 4.1 e 4.2 dell’elaborato 2 del PAI;
- 2) Quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente (v. carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI);
- 3) I vincoli di polizia idraulica ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002 n° 7/7868 (fasce di rispetto relative allo studio del reticolo idrico minore che è stato recentemente approvato dallo STER di Sondrio);
- 4) Le aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile (aree di tutela assoluta e di rispetto);
- 5) I geositi presenti nel territorio comunale.

Nella carta di sintesi il territorio comunale è suddiviso in aree omogenee dal punto di vista della pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica-idrogeologica. Questa carta presenta una legenda semplificata e facilmente comprensibile ai tecnici che collaborano alla pianificazione urbanistica. In particolare sono evidenziate le principali problematiche idrogeologiche che possono condizionare o limitare l’edificazione. Sono state distinte le seguenti aree:

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti:

- a) Aree soggette o potenzialmente esposte a crolli in roccia; aree interessate dal frequente distacco e rotolamento di trovanti provenienti da depositi detritici superficiali. Sono comprese le aree di distacco e transito dei blocchi nonché le zone d'arresto principali (detriti di falda attivi).
- b) Aree di frana attiva (scivolamenti, colate, espansioni laterali);
- c) Aree di frana quiescente (scivolamenti, colate, espansioni laterali);
- e) Aree a pericolosità potenziale per frane su materiali sciolti e per grandi frane complesse (comprehensive delle aree di distacco e di accumulo);
- f) Aree interessate da valanghe già avvenute e da valanghe potenziali.
- g) Aree marginali dell'ipotetico accumulo della frana (quiescente) di Spriana;
- h) Aree con pendenza media generalmente superiore al 50% impostate su materiali sciolti con una percentuale significativa di sedimenti fini che potenzialmente possono essere interessate dai seguenti dissesti: colate in detrito e terreno di piccola volumetria; crollo di muri di sostegno di terrazzamenti agricoli, talora abbandonati, con possibile formazione successiva di colate di detrito e terreno o caduta per rotolamento di piccoli trovanti; limitati fenomeni di erosione superficiale, soliflusso o geliflusso, distacco e rotolamento di piccoli trovanti, reptazione del manto nevoso;
- i) Aree con pendenza media generalmente superiore al 50%, impostate su rocce spesso fratturate in superficie o con orientamento sfavorevole dei piani di discontinuità, che possono essere interessate da locali fenomeni di: distacco e rotolamento di piccoli frammenti litoidi, reptazione del regolite e del manto nevoso.
- l) Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate.
- m) Riporti o rilevati con funzione di protezione spondale e consolidamento del versante.

Aree pericolose dal punto di vista idraulico e idrogeologico:

- n) Aree interessabili da fenomeni di erosione torrentizia o non idoneamente protette da interventi di difesa; aree di esondazione del corso d'acqua con tempi di ritorno inferiori a 20÷50 anni, con significativi valori di velocità ed altezze d'acqua o consistenti fenomeni di trasporto solido; aree interessate da trasporti in massa e flussi di detrito su conoide; 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.

- o) Aree di conoide distanti dall'alveo e potenzialmente esposte a fenomeni d'esondazione di medio o bassa entità in caso di eventi catastrofici. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche e velocità ridotte ($v \times h < 1,5$ mq./s) e trasporto prevalente di materiali ghiaioso-sabbiosi.
- p) Aree di conoide del torrente più distanti dall'alveo con basse o molto basse probabilità di essere interessate da fenomeni di esondazione in caso di eventi catastrofici.
- q) Aree potenzialmente esposte a fenomeni d'esondazione in caso di eventi catastrofici con tempi di ritorno superiori a 100 anni, oppure aree esposte a fenomeni di esondazione 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.
- r) Aree di conoide dei torrenti Torreggio e Frisigaro che possono essere interessate in modo del tutto marginale dai fenomeni di trasporto solido di entità catastrofica alimentati dalle grandi frane della Val Torreggio e della Valle Dagua.

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche:

- s) Si tratta di pendii moderatamente inclinati (pendenza minore di 20°) o aree depresse con sottosuolo in materiale sciolto, caratterizzati dalla presenza diffusa di acque sorgive e freatiche. A causa della forte presenza di acqua e di sedimenti limo-argillosi talora organici (torba), il sovraccarico esercitato da una nuova costruzione può generare cedimenti differenziali del suolo e/o lenti scivolamenti gravitativi del terreno sovraccaricato.
- t) Aree nelle quali non sono state individuate particolari problematiche geologiche e idrogeologiche.

Sono stati inoltre indicati:

- a) Le opere di regimazione idraulica esistenti.
- b) Il limite dell'area a rischio idraulico del Torreggio, nelle condizioni attuali, secondo lo studio di Griffini e Paoletti (dicembre 2006).
- c) Limite della piena centenaria del Mallero secondo lo studio idraulico redatto dall'ing. Danilo Baldini (2008).

5. FASE DI PROPOSTA DELLO STUDIO GEOLOGICO: LA CARTA DI FATTIBILITÀ E LE NORME GEOLOGICHE DI PIANO

La fase conclusiva dello studio geologico è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità delle azioni di piano e delle norme geologiche di piano.

In conformità con quanto previsto dal DGR n° 8/7374 del 28 maggio 2008, la carta di fattibilità è stata redatta alla scala dello strumento urbanistico e comprende l'intero territorio comunale: la scala adottata è 1:2.000 per le aree di fondovalle e urbanizzate, 1:10.000 per le aree rimanenti. Nella carta di fattibilità il territorio comunale è suddiviso in quattro differenti zone in funzione dello stato di pericolosità e rischio geologico, idrogeologico individuato nella fase di sintesi (v. tavole 4A, 4B, 4C e 4D). Ad ogni zona è assegnata una particolare classe di fattibilità che definisce le limitazioni alle destinazioni d'uso del suolo, le prescrizioni per gli interventi urbanistici, gli studi o le indagini da eseguirsi **preliminarmente ad ogni intervento edificatorio**, le eventuali opere di mitigazione del rischio, la necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, la necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile.

Copia delle indagini eseguite e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (l.r. 12/05, art. 14) o in sede di richiesta di permesso di costruire (l.r. 12/05, art. 38).

Al mosaico delle fattibilità sono state sovrapposte, con apposito retino trasparente, le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta omonima (tavola 2). Le aree soggette ad amplificazione sismica non comportano un incremento delle classi di fattibilità, ma forniscono indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal d.m. 14 gennaio 2008.

