

C) GIUNTA REGIONALE E ASSESSORI

(BUR2003011)

(5.1.0)

D.g.r. 22 dicembre 2005 - n. 8/1566**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****LA GIUNTA REGIONALE**

Visti:

– l'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12, ove si dispone che la Giunta regionale, ai fini della prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, provveda, sentite le province, ad emanare criteri ed indirizzi per la definizione dell'assetto geologico, idrogeologico e sismico nel Piano di Governo del Territorio (PGT);

– il «Piano stralcio per l'assetto idrogeologico per il bacino idrografico di rilievo nazionale del fiume Po», di seguito denominato PAI, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po con deliberazione 26 aprile 2001, n. 18, ed approvato con d.p.c.m. del 24 maggio 2001, ai sensi della sopra richiamata legge 183/89;

– il «Progetto di piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del bacino del fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano», adottato con deliberazione 12 aprile 2002, n. 1 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del Fissero-Tartaro-Canalbiano;

Considerato che l'art. 5, comma 2, delle Norme di Attuazione del PAI dispone che le Regioni, ai sensi dell'art. 17, comma 5, della legge 183/89, emanino, ove necessario, disposizioni concernenti l'attuazione del piano stesso nel settore urbanistico;

Vista la d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365, avente per oggetto «Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino del fiume Po (PAI) in campo urbanistico – art. 17, comma 5, della legge n. 183/89», che ha definito le modalità di applicazione delle N.d.A. del PAI, regolamentandone l'applicazione in campo urbanistico;

Considerato che sono state sentite le Province lombarde negli incontri del 20 ottobre 2005 e del 16 novembre 2005, in ottemperanza alle disposizioni di cui al sopraccitato art. 57, comma 1, della l.r. 12/05;

Preso atto e vagliate le osservazioni ed i contributi pervenuti dalle Province stesse nonché da altri soggetti ed enti pubblici;

Dato atto che il predetto documento aggiorna le disposizioni per l'applicazione del PAI in campo urbanistico riportate nella sopraccitata direttiva, sostituendo la sopra richiamata d.g.r. 7365/01;

Ritenuto di approvare i «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», così come specificati negli allegati A, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6.1, 6.2, 6.3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, e 15, che formano parte integrante della presente deliberazione;

Dato atto che l'attività di cui trattasi trova specifico riferimento all'asse 6.5.2: «Pianificazione territoriale e difesa del suolo»;

Vagliate e assunte come proprie le predette considerazioni;

A voti unanimi espressi secondo le modalità di legge:

DELIBERA

Richiamate le premesse, che qui si intendono integralmente recepite ed approvate:

1. di approvare i «Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12», costituiti dagli allegati A, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 6.1, 6.2, 6.3, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, e 15 che formano parte integrante della presente deliberazione e costituiscono normativa di riferimento per i Comuni nella redazione degli studi geologici, idrogeologici e sismici;

2. di disporre la pubblicazione della presente deliberazione e del documento allegato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia.

Il segretario: Bonomo

ALLEGATO A

**CRITERI ED INDIRIZZI PER LA DEFINIZIONE
DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA
E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO,
IN ATTUAZIONE DELL'ART. 57
DELLA L.R. 11 MARZO 2005, N. 12**

INDICE

Premessa
Definizioni
Introduzione
Ambiti di applicazione
Periodo transitorio

PARTE 1 – ASPETTI METODOLOGICI**Fase di analisi****Ricerca storica e bibliografica****Cartografia di inquadramento**

Elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici
Elementi strutturali
Elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica
Elementi idrografici, idrologici e idraulici
Elementi idrogeologici
Opere di difesa ed altri elementi antropici

Approfondimento/integrazione

Definizione della pericolosità per i siti a maggior rischio

Analisi del rischio sismico

Risposta sismica locale – Generalità
Percorso normativo
Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale
Carta della pericolosità sismica locale
Sintesi delle procedure

Fase di sintesi/valutazione**Carta dei vincoli****Carta di sintesi**

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale
Altre aree da evidenziare

Fase di proposta**Carta di fattibilità delle azioni di piano**

Classe 1 (bianca) – Fattibilità senza particolari limitazioni
Classe 2 (gialla) – Fattibilità con modeste limitazioni
Classe 3 (arancione) – Fattibilità con consistenti limitazioni
Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni
Indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità
Contenuti della relazione geologica generale

PARTE 2 – RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA**Piani stralcio di bacino****PAI e PSFF**

Fasce fluviali

Recepimento delle fasce fluviali nei P.G.T.**Aree in dissesto: recepimento nei P.G.T., proposte di modifica e aggiornamento**

Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI
Aree a rischio idrogeologico molto elevato (Titolo IV delle N.d.A. e Allegato 4.1 dell'Elaborato 2 del PAI)

PS 267**Piano di Gestione del bacino Idrografico****Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano****Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP)****PARTE 3 – PROCEDURE DI COORDINAMENTO DELL'ATTIVITÀ ISTRUTTORIA****Contributi per la definizione/aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica dei P.G.T.****Allegati**

Premessa

La prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico e con le condizioni di sismicità del territorio a scala comunale viene attuata in Regione Lombardia dal 1993. In questo periodo di tempo, il 73% circa dei Comuni lombardi ha realizzato uno studio geologico del proprio territorio di supporto e di guida alla pianificazione.

Le deliberazioni n. 5/36147 del 18 maggio 1993, n. 6/37918 del 6 agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 hanno costituito sino ad ora gli indirizzi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei Comuni, secondo quanto stabilito dalla l.r. 24 novembre 1997, n. 41, recentemente abrogata dalla l.r. 11 marzo 2005, n. 12 «Legge per il governo del territorio».

A livello nazionale, inoltre, l'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, ha contribuito notevolmente a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata.

Le recenti modifiche costituzionali (modifica del Titolo V) recepite, per quanto attiene agli aspetti urbanistico-territoriali, a livello regionale dalla l.r. 11 marzo 2005, n. 12 «Legge per il governo del territorio», impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità in tutte le fasi del processo pianificatorio che dovrà costruirsi con il contributo positivo dei professionisti di settore (geologi, ingegneri, architetti, architetti del paesaggio, avvocati, ecc.) e degli Enti competenti per quel determinato livello pianificatorio (Comuni, Province e Regione). L'effettivo «governo del territorio» si esplicherà nell'integrazione armonica dei diversi livelli di pianificazione, anche mediante l'approfondimento specifico delle singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte da effettuare.

L'entrata in vigore della «Legge per il governo del territorio», ha quindi modificato profondamente l'approccio culturale alla materia urbanistica passando dal concetto di pianificazione a quello di Governo del Territorio; la conseguente variazione degli atti costituenti lo strumento urbanistico comunale (Piano di Governo del Territorio - P.G.T.), impone una ridefinizione dei criteri tecnici volti alla prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici a scala comunale.

Scopi della presente direttiva sono:

- fornire indirizzi, metodologie e linee guida da seguire per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del territorio comunale, per l'individuazione delle aree a pericolosità geologica e sismica, la definizione delle aree a vulnerabilità idraulica e idrogeologica e l'assegnazione delle relative norme d'uso e prescrizioni; in particolare, vengono in questo atto introdotte nuove linee guida per la definizione della vulnerabilità e del rischio sismico, a seguito della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basate sulle più recenti metodologie messe a punto dalla comunità scientifica;
- fornire indicazioni per l'aggiornamento del quadro delle conoscenze geologiche per i Comuni che hanno già realizzato uno studio geologico del proprio territorio a supporto della pianificazione;
- rendere coerenti e confrontabili i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale con gli atti di pianificazione sovraordinata (PTCP e PAI) e definire, per questi ultimi, le modalità e le possibilità di aggiornamento.

La presente direttiva viene redatta anche in considerazione del d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni», pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159 ed entrato in vigore il 23 ottobre u.s. In particolare vengono riprese le indicazioni relative all'azione sismica, utili già nello studio finalizzato alla fase di pianificazione, rimandando alla fase attuativa l'applicazione specifica delle norme tecniche costruttive. Questa parte della direttiva rappresenta una novità in quanto tiene conto delle recenti normative in materia di rischio sismico e ne specifica alcuni profili, propri del livello comunale (microzonazione) sulla base della attuale classificazione sismica dei Comuni lombardi.

Definizioni

Rischio: entità del danno atteso in una data area e in un certo intervallo di tempo in seguito al verificarsi di un particolare evento.

Elemento a rischio: popolazione, proprietà, attività economica, ecc. esposta a rischio in una determinata area.

Vulnerabilità: attitudine dell'elemento a rischio a subire danni per effetto dell'evento.

Pericolosità: probabilità di occorrenza di un certo fenomeno di una certa intensità in un determinato intervallo di tempo ed in una certa area.

Dissesto: processo evolutivo di natura geologica o idraulica che determina condizioni di pericolosità a diversi livelli di intensità.

Microzonazione sismica: individuazione e delimitazione di zone alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico, da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di manufatti e in fase di emergenza. L'individuazione di tali zone avviene attraverso la valutazione della pericolosità di base (terremoto di riferimento) e della risposta sismica locale. Il vero significato di uno studio di microzonazione sismica è quello di tradursi in uno strumento di uso del territorio e per questo al suo carattere spiccatamente scientifico, deve affiancarsi l'aspetto politico, inteso come scelte di priorità precise da parte di amministrazioni locali e di attività volte nella direzione della sicurezza, prevenzione, pianificazione territoriale, conoscenza e salvaguardia dei beni fisici ed architettonici.

Pericolosità sismica di base: previsione deterministica o probabilistica che si possa verificare un evento sismico in una certa area in un determinato intervallo di tempo. L'evento atteso può essere descritto sia in termini di parametri di scuotimento del suolo (Pga, Pgv, ecc.), sia i termini di Intensità macrosismica (I MCS).

Terremoto di riferimento: spettro elastico di risposta o accelerogramma relativo ad una formazione rocciosa di base o a un sito di riferimento.

Pericolosità sismica locale: previsione delle variazioni dei parametri della pericolosità di base e dell'accadimento di fenomeni di instabilità dovute alle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito; è valutata a scala di dettaglio partendo dai risultati degli studi di pericolosità sismica di base (terremoto di riferimento) e analizzando i caratteri geologici, geomorfologici e geologico-tecnici del sito.

Introduzione

La componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio è rappresentata da uno studio redatto in conformità alla presente direttiva che sostituisce le precedenti deliberazioni n. 7/6645 del 29 ottobre 2001, n. 7/7365 dell'11 dicembre 2001 ed integra la n. 6/40996 del 15 gennaio 1999.

Gli incarichi professionali per la redazione dello studio geologico affidati dalle Amministrazioni Comunali successivamente alla data di pubblicazione sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia della presente direttiva devono essere espletati secondo le modalità qui descritte; gli incarichi professionali affidati precedentemente possono essere condotti secondo i criteri indicati nella d.g.r. 7/6645/01, purché integrati relativamente alla componente sismica come disciplinato nei successivi paragrafi. In questo caso, ai fini dell'accertamento temporale, deve essere trasmessa alla Provincia territorialmente competente o alla Regione (per i casi in cui è tuttora prevista l'espressione di parere) copia dell'atto di affidamento dell'incarico congiuntamente allo studio geologico.

Ai sensi dell'art. 8, comma 1, lettera c) della l.r. 12/05, nel Documento di Piano del P.G.T. deve essere definito l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio ai sensi dell'art 57, comma 1, lettera a). Considerato l'iter di approvazione previsto dall'art. 13 della stessa l.r. 12/05, al fine di consentire alle Province la verifica di compatibilità della componente geologica del P.G.T. con il proprio PTCP, il Documento di Piano deve contenere lo studio geologico nel suo complesso, redatto ai sensi del presente atto.

Le fasi di sintesi/valutazione e di proposta (rappresentate dalle Carte di Sintesi, dei Vincoli, di Fattibilità delle azioni di piano e dalle relative prescrizioni) costituiscono parte integrante anche del Piano delle Regole nel quale, ai sensi dell'art. 10, comma 1, lettera d) della l.r. 12/05, devono essere individuate le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate.

Ambiti di applicazione

Devono realizzare uno studio geologico conformemente alla presente direttiva:

- a) i Comuni che non hanno mai proceduto a realizzare alcuno studio geologico ai sensi della l.r. 41/97 esteso all'intero territorio comunale o con studio non ritenuto ad essa confor-

me a seguito di istruttoria effettuata dalle competenti strutture regionali;

- b) i Comuni rientranti negli Allegati B e C della d.g.r. 7/7365 che non hanno mai avviato l'iter di adeguamento al PAI ai sensi del punto 5 della medesima d.g.r. 7/7365 (Allegato 13 con la dicitura «non avviato»);
- c) i Comuni che hanno realizzato uno studio geologico esteso all'intero territorio comunale prima dell'entrata in vigore della l.r. 41/97 ancorché ritenuto ad essa conforme (con d.g.r. 6/37920 del 6 agosto 1998) e non hanno successivamente più provveduto ad aggiornarlo;
- d) i Comuni che hanno realizzato uno studio geologico ai sensi della l.r. 41/97 esteso all'intero territorio comunale ma che, dopo la redazione del medesimo, hanno subito modifiche dell'assetto geomorfologico a causa di eventi naturali e/o loro effetti indotti (anche connessi a episodi sismici).

Tutti i Comuni sono comunque tenuti ad aggiornare i propri studi geologici ai sensi della presente direttiva relativamente:

- alla componente sismica (in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale);
- e, qualora non abbiano già provveduto a farlo:
 - alla cartografia di sintesi e di fattibilità, che deve essere estesa all'intero territorio comunale;
 - all'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.

Periodo transitorio

Le varianti al P.R.G. e gli strumenti di pianificazione negoziata previsti dall'art. 25, comma 1, della l.r. 12/05 devono essere corredati:

- da uno studio geologico, redatto ai sensi della presente direttiva, relativo all'ambito di trasformazione (e ad un suo significativo intorno), nel caso in cui lo strumento urbanistico del Comune non sia già supportato da uno studio geologico redatto conformemente ai criteri attuativi della l.r. 41/97 oppure nel caso in cui sia supportato da uno studio geologico che però non esprime la fattibilità nell'ambito di trasformazione;
- da una dichiarazione firmata da un Geologo che attesti la congruenza delle trasformazioni previste con le risultanze dello studio geologico e la non necessità di uno studio ulteriore nel caso in cui lo strumento urbanistico del Comune sia già supportato da uno studio geologico redatto conformemente ai criteri attuativi della l.r. 41/97 e si scelga, per il periodo transitorio di 18 mesi previsto dal d.m. 14 settembre 2005, di utilizzare la normativa previgente. Viceversa, alla dichiarazione relativa alla componente geologica e idrogeologica dovrà essere allegata una integrazione relativa alla componente sismica.

PARTE 1 – ASPETTI METODOLOGICI

La metodologia proposta per la redazione della componente geologica dei P.G.T. si fonda sulle seguenti fasi di lavoro: fase di analisi (a sua volta suddivisa in fase di ricerca storica e bibliografica, compilazione della cartografia di inquadramento e fase di approfondimento/integrazione), fase di sintesi/valutazione e fase di proposta.

Fase di analisi

Ricerca storica e bibliografica

La ricerca storica è finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, con particolare riferimento a fenomeni di dissesto o esondazione pregressi e ad alterazioni dello stato del territorio ancorché non più riconoscibili, nell'ottica della prevenzione e della previsione di nuovi scenari di rischio.

Si basa sulla raccolta dei dati e della documentazione esistente; è propedeutica alla predisposizione della cartografia di analisi e alla stesura della relazione. È comunque dovuto il riferimento al quadro conoscitivo delle caratteristiche fisiche del territorio e dei vincoli, contenuto nel Sistema Informativo Territoriale regionale e sintetizzato nell'Allegato 1. In tale allegato è altresì elencata la documentazione cartacea depositata e consultabile presso le strutture regionali. Eventuali valutazioni difformi di tali dati

dovranno essere debitamente supportate dal punto di vista tecnico con piena assunzione di responsabilità da parte del professionista.

È opportuno consultare il maggior numero di archivi/studi disponibili anche contenuti in strumenti di pianificazione territoriale (Comunali, di Comunità Montane, Province, Parchi regionali o intercomunali, archivi di Aziende Pubbliche ecc.). Gli Enti devono fornire agli incaricati, su richiesta dell'amministrazione procedente attestante l'incarico in corso, tutti i dati disponibili. Tutte le fonti bibliografiche utilizzate devono essere citate.

Devono essere raccolte le informazioni sulle opere di difesa/bonifica realizzate a seguito degli eventi descritti.

Le informazioni desunte andranno opportunamente sintetizzate utilizzando le apposite schede riportate negli Allegati, descritte nella Relazione geologica generale e georeferenziate nella cartografia di analisi.

Particolare cura deve essere posta nella ricerca di notizie relative a fenomeni di esondazione che risultano essenziali per la taratura dei modelli idrologico-idraulici utilizzati per eventuali approfondimenti.

Cartografia di inquadramento

Gli elaborati cartografici di inquadramento sono finalizzati alla caratterizzazione del territorio comunale dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrologico, idrogeologico, strutturale e sismico. Devono essere estesi a tutto il territorio comunale e ad un significativo intorno tale da comprendere anche aree in cui si possono verificare fenomeni che interferiscono con l'area in esame.

La base cartografica da utilizzare è la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000; se disponibili, possono essere utilizzate altre basi cartografiche più recenti e a scala di maggior dettaglio. Può essere compilata un'unica carta oppure, nel caso in cui il numero degli elementi da rappresentare sia tale da comprometterne la leggibilità, è possibile suddividere la stessa in più carte tematiche.

Per la rappresentazione cartografica degli elementi di seguito richiesti può essere utilizzata la legenda riportata in Allegato 11; per la rappresentazione dei dissesti dedotti dalle carte inventario può essere conservata la medesima legenda quivi utilizzata. Eventuali altri elementi geomorfologici possono essere indicati utilizzando la simbologia pubblicata con d.g.r. 6/40996 del 15 gennaio 1999 (tratta da Pellegrini G.B. et al., 1993: «Proposta di legenda geomorfologica ad indirizzo applicativo». Geografia fisica e dinamica quaternaria).

Elementi litologici, geologico-tecnici e pedologici

Per la rappresentazione dei litotipi sedimentari, delle successioni vulcaniche e dei depositi superficiali si raccomanda di ricorrere ad unità litostratigrafiche o allostratigrafiche, possibilmente di alto rango (gruppi o allogruppi), ricavate da carte ufficiali pubblicate e/o dalla letteratura scientifica. Per la rappresentazione delle rocce metamorfiche, plutoniche e filoniane è da preferire, invece, un'indicazione puramente litologica.

Ogni singola unità, sia essa litostratigrafica, allostratigrafica o litologica, deve essere cartografata con colore differente. Distinzioni all'interno delle unità sono opportune solo in caso di locali variazioni significative di facies. In legenda, per ogni unità devono essere brevemente descritte: litologia, facies, caratteri peculiari evidenziati nell'area esaminata ed età.

Deve essere riportato uno schema dei rapporti stratigrafici e devono essere ricostruite alcune sezioni geologiche significative.

Nelle zone in cui vi sono affioramenti del substrato roccioso vanno segnalate le fasce cataclastiche e milonitiche e quelle con elevato grado di alterazione.

Qualora si ritenga utile, possono essere approfonditi localmente gli aspetti relativi al grado di fratturazione della roccia. Indicativamente possono essere distinte tre classi di fratturazione: roccia molto fratturata, roccia fratturata, roccia massiccia, sulla base del volume dei blocchi delineati dalle fratture (ricavabile misurando la spaziatura delle fratture con rilievi geomeccanici speditivi) o eventualmente del volume dei blocchi detritici al piede del pendio, secondo questo schema:

- roccia molto fratturata volume modale blocchi < 0.001 m³,
- roccia fratturata volume modale blocchi tra 0.001 m³ e 0.5 m³,
- roccia massiccia volume modale > 0.5 m³.

Devono essere inoltre indicate aree in cui sono noti giacimenti minerali (inerti, litoidi, industriali, metalli, strategici).

Per i terreni vanno specificati i caratteri tessiturali, la litologia

prevalente, la genesi ed i rapporti stratigrafici, lo spessore ed il grado di cementazione ed alterazione; la granulometria deve essere valutata secondo la classificazione ASTM 1969-1975 o CNR UNI 10006.

Deve essere inoltre formulata una caratterizzazione di massima dei terreni ai fini geologico-applicativi, valutando soprattutto i parametri ritenuti necessari, quali la tessitura, la plasticità, il potenziale di rigonfiamento-contrazione, la densità, l'esistenza di orizzonti cementati o induriti, la permeabilità, il grado di saturazione e la posizione dell'eventuale superficie freatica o la presenza di piccole falde sospese, la presenza di segni di ristagno, di difficoltà di drenaggio, l'acclività e la stabilità, la profondità del substrato, l'angolo di attrito, i moduli elastici, etc.

Deve essere riportata in carta l'ubicazione di tutti i sondaggi, trincee esplorative, ecc. già realizzati sul territorio per vari scopi (edilizia, ricerche idriche, monitoraggio e bonifica di aree, ricerca petrolifera ecc.) o di scavi aperti (allegando alla relazione i relativi dati geotecnici e stratigrafici).

Nelle zone di pianura devono essere inoltre approfonditi gli aspetti più specificamente geopedologici suddividendo, ove possibile, il territorio in classi a caratteristiche omogenee. A questo riguardo è opportuno riferirsi alla cartografia pedologica prodotta dall'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e Foreste (ER-SAF) consultabile nel SIT regionale, in particolare nei Comuni in cui l'agricoltura assume rilevanza nella pianificazione.

Elementi strutturali

Nella carta vanno riportati i principali elementi strutturali, quali fratture, faglie, sovraccorrimenti, tracce di superfici assiali di pieghe e giaciture dei vari tipi di fabric planare delle rocce (stratificazione, clivaggio, banding magmatico), secondo le apposite simbologie riportate nella legenda, nonché trincee e contropendenze di origine gravitativa.

Elementi geomorfologici e di dinamica geomorfologica

Sono da riportare analiticamente le forme di erosione e di accumulo presenti, interpretandone la genesi in funzione dei processi geomorfologici attuali e passati, stabilendone la sequenza cronologica e valutandone lo stato di attività.

Per le forme e i processi geomorfologici, legati alla dinamica di versante, delle acque di scorrimento superficiale, del ghiaccio e della neve, del vento e dei fenomeni carsici possono essere utilizzati i seguenti stati di attività:

- attivo, che presenti uno o più sintomi di attività;
- quiescente, se può essere riattivato dalle sue cause originarie;
- stabilizzato, che non è più influenzato dalle sue cause originarie o che è stato protetto dalle sue cause originarie da misure di stabilizzazione;
- relitto, se inattivo e sviluppatosi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

I dati contenuti nel SIT - Dissesto idrogeologico - Inventario dei fenomeni franosi, costituiscono la base di riferimento per i territori collinari e di montagna; eventuali diverse rappresentazioni e classificazioni devono essere adeguatamente ed esplicitamente motivate.

Per i dissesti attivi derivati dagli inventari o emersi in fase di analisi (crolli, scivolamenti e frane complesse), soprattutto se interferenti con elementi a rischio (centri abitati, infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico) devono essere distinte, quando visibili o ipotizzabili in base alla morfologia, le zone di distacco, di transito e di accumulo. Per la valutazione preliminare della pericolosità di tali aree possono essere utilizzate le metodologie «semplificate» di cui all'Allegato 2 - Parte I «Procedure di definizione preliminare della pericolosità». Si specifica che tali metodologie semplificate non possono essere utilizzate ai fini di una proposta di ripermimetrazione di aree già perimetrate in precedenti studi geologici comunali o derivate dagli strumenti di pianificazione sovraordinata; per queste devono essere utilizzate le metodologie di cui all'Allegato 2 - Parte II «Procedure di dettaglio per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana», illustrate al paragrafo «Aree in dissesto: recepimento nei P.G.T., proposte di modifica e aggiornamento».

Per i movimenti franosi più importanti, e comunque ogniqualvolta vengano effettuati studi secondo le metodologie riportate in Allegato 2, deve essere compilata la scheda per il censimento delle frane riportata in Allegato 6 e, on line, l'apposita scheda predisposta dall'APAT (Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) nell'ambito del Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia) e valida per tutto il territorio nazio-

nale, seguendo la metodologia standardizzata nella «Guida alla compilazione» reperibile sul sito dell'APAT (http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Progetti/IFFI/Documenti_tecnici).

Particolare attenzione deve essere posta alla corretta rappresentazione dal punto di vista geomorfologico delle conoidi e, su di esse, all'individuazione delle porzioni attive, considerando la possibilità che i fenomeni di esondazione avvengano con trasporto e deposizione di materiale solido.

Per le valanghe devono essere individuati i canali di possibile transito e le zone di accumulo ed indicata la frequenza dei fenomeni. Studi di dettaglio ed eventuali proposte di ripermimetrazione devono essere condotte con la metodologia di cui all'Allegato 3.

Nelle aree montane, oltre al rilevamento dei fenomeni franosi reali o potenziali, devono altresì essere evidenziati i versanti che presentano pendenze superiori a 20°, dove siano presenti coperture di significativo spessore, e versanti con pendenze superiori a 35°, se in roccia.

Per le zone collinari dell'Oltrepò pavese e per quelle degli anfiteatri morenici, devono essere analizzati i dati morfometrici, l'esposizione del versante, la litologia, la presenza di calanchi, l'uso del suolo e gli aspetti meteo-climatici.

Nelle zone di pianura particolare cura deve essere posta alla rappresentazione delle forme di erosione e di accumulo fluviali, lacustri ed eoliche.

Dove presenti, possono essere evidenziati gli ambiti di particolare interesse geologico e geomorfologico per i quali il Comune potrà prevedere limitazioni d'uso atte a preservare e valorizzarne i peculiari valori scientifici, naturalistici, educativi. Gli ambiti da evidenziare possono essere, a titolo di esempio: sezioni stratigrafiche di interesse scientifico e divulgativo, sezioni con particolari strutture sedimentarie, tettoniche o metamorfiche, depositi minerali rari, forme che segnano la storia morfoevolutiva di una certa area o che rivestono particolare importanza naturalistica quali grotte e fenomeni carsici superficiali, sorgenti significative per il chimismo delle acque, teste di fontanile, particolari depositi fossiliferi ecc.

Elementi idrografici, idrologici e idraulici

Devono essere rappresentati in carta:

- il reticolo idrografico, eventualmente distinto in «principale» e «minore» nel caso sia stato completato l'iter di adeguamento alla d.g.r. 7/7868 e succ. mod. e int. ai sensi della legge 1/2000, evidenziando le relative porzioni di bacino idrografico. A tale proposito si deve fare riferimento ai dati idromorfologici nonché agli indicatori e coefficienti contenuti nel SIT Regionale - Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua (SIBCA);
- gli alveotipi, classificati secondo i modelli presenti in letteratura, le aree di divagazione dei corsi d'acqua e le aree di pertinenza idraulica, ricostruite in base agli esiti dell'analisi storico-bibliografica, su base geomorfologica e/o calcolate sulla base dei dati idrologici disponibili (facendo riferimento alla portata liquida e/o solida misurata o stimata con tempi di ritorno di 100 anni). Laddove presenti vanno in primo luogo recepiti i risultati degli studi idraulici condotti dall'Autorità di Bacino, dalla Regione o dalla Provincia territorialmente competente. Tutte le informazioni disponibili devono essere sintetizzate nell'apposita scheda (Allegato 8);
- gli ambiti soggetti a fenomeni di erosione fluviale e a sovralluvionamento;
- l'ubicazione delle eventuali stazioni di rilevamento idrometrico e quelle di controllo meteo-climatico o quali-quantitativo esistenti;
- l'ubicazione delle opere di difesa idraulica realizzate evidenziando in particolar modo le situazioni critiche dovute al degrado o all'inadeguatezza delle stesse nonché le limitazioni al regolare deflusso idraulico, sia naturale sia di origine antropica (strette naturali, ponti, passerelle, traverse di derivazione, intubamenti e manufatti vari).

Elementi idrogeologici

I terreni e le rocce affioranti devono essere rappresentati secondo intervalli di permeabilità omogenea o, quando possibile, secondo classi di vulnerabilità intrinseca, dove per vulnerabilità intrinseca si intende l'insieme delle caratteristiche dei complessi idrogeologici che costituiscono la loro suscettività specifica ad ingerire e diffondere un inquinante idrico o idroveicolato (ricavate utilizzando i metodi suggeriti dal d.lgs. 258/2000, Parte BIII - Allegato 7 «Aspetti generali per la cartografia delle aree ove le

acque sotterranee sono potenzialmente vulnerabili»); per le aree montane la classificazione può essere riferita alle sole aree di alimentazione delle sorgenti.