Le norme geologiche recepiscono le limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo previste dall'art. 9 delle norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e che si applicano alle aree perimetrate nella carta del dissesto con legenda uniformata PAI (v. tavola 5).

5.1 - Classe 1 (Fattibilità senza particolari limitazioni)

La classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le costruzioni di cui alla normativa nazionale.

Nel comune di Torre S. Maria non sono state individuate aree in classe 1.

5.2 - Classe 2 (Fattibilità con modeste limitazioni)

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

La ridotta pericolosità di queste zone è condizionata al mantenimento in perfetta efficienza delle opere di difesa idraulica esistenti, alla regolare pulizia degli alvei dalla vegetazione ad alto fusto e al mantenimento delle attuali sezioni di flusso mediante periodiche opere di svaso.

Nella **classe di fattibilità 2**, valgono le seguenti prescrizioni:

- 1) Nuove costruzioni di elevato valore e vulnerabilità idrogeologica (case residenziali, edifici industriali, edifici pubblici, campeggi, ecc), opere che comportano scavi di dimensioni importanti sotto il piano di fondazione di edifici o strade situati nelle vicinanze e ristrutturazioni di cui all'art. 27 comma 1, lettera d) della l.r. 12/05 devono essere supportate da una indagine geologico-geotecnica, secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008), che fornisca le informazioni di carattere geologico-tecnico per la redazione del progetto.
- 2) il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, è consentito senza integrazioni di carattere geologico.
- 3) Opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico: sono permesse a condizione che siano supportate da una specifica indagine geologico-tecnica, secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008).
- 4) Nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.

Le aree in classe 2 **non sono comprese** nel quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto, a parte un limitato settore del conoide del Torreggio, che risulta classificato come area di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn). Questo settore è soggetto alle N.d.A. del PAI, art. 9 comma 9 (v. appendice 2).

Le aree in classe 2, a parte quelle sopracitate comprese nelle aree di conoide (Cn), sono la sede preferenziale per la costruzione di eventuali edifici strategici e rilevanti.

5.3 - Classe 3 (Fattibilità con consistenti limitazioni)

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa. In base alle problematiche geologiche esistenti, sono state distinte 5 sottoclassi denominate 3a, 3b, 3c, 3d e 3e, che prevedono particolari limitazioni all'edificazione e supplementi di indagine.

3.3.1. - Sottoclasse 3a

Si tratta generalmente delle aree di versante che possiedono una pendenza media superiore al 50% ($\approx 26,6^\circ$), impostate su materiali sciolti o su rocce molto fratturate in superficie, che potenzialmente possono essere interessate dai seguenti dissesti:

- a) colate in detrito e terreno di piccola volumetria;
- b) crollo di muri di sostegno di terrazzamenti agricoli, talora abbandonati, con possibile formazione successiva di colate di detrito e terreno o caduta per rotolamento di piccoli trovanti;
- c) limitati fenomeni di erosione superficiale, soliflusso o geliflusso, reptazione del regolite e del manto nevoso.

Il dimensionamento e la posizione di un edificio in progetto dovranno essere valutati non solo sotto il profilo architettonico e paesaggistico, ma soprattutto in funzione delle problematiche geologiche esistenti, al fine di non compromettere le condizioni di stabilità del pendio.

Nella **classe di fattibilità 3a** valgono le seguenti prescrizioni:

- 1) il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della della l.r. 12/05, è consentito senza integrazioni di carattere geologico.
- 2) le opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico sono consentite a condizione che il progetto sia supportato da una specifica indagine geologico-tecnica secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008).
- 3) Le nuove costruzioni di elevato valore e vulnerabilità idrogeologica (case residenziali, edifici industriali, edifici pubblici, campeggi, ecc), gli interventi definiti dall'art. 27, lettera d) della l.r. 12/05 ed eventuali ampliamenti nonché opere che comportano scavi di dimensioni importanti sotto il piano di fondazione di edifici o strade situati nelle vicinanze) dovranno essere supportate da uno

specifico studio di carattere geologico-tecnico e idrogeologico che analizzi in dettaglio le eventuali condizioni di pericolosità esistenti (esondazione di rogge, presenza di acque di ruscellamento superficiale, acque sotterranee, lenti scivolamenti gravitativi della parte superficiale del suolo, distacco e rotolamento di massi, terrazzamenti con muri di sostegno in precarie condizioni di stabilità, ecc.) e indichi le eventuali opere di risanamento (modeste opere di difesa dalla caduta di massi, consolidamento dei muri di sostegno, regimazione delle acque superficiali, ecc.). Inoltre si dovrà definire le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche del terreno di fondazione e il grado di stabilità del pendio, tenendo conto anche degli effetti derivanti dalla realizzazione della costruzione. Lo studio deve essere esteso a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti.

- 4) Nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.
- 5) Si **sconsiglia vivamente** la realizzazione nelle aree in classe 3a dei cosiddetti edifici strategici e rilevanti (scuole, municipio, sedi della protezione civile, ecc).
- 6) Il nuovo PGT dovrà in ogni caso limitare l'edificazione in queste aree adottando un indice di fabbricabilità, compresi i volumi esistenti, indicativamente inferiore a 0,5 mc/mq..

Le aree in classe 3a sono **in parte comprese** nelle aree di frana stabilizzata (Fs) del quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto. In questi settori valgono anche le limitazioni delle N.d.A. del PAI, art. 9 comma 4 (v. appendice 2).

5.3.2. - Sottoclasse 3b

Si tratta delle aree di conoide distanti dall'alveo e potenzialmente esposte a fenomeni d'esondazione di medio-bassa entità in caso di eventi catastrofici. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche e velocità ridotte ($v \times h < 1,5 \text{ mq./s}$) e trasporto prevalente di materiali ghiaioso-sabbiosi.

Il grado di pericolosità è condizionato al mantenimento in perfetta efficienza delle opere di difesa idraulica esistenti, alla regolare pulizia degli alvei dalla vegetazione ad alto fusto e al mantenimento delle attuali sezioni di flusso mediante periodiche opere di svaso. Nella **classe di fattibilità 3b** valgono le seguenti prescrizioni:

- 1) il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, è consentito senza integrazioni di carattere geologico.
- 2) le opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico sono consentite a condizione che il progetto sia supportato da una specifica indagine

geologico-tecnica, secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008).