Vanno ubicati tutti i pozzi idrici, pubblici e privati, le sorgenti, captate e non e le risorgive, contraddistinti da un codice univoco. Tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi e alle sorgenti devono essere sintetizzate nelle apposite schede (Allegati 9 e 10). Per le aree di fondovalle e pianura, deve essere costruita una piezometria recente, chiaramente datata, relativa alla falda più superficiale e alle falde contenute negli acquiferi maggiormente significativi e/o più vulnerabili, riportante le direzioni di flusso prevalenti e i principali assi drenanti.

Devono anche essere evidenziate le aree in cui la soggiacenza della prima falda risulta essere ridotta e quindi di possibile interferenza con l'edificazione esistente o prevista.

Vanno rappresentati gli allineamenti di sorgenti, gli impluvi, le zone di ristagno o di concentrazione d'acqua, etc.

Possono essere cartografate le potenziali aree di futuro sfruttamento della falda al fine di sottoporle ad adeguata tutela, individuate anche sulla base del bilancio idrogeologico e dell'analisi qualitativa della risorsa idrica sotterranea descritti nella relazione geologica generale.

A corredo della carta devono essere ricostruite almeno due sezioni ortogonali rappresentative dell'assetto idrogeologico del territorio, nelle quali le formazioni presenti siano rappresentate in funzione del grado di permeabilità (permeabile, semipermeabile, impermeabile).

Opere di difesa ed altri elementi antropici

Devono essere riportate sulla cartografia le diverse opere di difesa attive e passive, le opere di derivazione, le dighe, gli attraversamenti di corsi d'acqua e le stazioni di monitoraggio (di fenomeni franosi, di aree contaminate ecc.).

Tutte le informazioni disponibili relative alle opere di difesa del suolo devono essere sintetizzate nella relazione geologica generale.

Devono essere riportati altri elementi antropici, quali: aree interessate (anche in passato) da attività estrattive (anche in sotterraneo), discariche, bonifiche, rilevati, trincee, ecc.

Approfondimento/integrazione

La fase di approfondimento e integrazione, a partire dalla documentazione di cui alla fase precedente, costituisce il valore aggiunto operato dal professionista e deve comprendere anche l'analisi della sismicità del territorio. Nella presente direttiva sono indicati i contenuti richiesti per tali approfondimenti (Allegati 2 - Parte II, 3, 4 e 5) e i casi in cui gli stessi devono essere applicati.

Definizione della pericolosità per i siti a maggior rischio

Nel caso in cui si renda necessaria una definizione di maggior dettaglio della pericolosità (e di conseguenza della fattibilità geologica) di porzioni del territorio indagato ed in particolare:

- ove siano di difficile perimetrazione, utilizzando le metodologie prevalentemente qualitative di cui ai paragrafi precedenti, fenomeni di dissesto e relative aree di influenza;
- ove occorra o si voglia una caratterizzazione di maggiore dettaglio del fenomeno per definire precise delimitazioni e/o prescrizioni;
- in aree in cui sono emerse situazioni particolarmente critiche dal punto di vista geologico/idraulico o di difficile rappresentazione alla scala 1:10.000, che necessitano quindi di un maggior approfondimento e dettaglio;
- in aree edificate, aree con infrastrutture di rilevanza strategica e aree di possibile espansione edilizia, comprendendo un intorno adeguato;

possono essere utilizzare le metodologie riportate negli Allegati 2 - Parte II, 3 e 4 della presente direttiva, relative alla zonazione della pericolosità da frana, da fenomeni valanghivi o da esondazione.

L'applicazione di tali metodologie è invece *obbligatoria* nei seguenti casi:

- a supporto di una proposta di ripermetrazione di ambiti soggetti a vincolo (aree in dissesto e aree a rischio idrogeologico molto elevato individuate nella cartografia del PAI);
- a supporto di una proposta di declassazione di ambiti precedentemente inseriti in classe 4 di fattibilità geologica.

Gli studi di approfondimento di cui al presente paragrafo possono essere redatti anche disgiuntamente dallo studio geologico generale (relativo all'intero territorio comunale), nel caso si renda necessaria una revisione/integrazione di studi pregressi.

Una volta definita la pericolosità degli ambiti oggetto di approfondimento, in assenza di altri fattori, è possibile assegnare la relativa classe di fattibilità geologica seguendo le indicazioni fornite nella Tabella 2. In presenza di altri fattori di pericolosità l'attribuzione della classe deve invece derivare da una valutazione dell'interferenza/sovrapposizione dei fenomeni stessi.

Le verifiche di compatibilità idraulica (Allegato 4) possono essere applicate in aree che risultino soggette a esondazione in base alle informazioni provenienti da studi pregressi, in base a valutazioni condotte con criterio geomorfologico o in base a dati storici, e tutte le volte in cui si ritenga necessario approfondire le condizioni di rischio idraulico.

Deve essere invece previsto l'utilizzo delle metodologie di cui all'Allegato 4 per approfondire le condizioni di rischio delle aree comprese nelle Fasce A e/o B all'interno dei centri edificati e delle aree a tergo del limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C (ai sensi dell'art. 39, comma 2, e 31, comma 5, delle N.d.A. del PAI), oltre che per le aree soggette a fenomeni di esondazione e dissesti morfologici di carattere torrentizio lungo le aste dei corsi d'acqua (aree Ee, Eb ed Em, ai sensi dell'art. 9 delle N.d.A. del PAI).

Per il calcolo della magnitudo e della portata dei corsi d'acqua, nonché per la verifica dei principali dati idromorfologici si deve fare riferimento al SIT regionale-applicativo SIBCA.

Per la rappresentazione cartografica di questi studi di approfondimento possono essere utilizzati rilievi fotogrammetrici comunali (scala 1:5.000, 1:2.000), evitando l'impiego di mappe catastali che non sono idonee alla rappresentazione dei temi geologici in esame.

Le risultanze di tali studi concorrono alla redazione della carta di sintesi e di fattibilità geologica nonché alla Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI; devono essere quindi rappresentate anche utilizzando la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000.

Analisi del rischio sismico

Risposta sismica locale - Generalità

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area.

In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

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

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

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

tazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

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

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluitamenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vucolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Percorso normativo

Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica», pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento Ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti alla classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni», pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159.

A far tempo da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata ordinanza 3274/03.

Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al d.m. 5 marzo 1984 (41 Comuni distribuiti tra le province di Bergamo, Brescia, Cremona e Pavia, tutti in zona 2), alla attuale:

	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4
BERGAMO	-	4	85	155
BRESCIA	-	32	116	58
COMO	-	-	-	163
CREMONA	-	4	-	111
LECCO	-	-	-	90
LODI	-	-	-	61
MANTOVA	-	-	21	49
MILANO	-	-	-	188
PAVIA	-	1	16	173
SONDRIO	-	-	-	78
VARESE	-	-	-	141
TOTALE	-	41	238	1267

Per l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 «Norme tec-

niche per le costruzioni», è comunque previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute. Durante questo periodo da leggersi come «regime transitorio» è possibile applicare in alternativa la normativa previgente in materia.

Per normativa previgente in materia si debbono intendere le norme di attuazione della legge n. 1086 del 5 novembre 1971 e della legge n. 64 del 2 febbraio 1974 e precisamente:

- d.m. 9 gennaio 1996 - Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- d.m. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche;
- d.m. 16 gennaio 1996 - Norme tecniche relative ai «Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi»;
- d.m. 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- d.m. 20 novembre 1987 - Norme tecniche per gli edifici in muratura;
- d.m. 3 dicembre 1987 - Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate;
- d.m. 4 maggio 1990 - Aggiornamento delle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo dei ponti stradali;
- d.m. 24 marzo 1982 - Norme tecniche per la progettazione e la costruzione delle dighe di sbarramento.

Valori del grado di sismicità da adottare nella progettazione - Nelle zone sismiche già classificate e di nuova classificazione, per il periodo transitorio di 18 mesi, si possono utilizzare per la progettazione sia le norme di cui agli allegati tecnici dell'ordinanza n. 3274/2003 sia le norme previgenti sopra elencate.

Alla luce della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo, in zona 4, della progettazione antisismica esclusivamente per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, si ritiene corretto considerare le specifiche di «sismicità media» ($S=9$) per i Comuni in zona 2 e di «sismicità bassa» ($S=6$) per Comuni sia in zona 3 che in zona 4.

Tali specifiche possono essere adottate anche nel caso di edifici non rientranti tra quelli considerati strategici e rilevanti.

Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale

In Allegato 5 è riportata la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni», dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003.

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno «Studio-Pilota» redatto dal Politecnico di Milano - Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° Livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti.

Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, riportate nella Tabella 1 dell'Allegato 5, in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale - PSL).

2° Livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa).

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli

approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i Comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

Il secondo livello è obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1° livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° Livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale, il cui utilizzo è dettagliato nell'Allegato 5.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Carta della pericolosità sismica locale

Nella carta di fattibilità devono essere riportate con appositi retini «trasparenti» le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal d.m. 14 settembre 2005, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

L'obbligo di eseguire gli approfondimenti di 3° livello per gli ambiti interessati deve essere chiaramente inserito nelle normative di ciascuna delle classi di fattibilità interessate.

Sintesi delle procedure

La Figura 1 presente in Allegato 1 illustra in modo esemplificativo i dati necessari da inserire, i percorsi da seguire e i risultati attesi, mentre nella tabella sotto riportata vengono sintetizzati gli adempimenti e le tempistiche in funzione della zona sismica di appartenenza:

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione			
1° livello fase pianificatoria		2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none">- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale.- Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione			
1° livello fase pianificatoria		2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none">- Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale.- Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.

PSL = Pericolosità Sismica Locale.

Fase di sintesi/valutazione

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

Carta dei vincoli

La carta dei vincoli deve essere redatta su tutto il territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico comunale.

Devono essere rappresentate su questa carta le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico con particolare riferimento a:

Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della legge 183/89 (cfr. Parte 2 – Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata) ed in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 (Elaborato n. 8 – Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali);
- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali approvato con d.p.c.m. 24 luglio 1998 (in particolare per quanto riguarda la perimetrazione delle fasce fluviali del Fiume Po);
- quadro del dissesto come presente nel SIT regionale derivante:
 - dall'aggiornamento effettuato ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI per i Comuni che hanno concluso positivamente la verifica di compatibilità;
 - dall'Elaborato 2 del PAI «Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici» (quadro del dissesto originario) per i Comuni che non hanno proposto aggiornamenti e non li propongono con lo studio di cui alla presente direttiva;
 - dalle proposte di aggiornamento fatte all'Autorità di Bacino dalla Regione Lombardia per i Comuni compresi nell'Allegato A alla d.g.r. 7/7365, sulla base dei contenuti degli studi geologici ritenuti già compatibili con le condizioni di dissesto presente o potenziale, ai sensi dell'art. 18, comma 1, delle N.d.A. del PAI;
- quadro del dissesto proposto in aggiornamento al vigente con lo studio di cui alla presente direttiva, come specificato al paragrafo «Carta del dissesto con legenda unificata a quella del PAI».

Resta inteso che il quadro del dissesto deve essere comprensivo anche delle aree perimetrate negli Allegati 4.1 e 4.2 all'Elaborato 2 del PAI («aree rosse» e «aree verdi»), nonché delle aree a rischio idrogeologico molto elevato introdotte con i successivi aggiornamenti al PS267.

Si ricorda a tale proposito che le zone di inedificabilità assoluta e temporanea, introdotte ai sensi della legge 102/90 con d.g.r. n. 6/35038 del 13 marzo 1998: «Legge 2 maggio 1990 n. 102, Piano per la difesa del suolo e riassetto idrogeologico della Valtellina e delle adiacenti zone delle province di Bergamo, Brescia e Como. Approvazione di modifiche e varianti alle aree a vincolo di inedificabilità di cui all'art. 1, comma 2, legge 102/90», come definite ed individuate nel piano approvato con d.c.r. 3 dicembre 1991, n. 376 e nel d.P.R. 9 ottobre 1997 «Approvazione dello Stralcio di schema previsionale e programmatico del Bacino del Po, concernente i vincoli di inedificabilità in Valtellina», sono confluite nell'Elaborato n. 2 del PAI approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001. Con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 3 del 13 marzo 2002 esse sono state assoggettate alle norme dell'art. 9 delle N.d.A. del PAI.

Vincoli di polizia idraulica: ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, devono essere riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore, previo parere positivo da parte della Sede territoriale regionale competente; fino all'espressione di tale parere e al recepimento dello studio mediante variante urbanistica, sulle acque pubbliche, così come definite dalla legge 5 gennaio 1994, n. 36, e relativo regolamento, devono essere evidenziati i vincoli disposti dall'art. 96, lettera f), del r.d. 25 luglio 1904, n. 523.

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile: devono essere riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, (comprese le porzioni di aree di salvaguardia relative a pozzi e sorgenti dei Comuni limitrofi, qualora ricadano all'interno del territorio del Comune in esame), ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4.

Si ricorda che le aree di rispetto individuate con i criteri idrogeologico e temporale ai sensi della d.g.r. n. 6/15137 del 27 giugno 1996 diventano efficaci solo a seguito del rilascio del relativo atto autorizzativo da parte dell'Autorità competente; in assenza di tale atto i relativi vincoli devono essere applicati sull'ambito individuato con criterio geometrico.

Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta devono essere adeguate alle disposizioni previste dalla d.g.r. 10 aprile 2003, n. 7/12693: «Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni».

Geositi: devono essere individuati i beni geologici già soggetti a forme di tutela (Allegato 14).

Carta di sintesi

La carta di sintesi deve essere redatta su tutto il territorio comunale, ad una scala tale da poter rappresentare i contenuti di seguito descritti. Si suggerisce comunque di utilizzare la scala 1:5.000 o 1:2.000 per le aree urbanizzate e/o oggetto di approfondimento tramite gli studi di cui al paragrafo «Approfondimento/integrazione».

La carta di sintesi deve rappresentare le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Pertanto tale carta deve essere costituita da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

Vengono di seguito definiti gli ambiti di pericolosità e di vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi. La sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. La delimitazione dei poligoni viene fatta con valutazioni sulla pericolosità e sulle aree di influenza dei fenomeni desunte dalla fase di analisi precedente e per i casi specificati al paragrafo «Definizione della pericolosità per i siti a maggior rischio - secondo elenco puntato» mediante le procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità (Allegati 2, 3 e 4).

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti

Le seguenti voci comprendono sia aree interessate da fenomeni di instabilità dei versanti già avvenuti, delimitabili in base a evidenze di terreno e/o in base a dati storici, sia aree che potenzialmente potrebbero essere interessate dai fenomeni.

- Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli);
- aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli);
- aree di frana attiva (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- aree di frana quiescente (scivolamenti, colate ed espansioni laterali);
- aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soli-flusso);
- aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco e di accumulo);
- aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli);
- aree interessate da trasporto in massa e flussi di detrito su conoide;
- aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presen-

za di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza;

- aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza;
- aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni e relativo percorso;
- aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo;
- aree interessate da valanghe già avvenute;
- aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali;
- aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area;
- altre tipologie non classificabili nei punti precedenti.

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico

- Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi definite nell'ambito dello studio o nei piani di tutela di cui al d.lgs. 258/2000; l'acquifero da indagare è quello sfruttato ad uso idropotabile e quello superficiale nel caso di potenziale connessione o necessità di tutela;
- aree con emergenze idriche (fontanili, sorgenti, aree precedentemente scavate);
- aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese;
- aree interessate da carsismo profondo con presenza di inghiottitoi e doline;
- aree interessate da intensa fratturazione (faglie, famiglie di fratture, ...).

Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico

- Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido;
- aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche;
- aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.;
- aree soggette ad esondazioni lacuali;
- aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali desunte dalla ricerca storica-bibliografica;
- aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa;
- aree adiacenti a corsi d'acqua da mantenere a disposizione per consentire l'accessibilità per interventi di manutenzione e per la realizzazione di interventi di difesa (in assenza di definizione del regolamento di polizia idraulica di cui alla d.g.r. 7/7868/01);
- aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura.

Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche

- Aree di possibile ristagno, torbose e paludose;
- aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori);
- aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze);
- aree con riporti di materiale, aree colmate;
- altro.

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

Devono essere individuate sulla cartografia di sintesi le opere

realizzate per la mitigazione del rischio evidenziandone, quando possibile, la relativa area di influenza e segnalando quelle opere per le quali la corretta e periodica manutenzione risulta determinante per la definizione della funzionalità.

Altre aree da evidenziare

Possono essere trasposte dalla cartografia di analisi altre aree meritevoli di particolare tutela o salvaguardia (es: ambiti di particolare interesse geologico, geomorfologico, naturalistico) sulle quali il Comune intende proporre un «vincolo». In quest'ultimo caso saranno evidenziati, come categoria distinta, anche i beni di interesse paesaggistico che sono oggetto del quadro conoscitivo del territorio comunale all'interno del Documento di Piano (l.r. 12/05, art. 8, comma 1, punto b). Ne discende la loro individuazione all'interno del Piano delle Regole, con inerenza alle aree di valore paesaggistico-ambientale ed ecologico (l.r. 12/05 art. 10, comma 1, punto e, numero 2).

Fase di proposta

La fase di proposta è definita attraverso la redazione della carta di fattibilità geologica delle azioni di piano e delle norme geologiche di attuazione. Tale fase prevede modalità standardizzate (cfr. paragrafo Carta di fattibilità delle azioni di piano) di assegnazione della classe di fattibilità agli ambiti omogenei per pericolosità geologica e geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica individuati nella fase di sintesi, al fine di garantire omogeneità e obiettività nelle valutazioni di merito tecnico. Alle classi di fattibilità individuate devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale (cfr. paragrafo Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale), che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

Per i Comuni rientranti nei casi descritti al paragrafo «Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI», la fase di proposta deve comprendere anche la carta del dissesto idrogeologico con legenda uniformata a quella del PAI elaborata al fine di aggiornare l'Elaborato 2 del PAI stesso.

Carta di fattibilità delle azioni di piano

La carta della fattibilità geologica per le azioni di piano deve essere redatta alla stessa scala dello strumento urbanistico e si riferisce all'intero territorio comunale, fermo restando l'obbligo di produrla anche in scala 1:10.000, utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, al fine di consentire l'aggiornamento del mosaico della fattibilità contenuto nel SIT.

La carta di fattibilità viene desunta dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli (per gli ambiti ricadenti entro le fasce fluviali e le aree in dissesto PAI) attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono.

Al mosaico della fattibilità devono essere sovrapposte, con apposito retino «trasparente», le aree soggette ad amplificazione sismica locale desunte dalla carta di pericolosità sismica locale costruita secondo le modalità descritte nel paragrafo «Analisi della sismicità del territorio e carta della pericolosità sismica locale». La carta di fattibilità è dunque una carta di pericolosità che fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio.

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle «norme geologiche di attuazione» (capitolo conclusivo della relazione descrittiva della componente geologica del Piano di Governo del Territorio) che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi ed indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti, opere di mitigazione del rischio, necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali, necessità di predisposizione di sistemi di monitoraggio e piani di protezione civile).

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

- nella prima fase, a ciascun poligono della carta di sintesi, in base al/i fattore/i di pericolosità/vulnerabilità presente/i viene attribuita una classe di fattibilità (valore di ingresso) seguendo le prescrizioni della Tabella 1;
- successivamente il professionista può aumentare o diminuire il valore della classe di fattibilità in base a valutazioni di merito tecnico per lo specifico ambito. La diminuzione della classe di fattibilità rispetto alla classe di ingresso deve essere compiutamente documentata e motivata da ulteriori indagini sulla pericolosità del comparto con piena ed esplicita assunzione di responsabilità da parte del professionista, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 («Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 47, d.P.R. 28

dicembre 2000, n. 445»). Si ricorda a questo proposito quanto detto al paragrafo «Definizione della pericolosità per i siti a maggior rischio» circa il declassamento di ambiti precedentemente inseriti in classe 4 di fattibilità.

Non possono essere variati i valori delle classi di ingresso di fattibilità per:

- le classi 4 con «asterisco»;
- le classi di fattibilità desunte dalla tabella 1 e delimitate in seguito alla zonazione della pericolosità mediante le procedure di cui agli allegati 2 - Parte II, 3 e 4.

Nel caso in cui in un'area omogenea per pericolosità/vulnerabilità vi sia la presenza contemporanea di più fenomeni, deve essere attribuito il valore più alto di classe di fattibilità desunto dalla Tabella 1; la relativa normativa associata deve contenere le prescrizioni che considerano la sussistenza di tutti i fenomeni evidenziati.

L'efficienza, la funzionalità e la congruità delle opere di difesa idrogeologica presenti contribuiscono alla definizione delle classi di fattibilità.

La presenza di opere di difesa ritenute efficaci ed efficienti comporta la riduzione del livello di rischio concernente un determinato fenomeno di dissesto.

Al contrario, la presenza di opere palesemente non idonee o in cattivo stato di manutenzione può essere ininfluenza rispetto al livello di rischio considerato ed in taluni casi può addirittura rappresentare un'aggravante delle condizioni di rischio stesso.

Classe 1 (bianca) - 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 dal d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni».

Classe 2 (gialla) - Fattibilità con modeste limitazioni

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa. Per gli ambiti assegnati a questa classe devono essere indicati gli eventuali approfondimenti da effettuare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori.

Classe 3 (arancione) - Fattibilità con consistenti limitazioni

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

Il professionista deve in alternativa:

- se dispone fin da subito di elementi sufficienti, definire puntualmente per le eventuali previsioni urbanistiche le opere di mitigazione del rischio da realizzare e le specifiche costruttive degli interventi edificatori, in funzione della tipologia del fenomeno che ha generato la pericolosità/vulnerabilità del comparto;
- se non dispone di elementi sufficienti, definire puntualmente i supplementi di indagine relativi alle problematiche da approfondire, la scala e l'ambito territoriale di riferimento (puntuale, quali caduta massi, o relativo ad ambiti più estesi coinvolti dal medesimo fenomeno quali ad es. conoidi, interi corsi d'acqua ecc.) e la finalità degli stessi al fine di accertare la compatibilità tecnico-economica degli interventi con le situazioni di dissesto in atto o potenziale e individuare di conseguenza le prescrizioni di dettaglio per poter procedere o meno all'edificazione.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti per le classi di fattibilità 2, 3 e 4 (limitatamente ai casi consentiti) devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa.

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

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dal d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni».

Classe 4 (rossa) – Fattibilità con gravi limitazioni

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, 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 professionista deve fornire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non è strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre deve essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; dovranno comunque essere puntualmente e attentamente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, deve essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

A discrezione del professionista ogni classe di fattibilità, con particolare riferimento alle classi 2 e 3, può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

Indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità

Tabella 1 – Classi di ingresso

Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti	
Aree soggette a crolli di massi (distacco e accumulo). Da definire in base all'estensione della falda di detrito e alla distanza raggiunta dai massi secondo dati storici (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree interessate da distacco e rotolamento di blocchi provenienti da depositi superficiali (vengono delimitate le effettive aree sorgenti e le aree di accumulo dei crolli)	4
Aree di frana attiva (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree di frana quiescente (scivolamenti; colate ed espansioni laterali)	4
Aree a franosità superficiale attiva diffusa (scivolamenti, soliflusso)	4
Aree a pericolosità potenziale per grandi frane complesse (comprendenti di aree di distacco ed accumulo)	4
Aree in erosione accelerata (calanchi, ruscellamento in depositi superficiali o rocce deboli)	4
Aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide	4*
Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata e stimata o calcolata area di influenza	4
Aree a pericolosità potenziale legata a orientazione sfavorevole della stratificazione in roccia debole e stimata o calcolata area di influenza	3
Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate in detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni	3
Aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno	4*
Aree a pericolosità potenziale legate alla presenza di terreni a granulometria fine (limi e argille) su pendii inclinati, comprensive delle aree di possibile accumulo (aree di influenza)	3
Aree interessate da valanghe già avvenute	4
Aree a probabile localizzazione di valanghe potenziali	4
Aree protette da interventi di difesa efficaci ed efficienti	3
Aree estrattive attive o dismesse non ancora recuperate, comprendendo una fascia di rispetto da valutare in base alle condizioni di stabilità dell'area	3

Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico	
Aree ad elevata vulnerabilità dell'acquifero sfruttato ad uso idropotabile e/o del primo acquifero	3
Aree con emergenze idriche diffuse (fontanili, sorgenti, aree con emergenza della falda)	4
Aree a bassa soggiacenza della falda o con presenza di falde sospese	3
Aree interessate da carsismo profondo (caratterizzate da inghiottitoi e doline)	4
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico	
Aree ripetutamente allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali o frequentemente inondabili (indicativamente con tempi di ritorno inferiori a 20-50 anni), con significativi valori di velocità e/o altezze d'acqua o con consistenti fenomeni di trasporto solido	4
Aree allagate in occasione di eventi meteorici eccezionali o allagabili con minore frequenza (indicativamente con tempi di ritorno superiori a 100 anni) e/o con modesti valori di velocità ed altezze d'acqua, tali da non pregiudicare l'incolumità delle persone, la funzionalità di edifici e infrastrutture e lo svolgimento di attività economiche	3
Aree potenzialmente inondabili individuate con criteri geomorfologici tenendo conto delle criticità derivanti da punti di debolezza delle strutture di contenimento quali tratti di sponde in erosione, punti di possibile tracimazione, sovralluvionamenti, sezioni di deflusso insufficienti anche a causa della presenza di depositi di materiale vario in alveo o in sua prossimità ecc.	4
Aree già allagate in occasione di precedenti eventi alluvionali nelle quali non siano state realizzate opere di difesa e quando non è stato possibile definire un tempo di ritorno	4
Aree soggette ad esondazioni lacuali	3
Aree protette da interventi di difesa dalle esondazioni efficaci ed efficienti, dei quali sia stato verificato il corretto dimensionamento secondo l'allegato 3 (con portate solido-liquide aventi tempo di ritorno almeno centennale)	3
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale e non idoneamente protette da interventi di difesa	4
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	4
Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza dei conoidi pedemontani di raccordo collina-pianura	3
Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche	
Aree di possibile ristagno, torbose e paludose	3
Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante (riportare gli spessori)	3
Aree con consistenti disomogeneità tessiture verticali e laterali (indicare le ampiezze)	3
Aree con riporti di materiale, aree colmate	3

Aree ricadenti all'interno delle fasce fluviali

	Classe	Norme
Fascia A all'esterno dei centri edificati	4	
Fascia B all'esterno dei centri edificati	3	Consentiti solo gli interventi previsti dagli artt. 30, 38, 38-bis, 38-ter, 39 e 41 delle N.d.A. del PAI
Fasce A e B all'interno dei centri edificati	Da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le fasce A e B
Territori di fascia C delimitati con segno grafico indicato come «limite e progetto tra la fascia B e la fascia C»	Da attribuire sulla scorta degli studi idraulici per la valutazione del rischio realizzati con il metodo approfondito di cui all'Allegato 4	Fino ad avvenuta valutazione delle condizioni di rischio si applicano le norme riguardanti la fascia B fino al limite esterno della fascia C

	Classe	Norme
Fascia C	Da attribuire in base alle problematiche riscontrate	Da definire nell'ambito dello studio, fermo restando quanto stabilito dall'art. 31 delle N.d.A. del PAI

Le porzioni di territorio esterne ai poligoni individuati mediante le procedure precedentemente descritte corrispondono a quelle aree per le quali non sono state individuate limitazioni alla modifica dell'uso dei terreni dal punto di vista geologico (classe 1). Tali aree saranno comunque soggette all'applicazione del d.m. 14 settembre 2005.

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

Per le aree nelle quali siano stati effettuati studi di dettaglio per la valutazione della pericolosità con le metodologie di cui agli Allegati 2 - Parte II, 3 e 4 le classi di fattibilità devono essere attribuite sulla base della tabella 2 di cui al paragrafo «Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI».

Contenuti della relazione geologica generale

La relazione geologica generale deve essere composta da due elaborati, la relazione illustrativa e le norme geologiche di piano. La relazione raccoglie la documentazione cartografica prodotta e tutte le informazioni di base utilizzate per lo studio (sintetizzate nelle apposite schede) che non sono state oggetto di apposita cartografia o che nella cartografia sono state aggregate o sintetizzate in vario modo.