- 3) le nuove costruzioni di elevato valore e vulnerabilità idrogeologica (case residenziali, edifici industriali, edifici pubblici, campeggi, ecc), gli interventi definiti dall'art. 27, lettera d) della l.r. 12/05 ed eventuali ampliamenti nonché opere che comportano scavi di dimensioni importanti sotto il piano di fondazione di edifici o strade situati nelle vicinanze) dovranno essere supportati da uno specifico studio di carattere geologico-tecnico ed idraulico-idrogeologico che analizzi in dettaglio le condizioni di pericolosità esistenti e indichi le eventuali opere necessarie per la mitigazione del rischio. Gli edifici dovranno essere progettati in modo tale da ridurre al minimo la loro vulnerabilità nei confronti delle lave torrentizie, in particolare i piani seminterrati non dovranno essere abitabili, gli accessi dovranno essere rialzati e si dovrà evitare la realizzazione di finestre nella zona di potenziale deposito del materiale detritico; l'edificio dovrà avere una struttura molto robusta (ad es. in c.a.) così da resistere ad una eventuale spinta dinamica del materiale, l'imbocco dei garage dovrà essere rivolto verso valle; le fondazioni dovranno essere profonde e in cemento armato in modo tale da non essere distrutte o scalzate da locali fenomeni di erosione.
- 4) nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.
- 5) si sconsiglia vivamente la realizzazione nelle aree in classe 3b dei cosiddetti edifici strategici e rilevanti (scuole, municipio, sedi della protezione civile, ecc).
- 6) il nuovo PGT dovrà in ogni caso limitare l'edificazione in queste aree adottando un indice di fabbricabilità, compresi i volumi esistenti, indicativamente inferiore a 0,5 mc/mq..

Le zone in classe 3b sono comprese nelle aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn) del quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto. In questi settori valgono anche le limitazioni delle N.d.A. del PAI, art. 9 comma 9 (v. appendice 2).

5.3.3. - Sottoclasse 3c

Si tratta delle aree di fondovalle del Mallero potenzialmente esposte a fenomeni marginali di esondazione e di erosione spondale che si potrebbero verificare soltanto in caso di eventi catastrofici con tempi di ritorno superiori a 100 anni. Nelle aree di esondazione si potranno avere deflussi con altezze idriche e velocità modeste nonché trasporto di materiali ghiaioso sabbiosi.

Le aree in classe 3c si collocano sempre all'esterno del perimetro teoricamente occupato dalla piena centenaria del Mallero, la cui posizione è stata definita nello studio idraulico di dettaglio effettuato appositamente dall'Ing. Danilo Baldini nel luglio 2008.

Nella classe di fattibilità 3c valgono le seguenti prescrizioni:

- 1) il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della della l.r. 12/05, è consentito senza integrazioni di carattere geologico.
- 2) le opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico sono consentite a condizione che il progetto sia supportato da una specifica indagine geologico-tecnica, secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008).
- 3) le nuove costruzioni di elevato valore e vulnerabilità idrogeologica (case residenziali, edifici industriali, edifici pubblici, campeggi, ecc), gli interventi definiti dall'art. 27, lettera d) della l.r. 12/05 ed eventuali ampliamenti nonché opere che comportano scavi di dimensioni importanti sotto il piano di fondazione di edifici o strade situati nelle vicinanze) dovranno essere supportati da uno specifico studio di carattere geologico-tecnico ed idraulico-idrogeologico che analizzi in dettaglio le condizioni di pericolosità esistenti e indichi le eventuali opere necessarie per la mitigazione del rischio.

In particolare si dovrà verificare il grado di protezione dell'edificio in progetto da possibili fenomeni di erosione spondale, la presenza di opere idrauliche efficienti e in caso contrario, valutare la necessità di costruire nuove arginature di protezione o di consolidare/potenziare quelle esistenti. Gli edifici dovranno essere progettati in modo tale da ridurre al minimo la loro vulnerabilità nei confronti delle esondazioni, in particolare i piani seminterrati non dovranno essere abitabili, gli accessi dovranno essere rialzati, l'edificio dovrà avere una struttura molto robusta (ad es. in c.a.); le fondazioni dovranno essere profonde e in cemento armato in modo tale da non essere distrutte o scalzate da locali fenomeni di erosione.

- 4) nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.
- 5) si sconsiglia vivamente la realizzazione nelle aree in classe 3 dei cosiddetti edifici strategici e rilevanti (scuole, municipio, sedi della protezione civile, ecc).

- 6) il nuovo PGT dovrà in ogni caso limitare l'edificazione in queste aree adottando un indice di fabbricabilità, compresi i volumi esistenti, indicativamente inferiore a 0,5 mc/mq..

Le zone in classe 3c sono classificate, nel quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto, come aree esposte a esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua (Em). In questi settori valgono anche le limitazioni delle N.d.A. del PAI, art. 9 comma 6bis (v. appendice 2).

5.3.4. - Sottoclasse 3d

Appartengono a questa sottoclasse:

- a) le aree di conoide dei torrenti Torreggio e Frisigaro che possono essere interessate in modo del tutto marginale dai fenomeni di trasporto solido di entità catastrofica alimentati dalle grandi frane della Val Torreggio e della Valle Dagua.
- b) le aree marginali dell'ipotetico accumulo della frana (quiescente) di Spriana.

A causa delle significative condizioni di rischio, è esclusivamente consentito senza integrazioni di carattere geologico, il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05.

Con una specifica indagine geologica a supporto del progetto sono esclusivamente consentiti:

- 1) le opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico.
- 2) il recupero patrimonio edilizio esistente, compresi gli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettera d) della l.r. 12/05, ma senza ampliamenti planimetrici dei fabbricati. Eventuali cambiamenti di destinazioni d'uso e del numero delle unità abitative è ammesso soltanto per le case residenziali esistenti;
- 3) il recupero del sottotetto a fini abitativi nelle case residenziali esistenti;
- 4) gli interventi di ampliamento anche planimetrico degli edifici esistenti esclusivamente per comprovati adeguamenti igienico-funzionali;
- 5) la costruzione di fabbricati accessori per la residenza quali, laboratori di casa, tettoie, legnaie, depositi di attrezzi agricoli per il giardinaggio, ricoveri per l'allevamento degli animali da cortile;
- 6) parcheggi;
- 7) autorimesse solo se di pertinenza di un edificio residenziale esistente e se realizzate a non più di 10 m di distanza da quest'ultimo;
- 8) costruzioni precarie non abitabili (temporanee);
- 9) aree a verde pubblico attrezzato;

10) l'installazione di torri e tralicci per impianti radio-ricetrasmittenti e di ripetitori per i servizi di telecomunicazione.

Le aree in classe 3d sono inoltre soggette ad un piano di evacuazione in caso si dovessero verificare movimenti significativi (superiori a determinati valori soglia) della frana di Spriana o delle frane A e B della Val Torreggio.