In particolare raccoglie:

- gli esiti della ricerca storica e le relative schede;
- l'inquadramento meteo climatico e nivologico (regime delle precipitazioni, eventi pluviometrici intensi ed estremi, regime degli afflussi e deflussi ecc.), tenendo conto delle finalità prettamente applicative dello studio geologico;
- una descrizione dei corsi d'acqua naturali e artificiali sotto l'aspetto idrografico, idrologico e idraulico (regime degli afflussi e deflussi, portate di massima piena e tempi di ritorno, definizione quantitativa o stima del trasporto solido);
- una descrizione dell'assetto geologico e strutturale dell'area in esame tenendo conto delle finalità applicative dello studio geologico. Devono essere descritte litologia e le facies delle unità rilevate nell'area in esame, con particolare riguardo alle peculiarità locali. Anche per i depositi quaternari devono essere specificate, per le diverse categorie evidenziate, i caratteri tessiturali, le classi granulometriche, il grado di cementazione, l'alterazione, fornendo al contempo indicazioni sulle principali caratteristiche geotecniche dei terreni desunte da dati esistenti;
- una descrizione delle principali forme e processi geomorfologici rilevati valutandone attività e ricorrenza anche sulla base dei dati storici raccolti; devono essere indicate le motivazioni che hanno portato ad una classificazione dei fenomeni negli stati di «quiescente» e «stabilizzato», in particolare nel caso in cui venga diversamente interpretato quanto contenuto nel Sistema Informativo Territoriale regionale;
- una descrizione dell'assetto idrogeologico dell'area. Devono essere riportate le serie storiche disponibili (di pozzi a stratigrafia nota) relativamente alla falda libera, evidenziando le minime soggiacenze (ed i periodi di riferimento). Deve essere definita la vulnerabilità intrinseca degli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile e dell'acquifero superficiale e sottolineati tutti i problemi presenti nell'area in esame dovuti a ristagni e difficoltà di drenaggio, nonché segnalate le emergenze naturali e artificiali della falda. Devono essere allegate tutte le stratigrafie (comprendenti di schema di completamento) dei pozzi disponibili, in particolare quelle dei pozzi utilizzati per la piezometria, raccolte e allegate le analisi chimiche disponibili e rappresentative degli acquiferi analizzati ed effettuato un bilancio idrogeologico ricariche/prelievi al fine di valutare la disponibilità idrica, intesa come limite allo sviluppo insediativo/produttivo del territorio comunale o di porzioni dello stesso, verificando ed integrando le informazioni raccolte sul territorio con quanto contenuto nel Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA), attualmente in fase di proposta, approvata con d.g.r. 7/19359 del 12 novembre 2004;

- una descrizione degli ambiti di pericolosità omogenea come individuati cartograficamente nella carta di sintesi;
- una descrizione delle aree riconosciute come passibili di amplificazione sismica (perimetrate nella Carta della pericolosità sismica locale), e dei metodi/elaborazioni utilizzati in fase di esecuzione degli studi di secondo livello, nonché dei risultati ottenuti;
- una descrizione del processo diagnostico che ha condotto il professionista all'eventuale declassamento di determinate aree rispetto alle classi di ingresso indicate nella Tabella 1;
- una descrizione delle opere realizzate (idrauliche, di sistemazione dei dissesti ecc.) con una valutazione sullo stato di conservazione delle stesse ed una valutazione, seppur in chiave prevalentemente qualitativa, dell'efficacia ed efficienza delle stesse.

Le «Norme geologiche di piano» devono essere formulate in modo tale da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T. Contengono la normativa d'uso della carta di fattibilità ed il richiamo alla normativa derivante dalla carta dei vincoli e riportano, per ciascuna delle classi di fattibilità (o per ambiti omogenei - sotto-classi), precise indicazioni in merito alle indagini di approfondimento ed alla loro estensione da effettuarsi prima degli eventuali interventi urbanistici ed alla loro estensione, con specifico riferimento alla tipologia del fenomeno che ha determinato l'assegnazione della classe di fattibilità, alle opere di mitigazione del rischio da realizzarsi e alle prescrizioni per le tipologie costruttive riferite agli ambiti di pericolosità omogenea. Per quanto riguarda le aree soggette ad amplificazione sismica, agli approfondimenti e prescrizioni derivanti dalla classe di fattibilità assegnata devono essere associate le norme specifiche previste dal d.m. 14 settembre 2005 «Norme tecniche per le costruzioni» o, nel caso tali norme non siano sufficientemente cautelative (Fa calcolato > valore soglia comunale), la normativa specifica derivante dagli approfondimenti effettuati con il 2° e il 3° livello.

PARTITA 2 - RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

La componente geologica dei Piani di Governo del territorio deve recepire, come livello di conoscenze di base, le determinazioni dei Piani Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico approvati dall'Autorità di Bacino del fiume Po e dall'Autorità di Bacino dei fiumi Fissero-Tartaro-Canalbiano, dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP).

Piani stralcio di bacino

I Piani Stralcio di Bacino a cui fare attualmente riferimento sono i seguenti:

- A. il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del fiume Po (PSFF), approvato con d.p.c.m. 24 luglio 1998;
- B. il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI), approvato con d.p.c.m. 24 maggio 2001 e successive varianti e integrazioni (ad oggi, variante approvata con d.p.c.m. 10 dicembre 2004 riguardante il Fiume Lambro nel Tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi e integrazione riguardante il Fiume Po nel tratto da Breme al Ponte di Valenza e nel tratto da San Cipriano Po ad Arena Po);
- C. il Piano Straordinario per le aree a rischio idrogeologico molto elevato (PS267) e successivi aggiornamenti;
- D. il Piano di Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano, attualmente in fase di adozione e il cui progetto è stato adottato con deliberazione dell'Autorità di Bacino n. 1 del 12 aprile 2002.

PAI e PSFF

Il PAI comprende tra l'altro:

- a) una cartografia del dissesto che individua le aree soggette ad instabilità dei versanti, fenomeni valanghivi e dissesti della rete idrografica minore;
- b) una cartografia con la delimitazione delle fasce di pertinenza fluviale, che individua le aree soggette a diversi gradi di pericolosità idraulica;
- c) l'insieme di norme che disciplinano l'utilizzo del territorio e che in particolare forniscono indirizzi alla pianificazione urbanistica nelle aree in dissesto e soggette a rischio idraulico;
- d) i criteri generali per la progettazione e la gestione delle opere idrauliche e di sistemazione dei versanti, nonché i criteri

per la gestione del reticolo idrografico artificiale in relazione a quello naturale.

Più in particolare la normativa del PAI di cui al precedente punto c) disciplina:

- le azioni e le norme d'uso riguardanti l'assetto della rete idrografica e dei versanti (Titolo I);
- l'assetto delle fasce fluviali dei corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle (Titolo II). Si evidenzia che le disposizioni del Titolo II non si riferiscono alle aree di esondazione per fenomeni torrentizi (Ee, Eb, Em) contenute nella delimitazione delle aree in dissesto;
- le derivazioni di acque pubbliche in attuazione dell'art. 8, comma 3, della legge 2 maggio 1990, n. 102 (Titolo III);
- le azioni e le norme d'uso riguardanti le aree a rischio idrogeologico molto elevato (Titolo IV).

Fasce fluviali

Il PAI completa la delimitazione delle Fasce Fluviali effettuata dal Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, estendendola ai principali affluenti di Po nel loro tratto di pianura e fondovalle.

L'articolo 9 della delibera di adozione del PAI (n. 18 del 26 aprile 2001) dispone che le Fasce Fluviali del PAI, per le parti difformi, modificano ed integrano il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali vigente, per quanto attiene sia alla delimitazione grafica, sia alla normativa; in altri termini, laddove le disposizioni del PAI si discostano da quelle del Piano Fasce vigente, prevalgono quelle del PAI.

L'ambito territoriale di riferimento è costituito dal sistema idrografico dell'asta del Po e dei suoi affluenti. Questi ultimi, per la parte non considerata nel PSFF, sono inseriti nell'Allegato I al Titolo II del Piano «Corsi d'acqua oggetto di delimitazione delle fasce fluviali»; per tali corsi d'acqua la delimitazione territoriale delle fasce fluviali è individuata e rappresentata nella cartografia del Piano e riguarda i territori dei Comuni elencati nell'Allegato 2 al Titolo II del Piano «Comuni interessati dalle fasce fluviali».

Recepimento delle fasce fluviali nei P.G.T.

I Comuni nei cui territori ricadono aree classificate come Fascia Fluviale A, B, C e C delimitata da limite di progetto tra la fascia B e la fascia C nelle Tavole di Delimitazione delle Fasce fluviali (Elaborato 8 del PAI), sono tenuti a recepire le medesime nel proprio P.G.T. tramite:

1. tracciamento delle Fasce Fluviali nella carta dei vincoli alla scala dello strumento urbanistico comunale. A tal fine si ricorda che:
 - a) il limite di cui tenere conto per il tracciamento delle fasce sulla cartografia comunale è costituito dal bordo interno del graficismo (come specificato nella legenda delle tavole delle fasce fluviali);
 - b) laddove la Fascia A e la Fascia B coincidono deve essere indicato il graficismo corrispondente al limite di Fascia B (le norme da applicare saranno invece quelle di Fascia A);
 - c) è possibile effettuare limitate modifiche ai limiti delle Fasce A, B e C (art. 27, comma 3 delle N.d.A. del PAI) a condizione che:
 - discendano unicamente da una valutazione di maggior dettaglio degli elementi morfologici del territorio, costituenti un rilevato idoneo a contenere la piena di riferimento (non sono pertanto ammesse modifiche conseguenti a studi idrologico-idraulici di maggior dettaglio);
 - siano riferite a elementi morfologici non rilevabili alla scala della cartografia del PAI (pertanto, se un elemento morfologico e le relative quote sono correttamente rilevabili dalla cartografia del PAI, non deve ritenersi consentita la modifica della Fascia);
 - venga mantenuta l'unitarietà delle Fasce, con particolare riguardo al loro andamento nell'attraversamento del confine amministrativo del territorio comunale;
2. recepimento, nelle norme geologiche di piano (o nella normativa di P.G.T.), delle norme del PAI riguardanti le Fasce Fluviali, con particolare riguardo a quanto stabilito dagli artt. 1, commi 5 e 6; 29, comma 2; 30, comma 2; 31, 32, commi 3 e 4; 38; 38-bis; 39, commi dall'1 al 6; 41. Si fa presente a tal proposito che, per i territori ricadenti nelle Fasce A e B, tali norme sono divenute vincolanti alla data di approvazione del PAI (d.p.c.m. 24 maggio 2001). Nelle aree ricadenti in Fascia C, l'art. 31 delle N.d.A. del PAI de-

manda agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica la definizione della normativa d'uso del suolo (attività consentite, limiti e divieti) che dovrà comunque tenere in considerazione tutti i fattori di pericolosità/vulnerabilità reali o potenziali individuati nella fase di analisi. In tali aree, comunque, anche in assenza di altri fattori limitanti, è previsto l'obbligo di predisporre programmi di previsione e prevenzione (art. 31, comma 1);

3. valutazione delle condizioni di rischio nelle aree classificate come «fascia C delimitata dal limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C» (art. 31 comma 5, delle N.d.A. del PAI). Tale valutazione deve essere effettuata secondo la metodologia riportata nell'Allegato 4, e riguardare tutta l'area così classificata; non sono ammessi studi riguardanti singoli ambiti di trasformazione. Attraverso tali valutazioni i Comuni devono definire gli usi compatibili con le differenti condizioni di rischio individuate;
4. eventuale valutazione, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, delle condizioni di rischio nelle aree classificate come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati. L'intesa si intende raggiunta a condizione che le valutazioni vengano effettuate seguendo le metodologie di cui all'Allegato 4. Le risultanze delle valutazioni stesse diventano efficaci al momento della conclusione dell'iter approvativo del Piano di Governo del Territorio; fino ad allora, o in assenza di tale valutazione, si applicano anche all'interno dei centri edificati le norme riguardanti le Fasce A e B.

Aree in dissesto: recepimento nei P.G.T., proposte di modifica e aggiornamento

Con l'approvazione (d.p.c.m. 30 giugno 2003, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 287 dell'11 dicembre 2003) della modifica dell'art. 6 della deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 18/2001 del 26 aprile 2001, è terminato in via definitiva il «periodo transitorio» previsto dalla delibera 18/2001 stessa. Pertanto, a partire dal 12 dicembre 2003, sulle aree in dissesto di cui all'Elaborato 2 del PAI sono in vigore i vincoli di cui all'art. 9 delle N.d.A. del PAI per i Comuni che non hanno concluso l'iter di aggiornamento come specificato ai punti seguenti.

Gli studi geologici redatti ai sensi della presente direttiva costituiscono adeguamento ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI, una volta recepiti negli strumenti urbanistici comunali con le modalità previste dalla l.r. 12/05 e consentono l'aggiornamento del quadro del dissesto di cui all'Elaborato 2 del PAI.

Si specifica in tal senso che:

- i Comuni che hanno concluso positivamente la verifica di compatibilità con l'approvazione della variante urbanistica di adeguamento applicano le norme di cui all'art. 9 delle N.d.A. del PAI sulle aree contenute nei propri aggiornamenti al quadro del dissesto. In proposito, tutte le proposte di aggiornamento sono state trasmesse all'Autorità di Bacino del Fiume Po, per l'adeguamento cartografico dell'Elaborato 2 del PAI.
- Tra questi, quanti intendano proporre ulteriori aggiornamenti all'Elaborato 2 del PAI, dovranno predisporre studi di dettaglio condotti secondo le metodologie di cui agli allegati 2 - Parte II, 3 e 4 della presente direttiva, comprendenti la carta di fattibilità con le relative norme di uso del suolo e la nuova perimetrazione con legenda uniformata a quella del PAI per gli ambiti oggetto di modifica;
- i Comuni che non hanno ancora condotto la verifica di compatibilità di cui al punto precedente (il cui elenco è riportato in Allegato 13 con la dicitura «non avviato») applicano i vincoli di cui all'art. 9 delle N.d.A. del PAI sulle aree contenute nell'Elaborato 2 del PAI. Tali Comuni, al fine di raggiungere la compatibilità dei propri strumenti urbanistici ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI, dovranno dotarsi di studio geologico conforme ai presenti criteri ed esteso all'intero territorio comunale.
- Qualora intendano invece proporre modifiche ed aggiornamenti di singole aree in dissesto presenti nell'Elaborato 2 del PAI, dovranno predisporre studi di dettaglio condotti secondo le metodologie di cui agli Allegati 2 - Parte II, 3 e 4. In questo caso non si intende raggiunta la compatibilità ai sensi del citato art. 18.

Gli studi devono essere inviati alla competente struttura regionale, unitamente a due copie cartacee della carta del dissesto e ad una copia su supporto informatico in formato ArcView compatibile, al fine della verifica di coerenza con le metodologie di

cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4 e della trasmissione all’Autorità di Bacino della proposta di aggiornamento all’Elaborato 2 del PAI, nonché dell’aggiornamento del Sistema Informativo Territoriale, ai sensi dell’art. 3 della legge 12/05.

La trasmissione all’Autorità di Bacino del fiume Po da parte delle strutture regionali avverrà una volta completato l’iter amministrativo di adeguamento dello strumento di pianificazione comunale alle risultanze dello studio geologico secondo le procedure di cui alla l.r. 12/05.

Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI

La carta, redatta in scala 1:10.000 utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale, costituisce proposta di aggiornamento dell’Elaborato 2 del PAI e deve pertanto contenere una rappresentazione delle aree in dissesto classificate conformemente alle Tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI. I dissesti rappresentati in questa tavola proverranno dall’Inventario dei fenomeni franosi regionale e dall’Elaborato 2 del PAI, integrati, dettagliati e aggiornati sulla base dei dati raccolti nella fase di analisi e degli studi di approfondimento condotti secondo le metodologie di cui agli Allegati 2 – Parte II, 3 e 4.

Sono tenuti a produrre una carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI:

- a) i Comuni già compresi negli allegati B e C della d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365 e quelli che risultavano in istruttoria al momento della redazione di tale delibera, nonché i Comuni che siano interessati da perimetrazioni nell’inventario dei fenomeni franosi (disponibile sul portale della Regione Lombardia) che non abbiano ancora concluso l’iter per l’adeguamento ai sensi dell’art. 18 delle N.d.A. del PAI (o qualora le competenti strutture regionali non abbiano ancora formalmente già preso atto della trasmissione di tale elaborato); l’elenco di tali Comuni è riportato nell’Allegato 13;
- b) i Comuni che, pur non rientrando tra quelli di cui al punto a), intendano proporre aggiornamenti al quadro del dissesto sulla base delle risultanze dello studio geologico;
- c) i Comuni che abbiano già provveduto all’adeguamento del proprio quadro del dissesto con attestazione di esonero o di chiusura dell’iter ai sensi dell’art. 18 delle N.d.A. del PAI, e che intendano proporre ulteriori modifiche.

Qualora, nel caso a), non vengano individuate aree in dissesto, il professionista incaricato deve dichiarare la non necessità di redazione della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (nell’ambito della Dichiarazione di cui all’Allegato 15).

Nella Tabella seguente viene riportata la correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica e voci della legenda PAI da utilizzare in sede di redazione della carta.

Tabella 2: Correlazione tra classi di Pericolosità, classi di Fattibilità geologica per le azioni di piano e voci della legenda PAI

Pericolosità/ rischio	Classi di fattibilità	Voci legenda PAI
H1 su conoide	Classe 1/2 – senza o con modeste limitazioni	Cn – conoide protetta ...
H2 su conoide	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Cn – conoide protetta ...
H3 su conoide	Classe 3 – consistenti limitazioni	Cp – conoide parz. protetta (1) Cn – conoide protetta ...
H4-H5 su conoide	Classe 4 – gravi limitazioni	Ca – conoide attiva non protetta
H1 per crolli, crolli in massa e scivolamenti	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Fs – frana stabilizzata
H2 per crolli e crolli in massa H2-H3 per scivolamenti	Classe 4/3 – gravi o consistenti limitazioni	Fq – frana quiescente (2)
H3-H5 per crolli e crolli in massa H4-H5 per scivolamenti	Classe 4 – gravi limitazioni	Fa – frana attiva
R1-R2 per esondazione	Classe 2/3 – modeste o consistenti limitazioni	Em – pericolosità media o moderata di esondazione

Pericolosità/ rischio	Classi di fattibilità	Voci legenda PAI
R3 per esondazione	Classe 3 – consistenti limitazioni (con norma più restrittiva art. 9 comma 6)	Eb – pericolosità elevata di esondazione
R4 per esondazione	Classe 4 – gravi limitazioni	Ee – pericolosità molto elevata
Zona rossa	Classe 4 – gravi limitazioni	Ve, Vm – pericolosità molto elevata o media per valanga
Zona blu	Classe 3 – consistenti limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all’Allegato 3
Zona gialla, Zona bianca	Classe 2 – modeste limitazioni	Nessuna corrispondenza con legenda PAI ma norme di cui all’Allegato 3

- Note alla tabella 2:
- (1) Per le zone ricadenti in H3-classe 3 di fattibilità, l’inserimento in Cp o Cn è lasciato alla valutazione del professionista. Qualora l’area venga inserita in Cp, la norma dell’art. 9, comma 8, delle N.d.A. del PAI prevale, in quanto più restrittiva, su quella di classe 3.
 - (2) Come previsto dall’art. 9 comma 3 delle N.d.A. del PAI alle aree Fq può essere attribuita la classe 3 di fattibilità con norma stabilita dal professionista solo nel caso sia stata effettuata la verifica di compatibilità mediante uno studio specifico sull’area e gli interventi edificatori di cui all’art. 9, comma 3, stesso siano consentiti dallo strumento urbanistico.

Aree a rischio idrogeologico molto elevato (Titolo IV delle N.d.A. e Allegato 4.1 dell’Elaborato 2 del PAI)

Il Titolo IV delle N.d.A. del PAI disciplina la aree a rischio idrogeologico molto elevato di cui all’Allegato 4.1 dell’Elaborato 2 del PAI e successivi aggiornamenti, distinguendole in aree a rischio molto elevato in ambiente collinare e montano (Zona 1 e Zona 2, art. 50) e aree a rischio molto elevato nel reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (Zona B-Pr e Zona I, art. 51).

Ai sensi dell’art. 54 delle N.d.A. del PAI, come modificato con deliberazione n. 4/2004 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Po, la perimetrazione delle aree a rischio geologico molto elevato può essere modificata con le procedure di cui all’art. 18 delle N.d.A. del PAI, previo parere vincolante rilasciato dalla competente struttura regionale.

In particolare, per la Zona 1 e Zona 2 gli approfondimenti devono essere condotti con le procedure di cui agli Allegati 2 – Parte II e 3, mentre per la Zona B-Pr e la Zona I devono essere utilizzate le procedure di cui all’Allegato 4, anche tenendo conto degli effetti di mitigazione del rischio conseguenti alla realizzazione di opere di difesa.

Nella tabella 3 viene riportata la correlazione tra le classi di pericolosità risultanti dagli studi di dettaglio di cui agli Allegati 2 – Parte II e 3 e la Zona 1 e Zona 2.

Tabella 3

Classe di pericolosità	Classi di fattibilità	Zona 267 corrispondente
H5-H4	Classe 4 (con norma PAI per la Zona1)	Zona 1
H3	Classe 3 (con norma PAI per la Zona 2)	Zona 2
H2-H1	Classe 2/3	Esclusi dalla perimetrazione

Nelle aree della ZONA B-Pr e ZONA I interne ai centri edificati, fino al completamento delle opere di difesa, l’art. 51, comma 4 delle N.d.A. del PAI stabilisce che si applicano le norme degli strumenti urbanistici generali vigenti, fatta salva la valutazione d’intesa con l’autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica in ordine alle condizioni di rischio. Qualora necessario, lo strumento urbanistico deve essere modificato al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

Per l’effettuazione di tale valutazione di compatibilità, il Comune deve seguire le procedure indicate nell’Allegato 4, verificando e garantendo la coerenza con i dati contenuti negli studi utilizzati per la perimetrazione delle medesime aree a rischio idrogeologico molto elevato.

In considerazione dell'elevata criticità di tali aree le suddette valutazioni di compatibilità effettuate dal Comune devono essere inviate alla Direzione Territorio e Urbanistica - U.O. Tutela e Valorizzazione del Territorio, che esprimerà parere sulle stesse.

In linea generale, alla ZONA B-Pr e alla ZONA I esterne ai centri edificati, deve essere rispettivamente attribuita la classe di fattibilità 3 (con norma di cui all'art. 51, comma 2, delle N.d.A. del PAI) e la classe di fattibilità 4 (con norma di cui all'art. 51, comma 3, delle N.d.A. del PAI).

PS 267

Sulle nuove aree a rischio idrogeologico molto elevato, introdotte con aggiornamenti al PS 267, approvato con deliberazione n. 14/99 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, fino al recepimento nel PAI mediante variante allo stesso, vigono le misure di salvaguardia di cui agli articoli 5 e 6 delle Norme di attuazione del PS 267, allegate alla sopra citata deliberazione n. 14/99.

In tali aree, i Comuni interessati, le Amministrazioni e gli Enti pubblici non possono rilasciare concessioni, autorizzazioni e nulla osta relativi ad attività di trasformazione ed uso del territorio che siano in contrasto con le prescrizioni di cui agli artt. 5 e 6 delle sopra citate Norme.

Aree a rischio idrogeologico molto elevato inserite nei programmi di intervento

Le proposte di ripermimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato inserite nei programmi regionali di intervento, vengono valutate da parte delle competenti strutture regionali nell'ambito dell'iter attuativo degli interventi stessi. Tali ripermimetrazioni diverranno efficaci, ad interventi terminati e collaudati, a conclusione dell'iter amministrativo di recepimento nello strumento urbanistico comunale.

Piano di Gestione del bacino Idrografico

Deve essere previsto il coordinamento con il «Piano di Gestione del bacino idrografico», costituito dall'Atto di Indirizzi (approvato dal Consiglio regionale il 27 luglio 2004) e dal Programma di Tutela e Uso delle acque (la cui proposta è stata approvata dalla Giunta regionale con d.g.r. 7/19359 del 12 novembre 2004 ed in fase di definitiva approvazione), ove sono previste un insieme di aree di tutela delle risorse idriche pregiate e di salvaguardia delle captazioni potabili a servizio di acquedotti pubblici, da considerare in fase di valutazione della componente geologica del P.G.T.

Piano di Assetto Idrogeologico del bacino del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano

Tale Piano è costituito da una cartografia che individua le condizioni di pericolosità idraulica e/o geologica e le aree a rischio, nonché le norme di attuazione che regolamentano l'uso del territorio e forniscono indicazioni e criteri per la pianificazione urbanistica di livello comunale e provinciale entro il bacino del Fiume Fissero-Tartaro-Canalbiano.

Ricadono entro tale bacino 13 Comuni della Provincia Mantova (Bigarello, Castelbelforte, Castel d'Ario, Marmirolo, Mantova, Ostiglia, Porto Mantovano, Roncoferraro, Roverbella, Serravalle a Po, San Giorgio di Mantova, Sustinente, Villimpenta). Tali Comuni sono tenuti a recepire nella componente geologica del proprio P.G.T. la perimetrazione di eventuali ambiti a pericolosità idraulica individuati nella cartografia di Piano e la relativa normativa d'uso.

Piani Territoriali di Coordinamento Provinciali (PTCP)

Ai sensi dell'art. 56 della l.r. 12/05, per la parte inerente la difesa del territorio, il PTCP concorre, in particolare, alla definizione del quadro conoscitivo del territorio regionale, ne definisce l'assetto idrogeologico, in coerenza con le direttive regionali e dell'Autorità di Bacino, censisce ed identifica cartograficamente le aree soggette a tutela o classificate a rischio idrogeologico e sismico. Pertanto la sua consultazione e lo sviluppo critico del suo contenuto vengono ritenuti indispensabili nella redazione della componente geologica del P.G.T., come anticipato nella Parte 1 della presente direttiva.

All'atto della loro approvazione i PTCP soddisfano un primo livello di approfondimento geologico, contenente lo stato delle conoscenze consolidate e condiviso, rimandando a una fase successiva gli approfondimenti specifici relativi a particolari tematiche o zone, da individuare in accordo con gli Enti sovraordinati.

Con il raggiungimento delle intese ai sensi dell'art. 57 del d.lgs. 112/1998, i PTCP acquisiscono il rango di Piano di Settore in materia idrogeologica (attualmente attribuito al Piano per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del Fiume Po).

I Comuni che hanno raggiunto la compatibilità ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI, mediante lo studio geologico redatto o integrato ai sensi dei presenti criteri, contengono un quadro del dissesto derivante da valutazioni di maggior dettaglio rispetto ai dati contenuti nel primo livello di approfondimento dei PTCP (inventario dei fenomeni franosi e fasce fluviali). Pertanto, la verifica di compatibilità operata dalla Provincia, ai sensi dell'art. 13, comma 5 della l.r. 12/05, farà salvi i contenuti di maggior dettaglio degli studi comunali (oggetto di verifica da parte delle strutture regionali) e verterà sulla coerenza con ulteriori determinazioni contenute nel PTCP derivanti da studi a livello sovra-comunale, promossi dalle province stesse (ad esempio: Piani di settore specifici la cui elaborazione è già prevista nei PTCP vigenti, studi afferenti al secondo livello di approfondimento già disponibili o che si renderanno tali in futuro, studi propedeutici al raggiungimento delle intese ai sensi dell'articolo 57 del d.lgs. 112/1998).

Ad esclusione dei casi in cui è prevista la verifica da parte delle strutture regionali, le Province potranno approfondire le loro valutazioni anche attraverso considerazioni di merito nel contenuto dello studio geologico stesso.

PARTE 3 - PROCEDURE DI COORDINAMENTO DELL'ATTIVITÀ ISTRUTTORIA

I professionisti (geologi e ingegneri) che hanno redatto gli studi generali o di dettaglio ai sensi della presente direttiva devono rilasciare al Comune (o all'unione di Comuni), ciascuno per le proprie competenze, una dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà comprovante la congruità tecnica dello studio ai presenti criteri, utilizzando la scheda di cui all'Allegato 15 («Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà ai sensi dell'art. 47, d.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445»).

Qualora gli studi redatti ai sensi della presente direttiva contengano proposte di aggiornamento al PAI tramite la carta del dissesto con legenda uniformata PAI o proposte di ripermimetrazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato, i Comuni sono tenuti ad acquisire il parere delle competenti strutture regionali, prima dell'adozione del P.G.T. e successive varianti, trasmettendo lo studio geologico completo (versione cartacea - con carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI in duplice copia - e informatizzata).

Una volta completato l'iter amministrativo di adeguamento dello strumento di pianificazione comunale o di approvazione del nuovo P.G.T., i Comuni devono trasmettere alla Regione l'atto relativo all'approvazione stessa per consentire la trasmissione all'Autorità di Bacino delle proposte di aggiornamento al quadro del dissesto o alle aree a rischio idrogeologico molto elevato.

I Comuni sono tenuti ad informare i soggetti attuatori delle previsioni dello strumento urbanistico sulle limitazioni derivanti dalla classificazione di fattibilità assegnata, nell'ambito della componente geologica del proprio strumento urbanistico, con specifico riferimento alle relative norme geologiche contenute nelle NTA del P.R.G. o nel Piano delle Regole del P.G.T. Provvedono altresì ad inserire nel certificato di destinazione urbanistica, previsto dalle vigenti disposizioni di legge, la classificazione del territorio in funzione del dissesto, come contenuto nella Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI. Parimenti deve essere indicato se l'area ricade all'interno di una zona soggetta ad amplificazione sismica, individuata ai sensi dei presenti criteri.

Nel caso dei Piani Attuativi di iniziativa privata o loro varianti, proposti ai sensi dell'art. 14, della l.r. 12/05, il Comune chiede al soggetto attuatore, che è tenuto ad adempiere, di sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'amministrazione pubblica in ordine ad eventuali e futuri danni a cose e persone comunque derivanti dal dissesto segnalato e a valutare l'opportunità di sottoscrivere una polizza assicurativa a tutela del rischio residuo.

Le Province, in sede di istruttoria del P.G.T. o sue varianti, preventivamente alla verifica di compatibilità di cui all'art. 13, comma 5, della l.r. 12/05, devono accertare che:

- sia stata definita la componente geologica, idrogeologica e sismica conformemente ai criteri di cui alla d.g.r. 7/6645 o ai criteri di cui alla presente direttiva (nei casi elencati al paragrafo «Ambiti di applicazione»);
- siano stati effettuati gli adeguamenti dal punto di vista sismico, siano state estese all'intero territorio comunale le carte di sintesi e fattibilità, siano state recepite le perimetrazioni delle fasce fluviali e delle aree a rischio idrogeologico molto elevato;

- sia presente l'autocertificazione di cui all'Allegato 15;
- sia stato espresso da parte della Regione il parere nei casi in cui è previsto e il Comune abbia recepito le eventuali prescrizioni.

Per la verifica di compatibilità vera e propria si rimanda a quanto già espresso al paragrafo PTCP della Parte 2.

Qualora gli studi redatti ai sensi della presente direttiva contengano aggiornamenti al mosaico della fattibilità, le Province sono tenute all'aggiornamento del SIT utilizzando le procedure standardizzate nei criteri predisposti ai sensi dell'art. 3, comma 3 della l.r. 12/05 e a trasmettere alle competenti strutture regionali copia della relativa documentazione.

Ai sensi dell'art. 23, comma 1, della l.r. 12/05, i Comuni, in fase di redazione degli studi, e le Province, in fase di verifica di compatibilità con il PTCP, possono avvalersi della collaborazione delle competenti strutture regionali per approfondimenti o valutazioni di particolare complessità.

Contributi per la definizione/aggiornamento della componente geologica, idrogeologica e sismica dei P.G.T.

Le modalità di accesso ai contributi di cui all'art. 58 della l.r. 12/05, sono disciplinate dalla d.g.r. 20 ottobre 2005, n. 8/876 «Criteri per la concessione ed erogazione dei contributi ai Comuni e alle Province per gli studi e approfondimenti geologici e idrogeologici ai sensi dell'art. 58 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12».

Allegati

- | | |
|--------------|---|
| Allegato 1 | Documentazione consultabile presso le strutture regionali |
| Allegato 2 | Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana |
| Allegato 3 | Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità da valanga |
| Allegato 4 | Criteri di compatibilità idraulica e delle proposte di uso del suolo nelle aree a rischio idraulico |
| Allegato 5 | Procedure per l'analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T. |
| Allegato 6 | Scheda per il censimento delle frane |
| Allegato 6.1 | Scheda crolli |
| Allegato 6.2 | Scheda per la descrizione di ammassi rocciosi in rocce resistenti |
| Allegato 6.3 | Scheda colate |
| Allegato 7 | Scheda conoidi |
| Allegato 8 | Scheda per il censimento delle esondazioni storiche |
| Allegato 9 | Scheda per il censimento dei pozzi |
| Allegato 10 | Scheda per il censimento delle sorgenti |
| Allegato 11 | Legenda carte di inquadramento e dettaglio |
| Allegato 12 | Valori dei coefficienti di restituzione e di rotolamento da letteratura |
| Allegato 13 | Elenco Comuni di cui alla d.g.r. 7365/01 che non risulta abbiano concluso l'iter di adeguamento ai sensi dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI |
| Allegato 14 | Criteri per la definizione delle aree di valore paesaggistico e ambientale a spiccata connotazione geologica (geositi) |
| Allegato 15 | Scheda per la «Dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà» per la certificazione della conformità dello studio geologico/idraulico |

Documentazione disponibile presso la Regione Lombardia Direzione Generale Territorio e urbanistica, altre Direzioni o Comuni i cui dati non possono essere trascurati nella fase di analisi dello studio geologico

Si tratta di studi da tenere in assoluta considerazione come specificato nella Parte 1 – Aspetti metodologici, Fase di analisi delle direttive. Eventuali difformità con tali dati, riscontrate nelle fase di analisi dello studio, dovranno essere puntualmente motivate.

Di seguito è elencata la documentazione disponibile presso diverse Strutture regionali che dovrà essere di riferimento, insieme al quadro conoscitivo delle caratteristiche fisiche del territorio contenuto nel Sistema Informativo Territoriale Regionale, per la stesura degli studi geologici in adempimento alla legge 12/05. Tale documentazione è in fase di sviluppo pertanto sarà opportuno verificare presso le Strutture regionali e provinciali competenti il livello di aggiornamento raggiunto per il comune di riferimento.

Documentazione di riferimento

1 - Carte dei centri abitati instabili

Si tratta di monografie, con tavole in scala 1:10.000 o 1:25.000, afferenti al Progetto Speciale Centri Abitati Instabili del GNDCl dove vengono individuati i centri soggetti a dissesti (Tab. 1) che riguardano:

- Provincia di Sondrio con studio di 86 centri minacciati da fenomeni di dissesto
- Provincia di Pavia con studio di 32 centri minacciati da fenomeni di dissesto
- Provincia di Lecco con studio su 36 centri minacciati da fenomeni di dissesto.

Sono disponibili presso la Struttura Rischi Idrogeologici.

Tabella 1 - Elenco Comuni con centri Abitati Instabili (SCAI)

PROVINCIA	COMUNE
Lecco	Abbadia Lariana, Ballabio, Barzio, Bellano, Casargo, Cesana Brianza, Civate, Colico, Cortenova, Dervio, Dorio, Erve, Galbiate, Garlate, Lecco, Margno, Monte Marenzo, Oliveto Lario, Pagnona, Parlasco, Perledo, Pescate, Premana, Primaluna, Santa Maria Hoé, Torre de' Busi, Tremenico, Valmadrera, Varenna, Vandrognò, Vercurago
Pavia	Bagnaria, Borgo Priolo, Brallo di Pregola, Canneto Pavese, Cecima, Corvino S. Quirico, Menconico, Montalto Pavese, Montecalvo Versiggia, Montesegale, Rivanazzano, Rocca Susella, Romagnese, Rovescala, Santa Giuletta, S. Margherita Staffora, S. Maria della Versa, Val di Nizza, Varzi
Sondrio	Ardenno, Bema, Bormio, Caiolo, Campodolcino, Cedrasco, Chiavenna, Chiesa in Valmalenco, Colorina, Cosio Valtellino, Forcola, Fusine, Grosio, Grosotto, Lanzada, Lovero, Madesimo, Mazzo di Valtellina, Mese, Morbegno, Piateda, Piuro, Postalesio, Prata Camportaccio, Rogolo, Samolaco, San Giacomo Filippo, Sernio, Sondalo, Sondrio, Spriana, Talamona, Tartano, Teglio, Tirano, Torre di Santa Maria, Valdidentro, Valdisotto, Valfurva, Valmasino, Verceia, Villa di Chiavenna, Villa di Tirano

2 - Studi idraulici

Si tratta di studi idraulici realizzati a supporto di progettazioni, per approfondimenti o per la formulazione di osservazioni al PAI che in molti casi forniscono perimetrazioni di aree esondabili riferite a diversi tempi di ritorno (tab. 2 e tab. 3).

Tabella 2 - Studi idraulici

CORSI D'ACQUA	PROV.	COMUNE E LOCALITÀ	BACINO E SOTTOBACINO	TITOLO
LAMBRO, BEVERA DI MOLTEÑO – BEVERA DI VEDUGGIO	MI CO LC	ALBIATE, ARCORE, ASSO, BARNI, , BIASSONO, BRIOSCO, CANZO, CARATE BRIANZA, CASLINO D'ERBA, CASTELMARTE, COSTA MASNAGA, ERBA, EUPILIO, GIUSSANO, INVERIGO, LAMBRUGO, LASNIGO, LESMO, MACHERIO, MAGREGGIO, MERONE, NIBIONNO, PONTE LAMBRO, ROGENO, SOVICO, TRIUGGIO	LAMBRO	PROGETTO PRELIMINARE SISTEMAZIONE DEL FIUME LAMBRO A MONTE DI VILLASANTA
ZERRA	BG	ALBANO S. ALESSANDRO, COSTA DI MEZZATE, MONTELLO, S. PAOLO D'ARGON.	ADDA, Serio.	PROGETTO PRELIMINARE STUDIO ED OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE ZERRA FRA I COMUNI DI ALBANO S. ALESSANDRO E COSTA DI MEZZATE
BOZZENTE	CO VA MI	MOZZATE, CISLAGO, RESCALDINA, UBOLDO, ORIGGIO, LAINATE, NERVIANO, RHO.	OLONA	STUDIO IDROLOGICO - IDRAULICO, PROGETTAZIONE PRELIMINARE ED ESECUTIVA PER LA SISTEMAZIONE DEL TORRENTE BOZZENTE
COPPA	PV	CASTEGGIO, VERRETTO, CASATISMA, BRESSANA BOTTARONE.	COPPA	STUDIO E PROGETTO PRELIMINARE DEI LAVORI DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE COPPA DA CASTEGGIO ALLA FOCE
GANDOVER E, VAILA, CANALE, UGOLO, SOLDA, ROGGIA MAN.	BS	GUSSAGO, RODENGO SAIANO, CASTEGNATO, TORBOLE CASAGLIA, RONCADELLE, CASTELMELLA, OME, MONTICELLI BRUSATI, PASSIRANO, PADERNO F., OSPITALETTO, TRAVAGLIATO.	OGLIO, MELLA.	STUDI PRELIMINARI E DI FATTIBILITA' - SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI GANDOVERE, VAILA, CANALE, UGOLO, SOLDA E DELLA ROGGIA MANDOLOSSA AI FINI DI MODERAZIONE DELLE ESONDAZIONI NELLE LORO ASTE VALLIVE
ARNO, RILE, TENORE	VA	ALBIZZATE, ARSAGO SEPRIO, BESNATE, BRUNELLO, CAIRATE, CARNAGO, CARONNO VARESINO, CASSANO MAGNAGO, CASTELSEPRIO, CASTRONNO, CAVARIA CON PREMEZZO, FAGNANO OLONA, GALLARATE, GAZZADA SCHIANNO, JERAGO CON ORAGO, MORAZZONE, OGGIONA CON S. STEFANO, SOLBIATE ARNO	OLONA	SISTEMAZIONE IDRAULICA E AMBIENTALE DEI TERRITORI APPARTENENTI AI BACINI IDROGRAFICI DEI TORRENTI ARNO, RILE E TENORE.
CURONE	PV	BASTIDA DE' DOSSI, CORNALE, CASEI GEROLA.	CURONE	PROGETTO DI MASSIMA DELLA SISTEMAZIONE DELL'ALVEO DEL TORRENTE CURONE NEL TERRITORIO DELLA REGIONE LOMBARDIA
STAFFORA	PV	CERVESINA, VOGHERA, RIVANAZZANO, GODIASCO, PONTE NIZZA, CECIMA, VARZI, BAGNARIA, CASANOVA.	STAFFORA	STUDIO IDRAULICO E PROGETTAZIONE PRELIMINARE DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE STAFFORA DA CASANOVA A RIVANAZZANO
GUISA	MI	ARESE, BOLLATE, CERIANO LAGHETTO, CESATE, COGLIATE, GARBAGNATE MILANESE, LAZZATE, MISINTO.	OLONA	SISTEMAZIONE DEL TORRENTE GUISA - PROGETTO DI MASSIMA
TERRO', CERTESA ED AFFLUENTI	CO MI	ORSENIGO, MONTORFANO, ALZATE BRIANZA, BRENNNA, CARUGO, MARIANO COMENSE, CABIATE, MEDA, SEVESO, CESANO MADERNO.	LAMBRO, Seveso.	PROGETTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI TORRENTI TERRO', CERTESA ED AFFLUENTI
OLONA	VA MI PV	VARESE, MALNATE, VEDANO OLONA, LOZZA, CASTIGLIONE OLONA, GORNATE OLONA, CASTELSEPRIO, LONATE CEPPINO, CAIRATE, FAGNANO OLONA, SOLBIATE OLONA, OLGiate OLONA, MARNATE, CASTELLANZA, LEGNANO, SAN VITTORE OLONA, CANEGRATE, PARABIAGO, NERVIANO, RHO, POGLIANO MI	OLONA	PROGETTO DI MASSIMA PER IL RIEQUILIBRIO IDRAULICO - AMBIENTALE DEL FIUME OLONA
LURA	CO MI	ARESE, BREGNANO, BULGAROGRASSO, CADORAGO, CARONNO PERTUSELLA, FALOPPIO, GIRONICO, GUANZATE, LAINATE, LOMAZZO, LURATE CACCIVIO, RHO, ROVELLASCA, ROVELLO PORRO, UGGIATE TREVANO.	OLONA	PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DELL'ASTA DEL TORRENTE LURA

CORSI D'ACQUA	PROV.	COMUNE E LOCALITÀ	BACINO E SOTTOBACINO	TITOLO
FONTANILE DI TRADATE, GRADALUSO	CO VA MI	CASTELNUOVO BOZZENTE, TRADATE, CARBONATE, LOCATE VARESI NO, MOZZATE, CISLAGO, GORLA MINORE, ALBIATE.	OLONA	PROGETTO GENERALE DELLE OPERE IDRAULICHE PER IL CONTROLLO DELLE PIENE DEI CORSI D'ACQUA FONTANILE DI TRADATE E GRADALUSO E PER LA BONIFICA DELLE AREE DI SPAGLIAMENTO CIRCOSTANTI ALLE DISCARICHE CONTROLLATE DI R.S.U. SITE IN BOSCHI RAMASCONI, VIGNA NUOVA
PIOVERNA	LC	BELLANO, INTROBIO, PASTURO.	ADDA	STUDIO E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO DEL TORRENTE PIOVERNA NEI COMUNI DI BELLANO, INTROBIO E PASTURO (LC)
GARZA, NAVIGLIO BRESCIANO. (S. CARLO, RUDONE)	BS	PREVALLE, PAITONE, NUVOLENT O, NUVOLERA, BOTTICINO, REZZATO, MAZZANO, BRESCIA, BOVEZZO, NAVE, CAINO.	OGGIO	PROGETTO PRELIMINARE SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI BACINI IDROGRAFICI AFFERENTI AL TERRITORIO DEL COMUNE DI BRESCIA
SERIO	BG	VILLA D'OGNA, PIARIO, PARRE, PONTE NOSSA, CASNIGO, COLZATE, VERTOVA, FIORANO AL SERIO, GAZZANICA, CENE, ALBINO, PRADALUNGA, NEMBRO.	ADDA, Serio.	STUDIO E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME SERIO IN VARI COMUNI A MONTE DI NEMBRO (BG)
DORDO	BG	AMBIVERE, BONATE SOPRA, BONATE SOTTO, CHIGNOLO D'ISOLA, FILAGO, MADONE, MAPELLO, TERNO D'ISOLA.	ADDA, BREMBO	SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE DORDO NEI COMUNI DI: FILAGO, MADONE E BONATE SOTTO.
GOBBIA, FAIDANA	BS	LUMEZZANE	OGGIO, MELLA	SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE GOBBIA E AFFLUENTI A LUMEZZANE
RIO TORTO (INFERNO, D'AÒ, S. ANTONIO, BECK	LC	VALMADRERA, CIVATE	ADDA	STUDIO E PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO E PROGETTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE RIO TORTO ED AFFLUENTI DI SINISTRA IN COMUNE DI VALMADRERA E CIVATE (LC) - PROGETTO GENERALE DEGLI INTERVENTI DI SIS
STAFFORA	PV	VOGHERA, PIZZALE, CERVESINA.	STAFFORA	PERIMETRAZIONE DELLE AREE INONDABILI DEL TORRENTE STAFFORA DA VOGHERA AL PO
LURIA, BRIGNOLO	PV	VOGHERA, PIZZALE, LUNGAVILLA, PANCARANA, BASTIDA PANCARANA.	LURIA	SISTEMAZIONI IDRAULICHE NEL BACINO DEL TORRENTE LURIA
SERIOLA ASOLANA	BS MN	ASOLA, CASALROMANO.	OGGIO, Chiese	PROGETTAZIONE PRELIMINARE PER LA REALIZZAZIONE DEL CANALE SCOLMATORE DELLA SERIOLA ASOLANA
TICINELLO, NAVIGLIACCIO	MI PV	LACCHIARELLA, BINASCO, BUBBIANO, CALVIGNASCO, CASARILE, GIUSSAGO, VELLEZZO BELLINI, BORGARELLO, PAVIA.	TICINO	PROGETTO PRELIMINARE - SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL COLATORE TICINELLO E DEL NAVIGLIACCIO IN PROVINCIA DI MILANO E PAVIA
TROBBIA, CAVA PISSANEGR A CAVETTA, FOS SO TROBBI	CO MI	VERDERIO, BELLINZAGO LOMBARDO, TREZZO, CASSANO D'ADDA, CAVENAGO, GESSATE, MASATE, BASIANO, CALUSCO D'ADDA, BERNAREGGIO, CORNATE D'ADDA, AICURZIO, SULBIATE, MEZZAGO, COLNAGO, BELLUSCO, BUSNAGO, ORNAGO, RONCELLO, GREZZAGO, TREZZANO ROSA, CAMBIAGO, INZAGO, G	ADDA	PROGETTAZIONE DI MASSIMA DELLE OPERE DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL BACINO DEL TORRENTE TROBBIA - SEZIONE DI CHIUSURA DI BELLINZAGO LOMBARDO
BORLEZZA	BG	CASTRO	OGGIO	LAVORI DI REGIMAZIONE IDRAULICA DEL BASSO CORSO DEL TORRENTE BORLEZZA IN COMUNE DI CASTRO (BG) - INQUADRAMENTO GENERALE IDROLOGICO E IDRAULICO E PROGETTO GENERALE DI MASSIMA
MELLA, SCOLMATO RE AIGUETTE	BS	DELLO, OFFLAGA	OGGIO, MELLA	PROGETTO PRELIMINARE - CANALE SCOLMATORE IN COMUNE DI DELLO ED OFFLAGA
AGOGNA	PV	NICORVO, CERRETTO LOMELLINA, CASTELLO DI AGOGNA, OLEVANO DI LOMELLINA, VELEZZO LOMELLINA, LOMELLO.	AGOGNA	PROGETTAZIONE PRELIMINARE ED ESECUTIVA PER LA REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE AGOGNA IN PROVINCIA DI PAVIA
BACINO DEL BORLEZZA	BG	S. LORENZO DI ROVETTA, CASTIONE DELLA PRESOLANA, ONORE, FINO DEL MONTE, ROVETTA, SONGAVAZZO, CERETE BASSO, SOVERE, PIANICO, CASTRO, POLTRAGNO, FONTENO PIAZZA, .	OGGIO, BORLEZZA	STUDI DI BASE E PROGETTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA ED IDROGEOLOGICA DEL BACINO DEL TORRENTE BORLEZZA - RILIEVI TOPOGRAFICI E STUDI DI BASE
TORRENTE BOLLETTA, RIO DEI PONTICELLI (ROGGIA MOLI	VA	PORTO CERESIO, BESANO, CUASSO AL MONTE.	TICINO	PROGETTO PRELIMINARE PER LA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL LAGO CERESIO
DEZZO	BG	AZZONE, COLERE, SCHILPARIO	OGGIO	PROGETTAZIONE PRELIMINARE PER LA REGIMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE DEZZO NEI COMUNI DI AZZONE, COLERE E SCHILPARIO (BG)

CORSI D'ACQUA	PROV.	COMUNE E LOCALITÀ	BACINO E SOTTOBACINO	TITOLO
NAVIGLIO CIVICO, ROBECCO, MORBASCO, CERCA, MORTA.	CR	CREMONA	OGLIO	PERIMETRAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO E PROGETTO PRELIMINARE DEL CANALE SCOLMATORE A DIFESA DELLA CITTA' DI CREMONA
LAMBRO MERID.	MI LO PV	BORGHETTO LODIGIANO, GRAFFIGNANA, S. ANGELO LODIGIANO, VALERA FRATTA, CARPIANO, LOCATE DI TRIULZI, OPERA, PIEVE EMANUELE, ROZZANO, S. COLOMBANO AL LAMBRO, MAGHERNO, MARZANO, SIZIANO.	LAMBRO	STUDIO IDRAULICO E PROGETTAZIONE PRELIMINARE DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DEL FIUME LAMBRO MERIDIONALE AI FINI DELLA COMPLETA FUNZIONALITA' DEL DEVIATORE OLONA.

Tab. 3 - Studi effettuati per approfondimenti o per la formulazione di osservazioni al PAI

Corso d'acqua	Titolo dello studio	Ente proprietario
Adda	Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Adda in Comune di Rivolta D’Adda	Regione Lombardia
Adda	Perimetrazione delle aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Adda in Comune di Lodi	Regione Lombardia
Adda	Studio della propagazione dell’onda di piena conseguente a rottura dello sbarramento di Olginate sul fiume Adda	Consorzio dell’Adda
Brembo	Analisi di delimitazione delle fasce fluviali del Fiume Brembo nel tratto Villa D’Almè – Lenna (BG) definite dall’Autorità di Bacino del Fiume Po	Comunità Montana della Valle Brembana
Lambro	Perimetrazione delle aree a rischio idraulico ai sensi della legge 267/98 per il Fiume Lambro tra Villasanta e San Donato Milanese	Regione Lombardia
Lambro	Studio idraulico e Progetto Preliminare della sistemazione del Fiume Lambro a monte di Villasanta	Regione Lombardia
Mella	Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Mella in Comune di Manerbio	Regione Lombardia
Oglio	Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Oglio in Comune di Costa Volpino	Regione Lombardia
Oglio	Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Oglio in Comune di Palazzolo sull’Oglio	Regione Lombardia
Oglio	Perimetrazione aree a rischio idraulico ai sensi della Legge 267/98 – Fiume Oglio in Comune di Pontoglio	Regione Lombardia
Oglio	Studio perimetrazione aree di esondazione del fiume Oglio	Comunità Montana della Valle Camonica
Serio	Definizione delle aree del territorio comunale soggette al rischio di inondazione da parte del fiume Serio a Seriate	Regione Lombardia
Serio	Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del fiume Serio in Comune di Sergnano (CR)	Regione Lombardia
Serio	Studio e perimetrazione delle aree a rischio idraulico del Fiume Serio tra Nembro e Gorle	Regione Lombardia
Ticino	Studio idraulico per la delimitazione delle fasce fluviali del Ticino tra il Lago Maggiore e il Po	Consorzio Parco Lombardo della Valle del Ticino

Ulteriore documentazione consultabile

Si tratta di elaborati di vario genere utili da consultare per la stesura degli studi geologici e disponibili presso le Strutture geologiche regionali

- Cartografia geologica predisposta dalla Struttura Analisi e informazioni territoriali nell'ambito del Progetto CARG (Carta Geologica)
- Archivio dell'U.O. Tutela e valorizzazione del Territorio con relazioni di sopralluogo e studi geologici di supporto alla progettazione di opere di difesa del suolo.
- Progetti ordinanze eventi calamitosi
- Schede frane della Provincia di Sondrio
- Studi sul rischio sismico:
 1. "Analisi del comportamento di edifici dei centri storici in zona sismica nella Regione Lombardia" volume. Regione Lombardia 1998
 2. "Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell'Oltrepo Pavese" volume + cartografia + CD-rom. Regione Lombardia 1998
 3. "Carta dei movimenti franosi" - 15 tavole della C.T.R. a scala 1:10.000 della zona dell' Oltrepo Pavese". Regione Lombardia 1998
 4. "Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell'Oltrepo pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica" volume + cartografia. Regione Lombardia 1999
 5. "Analisi di stabilità in condizioni dinamiche e pseudostatiche di alcune tipologie di frane di crollo finalizzata alla stesura di modelli di indagine e di interventi". volume + cartografia + CD-rom Regione Lombardia 2000
 6. "Vulnerabilità sismica delle infrastrutture a rete in zona campione della Regione Lombardia" volume + cartografia + CD-rom. Regione Lombardia 2000
 7. "Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia". Regione Lombardia - D.G. Territorio e Urbanistica, 2001.
 8. "Prevenzione dei fenomeni di instabilità delle pareti rocciose. Confronto dei metodi di studio dei crolli nell'arco alpino". Progetto Falaises - programma Interreg IIC - Medoc, 2001.
 9. "Mitigation of hydro-geological risk in Alpine catchments - Linee Guida". Progetto CatchRisk - programma Interreg IIIB - Spazio Alpino, 2005 .
- Studi sul rischio di esondazione dal punto di vista storico-geomorfologico
 1. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Staffora (PV)". Studio IReR + cartografie 1999
 2. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Pioverna (LC) e Fiume Serio (BG)". Studio IReR + cartografie + CD-rom 1999
 3. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Fiume Oglio (Alta Valcamonica) – in corso di pubblicazione

Dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale

Si riporta una sintesi dei dati attualmente disponibili, in continuo aggiornamento.

Cartografia On line – Banche dati del SIT – Ambiente e Territorio

- Servizi tematici
- Uso del suolo
- Dissesto idrogeologico
- Basi ambientali della pianura
- Basi informative dei suoli
- Geologia degli acquiferi padani

Progetti

- Catchrisk
- Censimento geositi lombardi
- NAB - Gestione del rischio idrogeologico in ambiente montano

Sistemi informativi tematici

- CARG – Cartografia geologica
- SIBA – Sistema Informativo Beni Ambientali
- GEOIFFI – Inventario Frane e Dissesti
- SIBCA – Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua
- STUDI GEOLOGICI – Sistema informativo studi geologici e PAI

PROCEDURE PER LA VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA

1 - PROCEDURE DI DEFINIZIONE PRELIMINARE DELLA PERICOLOSITA'

1.1 Contenuti delle procedure

Le seguenti procedure di definizione preliminare della pericolosità forniscono uno standard, che a partire dai dati contenuti nella Carta inventario dei dissesti, permette di definire un'area di pericolosità delle frane ed in particolare la loro possibile zona di espansione, mediante metodi rapidi, generalmente pubblicati in letteratura. Le procedure definite in seguito sono conservative e di carattere generale; per studi di maggior dettaglio della pericolosità e la sua zonazione possono essere successivamente utilizzate le procedure di cui al paragrafo 2.

Le procedure sono state differenziate per i tre differenti tipi di frane più frequenti in Regione Lombardia, quali; crolli di massi, frane di scivolamento, colate detritiche su versante. Per quanto riguarda le colate detritiche su conoide, le indicazioni di maggior o minore pericolosità sono già contenute nella carta inventario delle frane e dei dissesti; per l'eventuale modifica e zonazione della pericolosità dovrà essere utilizzata elusivamente la procedura prevista nel successivo paragrafo 2.2.4.

1.2 Pericolosità per fenomeni di crollo

Il seguente metodo empirico per definire l'area interessata da un fenomeno di crollo si basa sul cosiddetto "cono d'ombra", che sottende la zona in cui la maggior parte dei blocchi si dovrebbero arrestare. Il metodo si basa sugli studi di HEIM (1932), di LIED (1977), di ONOFRI & CANDIAN (1979), di EVANS & HUNGR (1993) e di MEISSL (1998).

Questo metodo previsionale empirico si basa sul concetto di linea di energia e di angolo di attrito equivalente; l'area interessata da un crollo può venir delimitata da un "cono" definito utilizzando l'angolo d'ombra minimo, a partire da una parete o da una porzione di versante possibile origine di crolli, oppure l'angolo di inclinazione del versante.

L'angolo d'ombra minimo è definito come l'inclinazione della retta che congiunge l'apice del talus con il blocco più lontano; secondo EVANS & HUNGR (1993), il valore medio di tale angolo è di $27,5^\circ$. Un'altra possibilità è di utilizzare l'angolo di inclinazione del versante (zona di deposito), calcolato partendo dal punto più alto della zona di distacco, congiungendolo con il masso che ha raggiunto la massima distanza di espandimento, che in genere fornisce valori compresi tra 28° e 41° (ONOFRI & CANDIAN, 1979). (Fig.1).

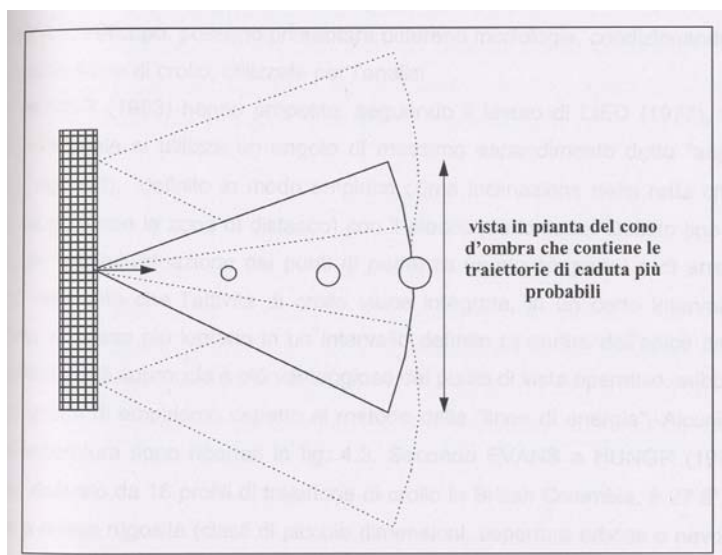


Fig. 1 – delimitazione in pianta del "cono d'ombra" per frane di crollo.