Il piano di emergenza per la Val Torreggio è stato predisposto dal Comune e prevede l'evacuazione di parte del nucleo di Torre Santa Maria e la chiusura della viabilità.

Per quanto riguarda la frana di Spriana, è vigente fin dal 1990 un piano particolareggiato elaborato dalla Prefettura di Sondrio, più volte integrato e aggiornato. Detto piano prevede l'attivazione di procedure di intervento a seguito del superamento di soglie di preallarme e allarme generate dalla rete estensimetrica, inclinometrica e topografica oltre che dai sensori pluviometrici (v. paragrafo 2.1.6).

Le zone in classe 3d sono in parte comprese nelle aree di conoide non recentemente attivatosi o completamente protetta (Cn) del quadro dei dissesti idrogeologici PAI **proposto**. In questi settori valgono anche le limitazioni delle N.d.A. del PAI, art. 9 comma 9 (v. appendice 2).

5.3.5. - Sottoclasse 3e

Si tratta di pendii moderatamente inclinati (pendenza minore di 20°) o aree depresse con sottosuolo in materiale sciolto, caratterizzati dalla presenza diffusa di acque sorgive e freatiche. A causa della forte presenza di acqua e di sedimenti limo-argillosi talora organici (torba), il sovraccarico esercitato da una nuova costruzione può generare cedimenti differenziali del suolo e/o lenti scivolamenti gravitativi del terreno sovraccaricato.

Nella **classe di fattibilità 3e** valgono le seguenti prescrizioni:

- 1) il recupero patrimonio edilizio esistente, limitatamente agli interventi definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, è consentito senza integrazioni di carattere geologico.
- 2) le opere di sistemazione idrogeologica, infrastrutture e opere d'interesse pubblico sono consentite a condizione che il progetto sia supportato da una specifica indagine geologico-tecnica, secondo quanto prescritto dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 maggio 2008).
- 3) Le nuove costruzioni di elevato valore e vulnerabilità idrogeologica (case residenziali, edifici industriali, edifici pubblici, campeggi, ecc), gli interventi definiti dall'art. 27, lettera d) della l.r. 12/05 ed eventuali ampliamenti nonché opere che comportano scavi di dimensioni importanti sotto il piano di fondazione di edifici o strade situati nelle vicinanze) dovranno essere supportati da uno specifico

studio di carattere geologico-tecnico ed idrogeologico che analizzi in dettaglio le condizioni di pericolosità esistenti e indichi le eventuali opere necessarie per il drenaggio nonché l'allontanamento delle acque superficiali e freatiche. Si deve inoltre stabilire con opportune indagini geognostiche, le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione e la quota della falda freatica. La capacità portante e la spinta del terreno dovranno essere calcolate assumendo il sottosuolo completamente saturo d'acqua.

- 4) Nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.
- 5) Si sconsiglia vivamente la realizzazione nelle aree in classe 3 dei cosiddetti edifici strategici e rilevanti (scuole, municipio, sedi della protezione civile, ecc).
- 6) Il nuovo PGT dovrà in ogni caso limitare l'edificazione in queste aree adottando un indice di fabbricabilità, compresi i volumi esistenti, indicativamente inferiore a 0,5 mc/mq..

Le zone in classe 3e non sono comprese nel quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto.

5.4. - Classe 4 (Fattibilità con gravi limitazioni)

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o per la modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

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

Il nuovo PGT dovrebbe dare la possibilità di ricostruire gli edifici rurali che cadono anche in parte nella classe 4, in aree adiacenti a minor rischio e quindi con minori limitazioni di carattere geologico.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili. Nelle aree di rispetto delle sorgenti valgono anche le limitazioni imposte dal D.P.R. n° 236/1988, D.L.vo n° 152/1999, D.L.vo n° 258/2000 e dgr 10 aprile 2003, n° 7/12693.

Tali opere, così come quelle di sistemazione idraulica e idrogeologica, dovranno essere supportate da apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Nel quadro dei dissesti idrogeologici PAI proposto, le zone in classe 4 appartengono in particolare alle aree classificate come Fa (frana attiva), Fq (frana quiescente), Ca (conoide attiva non protetta) Ee (esondazioni torrentizie molto pericolose), Va (valanghe). In questi settori valgono anche le limitazioni delle N.d.A. del PAI, art. 9, comma 2 (v. appendice 2).

5.5. - Aree ad alto rischio idrogeologico del PAI

A causa delle condizioni di rischio idrogeologico indotto dalle grandi frane di Spriana e della Val Torreggio, parti importanti delle aree abitate del territorio comunale di Torre S. Maria sono state inserite nelle aree in dissesto del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (Elaborato 2, Allegato 4.2, codici delle aree: AD-12 e AD-13). Sono interessate principalmente le frazioni di Cagnoletti e Arquino nonché gli edifici in fregio agli alvei del Torreggio e del torrente Frisigaro.

Questa perimetrazione aveva l'importante funzione di inserire delle norme di tutela nei territori a rischio, in attesa che si eseguissero adeguate opere di difesa e studi approfonditi che definissero in dettaglio l'entità dei movimenti franosi e il loro grado di attività/pericolosità.

Attualmente, grazie alle conoscenze acquisite tramite un monitoraggio protratto per più di 20 anni, approfondite indagini geognostiche e grazie alla presenza di importanti opere di difesa, si è ritenuto opportuno proporre una nuova perimetrazione delle aree a rischio in senso meno cautelativo.

Per rendere vigente questa nuova perimetrazione PAI il Comune di Torre S. Maria dovrà presentare formale osservazione al progetto di Piano Stralcio d'Integrazione al PAI presso la Direzione Generale del Territorio e Urbanistica della Regione Lombardia.

L'Amministrazione regionale, se approva le osservazioni, adotterà la nuova perimetrazione con apposita delibera e provvederà a trasmetterla presso l'Autorità di Bacino del Fiume Po (Aipo) che, infine, effettuerà l'aggiornamento della propria cartografia.

Fino all'approvazione da parte degli Enti sopra menzionati, le attuali aree a rischio rimangono soggette alle limitazioni d'uso del suolo previste dall'Art. 9, comma 2 delle Norme di Attuazione del PAI, che corrispondono, in pratica, alle norme della classe 4.

6. LA CARTA DEL DISSESTO CON LEGENDA UNIFORMATA A QUELLA DEL PAI

La componente geologica dei Piani di Governo del Territorio deve recepire le determinazioni del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI), approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001.