La scelta tra i due metodi può essere effettuata in modo teorico, utilizzando la seguente relazione (Fig. 2):

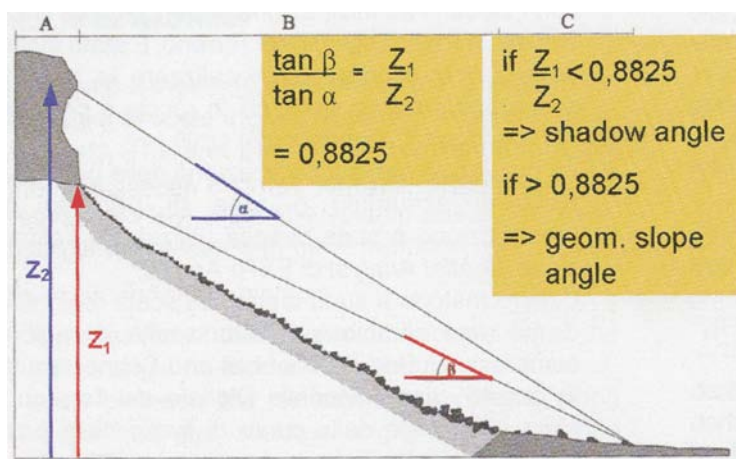


Fig. 2 – Basi teoriche che illustrano quando usare l'angolo ombra minimo o l'angolo di inclinazione del versante.

se $\frac{Z_1}{Z_2} < 0.8825$ si utilizza l'angolo d'ombra minimo; se tale rapporto è > 0.8825 , si utilizza l'angolo di inclinazione del versante.

1.3 Pericolosità per frane di scivolamento

Per quanto riguarda le frane di scivolamento, è possibile valutare la loro area di espansione (frane attive e quiescenti) utilizzando la formula proposta da GOVI et al. (1985):

$$L = 49,61 \times \log(H+3) - 22,38$$

in cui H è l'altezza in metri del punto di distacco della frana.

Se la frana raggiunge il fondovalle, è possibile valutare l'area di espansione utilizzando i criteri proposti da NICOLETTI & SORRISO VALVO (1991), adattandoli al caso specifico.

Oltre l'espansione verso valle del corpo di frana, sono da valutare con criteri morfologici anche la sua estensione in nicchia e l'eventuale espansione laterale.

1.4 Pericolosità per colate detritiche su versante

Una valutazione numerica semplice dell'espansione delle colate detritiche che possono interessare un versante al momento non è disponibile, almeno per quanto riguarda la zona alpina e prealpina.

La valutazione delle aree coinvolte, in caso di sviluppo di colate detritiche su un versante, dovrà essere effettuata tenendo conto dei percorsi probabili (impluvi) e quindi della morfologia del versante; quando la colata raggiunge un'area di possibile espansione, cioè una zona maggiormente pianeggiante, la valutazione delle aree esposte a pericolo dovrà avvenire su base morfologica, tenendo conto di possibili punti critici di deviazione della colata stessa.

2 - PROCEDURE DI DETTAGLIO PER LA VALUTAZIONE E LA ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO DA FRANA

2.1. Introduzione

2.1.1. Contenuti delle procedure

Il metodo di studio di seguito illustrato è stato sviluppato per fornire degli standard di lavoro ed uniformare i metodi di raccolta e di analisi dei dati sulle frane. Si tratta di un metodo speditivo di valutazione della pericolosità (susceptibilità) da frana che permette di zonare il territorio secondo classi di pericolosità e di rischio relativi differenti. Questa zonazione è rivolta ad aree limitate e circoscritte ed è applicabile solo ad una scala di dettaglio.

Il metodo è costituito da procedure specifiche per la valutazione della pericolosità applicabili alle principali tipologie di frana presenti sul territorio lombardo. Il passaggio dalla pericolosità al rischio è stato affrontato in maniera molto semplificata in quanto è stata considerata prioritaria la definizione della pericolosità perché

più complessa e propedeutica al rischio. Di norma dovrà essere prodotta solo la carta di zonazione della pericolosità mentre la carta del rischio verrà fornita solo quando richiesta.

I valori di pericolosità finale ottenuti per le diverse tipologie di frana hanno diverso significato e quindi vengono valutati in modo differente nel loro utilizzo per la pianificazione territoriale. Questi non vanno quindi considerati come valori assoluti di pericolosità e non possono essere effettuati confronti tra fenomeno e fenomeno.

Le frane che non rientrano nelle categorie qui previste (valanghe di roccia, frane di scivolamento lente in roccia, ecc.) non possono venire studiate secondo metodi generalizzati come il presente, in quanto la complessità dei meccanismi coinvolti necessita di analisi specifiche, ciascuna adatta al singolo caso.

La zonazione della pericolosità risultante dall'applicazione delle procedure è relativa al sito indagato e non è confrontabile con altri siti studiati separatamente, in quanto ciascun sito risulterà sempre suddiviso in aree a pericolosità da bassa a elevata, indipendentemente dal valore assoluto della pericolosità. Nei casi in cui la probabilità di accadimento del fenomeno studiato sia molto bassa, le procedure prevedono dei valori soglia al di sotto dei quali la zonazione della pericolosità non è più significativa.

Nelle procedure che verranno descritte di seguito la pericolosità viene valutata in due fasi. Una prima fase prende in considerazione i fattori preparatori e definisce una pericolosità preliminare, la seconda considera i fattori che indicano l'attività o le cause innescanti e permette di valutare la pericolosità finale.

Una valutazione rigorosa della pericolosità dovrebbe tener conto dell'intensità del fenomeno che dipende da volume e velocità e della probabilità d'accadimento che andrebbe valutata in base a serie storiche da cui ricavare periodi di ritorno. Spesso questo non è possibile in un processo speditivo in quanto i tempi ristretti non consentono un'adeguata raccolta dati; per questo motivo sono stati scelti parametri semi-quantitativi per effettuare la zonazione.

Nei casi in cui siano presenti più tipologie di frana le zonazioni della pericolosità vengono sovrapposte e viene ritenuto valido il valore più elevato.

A completamento di ogni procedura viene indicata la documentazione da produrre per ogni sito studiato che comprende una relazione geologico-tecnica illustrativa, schede descrittive ed elaborati cartografici; sarà inoltre indispensabile una documentazione fotografica. Dovranno essere citate in bibliografia tutte le fonti utilizzate ed in particolare quelle riguardanti la cartografia.

Il materiale bibliografico e quello cartografico, a cui è fatto riferimento nel testo, è a disposizione presso la Direzione Generale Territorio, a cui ci si può rivolgere per delucidazioni in merito alle presenti procedure.

La cartografia allegata dovrà essere redatta secondo una specifica legenda (allegato 11) che riporta i diversi elementi dissesto, gli aspetti idrogeologici e le opere di difesa, di sistemazione e di monitoraggio presenti.

Tutta la documentazione dovrà essere fornita anche su supporto digitale e in particolare i documenti di testo in file compatibili con i correnti sistemi di videoscrittura e gli elaborati cartografici in formato shape files.

2.1.2 Utilizzo delle procedure

Le procedure di seguito illustrate presentano campi di applicazione ben definiti e circoscritti. In particolare si evidenzia che vanno applicate a scala locale, su una serie di fenomeni e siti predefiniti attraverso un'analisi di pericolosità su area vasta o mediante criteri specifici che permettano di fare emergere quelle situazioni di criticità più elevata su cui concentrare le attenzioni.

Con queste procedure si potranno:

1. definire in modo più dettagliato gli ambiti omogenei di pericolosità su cui applicare le classi di fattibilità geologica;
2. approfondire le conoscenze per poter valutare la effettiva appartenenza di un ambito di pericolosità e di conseguenza ad una determinata classe di fattibilità geologica;
3. dettagliare ed approfondire le informazioni e le relative zonazioni di pericolosità e rischio su alcuni siti di particolare interesse delle diverse Amministrazioni pubbliche.

Analogamente, come già sperimentato nel caso delle perimetrazioni definite ai sensi della legge 267/98, si potranno utilizzare queste procedure per incrementare le conoscenze, dettagliare ulteriormente e/o modificare le perimetrazioni dei siti a rischio già individuati ed oggetto di particolari misure di salvaguardia.

2.2 La zonazione della pericolosità

Le procedure per la zonazione della pericolosità sono di seguito descritte nel dettaglio; tali procedure comprendono le principali tipologie di frana osservate sul territorio lombardo, quali:

- crolli di singoli massi e crolli in massa,
- scivolamenti e colate superficiali,
- scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni,
- trasporto in massa su conoidi.

2.2.1 La zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia

Per la zonazione della pericolosità generata da crolli in roccia sono state create due procedure differenti, una per crolli di singoli massi o per crolli di massi fino ad una volumetria massima complessiva di circa 1000 m³ e un'altra per crolli in massa (volumetrie tra 1000 e alcune centinaia di migliaia di metri cubi).

2.2.1.1 Crolli di singoli massi o inferiori a 1000 m³

La procedura adottata, denominata R.H.A.P. (*Rockfall Hazard Assessment Procedure*), è valida per crolli di singoli blocchi o per crolli di massi fino ad una volumetria massima complessiva di 1000 m³. Questa procedura comprende più fasi.

Il primo passo è l'individuazione dei settori di parete rocciosa potenziale origine di crolli. Segue quindi la delimitazione d'aree omogenee in funzione di:

1. caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso ricavate da rilievi in sito;
2. morfologia del versante lungo le traiettorie di discesa (zone di transito e d'arresto) dei blocchi, come ad esempio altezza della parete e pendenza del versante sottostante;
3. presenza di opere di difesa, di cui vanno valutati le caratteristiche di assorbimento di energia e il loro stato di efficienza;

questi parametri vengono poi utilizzati nella modellazione numerica.

In ciascuna delle aree omogenee così definite, sono scelte, in pianta, una o più traiettorie di discesa dei blocchi su cui effettuare analisi di rotolamento tramite simulazioni di caduta con modelli numerici di tipo stocastico supportate da rilievi geomeccanici e da osservazione degli accumuli di detrito.

Le simulazioni di caduta con modelli numerici (cinematici e/o dinamici) vanno effettuate prendendo in considerazione i seguenti parametri:

- zona di partenza dei blocchi: la sommità della parete;
- volumetria dei massi: le dimensioni modali, valutate tramite analisi statistica (istogramma di frequenza) del detrito al piede della parete in esame e/o in base alla fratturazione in parete, ricavata da rilievi geomeccanici. Possono essere considerati più valori modali nel caso in cui la distribuzione sia bi- o poli-modale. Oltre ai volumi modali si prenda in considerazione anche il volume maggiore o quello del blocco che ha raggiunto la distanza massima ed eventualmente il blocco potenzialmente instabile di maggiori dimensioni riscontrato in parete;
- forma: dovrà essere utilizzata nella simulazione la forma più simile alla forma modale osservata nel detrito o in parete oppure la forma fisicamente più sfavorevole;
- coefficienti di restituzione e rugosità (allegato 11): vanno valutati attraverso un rilievo puntuale delle traiettorie di caduta, sia reali che ipotizzate, prestando particolare attenzione al tipo di superficie, tipo di vegetazione presente, profondità e distanza tra solchi di impatti precedenti, eventuali danni a strutture e piante, ecc. La valutazione dei coefficienti di restituzione andrà effettuata quando possibile anche attraverso calibrazioni tramite eventi pregressi;
- numero di simulazioni: essendo questa analisi di tipo probabilistico, è necessario effettuare numerose simulazioni di caduta (sono da effettuare almeno 1000 cadute per ogni traiettoria).

In base ai risultati delle analisi di rotolamento massi, si esegue una zonazione longitudinale preliminare delle traiettorie di caduta suddividendole in 3 zone:

- a) di transito e di arresto del 70% dei blocchi;
- b) di arresto del 95% dei blocchi;
- c) di arresto del 100% dei blocchi.

Queste percentuali sono valutate sulla totalità delle simulazioni effettuate, per ogni traiettoria, sui blocchi modali di qualsiasi forma considerata e verrà tenuta in considerazione la zonazione longitudinale più sfavorevole. A queste zone vengono assegnate le classi di pericolosità relativa: 4 (a), 3 (b), 2 (c). In aggiunta si delimita un'area di bassa pericolosità (valore 1) utilizzando la distanza massima raggiunta dal blocco di maggiori dimensioni oppure la distanza massima raggiunta da massi di crolli precedenti.

Successivamente si valuta la probabilità di accadimento del fenomeno in ciascuna delle aree omogenee, definendo la propensione al distacco dei blocchi. A tale scopo si suddivide la parete in maglie, con lato da 5 m fino a 20 m, secondo la complessità geomeccanica dell'area omogenea o in base alle dimensioni della parete.

Area omogenea 1			Area omogenea 2				Area omogenea 3		
	2			1				2	1
3			3	2	2				3
	3	4		1	2				1
	2	2		1		2		2	
2					2	1			

Figura 3 - Schema di valutazione dell'attività relativa delle aree omogenee di origine dei crolli. Ogni area omogenea è suddivisa in maglie in ciascuna delle quali è riportato il numero degli elementi di instabilità riscontrati.

Area omogenea 1 – numero totale elementi di instabilità presenti: 18 su 75 (numero massimo ottenibile di elementi di instabilità per l'area omogenea) - percentuale di attività relativa : 24% (alta).

Area omogenea 2 – numero totale elementi di instabilità presenti: 17 su 100 – percentuale di attività: 17% (media).

Area omogenea 3 – numero totale elementi di instabilità presenti: 9 su 75 – percentuale di attività: 12% (bassa).

In questa rappresentazione i limiti tra le aree omogenee sono stati schematizzati con delle linee rette e sono state considerate solo separazioni verticali. Nella realtà possono verificarsi casi molto più complessi.

Per ciascuna maglia si verifica la presenza dei seguenti elementi di instabilità:

- fratture aperte con evidenze di attività associate a cinatismi possibili;
- blocchi ruotati;
- zone intensamente fratturate;
- superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi;
- emergenze di acqua alla base dei blocchi.

Per ogni maglia viene quindi indicato il numero degli elementi di instabilità presenti. Poi, per ogni area omogenea viene calcolata la somma di tutti gli elementi di instabilità presenti e viene ricavata la percentuale di attività in relazione al numero massimo ottenibile nell'area omogenea, dando a ciascuna maglia il valore massimo 5 (Fig. 3).

In base alle percentuali così ricavate, le aree omogenee vengono raggruppate in 3 gruppi a differente attività relativa per il sito indagato: alta, media, bassa. Non vengono indicati valori di percentuali di riferimento assolute per evitare che gran parte delle aree omogenee risultino avere lo stesso valore di pericolosità, impedendo una zonazione. Tuttavia, nel caso in cui tutte le aree omogenee presentino percentuali inferiori al 10% non si ritiene necessario effettuare la zonazione della pericolosità.

Spesso succede che le aree omogenee nelle zone di rotolamento e di arresto dei blocchi si sovrappongano parzialmente o anche totalmente; in tali casi la rappresentazione in carta risulterà dalla sovrapposizione delle aree omogenee, in modo che le aree ad attività maggiore risultino sovrapposte a quelle ad attività minore.

La zonazione finale della pericolosità viene definita utilizzando i valori delle classi di pericolosità relativa della zona di transito e accumulo dei blocchi, che vengono aumentati di 1, mantenuti costanti o diminuiti di 1 a seconda che le pareti sovrastanti appartengano ai gruppi di attività alta, media o bassa rispettivamente. Si possono così avere in totale 5 classi di pericolosità, da H1 a H5.

Esiste una tipologia di frana, assimilabile ai crolli, che non rientra nelle normali classificazioni e riguarda la caduta di blocchi, più o meno arrotondati, scalzati da depositi glaciali o da terrazzi fluvio-glaciali. Il meccanismo di rotolamento a valle dei blocchi è del tutto assimilabile a quello dei crolli e quindi va seguita la procedura sopra descritta per quanto riguarda la determinazione della pericolosità preliminare. Per passare alla pericolosità finale si procede come per i crolli, sovrapponendo la griglia alle aree omogenee e valutando l'attività in funzione dei seguenti parametri:

- presenza di scollamenti tra matrice e blocchi;
- blocchi o ciottoli parzialmente ruotati nella matrice;

- blocchi in buona parte isolati rispetto alla matrice;
- superfici non alterate o incavi che testimoniano recenti distacchi;
- emergenze di acqua alla base dei blocchi.

Le varie fasi dello studio per i crolli andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti:

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: risultati e descrizione dei rilievi geomeccanici; descrizione dei parametri per la definizione delle aree omogenee e per la scelta delle traiettorie di caduta massi; modellazione statistica dei volumi e della forma dei blocchi (istogrammi di frequenza).
3. Simulazione della caduta massi: breve descrizione del codice di calcolo utilizzato e dei parametri di ingresso usati e in particolare i coefficienti di restituzione e la rugosità; risultati delle simulazioni di caduta massi, con visualizzazione dei rimbalzi lungo la traiettoria di caduta, istogrammi di frequenza di altezza dei rimbalzi, velocità, energia per ogni traiettoria analizzata e per un profilo standard che verrà fornito dalla presente Struttura (utile per la taratura dell'analisi).
4. Descrizione del calcolo delle percentuali di instabilità in parete delle aree omogenee.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica*, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000), che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta dei dissesti con elementi morfologici*, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, etc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. *carta delle aree omogenee*, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee con le percentuali di attività, le traiettografie, le maglie con gli elementi di instabilità (scala 1:500 – 1:2000); nel caso in cui le maglie non siano rappresentabili in planimetria dovranno essere fornite fotografie della parete con sovrapposte le maglie utilizzate;
4. *carta della pericolosità preliminare*, con la zonazione preliminare della pericolosità da H2 a H4 (scala 1:500 – 1:2000);
5. *carta della pericolosità finale*, con la zonazione delle aree di pericolosità da H1 a H5 (scala 1:2000);
6. *scheda frane* del Servizio Geologico per tutta l'area considerata (allegato 6);
7. *scheda crolli* per ogni singola area omogenea (allegato 6.1);
8. *scheda di rilevamento geomeccanico* per ogni stazione (allegato 6.2).

2.2.1.2 Crolli in massa

Per crolli in massa si intendono frane con volumetria compresa tra i 1000 m³ e qualche centinaia di migliaia di metri cubi.

La procedura proposta prevede, per il sito studiato, l'identificazione delle aree soggette a crolli in massa potenziali, rilevando le fratture aperte che isolano volumi di roccia potenzialmente instabili, in zone limitrofe a crolli già avvenuti o in zone che non sono ancora state soggette a franamenti.

Successivamente, per ogni area, si determinano, se possibile, i volumi minimi, medi e massimi potenzialmente instabili, includendo l'eventuale ampliamento della nicchia di distacco di fenomeni già avvenuti. In base a queste volumetrie si calcolano le distanze massime raggiungibili e le relative aree di espansione dell'accumulo per ciascun volume secondo i metodi empirici disponibili in letteratura. SCHEIDEGGER (1973) fornisce la formula

$$\log f = a \cdot \log V + b,$$

in cui $f = H/x$; in tal modo è possibile calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana (x) inserendo i valori di dislivello (H) in metri, il volume presunto (V) e le due costanti $a = -0.15666$ e $b = 0.62419$. DAVIES (1982) propone invece un legame tra il volume (V) e la distanza raggiunta (R_a), secondo la formula

$$R_a = 9.98 V^{0.33}.$$

Anche TIANCHI (1983) mette in relazione il volume (V) della frana con la distanza raggiunta (L), secondo la formula:

$$\log (H/L) = A + B \log V,$$

in cui H è il dislivello e A e B due costanti del valore rispettivo 0.6640 e -0.1529 . Un legame tra distanza raggiunta dalla frana, il volume e la pendenza è proposto da HUTCHINSON (1988) in un diagramma che, per le volumetrie qui considerate, si riferisce a dati ricavati da crolli in calcari porosi (*chalk*). Andrà utilizzato il metodo empirico più adatto alle volumetrie ipotizzate e alle caratteristiche litologiche del sito. La larghezza e la forma dell'accumulo di frana vanno delimitate tenendo conto della morfologia del pendio e dell'area di possibile espansione (vedi per esempio: NICOLETTI & SORRISO-VALVO, 1991).

I metodi sopra citati sono validi soprattutto per volumetrie elevate; per i crolli di poche migliaia di m^3 si possono utilizzare metodi basati sulle linee di energia (es. HEIM, 1932) associandoli a simulazioni di caduta massi.

La zonazione della pericolosità preliminare dell'accumulo può essere valutata in due modi che possono essere integrati tra loro. Preferibilmente si utilizzeranno le tre volumetrie identificate (minima, media, massima) per ogni area; se questo non è possibile si applicheranno più metodi empirici che risulteranno più o meno conservativi. In questo modo si distingueranno tre distanze massime raggiungibili dalla frana e quindi tre zone di pericolosità relativa decrescenti (4, 3, 2) verso le zone più distanti.

Per valutare l'attività delle aree di distacco e quindi passare alla pericolosità finale, le aree di distacco andranno classificate nel seguente modo:

- non attive - se vi sono fratture aperte senza sintomi di movimento. Questa condizione è evidenziata ad esempio, dalla presenza di vegetazione antica all'interno della frattura, dall'assenza di evidenze di crolli recenti in parete e fattori innescanti quali infiltrazioni d'acqua, ecc;
- quiescenti - se sono presenti fratture aperte e persistenti e se vi è possibilità cinematica di movimento della porzione di ammasso roccioso in esame;
- attive - se, oltre ai sintomi precedenti, vi sono anche fratture con superfici non alterate, evidenze di frequenti crolli di blocchi, blocchi ruotati, emergenze di acqua, piante con radici tirate.

A questo punto il valore della pericolosità viene diminuito, mantenuto costante o aumentato di 1 a seconda che la zona di distacco sia stata classificata non attiva, quiescente o attiva rispettivamente. In questo modo si ottiene la zonazione finale della pericolosità con le 5 possibili classi da H1 a H5. Spesso può succedere che si sovrappongano diverse aree di accumulo con la loro rispettiva zonazione; la zonazione totale dell'intera area risulterà dalla sovrapposizione delle zonazioni, in modo che le aree a pericolosità maggiore risultino sovrapposte a quelle di pericolosità minore.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti:

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute.
2. Caratterizzazione delle aree potenziali di crollo in massa: risultati e descrizione dei rilievi geomeccanici; descrizione delle principali discontinuità e delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso; eventuali dati di monitoraggio; definizione dei volumi potenzialmente instabili (scenari di instabilità); descrizione del pendio sottostante.
3. Valutazione delle aree di espansione: scelta del metodo e dei parametri utilizzati.
4. Valutazione dello stato di attività delle aree potenzialmente instabili.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica*, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta dei dissesti con elementi morfologici*, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, etc., come da legenda allegata (scala 1:2000 - 1:5000);
3. *carta delle aree potenziali di crollo e della pericolosità preliminare*, in cui sono da riportare le zone potenzialmente instabili e le diverse aree di espansione, con zonazione preliminare della pericolosità (scala 1:2000 - 1:5000); se la parete origine del crollo è molto acclive, è meglio allegare fotografie con delimitate graficamente le aree potenziali di crollo;
4. *carta della pericolosità finale*, con la zonazione delle aree di pericolosità da H1 a H5 (scala 1:2000 - 1:5000);
5. *scheda frane* del Servizio Geologico per tutta l'area considerata (allegato 6);
6. *scheda di rilevamento geomeccanico* per ogni stazione (allegato 6.2).

2.2.2 La zonazione della pericolosità generata da colate di terreno e da scivolamenti che evolvono in colate

Questa procedura viene applicata alle colate e agli scivolamenti in terreno che possono evolvere in colate. Si tratta di fenomeni diffusi su ampie aree e generalmente di piccola volumetria (fino a $1000 m^3$), che interessano la parte superiore dei depositi superficiali (in generale fino a un massimo di 2 m di spessore).

Per valutare la probabilità di innesco di colate e scivolamenti, si devono individuare le aree coperte dai depositi superficiali che possono essere rimobilizzate in caso di forti piogge, prendendo in considerazione l'intero versante, fino eventualmente alla cresta. Una volta individuate, queste aree devono essere suddivise

in zone a pendenza e caratteristiche di resistenza al taglio (valutata in base alla litofacies e alla granulometria riconosciuta in sito, o eventualmente tramite analisi granulometriche) omogenee. Per la definizione della granulometria si consiglia di utilizzare la classificazione dei terreni U.S.C.S. (*Unified Classification System for Soils*). Nel caso in cui vi siano depositi che presentano mescolanze di varie classi granulometriche viene considerata la classe granulometrica più rappresentata (valori modali) oppure quella di granulometria inferiore (argilla e limo), se presente in percentuali superiori al 25% o se forma orizzonti continui di spessore almeno centimetrico.

Per quanto riguarda la pendenza devono essere individuate almeno 3 classi in funzione delle caratteristiche morfologiche del versante (naturalmente solo per le aree in terreno).

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio, queste dovranno essere valutate (in termini di coesione e attrito) per ogni litofacies riconosciuta. A questo scopo, si utilizzino se possibile dati derivati da prove di laboratorio sulle litologie del sito indagato. In mancanza di questi dati, possono essere utilizzate correlazioni empiriche che mettono in relazione i risultati di semplici prove in sito con i parametri di resistenza al taglio, come ad esempio *Vane test* e *pocket-penetrometer* per la coesione non drenata (C_u) per i terreni coesivi. Per i terreni non coesivi si possono utilizzare correlazioni tra la densità relativa e l'angolo di attrito (allegato 12).

La sovrapposizione dei due tipi di aree sopra definite fornirà una serie di aree omogenee ciascuna caratterizzata da classi di valori di pendenza, angolo d'attrito e coesione. Questi valori vengono utilizzati per ricavare speditivamente il fattore di sicurezza (F_s) usando il metodo del pendio indefinito, di facile applicazione mediante l'utilizzo di sistemi GIS, oppure le carte di stabilità più adatte alle condizioni morfologiche, idrogeologiche e geomeccaniche del versante. Naturalmente, se sono disponibili dati più dettagliati e affidabili, è possibile procedere ad analisi di stabilità con metodi più rigorosi.

A questo punto è possibile procedere alla valutazione preliminare della pericolosità, che è funzione del fattore di sicurezza ricavato:

$F_s = 1.40 - 2.00$ - pericolosità preliminare = H2

$F_s = 1.20 - 1.40$ - pericolosità preliminare = H3

$F_s = 1.00 - 1.20$ - pericolosità preliminare = H4

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno presi in considerazione altri due parametri: possibili concentrazioni d'acqua e tipologia della vegetazione.

Per quanto riguarda le concentrazioni di acqua andrà verificata la presenza di:

- condizioni morfologiche sfavorevoli (es. piccoli impluvi, vallecicole, ecc.) tenendo anche conto, ove possibile, della morfologia sepolta (forma del substrato roccioso, paleoalvei, ecc.)
- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.)

Per quanto riguarda la tipologia della vegetazione andrà diversificata in funzione della profondità degli apparati radicali della vegetazione d'alto fusto.

Nel caso in cui siano presenti uno o più fattori di concentrazione delle acque, il valore della pericolosità preliminare viene aumentato di 1. Solo nel caso in cui si ritenga che la profondità dell'apparato radicale della vegetazione presente sia superiore a quella delle potenziali superfici di scivolamento, sarà possibile diminuire di 1 il valore della pericolosità preliminare. Questa variazione di pericolosità va effettuata su tutta l'area omogenea se i fattori sopra elencati sono diffusi su tutta l'area; limitatamente alla zona di influenza del fenomeno se il fattore interessa solo alcune porzioni dell'area omogenea.

Infine occorre calcolare la pericolosità nelle zone di accumulo delle frane qui prese in considerazione. In generale si possono presentare due casi: scivolamenti non incanalati e colate o scivolamenti che evolvono in colate incanalate. La valutazione della pericolosità delle zone di accumulo va fatta solo nei casi in cui le zone di potenziale distacco si trovino in aree a pericolosità totale medio-alta (3, 4 e 5).

Vanno considerati per primi gli scivolamenti non incanalati. In questo caso lo spostamento è in genere limitato e il volume dell'accumulo non è molto superiore al volume della massa staccatasi, in quanto non viene preso in carico ulteriore materiale durante il movimento. Quindi per questi fenomeni può essere considerato sufficiente calcolare la distanza massima raggiungibile dalla frana. La formula più semplice e di immediata applicazione per la stima delle distanze massime (L , in metri) di arresto dei materiali franati in relazione all'altezza (H , in metri) del punto di distacco è:

$$L = 46,91 * \log(H+3) - 22,38$$

dovuta a GOVI *et al.* (1985). L'altezza H viene valutata come il dislivello tra il punto topograficamente più alto dell'area di possibile distacco e una zona sottostante, a bassa pendenza o pianeggiante, in cui è possibile l'accumulo. Nel caso in cui l'area di possibile distacco sia particolarmente ampia si valuterà l'altezza H e quindi la lunghezza L su più sezioni.

Una volta calcolata la distanza massima, si delimita l'area di possibile espansione che avrà ampiezza minima pari a quella della nicchia da cui il distacco è stato ipotizzato. Il valore di pericolosità di questa zona d'accumulo sarà pari a quello della zona di distacco.

Le colate o gli scivolamenti che evolvono in colate incanalate, presentano percorsi prevedibili e talora di notevole lunghezza; inoltre i volumi possono subire incrementi nel caso in cui venga asportato materiale lungo l'impluvio. Per ogni singolo impluvio va dapprima individuata l'area pianeggiante di possibile accumulo (in genere in fondovalle o alle confluenze) e quindi si procede alla zonazione concentrica dell'area di accumulo. L'estensione dell'accumulo è funzione dello spessore del terreno nelle zone di distacco, della quantità di materiale asportabile lungo il canale e/o immesso nell'asta principale dai tributari o proveniente da altri eventi franosi verificatisi in impluvi confluenti, e dalla morfologia della zona di accumulo. La zonazione viene effettuata secondo tre classi di pericolosità decrescenti verso l'esterno, in cui la massima pericolosità sarà pari a quella della zona di distacco. Nel caso in cui il materiale appartenente ad aree di possibile distacco a pericolosità diversa confluisca nello stesso impluvio, il valore massimo dell'accumulo sarà quello dell'area a pericolosità più elevata. Lo stesso valore andrà anche attribuito alla zona di transito della colata (impluvio) e ad eventuali zone in cui è ipotizzabile una fuoriuscita del materiale dall'impluvio. Nel caso in cui lungo l'impluvio siano presenti opere di sistemazione, si dovrà verificare la correttezza del dimensionamento delle opere in funzione della quantità di materiale mobilizzabile e la loro efficienza (stato di manutenzione). Se l'opera viene ritenuta efficace, il valore di pericolosità massimo dell'accumulo e quello lungo l'impluvio saranno diminuiti di 1.

La valutazione dell'area di accumulo della colata può essere effettuata con metodi semiempirici, quali quelli per la mappatura della zona di accumulo del materiale solido in prossimità di un improvviso cambiamento di pendenza (TAKAHASHI & YOSHIDA, 1979; LIU, 1996). In alternativa alla zonazione dell'area di accumulo, qualora questa fosse di difficile applicazione o non significativa, si deve considerare tutta l'area di accumulo della colata e assegnare ad essa il valore massimo di pericolosità ricavato come sopra.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies dei depositi superficiali e valutazione della loro granulometria e caratteristiche di resistenza al taglio; scelta delle classi di pendenza; descrizione dell'analisi speditiva di stabilità.
3. Condizioni del versante: analisi delle condizioni idrogeologiche del versante e degli impluvi; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua; tipologia della vegetazione.
4. Zone di accumulo delle colate: descrizione dei metodi utilizzati per la delimitazione delle aree di accumulo.
5. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica*, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta dei dissesti con elementi morfologici*, in cui vanno riportati gli elementi morfologici dei dissesti, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:1000 - 1:5000);
3. *carta litotecnica*, in cui sono riportate le classi litologiche individuate con le rispettive caratteristiche di resistenza al taglio (scala 1:500 – 1:2000);
4. *carta delle aree omogenee*, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee (scala 1:500 – 1:2000);
5. *carta della zonazione preliminare della pericolosità*, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:500 – 1:2000);
6. *carta della pericolosità finale*, con la zonazione della pericolosità delle aree omogenee e delle zone di accumulo (scala 1:2000);
7. *scheda colate* per ogni singola area omogenea (allegato 6.3);
8. *scheda frane* del Servizio Geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

2.2.3 La zonazione della pericolosità generata scivolamenti, scivolamenti-colate e colate di grandi dimensioni

All'interno di questa categoria ricadono gli scivolamenti, scivolamenti-colate e colate con spessori superiori ai 2 metri e con volumetrie superiori ai 1000 m³. Frane di questo tipo sono particolarmente diffuse nella porzione appenninica del territorio lombardo, ma sono anche presenti, interessando prevalentemente terreni fini, in ambito alpino e prealpino. La maggior parte di questi fenomeni si manifestano come riattivazioni di frane esistenti e solo in pochi casi come frane di neoformazione; per questo motivo, per quanto riguarda il territorio lombardo, queste frane sono in gran parte conosciute e studiate e ne sono noti ubicazione e limiti areali. In riferimento all'area appenninica esiste un inventario delle frane del territorio della provincia di Pavia, ricavato da analisi di foto aeree di differenti anni (dal 1980 al 1983) e da controlli sul terreno. Questo inventario, disponibile presso la Provincia di Pavia e presso la Struttura Rischi Idrogeologici della Regione Lombardia è un'utile base di partenza per lo studio delle frane in quanto riporta tipologia e stato di attività.

La procedura proposta si struttura in due parti: la prima prende in considerazione le frane già avvenute, la seconda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane.

Le frane esistenti vanno classificate in base al loro stato di attività, definito utilizzando la cartografia esistente sopra citata, che andrà comunque controllata con indagini sul terreno, raggruppandole in:

- attive – attualmente in movimento o mossesi nell'ultimo ciclo stagionale;
- quiescenti – riattivabili dalle loro cause originali tuttora esistenti;
- inattive – non più influenzate dalle loro cause originali (ove note);
- relitte – sviluppatesi in condizioni geomorfologiche e climatiche considerevolmente diverse dalle attuali.

Per l'attribuzione della pericolosità ci si basa sulla precedente classificazione di attività secondo il seguente schema:

- attiva – pericolosità H5
- quiescente – pericolosità H4 se vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni
pericolosità H3 se non vi sono stati movimenti negli ultimi 10 anni
- inattiva – pericolosità H2
- relitta – pericolosità H1.

Sovente capita che una frana (inattiva o quiescente) si riattivi parzialmente; in questo caso va delimitata la porzione riattivata e ad essa va attribuito il valore di pericolosità 5.

Inoltre può anche succedere che una frana inattiva o quiescente al momento dell'analisi mostri una serie di indizi che possano indicare un'imminente riattivazione come ad esempio:

- carico del versante per motivi naturali o antropici;
- scarico laterale e/o al piede per erosione naturale o scavi antropici;
- *soil-slips* e movimenti superficiali sul corpo di frana;
- variazione ubicazione e portata sorgenti.

Se almeno una queste condizioni viene osservata, il valore di pericolosità deve essere aumentato di 1.

Per quanto riguarda le aree in cui non sono attualmente conosciute frane, si procede a suddividere il territorio studiato in zone omogenee in funzione di litologia e pendenza.

Le litologie vengono raggruppate in tre classi:

1. a prevalente componente argillosa;
2. ad alternanze o mescolanze di argille e rocce competenti;
3. a prevalente componente arenacea e/o calcarea o di altre rocce competenti.

Anche le aree che interessano esclusivamente i depositi superficiali andranno zonate a seconda delle differenti distribuzioni granulometriche presenti. In particolare, dovrà essere prevista una classe per i depositi la cui granulometria sia composta da più del 25% di frazione argilloso-limosa o se sono rilevabili orizzonti argilloso-limoso continui di spessore almeno centimetrico.

Per quanto riguarda la pendenza si devono individuare almeno 3 classi; l'ampiezza delle classi va scelta in funzione delle caratteristiche morfologiche dell'area di studio. Nel caso in cui una prima attribuzione delle classi di pendenza non permetta la delimitazione di un numero significativo di aree omogenee, un criterio di scelta delle classi è quello di considerare le pendenze delle aree in frana. Vanno considerate tutte le frane presenti e calcolate le pendenze degli accumuli e del pendio preesistente alla frana; i valori modali delle due popolazioni di dati possono essere utilizzati come limiti inferiore e superiore delle classi di pendenza.

Per ciascuna delle aree omogenee ricavate dall'intersezione di queste classi si effettua un'analisi di stabilità utilizzando il metodo più appropriato alla situazione geomeccanica presente. I parametri geotecnici utilizzati nell'analisi dovranno corrispondere alle condizioni più appropriate a valle di un'analisi parametrica, tenuto conto della stratigrafia e delle eventuali sovrappressioni idrauliche.

A ciascuna area omogenea viene quindi assegnato un valore di pericolosità preliminare secondo il seguente schema:

Fs = 1.40 - 2.00 - pericolosità preliminare = H2

Fs = 1.20 - 1.40 - pericolosità preliminare = H3

Fs = 1.00 - 1.20 - pericolosità preliminare = H4.

Nel caso si valuti che un fenomeno franoso potenziale interessi un intero versante, coinvolgendo più aree omogenee, l'analisi di stabilità andrà effettuata, con i metodi sopra descritti, sull'intero versante e ad esso andrà attribuito il valore di pericolosità risultante.

Per valutare la pericolosità finale dell'area vanno prese in considerazione le possibili concentrazioni d'acqua. Tali concentrazioni possono essere legate principalmente a:

- livelli argillosi o variazioni di permeabilità nel terreno;
- interventi antropici (muretti a secco, canalette, tornanti stradali, fossi, scarichi, etc.).

Se viene verificata almeno una di queste condizioni, va delimitata la zona di influenza del fenomeno in base alla morfologia del pendio. In questa zona la pericolosità preliminare andrà aumentata di uno rispetto a quella dell'area omogenea nella quale si situa.

Il passo successivo riguarda le opere di sistemazione delle aree in frana che vanno prese in considerazione per la valutazione della pericolosità finale. Data la diversità delle tipologie di opere, esse andranno esaminate caso per caso (per ogni frana e per ogni opera) ed andranno valutate la loro efficacia e la loro

efficienza (stato di manutenzione). Per ciascuna frana gli effetti delle opere presenti saranno sommati e valutati nel loro insieme, verificando anche eventuali interazioni negative. Nel caso in cui l'effetto globale delle opere venga valutato positivamente, il valore di pericolosità andrà diminuito di 1.

I passaggi sopra descritti permettono di calcolare la pericolosità finale.

Nel caso in cui un'area in frana classificata con pericolosità H4 o H5, sia confinante con aree omogenee a pericolosità finale bassa (H1 o H2), vanno delimitate, in base alla morfologia, le zone interessate da possibile ampliamento della frana, sia in nicchia, sia lateralmente. A queste zone deve essere attribuito un valore di pericolosità intermedio (H3 o H4). Inoltre nelle zone sottostanti al piede di una frana classificata a pericolosità 4H o 5H, andrà definita, con criteri morfologici, una zona di possibile espansione a cui va attribuito un valore inferiore di 1 a quello della frana stessa. La stessa operazione va effettuata anche nel caso in cui un'area omogenea ad elevata pericolosità sia sovrastante ad un'altra area omogenea a bassa pericolosità.

Inoltre, nel caso in cui l'area di accumulo della colata interessi depositi di fondovalle sciolti, a granulometria fine e saturi, la stessa andrà ampliata per tenere conto di eventuali fenomeni di liquefazione.

Le varie fasi dello studio andranno descritte in una relazione geologica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico: geologia e geomorfologia di un intorno significativo dell'area in esame; dati esistenti sulle frane già avvenute; dati sulla piovosità.
2. Caratterizzazione delle aree omogenee: descrizione accurata delle litofacies degli ammassi rocciosi e dei depositi superficiali; valutazione dei parametri di resistenza al taglio e della granulometria dei depositi superficiali; scelta delle classi di pendenza; situazione idrogeologica del versante con descrizione delle eventuali variazioni di permeabilità.
3. Determinazione della pericolosità: motivazioni della scelta del metodo di analisi di stabilità e sua descrizione; descrizione delle sorgenti e delle zone di concentrazione d'acqua.
4. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica*, con unità geologiche e principali elementi strutturali e geomorfologici (scala 1:10000) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta dei dissesti con elementi morfologici*, in cui vanno riportate le frane esistenti, gli elementi morfologici significativi, l'idrogeologia, le opere di difesa e di sistemazione, ecc., come da legenda allegata (scala 1:2000 - 1:5000);
3. *carta delle aree omogenee e delle aree in frana*, in cui sono da riportare le diverse aree omogenee e le aree in frana classificate in base alla loro attività (scala 1:2000 - 1:5000);
4. *carta della pericolosità preliminare*, con l'attribuzione della pericolosità alle aree omogenee (scala 1:2000 - 1:5000);
5. *carta della pericolosità finale*, con l'attribuzione dei valori finali di pericolosità (scala 1:2000 - 1:5000);
6. *scheda frane* del Servizio Geologico per ogni frana già avvenuta nell'area considerata (allegato 6).

2.2.4 La zonazione della pericolosità generata da colate di detrito e trasporto in massa lungo le conoidi alpine

Questa procedura è da utilizzarsi per le conoidi alpine interessate da trasporto solido e/o in massa (*bed load*, *debris flood*, *debris flow*, *debris torrent*) o per colate detritiche tipo *debris flow* e *debris avalanche* che possono innescarsi sui versanti anche in assenza di un edificio di conoide ben sviluppato sul fondovalle. Poiché non è possibile fare riferimento ad una metodologia codificata, si è preso spunto dai seguenti lavori: A.V. (1996), AULITZKY (1982), KELLERHALS & CHURCH (1990), CERIANI *et al.* (1998).

La procedura di zonazione dovrà essere preceduta da un'analisi storica, che permetta di avere un quadro spaziale e temporale dei fenomeni che interessano la conoide dando indicazioni sulla frequenza degli eventi, le variazioni delle caratteristiche dell'alveo e sull'incidenza antropica sulla conoide. Le analisi storiche comprendono:

- eventi alluvionali sulla conoide;
- localizzazione di aree e manufatti danneggiati, con interviste in loco;
- cartografie esistenti;
- divagazione dell'alveo in epoca storica;
- foto aeree riprese in tempi diversi.

Nell'analisi di eventi storici si consiglia di cercare informazioni dettagliate anche su eventi intensi ma non estremi che non hanno provocato gravi danni alle infrastrutture e/o alla popolazione, ma che possono fornire indicazioni su settori che potrebbero rivelarsi punti critici, come ad esempio zone di sovralluvionamento, ponti o attraversamenti che hanno creato sbarramenti temporanei.

A questa fase preliminare segue la caratterizzazione geomorfologica ed idraulica delle conoidi, utilizzando anche l'apposita scheda conoidi (allegato 7), attraverso i seguenti punti.

1. Analisi geologica e geomorfologica del bacino (da dati esistenti).
2. Analisi idrologica (da dati esistenti).
3. Individuazione e descrizione dei punti critici sulla conoide (sezioni ristrette, attraversamenti, curve, ecc).

4. Valutazione del grado di incisione del canale principale nei vari settori della conoide.
5. Delimitazione dei settori con diversa influenza sul deflusso delle portate solido-liquide (restringimenti, diminuzione della pendenza, curve).
6. Individuazione delle zone che possono modificare, catturare o deviare il deflusso (paleoalvei, viabilità e attraversamenti di fondo alveo, bacini naturali di espansione, ecc.).
7. Censimento e valutazione in termini di efficacia e di efficienza delle opere idrauliche nel bacino e sulla conoide.
8. Censimento degli attraversamenti (ponti e passerelle) e valutazione della loro influenza sul deflusso.
9. Stima dei volumi massimi rimobilizzabili nel bacino (magnitudo).

Particolare attenzione andrà posta all’effetto sulla pericolosità delle opere di sistemazione idraulica e degli attraversamenti, come ad esempio:

- argini o scogliere realizzate nella zona di pertinenza fluviale (individuazione delle sponde naturali recenti) con notevole riduzione di quest’ultima;
- restringimento dell’alveo per cause antropiche nel settore mediano e distale della conoide;
- briglie poste poco a valle di attraversamenti con forte innalzamento del fondo d’alveo (sovralluvionamento) in prossimità della struttura;
- impossibilità che eventuali deflussi fuori alveo possano rientrare nel medesimo (ad esempio arginatura del settore medio-distale della conoide);
- piste di accesso all’alveo, a bassa pendenza, in direzione opposta alla corrente, che possono diventare direzioni preferenziali di esondazione;
- vasche di accumulo poste in zone a bassa pendenza, con presenza di opere di attraversamento all’entrata della vasca, di cui valutare l’eventuale capacità di stoccaggio;
- opere idrauliche (briglie e soglie) e/o ponti realizzati in prossimità dell’apice che possono determinare una deviazione del flusso o un pericoloso effetto diga.

Una grandezza di importante valutazione è il volume massimo di materiale detritico (magnitudo) rimobilizzabile durante un evento di trasporto in massa o misto su una conoide. I valori di magnitudo per i singoli bacini sono messi a disposizione da Regione Lombardia. Nel caso si ritenga che i valori forniti da Regione Lombardia non siano adeguati, è possibile rideterminare la magnitudo con i metodi di seguito citati, spiegando chiaramente le motivazioni per cui si è proceduto a tale scelta. Se i valori di magnitudo per l’area di studio, non sono compresi nel database di Regione Lombardia, la magnitudo può essere valutata in due modi:

- a) direttamente pedonando con dettaglio le aste principali del bacino e le zone di testata e stimando i volumi di materiale presenti (metodo di SCHEURINGER, 1988).
- b) indirettamente mediante metodi empirici riportati nella letteratura tecnica (Tabella 1), integrati con i dati storici e con le osservazioni effettuate nei bacini in esame (riattivazione di grandi frane, erosioni di sponda e/o di fondo, presenza di sbarramenti idroelettrici e di opere di difesa idraulica). Nel caso in cui l’incertezza dei dati non permettesse la definizione di un valore accurato della magnitudo, può essere comunque utile indicare un campo di valori.

Tabella 1 - Alcuni metodi empirici per la valutazione della magnitudo (M), ricavati dalla bibliografia.

Riferimento bibliografico	Formula
Bottino, Crivellari & Mandrone (1996)	$M = 21241 \cdot Ab^{0,28}$ Dall’interpolazione di sei valori di volumi di colata misurati in occasione di eventi verificatisi nella zona di Ivrea nel 1993. Ab = area del bacino (km ²)
Crosta, Ceriani, Frattini & Quattrini (2000)	$M = 1000 \cdot K \cdot Ab \cdot Mb^{0,8} \cdot Scl_c \cdot I_F^{-2}$ K = 3 per fenomeni di bed load e debris flood, K = 5.4 per fenomeni di debris flow Ab = area del bacino (km ²) Mb = indice di Melton: $(Hmax-Hmin)/Ab^{0.5}$ Hmax = quota massima del bacino (km) Hmin = quota minima del bacino (km) Scl_c = pendenza del collettore sul conoide (%) I_F = indice di frana (1: grandi frane e/o frane lungo la rete idrografica; 2: frane sui versanti; 3: frane piccole o assenti)
D’Agostino <i>et al.</i> (1996)	$M1 = 39 \cdot Ab \cdot Scl^{1,5} \cdot (I.G.) \cdot (I.T.)^{-0,3}$ $M2 = 36 \cdot Ab \cdot Scl^{1,5} \cdot (I.G.) \cdot (1+C.S.)^{-1}$ Ab = area del bacino (km ²) Scl = pendenza asta principale (%) I.G.= dipende dai litotipi costituenti il bacino I.T.= indice di trasporto basato sulla classificazione di Aulitzky C.S.= coefficiente di sistemazione

Riferimento bibliografico	Formula
Tropeano & Turconi (1999)	$M = (0,542 \cdot Ae + 0,0151) \cdot 0,019 \cdot h \cdot \operatorname{tg} \theta$ Ae = area effettiva del bacino (km ²), per aree < 15 km ² h = spessore medio del materiale mobilizzabile tg θ è la pendenza media del bacino
Bianco (1999)	$M = 14000 A^i i^{(1.5-i)} \cdot I.G.^{(1+0.11 \cdot I.G.)} \pm 13000 A^{0.6}$ A = area del bacino (km ²) i = pendenza media dell'asta torrentizia del bacino I.G.= Indice geologico che dipende dai litotipi costituenti il bacino (si veda D'Agostino)

Una volta determinata la magnitudo (M), la sezione di deflusso A (m²) e l'area inondata B (m²) possono essere calcolate secondo la formula empirica di SCHILLING & IVERSON (1997), applicabile per volumetrie maggiori di 50 000 m³:

$A = 0.05 \cdot V^{2/3} \quad B = 200V^{2/3}$

Un altro parametro da valutare è la portata di massima piena per diversi periodi di ritorno; anche in questo caso dovranno essere utilizzati i dati presenti nel database di Regione Lombardia. Come nel caso della magnitudo, in mancanza di dati o in caso essi non siano ritenuti validi, si potrà procedere al calcolo della portata utilizzando la formula del metodo razionale e comunque dettagliando le scelte dei parametri nella relazione tecnica.

Un altro parametro da valutare è la portata di picco di una colata, che può essere determinata tramite metodi diretti e indiretti.

Fra i metodi indiretti possono essere utilizzate le seguenti formule:

$q = 200 / (S+28) + 0.6$ (ANSELMO, 1985)

dove q = portata specifica liquida in m³/s/km² e S = area del bacino in km².

$Q_{df} = Q_l \cdot (C^X / C^X - C_{df})$ (ARMANINI, 1996)

dove Q_{df} = portata massima della colata, Q_l = portata massima liquida, C_{df} = concentrazione della colata e C^X = 0.65 ÷ 0.75. La concentrazione della colata (C_{df}) può, secondo TAKAHASHI (1991), essere calcolata assumendo che per pendenze sufficientemente elevate (>20°) la concentrazione della colata sia C_{df} ≅ 0.9·C^X, per cui risulta Q_{df} ≅ 10·Q_l. In caso di pendenze minori, la concentrazione della colata viene assunta pari a quella della colata satura, in condizioni di movimento incipiente.

In alternativa al metodo morfologico precedentemente descritto, è possibile utilizzare per le valutazioni di pericolosità su conoide anche modellazioni numeriche di sviluppo di una colata detritica (ad esempio FLO-2D). Tali applicazioni saranno possibili sono in presenza di dati di partenza che siano stati tarati su precedenti eventi verificatisi lungo l'asta torrentizia.

In particolare risultano normalmente di difficile valutazione i parametri legati alla reologia della colata, che possono essere tarati in modo appropriato solo analizzando in dettaglio eventi precedenti. Allo stesso modo dovranno essere tarati i valori di magnitudo e di estensione delle aree invase dalla colata, valutata la velocità dell'evento e considerati gli spessori del materiale depositato, etc.

Inoltre è necessario utilizzare un DTM di dettaglio (da 1x1 a 5x5 m) che permetta una miglior precisione della delimitazione delle aree che possono essere invase da colate detritiche, nonché inserire nel modello le opere di difesa del suolo presenti (se non già riportate nel DTM).

Tutti i parametri utilizzati nella modellazione dovranno essere descritti e giustificati nella relazione tecnica.

Tutte le informazioni raccolte concorrono alla redazione della carta di pericolosità, che comprende le seguenti classi.

1. Pericolosità molto bassa (H1): area che per caratteristiche morfologiche ha basse o nulle probabilità di essere interessata dai fenomeni di dissesto.
2. Pericolosità bassa (H2): area mai interessata nel passato da fenomeni alluvionali documentati su base storica o area protetta da opere di difesa idraulica ritenute idonee anche in caso di eventi estremi con basse probabilità di essere interessata da fenomeni di dissesto.
3. Pericolosità media (H3): area interessata nel passato da eventi alluvionali e da erosioni di sponda documentati su basi storiche; area con moderata probabilità di essere esposta a fenomeni alluvionali

(esondazione) ed a erosioni di sponda. In particolare si possono avere deflussi con altezze idriche ridotte (massimo 20-30 cm) e trasporto di materiali sabbioso-ghiaiosi.

4. Pericolosità alta (H4): area con alta probabilità di essere interessata da fenomeni di erosioni di sponda e di trasporto in massa e/o di trasporto solido con deposizione di ingenti quantità di materiale solido, con danneggiamento di opere e manufatti.
5. Pericolosità molto alta (H5): comprende l'alveo attuale con le sue pertinenze ed eventuali paleoalvei riattivabili in caso di piena ed eccezionalmente porzioni di conoide.

In una valutazione preliminare della pericolosità o per conoidi piccole ($< 0,1 \text{ km}^2$) possono essere utilizzate tre classi così accorpate: pericolosità bassa (H1 + H2 - verde), pericolosità media (H3 - giallo), pericolosità alta (H4 + H5 - rosso).

Le varie fasi dello studio andranno descritte ed adeguatamente commentate in una relazione tecnica che deve sviluppare i seguenti punti.

1. Inquadramento geologico-geomorfologico del bacino con particolare riferimento ai fenomeni di dissesto presenti.
2. Analisi idrologica (da dati esistenti) volta soprattutto alla stima della portata massima ed alle massime intensità di pioggia.
3. Commenti su: punti critici, analisi storica degli eventi alluvionali, divagazioni dell'alveo, ecc.
4. Discussione dei risultati e conclusioni.

Allegati alla relazione sono previsti i seguenti elaborati cartografici e schede:

1. *carta di inquadramento geologico-geomorfologica* in scala 1:10000 (1:25.000 per i bacini $> 30 \text{ km}^2$) che può essere desunta da dati preesistenti a scala adeguata;
2. *carta geomorfologia della conoide*, in scala 1:2000 o 1:5000 (con indicazione dello spessore delle colate individuate e/o delle aree interessate da eventi storici, del diametro medio e massimo del materiale presente in alveo e sulla conoide, delle direttrici di deflusso e delle opere idrauliche presenti);
3. *carta della pericolosità della conoide*, in scala 1:2000 o 1:5000;
4. *scheda conoide* (allegato 7);
5. *scheda frane* del Servizio Geologico per le frane, presenti nel bacino idrografico, che possono fornire un consistente apporto detritico in alveo (allegato 6).

2.3 La zonazione del rischio

La cartografia del rischio andrà prodotta solo in casi specifici e quando richiesta. In questi casi, definita la pericolosità con le diverse procedure sopra descritte in funzione della tipologia del fenomeno, devono essere effettuate ulteriori valutazioni per ottenere il rischio.

Per effettuare una classificazione rigorosa del rischio occorrerebbe valutare la vulnerabilità attraverso un confronto con l'intensità del fenomeno atteso (data dalla tipologia del fenomeno) e successivamente incrociare questo risultato con la pericolosità ed il valore economico per stimare il danno atteso, cioè il rischio (CANUTI & CASAGLI, 1996).

Nel caso della procedura qui descritta, l'intensità del fenomeno è già presa in considerazione nella valutazione della pericolosità; il passaggio al rischio viene quindi effettuato, più semplicemente, incrociando classi di elementi esposti al rischio con le classi di pericolosità (Tabella 3). Gli elementi esposti al rischio vengono raggruppati secondo le classi di Tabella 2, ricavata dalle tavole di azionamento dei Piani Regolatori Generali comunali, con accorpamento di più classi d'uso del suolo in quattro classi di elementi a rischio.

In questo modo è possibile classificare l'importanza degli elementi a rischio in termini di valore relativo.

Per la valutazione del rischio sono previsti i seguenti elaborati cartografici, da realizzarsi in scala analoga a quella della pericolosità finale:

1. *carta degli elementi a rischio*;
2. *carta del rischio*.

Tabella 2 - Metodo di classificazione degli elementi a rischio in base alle categorie di uso del suolo (*strategiche = uniche vie di accesso).

<i>Classi di elementi a rischio</i>	<i>CATEGORIE D'USO DEL SUOLO</i>
<i>E1</i>	Zona boschiva Zona agricola non edificabile Demanio pubblico non edificato o edificabile
<i>E2</i>	Zona agricola generica (con possibilità di edificazione) Infrastrutture pubbliche (strade comunali o consortili non strategiche*) Zona di protezione ambientale, rispetto, verde privato Parchi, verde pubblico non edificato
<i>E3</i>	Infrastrutture pubbliche (strade statali, provinciali e comunali strategiche* , ferrovie; lifelines: oleodotti, elettrodotti, acquedotti) Zona per impianti tecnologici e discariche RSU o inerti; zona a cava
<i>E4</i>	Centri urbani Nuclei rurali minori di particolare pregio Zona di completamento Zona di espansione Zona artigianale, industriale, commerciale Servizi pubblici prevalentemente con fabbricati Infrastrutture pubbliche (infrastrutture viarie principali strategiche*) Zona discarica speciali o tossico nocivi Zona alberghiera Zona per campeggi e villaggi turistici

Tabella 3 - Matrice per la valutazione del rischio (R) in base alle classi di pericolosità (H) e alle classi di elementi a rischio (E).