Il PAI comprende una serie di norme che disciplinano l'utilizzo del territorio e che in particolare forniscono indirizzi alla pianificazione urbanistica nelle aree di dissesto e soggette a rischio idraulico. In queste aree sono in vigore i vincoli di cui all'Art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI, riportato integralmente nell'appendice 2.

Le aree soggette a dissesto sono individuate nell'Elaborato 2 del PAI "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo".

Le perimetrazioni riportate nell'Elaborato 2 del PAI possono essere riviste ed aggiornate predisponendo studi di dettaglio secondo le metodologie di cui agli allegati 2 della delibera regionale n° 8/1566 del 22 dicembre 2005.

Nel Comune di Torre S. Maria, che ha recentemente concluso positivamente la verifica di compatibilità al PAI, i vincoli di cui all'art. 9 si applicano alle aree indicate nella carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI compilata nel precedente studio geologico redatto da Angelo Tuia nell'ottobre 2002. Tali perimetrazioni sono state recepite nelle tavole di azionamento e nelle Norme Tecniche di Attuazione del vecchio PRG mediante apposita variante prodotta dall'Arch. Gian Andrea Maspes e dall'ing. Pietro Maspes nel giugno 2007 (delibera di approvazione comunale n° 3 del 7 marzo 2008).

Le perimetrazioni e i vincoli sopra citati sono da considerarsi provvisori in quanto con l'attuale studio geologico si propone un aggiornamento al vigente quadro del dissesto del PAI.

Le proposte di aggiornamento riguardano in particolare le grandi frane di Spriana e della Val Torreggio (Elaborato 2, Allegato 4.2, codici delle aree: AD-12 e AD-13). Si tratta dei cosiddetti "ambiti soggetti a vincolo di inedificabilità", individuati in seguito agli eventi alluvionali del luglio 1987 dal servizio geologico della Regione Lombardia in base all'art. 4, comma 2 della legge 102/1990 e riportati nel Piano per la difesa del suolo ed il riassetto idrogeologico della Valtellina. Ulteriori aggiornamenti di minore importanza interessano anche le aree di fondovalle del Mallero e i conoidi di deiezione dei torrenti Venduletto, Sora e Suello che negli ultimi anni sono stati oggetto di importanti opere di difesa.

Queste nuove perimetrazioni PAI saranno vigenti solo in seguito ad

approvazione da parte dell'Amministrazione regionale e da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Osservando la tavola 5, che contiene le perimetrazioni attualmente vigenti provenienti dall'Elaborato 2 del PAI e quelle proposte sulla base dello studio effettuato, si può constatare che:

- 1) La quasi totalità della frana di Spriana è stata declassata da frana attiva (Fa) a frana quiescente (Fq). I limiti delle aree a maggior rischio sono stati ridotti in funzione dei risultati ottenuti dal modello di caduta della frana elaborato dall'ISMES nel 1989, ipotizzando una volumetria pari a 20 milioni di mc. All'esterno della zona a maggior rischio, che cade nella classe di fattibilità geologico tecnica 4, è stata definita un'ampia zona di transizione dove si prevedono forti limitazioni all'edificazione (classe di fattibilità 3d).
- 2) Le zone di conoide dei torrenti Torreggio e Dagua, che non sono interessate in modo diretto dalle grosse frane presenti nelle valli omonime, ma da fenomeni di trasporto solido di eccezionale intensità dovuti a possibili sbarramenti temporanei dell'alveo, non sono più classificate come aree di frana. Si è attribuito la categoria di conoide attivo non protetta (Ca) alle zone che sono state interessate da importanti fenomeni di trasporto solido durante l'alluvione del luglio 1987 e la quasi totalità delle aree a rischio definite dallo studio idraulico-idrogeologico effettuato da Griffini e Paoletti nel 2006. Si tratta dell'alveo attuale comprensivo di una distanza di sicurezza minima dalle sponde pari a 10 m. All'esterno di questa zona ad alto rischio, che cade nella classe di fattibilità geologico tecnica 4, è stata definita un'ampia fascia di transizione dove si prevedono forti limitazioni all'edificazione (classe di fattibilità 3d).
- 3) Nella Val Torreggio (Zone A, B, C e D) la perimetrazione PAI è stata ridefinita in funzione della condizione di attività delle frane esistenti e della loro attuale estensione. In corrispondenza della Frana A e della Zona D, la perimetrazione proposta è stata leggermente ampliata verso monte.
- 4) Le aree a rischio idraulico del torrente Mallero sono state definite utilizzando i risultati di uno studio eseguito appositamente nel 2008 dall'ing. Danilo Baldini. La modellazione idraulica eseguita con il programma HEC-RAS, ha interessato il tratto di alveo lungo quasi 2400 m compreso tra le località Tornadù (m 685 s.l.m.) e Ca' de Risc (m 800 s.l.m.). Le aree a pericolosità molto elevata (Ee), che nella carta di fattibilità cadono nella classe 4, si estendono anche all'esterno delle aree a rischio definite nello studio sopra menzionato. Si è fatto questa scelta per ragioni cautelative, in considerazione dell'imponente trasporto solido del Mallero e del comportamento del corso d'acqua durante

eventi alluvionali avvenuti in passato (luglio 1987, novembre 1927, agosto 1911).

- 5) I conoidi dei torrenti Venduletto, Sora e Suella sono stati perimetrati tenendo conto delle aree colpite dall'erosione del luglio 1987 e delle importanti opere di regimazione idraulica eseguite negli anni successivi (interventi finanziati dalla legge 102/1990). Le aree classificate come conoide attiva non protetta (Ca) comprendono sempre l'alveo del corso d'acqua e distanze di rispetto superiori a 10 m.