	H1	H2	H3	H4	H5
E1	R1	R1	R1	R1	R2
E2	R1	R1	R2	R2	R3
E3	R1	R2	R2	R3	R4
E4	R1	R2	R3	R4	R4

APPROFONDIMENTI PER LO STUDIO DELLE VALANGHE

1. Premessa

Per la valutazione della pericolosità da fenomeni valanghivi e per la conseguente utilizzazione del territorio, si dovrà seguire una metodologia che tenga conto dei tempi di ritorno e delle pressioni esercitate dalle valanghe.

A questo scopo si propone di utilizzare le seguenti metodologie, estrapolate e adattate dalla direttiva “Criteri per la perimetrazione e l'utilizzo delle aree soggette al pericolo di valanghe” redatto dall' AINEVA (Associazione Italiana Neve e Valanghe) nel 2002 e da quelle vigenti in Svizzera, (già inserite nell'Allegato 2bis delle direttive approvate con d.g.r. 6645/01).

Lo scopo delle metodologie proposte è quello di predisporre una zonizzazione degli ambiti interessati, o potenzialmente interessati, dal verificarsi di fenomeni valanghivi secondo diversi gradi di pericolosità che dipendono dalla intensità e dal tempo di ritorno degli eventi.

2. Indicazioni generali

Per lo studio della pericolosità da valanga devono essere utilizzate informazioni di base e osservazioni sul terreno che dovranno essere integrate dalle valutazioni quantitative mediante i calcoli relativi alle forze dinamiche in gioco.

Come informazioni di base si dovrà consultare il materiale pubblicato, come ad esempio la Carta della probabile localizzazione delle valanghe in scala 1:25.000, predisposta dalle strutture regionali competenti e disponibile sul SIT Regionale, e l'Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici, all. 2 del piano di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino del fiume Po.

Inoltre sarà necessario effettuare valutazioni di carattere morfologico per individuare le possibili zone di distacco e i possibili percorsi delle valanghe oltre ad osservazioni sul terreno.

Dovranno altresì essere raccolte tutte le informazioni ed i dati storici disponibili in merito alle condizioni meteoclimatiche ed ai tipi di valanghe verificatisi con i relativi tempi di ritorno. Sarà infine necessario prendere in considerazione l'altezza dei margini di distacco ed i parametri dinamici delle valanghe.

La valutazione delle forze dinamiche in gioco si basa principalmente sulla natura del suolo e sulle condizioni d'innervamento. Le caratteristiche peculiari dei terreni possono essere facilmente definite ma, per quanto riguarda le condizioni di innervamento, sarà necessario elaborare delle ipotesi accuratamente soppesate in funzione dei casi limite tenendo conto della superficie della zona effettiva di distacco e dello spessore della coltre nevosa.

I calcoli dovranno sempre essere eseguiti in funzione di tempi di ritorno definiti e tenendo sempre in considerazione il fatto che lo spessore degli strati che si staccano dipende dal tempo di ritorno, dai fattori climatici e dalle caratteristiche dei terreni.

3. Criteri di classificazione

La classificazione della pericolosità viene distinta in 4 livelli a pericolosità omogenea, rappresentati dai colori rosso (maggiore pericolosità), blu, giallo e bianco.

Le grandezze utilizzate sono la frequenza e l'intensità da considerarsi come il tempo di ritorno di una valanga di una determinata estensione in relazione alla pressione esercitata dalla valanga medesima su di un ostacolo piatto, di grandi dimensioni, disposto perpendicolarmente alla traiettoria della valanga. I valori critici di seguito indicati per le zone rossa, blu e gialla sono validi solo per gli insediamenti; si ricorda a tal fine che $1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$. Per altri scopi, come per esempio vie di comunicazione o installazioni turistiche, si possono considerare valori convenientemente modificati.

Lo studio per la definizione della pericolosità da valanga deve contenere chiaramente l'indicazione di quale dei seguenti metodi è stato utilizzato per la sua redazione.

3.1 Classificazione secondo le direttive in vigore in Svizzera

Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che si verifichi una delle seguenti condizioni:

- a) valanghe che esercitino una pressione $P \geq 30 \text{ kN/m}^2$ con un tempo di ritorno fino a 300 anni;
- b) valanghe che esercitino pressioni più deboli, $P < 30 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno ≤ 30 anni.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che si verifichi una delle seguenti condizioni:

- a) valanghe che esercitino una pressione $P < 30 \text{ kN/m}^2$ con un tempo di ritorno $30 < T_r < 300$ anni;
- b) valanghe di neve polverosa che esercitino pressioni $P < 3 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno $T_r < 30$ anni.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona gialla, dove esiste un modesto grado di pericolosità, quando:

- a) l'area è ubicata nella zona d'influenza di valanghe di neve polverosa esercitanti una pressione $P \leq 3 \text{ kN/m}^2$ con tempo di ritorno $T_r > 30$ anni, oppure;
- b) l'area può essere raggiunta da valanghe di neve scorrevole (fenomeno che in teoria non si può escludere anche se molto raro) con $T_r > 300$ anni e non possono essere valutate statisticamente

Zona Bianca

Vengono attribuite alla zona bianca quelle aree dove, per quanto si è potuto valutare, l'azione della valanga non è da temere (se non è stata determinata una zona gialla, il rischio residuo è attribuito ad una zona marginale della zona bianca).

3.2 Classificazione secondo le indicazioni dell'AINEVA

Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona rossa quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste due condizioni :

- a) " valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 3 kPa;
- b) " valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione uguale o superiore a 15 kPa.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Una determinata area viene attribuita alla zona blu quando esiste la possibilità che si verifichi una sola di queste due condizioni :

- a) 3 valanghe "frequenti" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 30 anni) che esercitano una pressione inferiore a 3 kPa;
- b) 3 valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitano una pressione compresa tra 3 e 15 kPa.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Vengono attribuite alla zona gialla (zone a bassa pericolosità) le porzioni di territorio che possono essere interessate dagli effetti residui di valanghe di accadimento raro. In particolare una porzione di territorio è attribuita alla zona gialla quando esiste la possibilità che in essa si verifichino valanghe "rare" (per le quali si assume convenzionalmente un tempo di ritorno di riferimento pari a 100 anni) che esercitino una pressione inferiore a 3 kPa.

Andranno altresì delimitate in giallo le porzioni di territorio interessate dall'arresto di eventi valanghivi di accadimento "eccezionale" (per i quali si può assumere indicativamente un tempo di ritorno di riferimento pari a 300 anni).

Zona Bianca

La zona bianca, esterna alla zona gialla, è quella dove si ritiene che il livello di pericolosità sia così esiguo da non richiedere alcun tipo di misura precauzionale

4. Prescrizioni

Zona Rossa (zona ad elevata pericolosità)

A queste aree deve essere attribuita la classe 4 di fattibilità.

Sono comunque da escludersi i cambi di destinazione d'uso e più in generale ogni modificazione all'uso del suolo che comporti un aumento del numero di persone esposte al pericolo.

A tale norma generale sarà possibile derogare limitatamente alla realizzazione di volumi tecnici, qualora gli stessi assolvano a funzioni di pubblica utilità e sia comunque dimostrato che la loro realizzazione non sia fonte di aumento di rischio. Tali volumi tecnici non dovranno implicare la presenza umana stabile nelle stagioni favorevoli al manifestarsi di attività valanghiva e dovranno essere realizzati con tecniche costruttive in grado di resistere agli effetti attesi di eventi valanghivi con tempi di ritorno adeguatamente cautelativi. Dovrà inoltre essere verificato che l'effetto dei volumi tecnici sul moto delle masse nevose non produca possibili estensioni delle aree potenzialmente interessate dalle valanghe; in caso affermativo, e qualora non sia possibile ubicare i volumi tecnici in una differente posizione, si dovrà procedere alla ripermimetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga.

Per gli edifici ricadenti in zona rossa già gravemente compromessi nella stabilità strutturale per effetto di fenomeni valanghivi pregressi, sono esclusivamente consentiti gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli temporanei volti alla tutela della pubblica incolumità.

Per gli edifici esistenti deve essere predisposto un programma di evacuazione ai sensi della L. 225 del 24/2/92.

Zona Blu (zona a moderata pericolosità)

Alle zone blu può essere attribuita la classe di fattibilità 3, ma esclusivamente con le seguenti limitazioni e prescrizioni.

La realizzazione di volumi accessori alla residenza funzionalmente connessi ad essa, quali piccole autorimesse o piccoli depositi, la ristrutturazione e/o l'ampliamento più consistente dei fabbricati esistenti, parziali cambi di destinazione d'uso o la realizzazione di nuovi edifici nelle zone meno esposte e con indici di densità edilizia particolarmente ridotti (non superiori a 0,2 mc/mq) è considerata ammissibile solo se sussistono le seguenti condizioni:

- nelle analisi propedeutiche alla redazione dello strumento urbanistico, sia dimostrata ed espressamente dichiarata l'impossibilità di localizzare i previsti interventi in contesti territoriali diversi;
- i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantirne la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;
- nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi edifici ed a quelli interessati da ampliamento o ristrutturazione.

Nelle zone blu sono comunque da escludersi la realizzazione o il potenziamento di insediamenti e/o infrastrutture impicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

Zona gialla (zona a bassa pericolosità)

Alle zone gialle può essere attribuita la classe di fattibilità 2 con le seguenti prescrizioni:

- i nuovi fabbricati, le ristrutturazioni e gli ampliamenti siano realizzati con caratteristiche costruttive tali da garantirne la resistenza agli effetti attesi di eventi valanghivi a carattere eccezionale. Tali caratteristiche andranno certificate da specifiche relazioni tecniche;
- nel piano di monitoraggio, allertamento ed evacuazione, siano definite le procedure di emergenza relative ai nuovi interventi previsti.

Gli insediamenti residenziali in area gialla devono essere realizzati con densità edilizia ridotta e deve essere tendenzialmente evitata la previsione di realizzazione o potenziamento di insediamenti impicanti utilizzi collettivi quali scuole, alberghi, residence, rifugi, ristoranti, campeggi, impianti sportivi, ecc.

Zona Bianca

In queste aree non sono previste limitazioni di carattere urbanistico.

5. Aggiornamento delle perimetrazioni

E' possibile procedere alla ripermetrazione delle zone di pericolosità da valanga attraverso studi di maggior dettaglio e/o a seguito della esecuzione di opere di bonifica o difesa; tali ripermetrazioni dovranno in ogni caso rispettare i principi e le condizioni che seguono:

- la realizzazione di opere di difesa è motivata esclusivamente dalla necessità di garantire la sicurezza degli insediamenti esistenti e non da quella di svincolare aree per nuova edificazione;
- al fine cautelativo di mantenere una forma di vigilanza sulle aree potenzialmente esposte, soprattutto con riferimento a fenomeni con carattere di eccezionalità, la ripermetrazione conseguente alla realizzazione di interventi di bonifica o difesa non dovrà portare ad un ridimensionamento dell'intera area esposta, ma dovrà essere limitato ad una "riclassificazione" del livello di esposizione delle diverse aree (da tradursi nella ridefinizione delle linee di confine rispettivamente tra aree rosse e blu e tra aree blu e gialle).
- la ripermetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga a seguito della forestazione dovrà essere effettuata sulla base di specifiche perizie tecniche, in cui verrà valutato l'effetto della forestazione sul distacco e scorrimento delle masse nevose, con riferimento alla composizione per specie forestali, alla densità e maturità del bosco e alla sua esposizione ad eventuali fattori di rischio che ne possano ridurre l'efficacia, a breve o lungo termine.
- la ripermetrazione delle aree esposte al pericolo di valanga a seguito della realizzazione degli interventi strutturali di messa in sicurezza del territorio andrà effettuata sulla base di specifiche perizie tecniche, in cui verrà opportunamente verificato il grado di efficacia degli interventi in opera con riferimento al distacco e al movimento delle masse nevose. Nel caso di interventi in progetto, la ripermetrazione delle aree esposte dovrà rappresentare parte integrante del progetto esecutivo delle opere di difesa. La valutazione sull'opportunità di riclassificare le aree esposte al pericolo dovrà essere effettuata anche con riferimento alla "vita tecnica" caratteristica delle diverse tipologie di opere di difesa utilizzate; in ogni caso dovranno essere previsti programmi periodici di manutenzione e periodiche certificazioni di efficienza.
- la ripermetrazione a seguito di realizzazione di opere di difesa avrà efficacia solo a decorrere dal collaudo delle opere stesse.

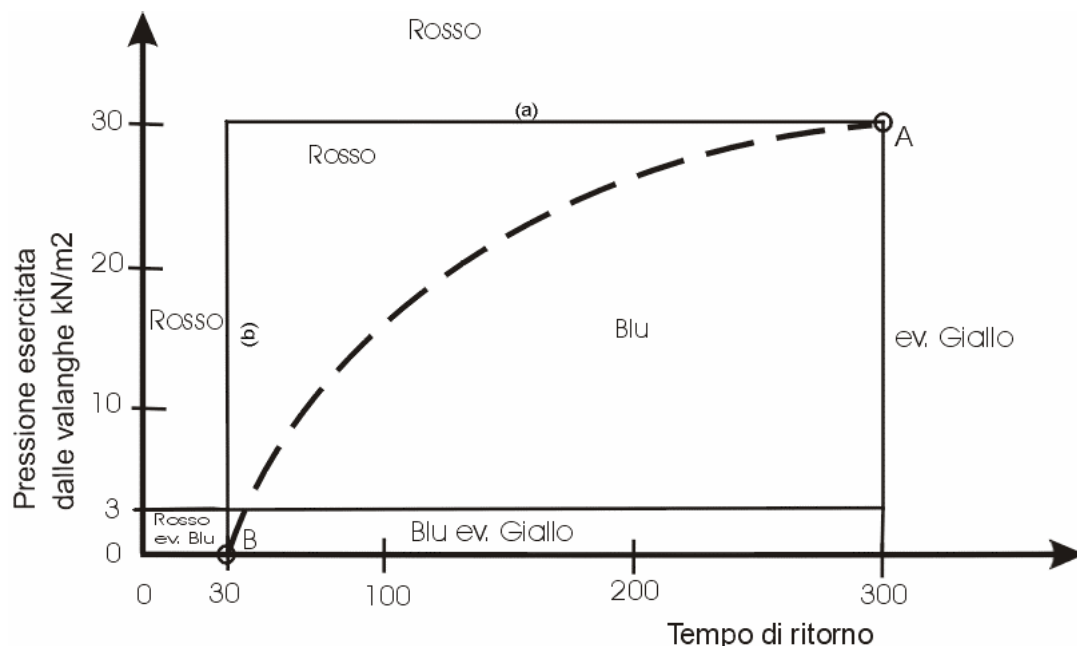


Fig. 1 – Criteri di delimitazione delle zone esposte a pericolo

Nella fig. 1, in riferimento alle condizioni precedentemente descritte per la zona rossa - casi a e b riportati dalle rette (a) e (b) - vengono definite le due condizioni estreme per stabilire i limiti della zona rossa (punti A e B).

L'analisi tecnica delle valanghe mostra che anche al di sopra della linea tratteggiata che unisce i punti A e B (il cui andamento dipende dalle condizioni locali) appartiene necessariamente alla zona rossa.

La condizione indicata dalla retta (b) vale per le valanghe fluide fino alle più piccole pressioni esercitate mentre, se si tratta di valanghe di neve polverosa che esercitano una pressione $P < 3 \text{ kN/m}^2$, la zona corrispondente è segnata in blu. (NB: $1 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kPa}$).

CRITERI PER LA VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELLE PREVISIONI URBANISTICHE E DELLE PROPOSTE DI USO DEL SUOLO NELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO

1. PREMESSA

I presenti criteri forniscono indicazioni per gli studi finalizzati a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali o più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibile esondazione.

Per quanto riguarda le verifiche di compatibilità idraulica relative a corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce fluviali in piani stralcio di bacino ai sensi della L.183/89 approvati dall'Autorità di Bacino del fiume Po, i presenti criteri sono da considerarsi complementari alla Direttiva "*Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B*", approvata con deliberazione 11 maggio 1999, n. 2, del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, e alle sue successive modifiche e integrazioni; tale direttiva, alla quale si rimanda, fornisce inoltre prescrizioni e indirizzi generali per la progettazione di opere di attraversamento di tutti corsi d'acqua del bacino del Po ed è consultabile sul sito www.adbpo.it

I presenti criteri si applicano pertanto ai casi in cui la normativa di piano di bacino prevede approfondimenti a scala di maggior dettaglio, nonché ai corsi d'acqua per i quali il PAI non ha definito fasce fluviali; in particolare:

Corsi d'acqua con Fasce fluviali

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori della Fascia C, delimitati con segno grafico indicato come "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", ai sensi dell'art. 31, comma 5, delle NdA del PAI;
- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come fascia A e B ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 39, comma 2, delle NdA del PAI.

Aree a rischio idrogeologico molto elevato (267)

- Valutazione delle condizioni di rischio nei territori classificati come Zona I e Zona BPr ricadenti all'interno dei centri edificati, ai sensi dell'art. 51, comma 5, delle NdA del PAI;

Altri corsi d'acqua

- Valutazione delle condizioni di rischio nelle aree che, in base alle informazioni a qualsiasi titolo disponibili (studi pregressi, valutazioni basate su criteri geomorfologici o su informazioni storiche, ecc.), risultino caratterizzate da esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio (corrispondenti alle aree Ee, Eb, Em definite nel PAI).
ZonaZona

Gli studi di supporto alle valutazioni idrauliche di cui sopra devono essere sviluppati da un ingegnere abilitato di riconosciuta esperienza e capacità nella esecuzione di stime idrologiche, calcoli idraulici e mappatura delle aree a rischio, anche mediante utilizzo di codici di calcolo per l'idraulica fluviale.

La *relazione idrologica* e la *relazione idraulica* debbono essere redatte in maniera chiara ed esauriente ed essere accompagnate dai dati necessari per consentire al committente e ai tecnici incaricati del controllo la puntuale verifica di tutti i calcoli eseguiti. Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati.

Il metodo per la valutazione di compatibilità idraulica proposto nei presenti criteri si basa sulla conoscenza dei valori delle altezze d'acqua e delle velocità della corrente che si verificano in corrispondenza di portate con determinato tempo di ritorno. È pertanto fondamentale, in primo luogo, verificare l'esistenza e l'affidabilità di studi già realizzati in grado di fornire tali informazioni con il grado di dettaglio ritenuto necessario e in particolare:

- A) studi idrologici per il calcolo delle portate – con determinato tempo di ritorno – necessarie per effettuare le verifiche idrauliche. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali o oggetto di studi ex L. 267/98 devono essere assunte le portate ivi utilizzate. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori analisi idrologiche, che dovranno in tal caso essere condotte secondo le indicazioni di cui al successivo punto 2;
- B) studi idraulici per il calcolo dei valori dei livelli e delle velocità necessari per effettuare la verifica di compatibilità. In particolare per i corsi d'acqua con Fasce Fluviali è necessario verificare il grado di approfondimento degli studi utilizzati per il tracciamento delle fasce fluviali e l'esistenza di studi di approfondimento (in corso o conclusi) in particolare presso l'Autorità di Bacino del fiume Po. Analoga verifica dovrà essere effettuata per gli studi ex L. 267/98. In ogni caso il professionista è tenuto a valutare l'adeguatezza delle informazioni contenute negli studi esistenti in relazione alle finalità specifiche dello studio da produrre e a motivare esplicitamente la necessità di procedere ad ulteriori calcoli idraulici, il cui maggiore approfondimento deve essere giustificato dalla necessità di ottenere indicazioni di maggior precisione, che dovranno in tal caso essere condotti secondo le indicazioni di cui al successivo punto 3.

Sulla base dei risultati ottenuti in termini di altezze d'acqua e di velocità desunti dagli studi esistenti o determinati mediante i nuovi approfondimenti condotti, devono essere applicate le metodologie di valutazione di compatibilità di cui al successivo punto 4. L'utilizzo di metodologie o standard difforni deve essere adeguatamente motivato dal professionista incaricato, con piena assunzione di responsabilità.

2. ANALISI IDROLOGICA

Lo scenario di rischio idraulico da considerare fa riferimento alla portata con tempo di ritorno $T=100$ anni, salvo quanto previsto per i corsi d'acqua per i quali siano state individuate le fasce di pertinenza fluviale (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per il tracciamento della fascia B) o per le aree a rischio idrogeologico molto elevato per fenomeni di inondazione (tempo di ritorno della piena di riferimento utilizzato per la perimetrazione della Zona I).

L'adozione di portate con tempi di ritorno inferiori deve considerarsi del tutto eccezionale e deve comunque essere evidenziata e adeguatamente motivata.

L'analisi idrologica e la valutazione della portata di riferimento vengono effettuate sulla base delle seguenti indicazioni che, per quanto riguarda le specifiche metodologie di calcolo, rivestono carattere di semplice suggerimento. Infatti, allo stato presente delle conoscenze, le procedure di stima idrologica non sono univocamente determinabili e la scelta della metodologia più opportuna deve essere fatta dal professionista in funzione della situazione allo studio e del tipo di informazioni e dati disponibili.

Le presenti indicazioni devono ritenersi integrative delle direttive in materia di idrologia e idraulica emanate dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ("Direttiva sulla piena di progetto da

assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” - All. 7 al Titolo II delle N.d.A del PAI), che devono pertanto essere visionate dal professionista. Le direttive approvate sono consultabili sul sito dell'Autorità www.adbpo.it.

La *relazione idrologica* deve contenere almeno i seguenti elaborati, organizzati in capitoli secondo lo schema nel seguito esposto.

2.1 Scopo del lavoro

Questo capitolo espone i quesiti ai quali la *relazione idrologica* è chiamata a rispondere, illustrando tutte le problematiche che il progettista sarà chiamato ad affrontare. Pertanto, esso:

- a) descrive le caratteristiche dell'area per cui si intende valutare il rischio di esondazione;
- b) individua la/e grandezza/e idrologica di dimensionamento (ad esempio: altezza di precipitazione, portata al colmo di piena, volume di piena, forma dell'onda di piena, portata solida, accumulo di detrito movimentabile sotto forma di colata o altro);
- c) discute e giustifica la scelta del tempo di ritorno o del livello di rischio accettato per il dimensionamento dell'intervento.

Inoltre, in questo capitolo, viene delineato lo schema dell'indagine da svilupparsi nei capitoli successivi della *relazione idrologica*; qualora l'area di interesse fosse soggetta a rischi idrogeologici di tipo particolare (come ad esempio fenomeni di trasporto solido o di detriti galleggianti) il capitolo iniziale della relazione dovrà proporre e giustificare uno schema di indagine appropriato, anche se questo si discosta dagli indirizzi generali delineati nelle presenti indicazioni.

2.2 Descrizione del bacino idrografico

In questo capitolo sono fornite le informazioni sulla morfologia, la geologia, l'idrografia, la climatologia e la predisposizione alle diverse tipologie di rischio idrogeologico del bacino idrografico sotteso dalla/e sezione/i di interesse; il capitolo riporta e ordina tutte le informazioni utilizzate in seguito nello studio idrologico.

Il testo è accompagnato da:

Carte di base

Le carte di base propedeutiche allo studio, fatto salvo l'utilizzo della cartografia specificamente prodotta per gli studi geologici a supporto degli strumenti di pianificazione comunale, possono essere le seguenti:

- a) corografia generale del bacino idrografico di interesse e, ove necessario, dei suoi sottobacini, predisposta su una base cartografica che fornisca un'immagine chiara dei luoghi: è consigliato l'impiego della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 o, se del caso, alla scala 1:25.000. Per bacini di grandi dimensioni, non rappresentabili su fogli di formato non superiore ad A0, sarà opportuno predisporre un quadro di insieme, utilizzando la Base Topografica alla scala 1:50.000 oppure la Carta Provinciale alla scala 1:100.000 prodotte dalla Regione Lombardia, e le corografie dei singoli sottobacini, da riportarsi sulla CTR in scala 1:10.000. Sulla corografia generale saranno rappresentate con appositi simboli le stazioni idrometriche, pluviometriche o di altro tipo considerate nello studio idrologico;
- b) carta geologica, stralcio della Carta Geologica in scala 1:50.000 del Servizio Geologico Nazionale, quando non disponibile altra cartografia redatta a scala di maggior dettaglio (es. carte progetto CARG, indicate in allegato 1, o altre carte redatte da Province, Comunità montane ecc.);

- c) carta dell'uso del suolo, stralciata dalla Carta dell'Uso e Copertura del Suolo ad orientamento agricolo-forestale in scala 1:50.000, oppure, per maggiore semplicità, dalla Carta della morfologia pure in scala 1:50.000, prodotte dalla Regione Lombardia con eventuali integrazioni e aggiornamenti derivati da sopralluoghi e rilievi diretti;
- d) carta della rete idrografica, che può essere sovrapposta alla corografia;
- e) la cartografia del reticolo fognario ed artificiale per il deflusso delle acque dalle zone urbanizzate e da quelle urbanizzabili - in relazione alle disposizioni del art. 12 del PAI - (con individuazione degli scaricatori di piena reperibili ad es. presso le Provincie o i Consorzi di collettamento e depurazione) specie nei bacini di collina o di pianura in cui la componente di deflusso dalle zone urbanizzate può assumere una valenza preponderante rispetto alla componente dal bacino naturale;
- f) carta della erodibilità del suolo, per gli studi che riguardino anche il trasporto solido, per la stesura della quale possono essere utili: carte delle coperture e/o uso del suolo e le carte relative al dissesto ed alla pericolosità per colate detritiche (cfr. all. 1); nella normalità dei casi risulta molto difficile la determinazione dell'erodibilità in quanto presuppone l'utilizzo di metodologie complesse con numerosi parametri da stimare la cui attendibilità, in mancanza di dati certi, risulta spesso criticabile. Tale carta sarebbe da prevedere ove risulti possibile un'indagine di dettaglio sul territorio.

Carte derivate

In base alla metodologia utilizzata, oltre alle carte di base possono essere fornite le carte derivate riportanti i tematismi utilizzati nelle procedure di calcolo idrologico. Il dettaglio delle informazioni dovrà essere sufficiente a caratterizzare correttamente il bacino per gli scopi del calcolo idrologico e in particolare dovrà tenere conto della superficie del bacino, della possibile disomogeneità dello stesso, della presenza di più stazioni di misura, ecc.

A titolo di esempio si elencano le seguenti carte tematiche:

- a) la carta delle aree a pari capacità di infiltrazione oppure a pari numero di curva per chi calcola il coefficiente di afflusso con il metodo CN-SCS. Per la predisposizione di questo elaborato possono essere utili la Carta dell'uso del suolo ad orientamento vegetazionale e la Carta idrologica con indicazioni inerenti la permeabilità, entrambe prodotte alla scala 1:10.000 nell'ambito del già richiamato Progetto Geoambientale;
- b) la carta delle isocorve per chi ricava l'Idrogramma Unitario del Metodo di corrivazione;
- c) la carta dei topoieti o della distribuzione spaziale della precipitazione;
- d) la carta della produzione di sedimenti;
- e) la carta della propensione alla formazione di colate detritiche.

Gli elaborati grafici devono essere resi anche su supporto informatico in forma vettoriale, eventualmente su base raster, secondo i formati standardizzati definiti nei Criteri di cui all'art. 3, comma 3, della l.r. 12/2005.

Tabelle

Devono essere presentate in tabelle le informazioni utilizzate nello studio idrologico e in particolare:

- a) le serie storiche delle misure idrometriche e pluviometriche o di altro tipo;
- b) i parametri morfometrici del bacino idrografico;
- c) le caratteristiche delle stazioni (Ente gestore, codice, quota, tipo di strumento installato, attendibilità del dato secondo il gestore, coordinate, ecc.);
- d) l'estensione dei bacini urbani e la portata scaricata dai manufatti di drenaggio urbano (compresa quella delle aree di prevista urbanizzazione).

2.3 Stima della piena di progetto

La piena di progetto viene usualmente stimata a partire dalla precipitazione critica con una trasformazione afflussi - deflussi in quanto le stazioni idrometriche sono piuttosto scarse e, molto raramente, interessano piccoli corsi d'acqua. Ciò non toglie che il valore della portata al colmo di piena stimata a partire dalle misure idrometriche rilevate e pubblicate da organismi ufficiali sia di gran lunga il più affidabile; quindi, nel prossimo futuro, quando saranno disponibili consistenti serie di misure di portata, questa procedura dovrà essere usata con maggiore frequenza di quanto non accada attualmente.

Il professionista che utilizzi nel suo studio idrologico codici di calcolo o software specialistico deve fornire le specifiche dei prodotti impiegati, i risultati parziali di calcolo (es. ietogramma lordo, dati IUH, ecc.) al fine di consentire il calcolo completo da parte di chi legge e deve rendersi disponibile ad eseguire i calcoli alla presenza dei tecnici incaricati del collaudo della prestazione.