Il Geologo
Dott. Guido Merizzi



APPENDICE 1 - Scheda di valutazione della litologia ghiaiosa e delle scarpate

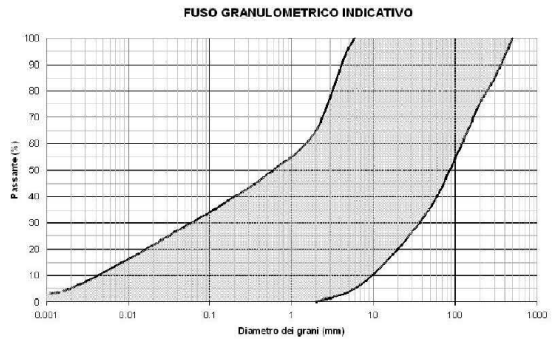
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

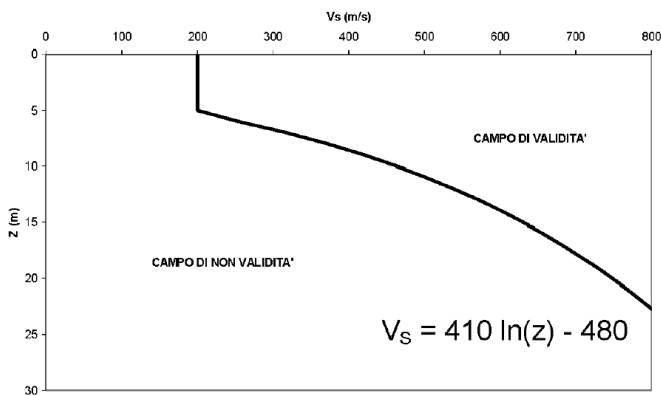
Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

NOTE:

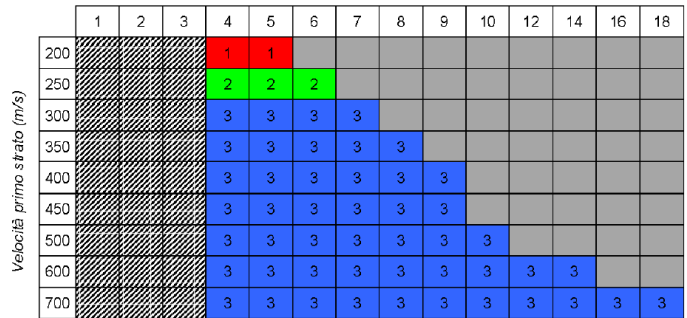
- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm
- Presenza di eventuali orizzonti localmente cementati



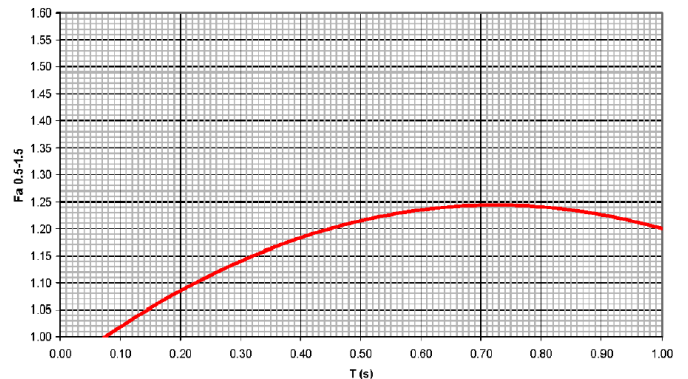
ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

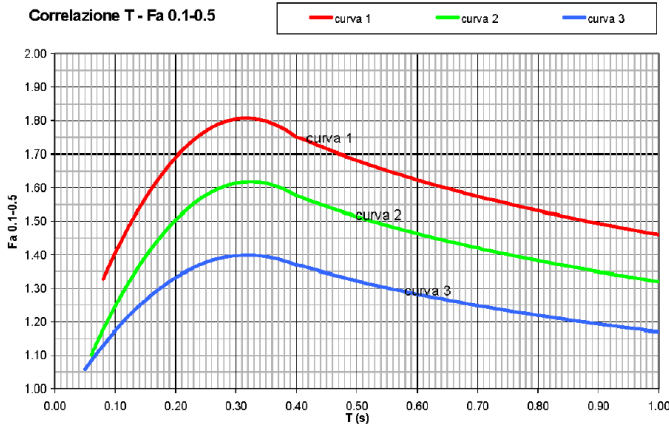


Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



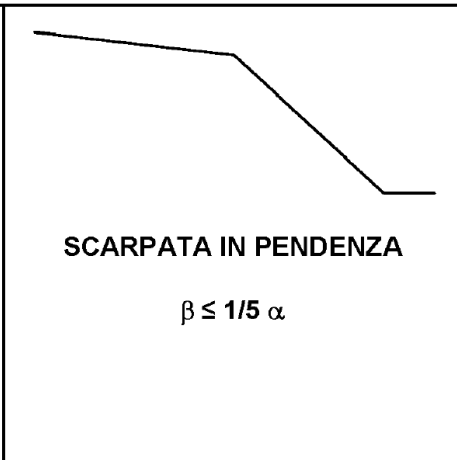
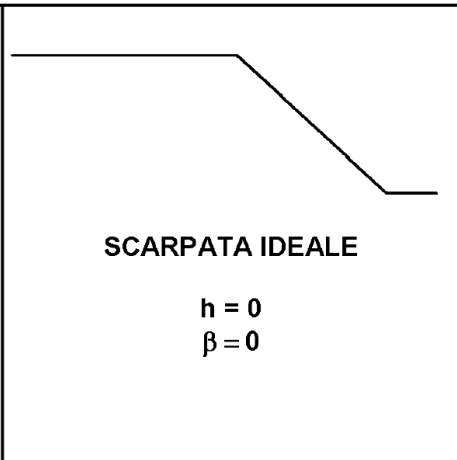
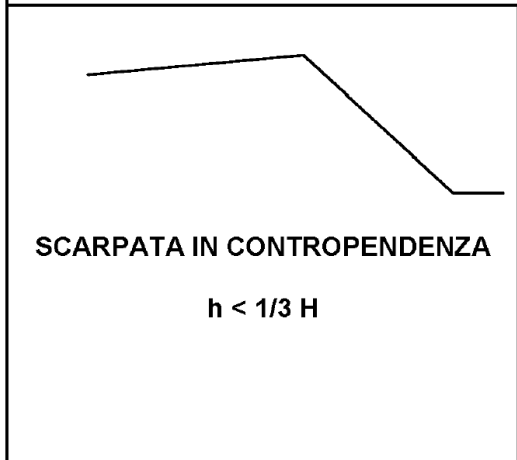
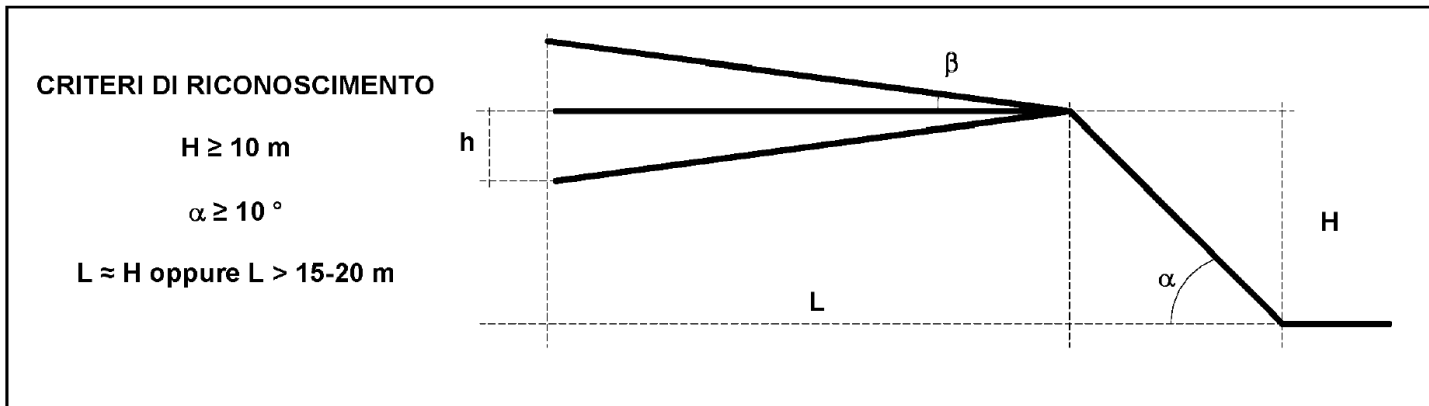
$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22LnT$

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



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	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

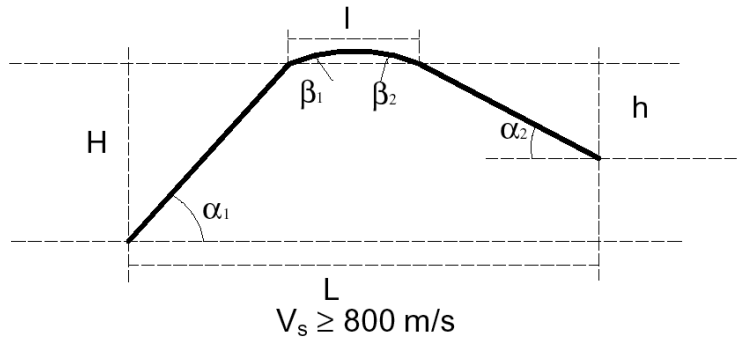
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

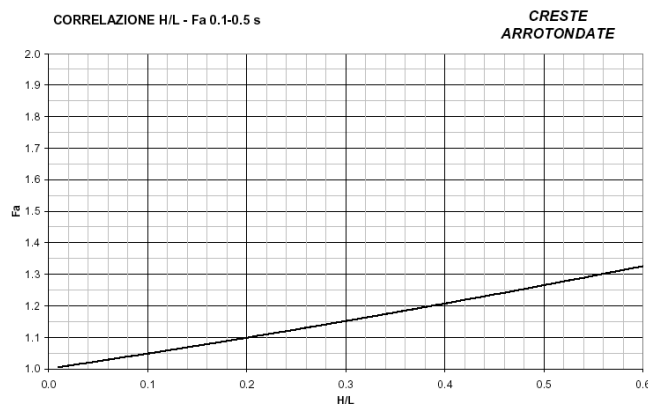
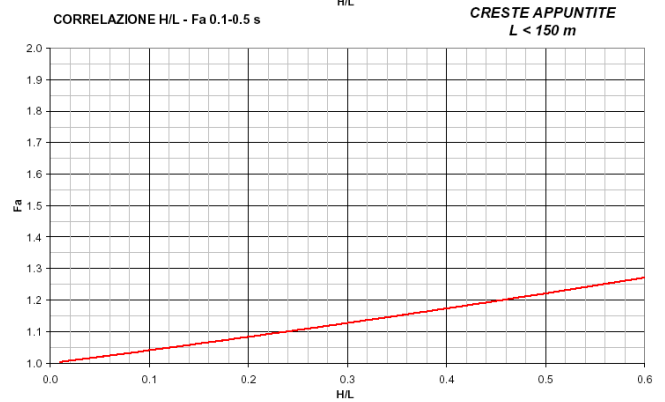
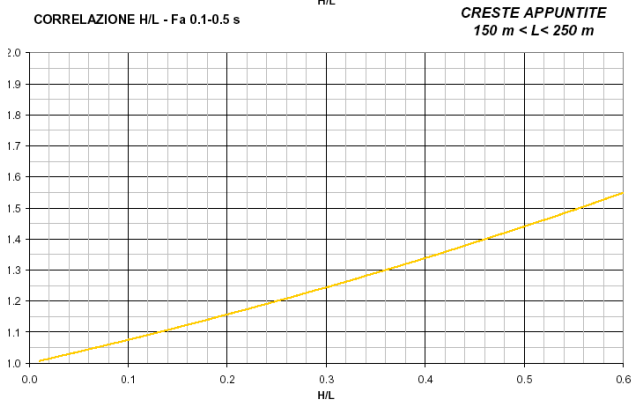
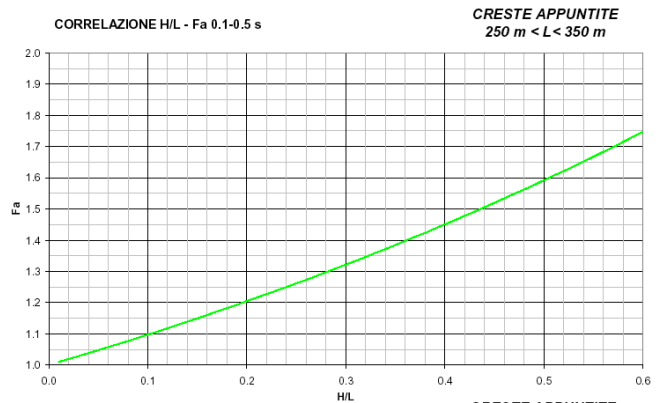
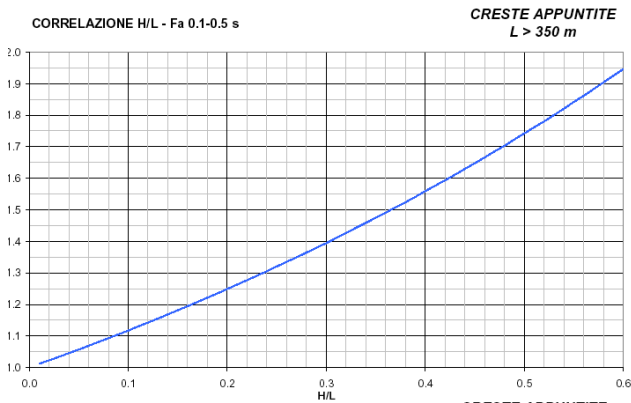
CRESTA
 $\alpha_1 \geq 10^\circ$ e $\alpha_2 \geq 10^\circ$
 $h \geq 1/3 H$

CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA
 $l < 1/3 L$



	$L > 350$	$250 < L < 350$	$150 < L < 250$	$L < 150$
Creste Appuntite	$Fa_{0.1-0.5} = e^{1.11H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.93H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.73H/L}$	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.40H/L}$
Creste Arrotondate	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			



APPENDICE 2 - Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico (art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI)

Art. 9. Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico

1. Le aree interessate da fenomeni di dissesto per la parte collinare e Montana del bacino sono classificate come segue, in relazione alla specifica tipologia dei fenomeni idrogeologici, così come definiti nell'Elaborato 2 del Piano:

- **frane:**

- Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),
- Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),
- Fs, aree interessate da frane stabilizzate - (pericolosità media o moderata),

- **esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua:**

- Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità molto elevata,
- Eb, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,
- Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,

- **trasporto di massa sui conoidi:**

- Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),
- Cp, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi parzialmente protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità elevata),
- Cn, aree di conoidi non recentemente riattivatisi o completamente protette da opere di difesa - (pericolosità media o moderata),

- **valanghe:**

- Va, aree di pericolosità elevata o molto elevata,
- Vm, aree di pericolosità media o moderata.

2. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;

- gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
 - le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.
3. Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:
- gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale;
 - gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle alinee successive;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto

decreto legislativo.

4. Nelle aree Fs compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.
5. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:
 - gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
 - gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
 - le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
 - l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue;
 - l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai

sensi del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 dello stesso D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

- 6.** Nelle aree Eb, oltre agli interventi di cui al precedente comma 5, sono consentiti:
- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
 - gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale;
 - la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue;
 - il completamento degli esistenti impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti a tecnologia complessa, quand'esso risultasse indispensabile per il raggiungimento dell'autonomia degli ambiti territoriali ottimali così come individuati dalla pianificazione regionale e provinciale; i relativi interventi di completamento sono subordinati a uno studio di compatibilità con il presente Piano validato dall'Autorità di bacino, anche sulla base di quanto previsto all'art. 19 bis.
- 6bis.** Nelle aree Em compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.
- 7.** Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ca sono esclusivamente consentiti:
- gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
 - gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;

- gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - i cambiamenti delle destinazioni colturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
 - gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
 - le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
 - la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto delle condizioni idrauliche presenti;
 - l'ampliamento o la ristrutturazione degli impianti di trattamento delle acque reflue.
- 8.** Nelle aree Cp, oltre agli interventi di cui al precedente comma 7, sono consentiti:-
- gli interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lettera d) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;- gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienicofunzionale;
- la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue.
- 9.** Nelle aree Cn compete alle Regioni e agli Enti locali, attraverso gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica, regolamentare le attività consentite, i limiti e i divieti, tenuto anche conto delle indicazioni dei programmi di previsione e prevenzione ai sensi della L. 24 febbraio 1992, n. 225. Gli interventi ammissibili devono in ogni caso essere soggetti ad uno studio di compatibilità con le condizioni del dissesto validato dall'Autorità competente.
- 10.** Nelle aree Ve sono consentiti esclusivamente gli interventi di demolizione senza ricostruzione, di rimboschimento in terreni idonei e di monitoraggio dei fenomeni.

- 11.** Nelle aree Vm, oltre agli interventi di cui al precedente comma 10, sono consentiti:
- gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
 - gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
 - gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
 - la realizzazione di nuove infrastrutture pubbliche o di interesse pubblico, nonché l'ampliamento o la ristrutturazione delle esistenti, purché compatibili con lo stato di dissesto esistente;
 - le opere di protezione dalle valanghe.
- 12.** Tutti gli interventi consentiti, di cui ai precedenti commi, sono subordinati ad una verifica tecnica, condotta anche in ottemperanza alle prescrizioni di cui al D.M. 11 marzo 1988, volta a dimostrare la compatibilità tra l'intervento, le condizioni di dissesto e il livello di rischio esistente, sia per quanto riguarda possibili aggravamenti delle condizioni di instabilità presenti, sia in relazione alla sicurezza dell'intervento stesso. Tale verifica deve essere allegata al progetto dell'intervento, redatta e firmata da un tecnico abilitato.

ELENCO ELABORATI

- | | |
|-------------|--|
| Elaborato | - RELAZIONE ILLUSTRATIVA |
| Tavola 1A | - Carta geologica-geomorfologica di dettaglio della frana di Spriana e della aree limitrofe. Sezione geologica interpretativa parallela alla direzione di movimento della frana |
| Tavola 1B | - Carta della pericolosità provocata dalla frana di Spriana |
| Tavola 1C | - Carta geologica-geomorfologica di dettaglio delle grandi frane della Valtorreggio e dei principali centri abitati del comune di Torre S. Maria |
| Tavola 1D | - Carta della pericolosità relativa alle grandi frane della Valtorreggio e dei principali centri abitati del comune di Torre S. Maria |
| Tavola 2 | - Carta della pericolosità sismica locale su cartografia CTR in scala 1 : 10.000 |
| Tavola 3A | - Carta dei vincoli su cartografia CTR - Parte settentrionale del territorio comunale |
| Tavola 3B | - Carta dei vincoli su cartografia CTR - Parte meridionale del territorio comunale |
| Tavola 3C | - Carta di sintesi su cartografia CTR - Parte settentrionale del territorio comunale |
| Tavola 3D | - Carta di sintesi su cartografia CTR - Parte meridionale del territorio comunale |
| Tavola 4A | - Carta di fattibilità delle azioni di piano nelle aree urbanizzate di fondovalle (tra le località Arquino e Scilironi) |
| Tavola 4B | - Carta di fattibilità delle azioni di piano nelle aree urbanizzate di fondovalle (tra le località Scilironi e Torre S. Maria) |
| Tavola 4C | - Carta di fattibilità delle azioni di piano nelle aree urbanizzate di fondovalle (tra Torre S. Maria e il torrente Giumellino) |
| Tavola 4D | - Carta di fattibilità delle azioni di piano di tutto il territorio comunale su cartografia CTR in scala 1 : 10.000 |
| Tavola 5 | - Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI su cartografia CTR in scala 1 : 10.000 |
| Appendice 1 | - Schede di valutazione della litologia ghiaiosa e delle scarpate |
| Appendice 2 | - Limitazioni alle attività di trasformazione e d'uso del suolo derivanti dalle condizioni di dissesto idraulico e idrogeologico (art. 9 delle Norme Tecniche di Attuazione del PAI) |
| Allegato 1 | - Risultati dell'indagine sismica |