2.3.1 Stima della piena di progetto dalla precipitazione critica

La piena di progetto con assegnato tempo di ritorno viene calcolata seguendo i seguenti passi di calcolo (si deve giustificare la necessità di ricorrere a eventuali procedimenti diversi, che dovranno essere adeguatamente descritti):

- elaborazione statistica dei massimi annui delle altezze di precipitazione di breve durata, finalizzata alla costruzione delle curve di possibilità pluviometrica alle stazioni di misura, con diverso tempo di ritorno. Lo sviluppo delle elaborazioni statistiche sarà presentato nella *relazione idrologica* secondo lo stesso schema illustrato per l'analisi statistica dei massimi annui di portata nel successivo § 2.3.2, punto b);
- calcolo dell'altezza media di pioggia sul bacino o sui suoi sottobacini oppure determinazione della distribuzione spaziale della precipitazione, qualora venga utilizzato un modello di trasformazione afflussi - deflussi;
- definizione dello ietogramma di progetto, giustificandone la scelta in base alle caratteristiche pluviometriche del bacino in esame. Solo nel caso in cui il processo di trasformazione afflussi - deflussi venga rappresentato con la Formula Razionale è consentito considerare la distribuzione della pioggia uniforme nel tempo; a tale proposito l'Autorità di bacino ha formulato una direttiva nel merito;
- calcolo del coefficiente di afflusso di piena e della precipitazione efficace. Il valore del coefficiente di afflusso di piena è un fattore determinante per il calcolo della portata di piena e quindi deve essere ampiamente giustificato. A tal proposito è consigliabile il ricorso al metodo Curve Number del Soil Conservation Service degli Stati Uniti che ricava il valore del coefficiente di afflusso con una procedura sufficientemente chiara. Il calcolo della pioggia netta può essere fatto sia seguendo la procedura consigliata dal summenzionato metodo CN-SCS, ovvero in altro modo. Si noti che la formula razionale ipotizza che la precipitazione critica sia di intensità costante nel tempo; l'uso di tale formula implica pertanto che la pioggia efficace venga calcolata con il metodo "PHI", il quale ammette velocità di infiltrazione costante;
- calcolo della portata di progetto con la trasformazione afflussi - deflussi: la procedura ipotizza che il tempo di ritorno della portata di progetto sia uguale al tempo di ritorno della precipitazione alla quale viene applicata la trasformazione afflussi - deflussi. La procedura utilizzata deve essere adeguatamente descritta. Nel caso in cui il bacino sia di piccole dimensioni, ovvero le informazioni idrologiche siano scarse e/o imprecise oppure l'importanza dell'intervento non giustifichi un maggiore approfondimento, è ammesso l'impiego della Formula Razionale: in tal caso deve essere opportunamente giustificata la scelta del tempo critico del bacino.

Nei casi in cui dalla ricognizione emerga un peso delle portate di deflusso urbano non trascurabile ($> 25-30\%$) occorre prevedere l'uso di modelli che simulino la differente risposta (in termini di portata al colmo e di tempo di corrivazione del bacino) delle zone urbane e delle zone naturali dei bacini. Per questo occorre tuttavia tenere in debito conto il limite fisico della capacità di drenaggio delle reti urbane dimensionate usualmente per portate massime associabili a $T = 10$ anni.

2.3.2 Stima della portata di progetto con l'analisi statistica dei massimi annui di portata

Usualmente con questa procedura viene stimata soltanto la portata al colmo di piena con assegnato tempo di ritorno; si possono seguire due procedure alternative:

- a) **la procedura regionale** è la più onerosa ma è consigliabile in quanto utilizza il maggior numero di dati possibili. Per l'illustrazione dei metodi di stima regionale si faccia riferimento ai testi di idrologia. È opportuno che nella *relazione Idrologica* la procedura di calcolo sia sunteggiata in maniera chiara ma concisa e, invece, venga citata in maniera puntuale la fonte idrografica dalla quale è stata derivata la procedura di calcolo. Stralci della o delle fonti idrografiche di riferimento possono essere allegati alla relazione per maggior chiarezza e completezza. Debbono essere invece riportati in relazione tutti gli sviluppi del calcolo per consentirne la puntuale verifica;
- b) **la procedura puntuale** elabora separatamente le singole serie storiche dei massimi annui delle portate e correla i risultati del calcolo statistico per giungere alla portata di progetto nella sezione fluviale di interesse. La procedura di calcolo comporta che vengano eseguite le seguenti elaborazioni:
 - regolarizzazione della distribuzione empirica dei dati di ciascuna serie idrometrica con una legge di probabilità di riconosciuta validità i cui parametri vanno determinati con uno stimatore accettabile (metodo dei momenti, metodo della massima verosimiglianza, metodo di momenti pesati in probabilità o altro). L'adattamento della legge deve essere verificato con un test statistico adeguato (ad esempio il test di Pearson o il test di Kolmogorov-Smirnov). La regolarizzazione di differenti serie idrometriche con differenti leggi di probabilità deve essere opportunamente giustificato;
 - i valori di portata con uguale tempo di ritorno stimati nelle differenti sezioni di misura vengono regrediti su parametri morfometrici (area, lunghezza dell'asta principale, tempo di corrivazione o altro) dei bacini sottesi da tali sezioni al fine di ricavare il valore di portata nella sezione di interesse. Qualora la portata così ottenuta sia una media giornaliera, il suo valore deve essere trasformato nel valore al colmo di piena con le opportune formule empiriche reperibili nella letteratura tecnica o ricavate con indagini *ad hoc*.

2.4 Fenomeni di alluvionamento e di trasporto di massa

L'analisi dei fenomeni di dissesto diffuso che possono innescare processi di trasporto di sedimenti di particolare intensità richiede l'intervento congiunto e coordinato delle professionalità dell'Ingegnere Idrologo e del Geologo.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di sovralluvionamento che interessano l'area di progetto, la *relazione idrologica* deve:

- a) fornire una stima della granulometria del materiale d'alveo (diametro efficace o meglio curva granulometrica del sottofondo e dello strato di armatura del letto);
- b) identificare le possibili fonti di alimentazione di detriti (frane, scoscendimenti superficiali, ecc.), fornendo altresì una valutazione di prima approssimazione della quantità e della qualità degli inerti che possono giungere all'area di interesse.

Nel caso in cui siano da temere fenomeni di debris flow, la *relazione idrologica* deve:

- a) individuare i tronchi torrentizi morfologicamente predisposti al processo;
- b) determinare, almeno in prima approssimazione, il volume di materiale movimentabile dalla colata;
- c) definire la portata solida e liquida al colmo dell'onda di debris flow oppure la forma dell'onda medesima.

Per la trattazione di questo argomento, il professionista può riferirsi al Quaderno Regionale di Ricerca n. 34 "Il rischio idraulico nelle aree di conoide" edito dalla Regione Lombardia nel novembre 1999 oltre a quanto illustrato in allegato 2.

2.5 Verifica dei risultati

I valori stimati delle grandezze idrologiche di progetto debbono essere confrontati con altre informazioni al fine di verificarne la congruità. Sono individuate due procedure di verifica, una almeno delle quali deve essere sempre applicata nello studio idrologico:

- I) applicare indipendentemente la metodologia indicata nel § 2.3.1 e una di quelle indicate nel § 2.3.2, confrontando i risultati ottenuti: le eventuali discrepanze debbono essere analizzate, commentate e giustificate;
- II) confrontare i valori stimati mediante la procedura idrologica prescelta con le informazioni desumibili dagli scenari di accadimenti storici. Se l'accuratezza delle informazioni storiche lo consente, l'applicazione di questa procedura di verifica deve prevedere l'esecuzione dei seguenti passi:
 - a) censimento delle piene storiche che hanno riguardato il sito di interesse con raccolta di informazioni documentarie: testi, fotografie, mappe di inondazione, relazioni tecniche e quant'altro si dimostri utile per la caratterizzazione degli eventi. Per le piene accadute in anni di poco precedenti la stesura dello studio idrologico possono ancora rilevarsi topograficamente i segni lasciati dalle acque;
 - b) rilievo topografico, eventualmente speditivo se ciò è giustificato, di un tratto dell'alveo sufficiente alla esecuzione del calcolo idraulico. Nel caso di ricostruzione di piene del passato non recente è opportuno che la topografia rilevata al momento dello studio sia corretta per adeguarla, almeno macroscopicamente, alla situazione della piena storica, ad esempio rimuovendo manufatti di attraversamento, argini o altre strutture al tempo non esistenti;
 - c) determinazione, con calcolo idraulico di tracciamento del profilo di corrente a pelo libero in moto permanente, della portata riproducente lo scenario/i di inondazione storica. Nei casi più complessi, si può valutare la convenienza del ricorso a modelli di simulazione di maggior dettaglio, anche per tenere conto di fenomeni di sovralluvionamento, erosioni o tracimazioni, *debris flow*;
 - d) determinazione, sulla base della stima idrologica effettuata, del tempo di ritorno della portata ottenuta con la simulazione idraulica e confronto con il tempo di ritorno dell'evento storico, approssimativamente dedotto dalle informazioni raccolte con l'indagine di cui al punto (a). Le eventuali discrepanze debbono essere commentate e giustificate.

Le stime idrologiche debbono in ogni caso tenere conto di particolari situazioni che esaltano o, più frequentemente, smorzano la violenza della piena; ad esempio:

- copertura glaciale o nivale di parte del bacino, che ne riduce la superficie efficace;
- insufficienza dell'alveo del corso d'acqua che, facendo esondare la piena, in parte la lamina;
- presenza di reticoli artificiali (reti urbane di drenaggio) con contributo localizzato significativo;
- presenza di serbatoi artificiali o di invasi naturali che contengono parte dell'onda di piena.

La *relazione idrologica* deve indicare chiaramente se la stima della portata di piena considera:

- la presenza di opere di sistemazione da realizzarsi a monte del tratto fluviale di interesse;
- il confronto tra la situazione attuale e la situazione futura, una volta che siano stati completati gli interventi di sistemazione del suolo (quali la realizzazione di opere di arginatura o di laminazione).

3. CALCOLI IDRAULICI

3.1 *Assetto geometrico dell'alveo*

Nel caso di corsi d'acqua per i quali il PAI ha definito le fasce fluviali, le specifiche tecniche per l'effettuazione del rilievo topografico sono quelle contenute nella Direttiva "Verifica di compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B" reperibile sul sito Internet dell'Autorità di Bacino; in particolare, si devono ribattere le sezioni utilizzate per il tracciamento delle fasce, avendo cura di collegarsi alla stessa rete di capisaldi utilizzata per il rilievo delle sezioni di calcolo del PAI o degli studi di Tab. 3 dell'Allegato 1.

Le sezioni devono inoltre essere raffittite sino a conseguire un grado di dettaglio adeguato per le modellazioni da effettuare.

Per gli altri corsi d'acqua, la *geometria dell'alveo* viene definita topograficamente rilevando un numero sufficiente di sezioni trasversali: in particolare le sezioni trasversali non debbono essere in numero inferiore a 4, il loro interasse non deve essere superiore a 10 volte la larghezza dell'alveo, la differenza tra la quota del profilo di piena nelle sezioni contigue non deve superare i 30 cm (prevale la condizione più restrittiva). Il rilievo delle sezioni trasversali deve definirne compiutamente la forma geometrica e deve spingersi a una quota sensibilmente superiore alla quota del profilo di piena: nel caso di alvei arginati, il rilievo deve proseguire almeno fino al piede esterno dell'argine. Deve essere assicurata la congruenza delle quote del rilievo con le quote della carta di appoggio (ad esempio la carta fotogrammetrica comunale o la Carta Tecnica Regionale).

3.2 *Studio idraulico*

Lo studio idraulico deve essere svolto conformemente alla direttiva "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B" (con particolare riferimento al capitolo "Contenuti dello studio di compatibilità").

Le condizioni di deflusso nel tronco idraulico di interesse vengono valutate con i *metodi di calcolo* riportati nella suddetta direttiva dell'Autorità di bacino, che fanno riferimento a schematizzazioni progressivamente più complesse delle condizioni di moto (modellazione in moto permanente o, se ritenuto necessario, in moto vario).

L'utilizzo dello *schema semplificato di moto uniforme* può essere applicato solo ed esclusivamente quando il tronco di interesse:

- abbia geometria approssimativamente cilindrica;
- non contenga al suo interno o sul contorno sezioni critiche costituite da salti o strettoie naturali o artificiali che provocano apprezzabili scostamenti dalle condizioni di moto uniforme. In particolare, nel caso di corrente subcritica, l'eventuale strettoia, provocante l'innalzamento del profilo di piena, deve essere posta a una distanza superiore al valore D dall'estremo di valle del tronco di interesse; la distanza D è definita in Fig. 1;

- non presenti situazioni transcritiche con passaggio di corrente da condizione supercritica a subcritica o viceversa; ciò viene verificato confrontando, in ogni sezione di calcolo, la quota di stato critico con la quota di moto uniforme corrispondente alla pendenza locale del fondo.

Lungo il tronco idraulico di interesse deve adottarsi il medesimo valore del coefficiente di resistenza idraulica, a meno che non venga giustificato diversamente.

Il calcolo di moto uniforme viene applicato a un convenzionale alveo cilindrico avente:

- sezione trasversale di forma “intermedia” tra le sezioni rilevate; a favore di sicurezza può essere assunta come sezione convenzionale, la più piccola tra le sezioni rilevate;
- profilo di fondo rettilineo con pendenza pari alla media del tronco di interesse.

Deve essere opportunamente caratterizzata la variazione della resistenza al moto sul perimetro bagnato della sezione composta da alveo inciso e da golene o piane alluvionali laterali, esemplificata in Fig. 2: a tal fine, si utilizza la formula del moto uniforme nella quale viene esplicitata la *convettanza*:

$$K_i = A_i R_i^{2/3} n_i^{-1}$$
$$Q = i^{1/2} (K_1 + K_2 + \dots + K_N)$$

ove A_i , R_i e n_i sono l'area bagnata, il raggio idraulico e il coefficiente di resistenza di Manning della i -esima porzione di sezione, i è la pendenza di fondo, Q la portata defluente, N il numero delle porzioni della sezione composta.

Le parti esterne della sezione idraulica, il cui contributo al convogliamento delle acque può essere considerato trascurabile, sono escluse dal calcolo.

Le situazioni a rischio di formazione di colate detritiche o di trasporto solido iperconcentrato, specialmente se con pericolo di sovralluvionamento e/o occlusione di opere di attraversamento, debbono essere valutate attraverso specifiche procedure qui non considerate.

3.3 Aree esondabili

Sulla base delle risultanze dello studio idraulico si procede alla individuazione delle aree esondabili con le seguenti modalità:

1. confronto dei livelli di piena ottenuti con la morfologia del territorio e tracciamento delle aree esondabili dalla piena di riferimento;
2. confronto critico fra la delimitazione delle aree ottenute al punto precedente con le informazioni disponibili relative a eventi di piena precedenti e con le informazioni di carattere geomorfologico desumibili dall'analisi del territorio;
3. nel caso di corsi d'acqua arginati, può essere utile effettuare una valutazione di massima dei volumi esondabili durante l'evento di piena di riferimento; gli stessi possono quindi essere “distribuiti” sull'area esondabile, eventualmente determinata in base alle analisi morfologiche, al fine di stimare i livelli idrici raggiungibili in caso di sormonto arginale. Solo nei casi più complessi si potrà valutare l'opportunità di effettuare modellazioni bidimensionali, con eventuale ipotesi di crollo arginale.

4. VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

La compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali nonché delle proposte di uso delle aree a rischio idraulico viene valutata individuando i rischi ai quali è soggetta l'area di interesse e che debbono essere mitigati, discutendo l'efficacia degli eventuali interventi proponibili per la mitigazione del rischio e verificando che:

A. l'occupazione del suolo non ponga ostacolo al libero deflusso delle acque:

- si confronta il profilo di piena che si stabilisce senza e con l'insediamento: l'area urbanizzata viene esclusa dal calcolo come esemplificato in Fig. 3, indipendentemente dalla densità di urbanizzazione. Si noti che la striscia di golena esclusa dal calcolo si estende lungo tutto il tronco di interesse;
- si considera che l'insediamento non ostacola il deflusso delle acque se i due profili di piena (senza e con urbanizzazione) non differiscono tra loro per più di 20 cm. e comunque se non vi è un sensibile aumento delle condizioni di rischio per eventuali altri insediamenti o infrastrutture presenti;

B. gli insediamenti o le strutture (esistenti o future) nelle aree inondabili siano compatibili con lo stato di rischio:

- all'interno dell'area esondabile come determinata al precedente punto 3.3, si procede a una suddivisione in zone in funzione dei diversi livelli di rischio attuale e potenziale (ossia conseguente a eventuali successive utilizzazioni delle aree), la cui quantificazione dovrà essere effettuata essenzialmente sulla base dei seguenti parametri:
 - probabilità di esondazione;
 - livelli idrici;
 - velocità di scorrimento.

A tal fine si utilizza il grafico che fornisce le condizioni di rischio in funzione del tirante idrico, h (m), e della velocità della corrente, U (m/s), al margine (lato fiume) della zona di interesse. Qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione.

In tale grafico sono individuate due condizioni a differente livello di pericolosità:

- area pericolosa e incompatibile con qualunque tipo di infrastruttura (edifici, industrie, depositi, parcheggi, ecc.), che si ritiene possa essere assimilabile alla classe di rischio R4 definita nel PAI;
- area urbanizzabile con accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili, assimilabile alla classe di rischio R3 definita nel PAI.

La delimitazione delle aree a diverso livello di rischio attuale e potenziale sarà riportata sulla cartografia dello strumento urbanistico comunale.

Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R4** sono da ritenersi incompatibili con qualunque tipo di urbanizzazione, e in esse dovranno essere escluse nuove edificazioni; ad esse viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 4**.

Le aree caratterizzate da livelli di rischio pari a **R3** possono ritenersi compatibili con l'urbanizzazione a seguito della realizzazione di opere di mitigazione del rischio o mediante accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o che consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. A tali aree viene attribuita, nella carta di fattibilità delle azioni di piano, **classe 3**. Le eventuali opere di mitigazione proposte dovranno essere dimensionate secondo i criteri metodologici del presente documento; si dovrà inoltre verificare che la realizzazione delle stesse non interferisca negativamente con il deflusso e con la dinamica del corso d'acqua.

Le prescrizioni specifiche per le diverse aree dovranno essere recepite nelle norme tecniche di piano.

Di seguito si elencano, a titolo di esempio e senza pretesa di esaustività, alcuni dei possibili accorgimenti che dovranno essere presi in considerazione per la mitigazione del rischio e da indicare quali prescrizioni al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale:

a) Misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
- realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna; disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;
- progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;
- progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;
- favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.

b) Misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni

- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
- opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
- fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.

c) Misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione

- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
- vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.

d) Utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche

e) Utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

Figura 1

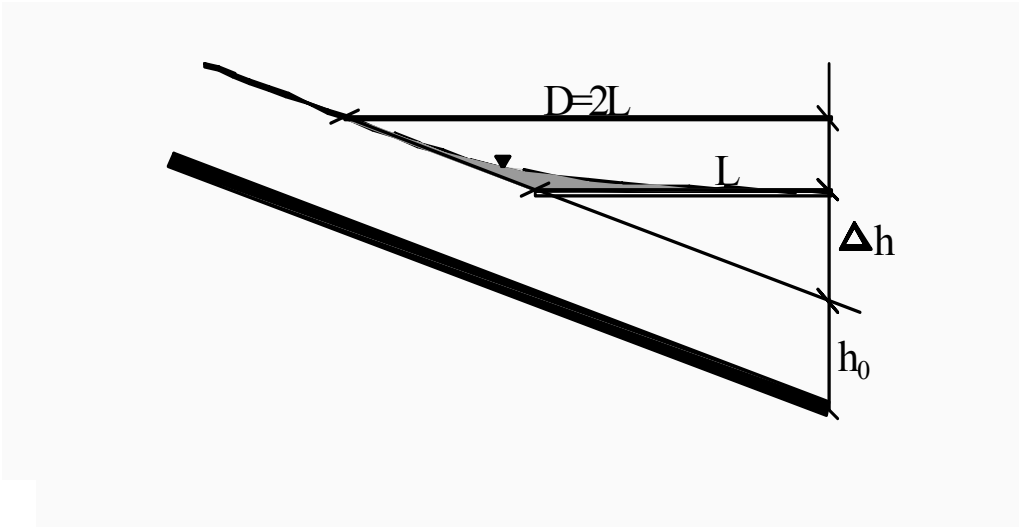


Figura 2

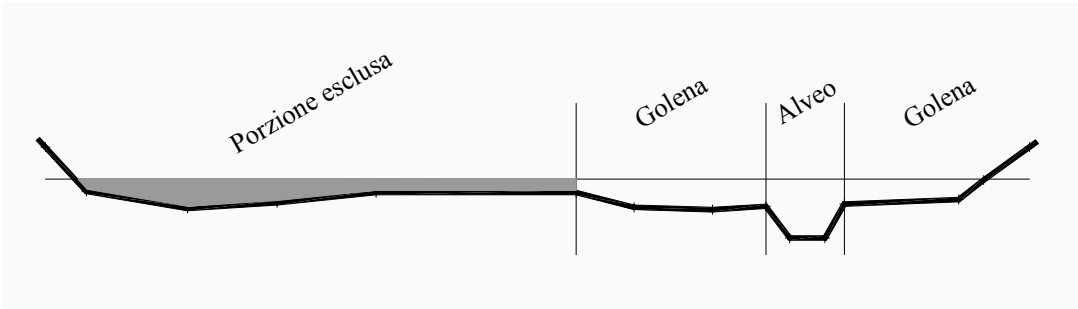


Figura 3

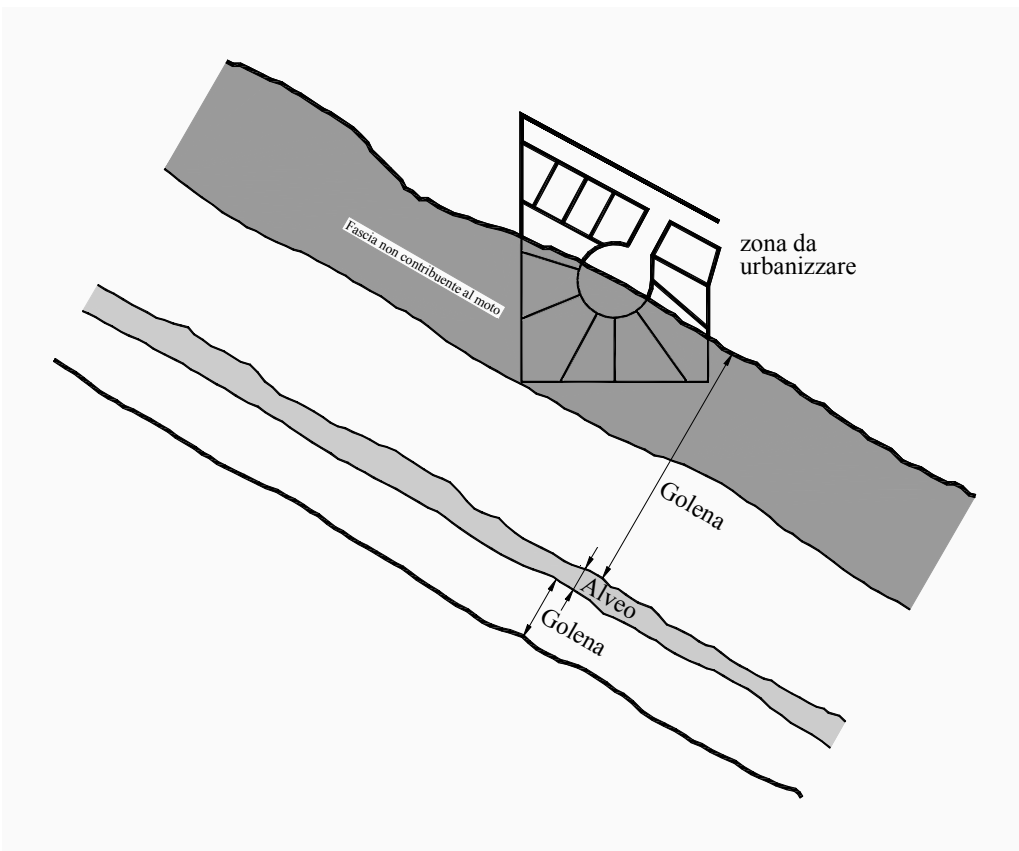
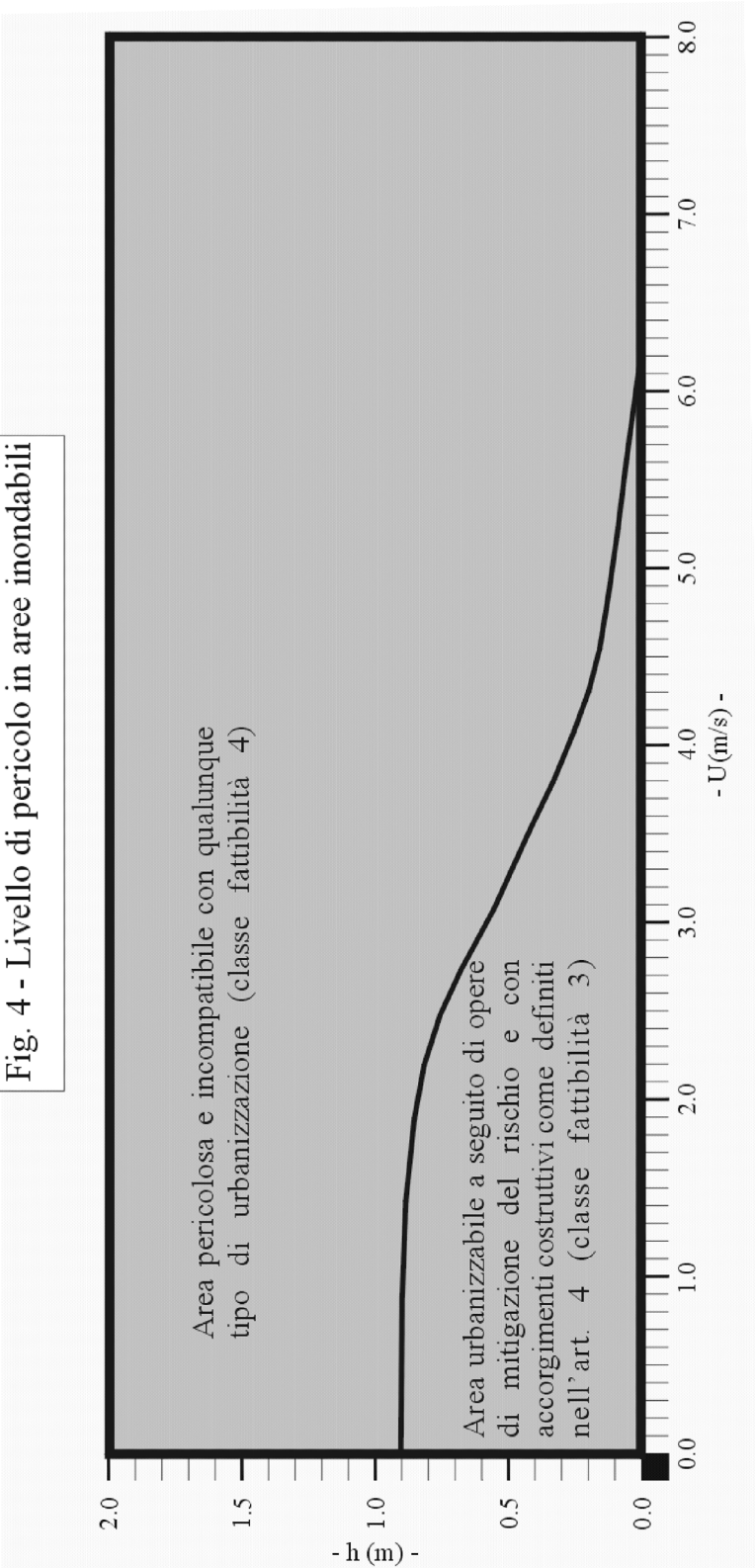


Fig. 4 - Livello di pericolo in aree inondabili



ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI DI SITO IN LOMBARDIA FINALIZZATE ALLA DEFINIZIONE DELL'ASPETTO SISMICO NEI PIANI DI GOVERNO DEL TERRITORIO

PROCEDURE

1. Introduzione

Le presenti procedure sostituiscono la metodologia di analisi riportata in un precedente studio dal titolo "Determinazione del rischio sismico in Lombardia - 1996", inserito come uno dei testi di riferimento nelle precedenti direttive regionali per la redazione dello studio geologico a supporto dei piani regolatori generali, in attuazione dell'art. 3 della l.r. 41/97, approvate con d.g.r. 29 ottobre 2001, n. 7/6645.

Il campo di applicazione di tali linee guida è limitato ad alcune litologie presenti nel territorio regionale; le procedure riportate sono organizzate con una struttura modulare che si presta ad una continua e graduale implementazione ed aggiornamento.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori (con le opportune differenze in funzione della zona sismica di appartenenza, come meglio specificato nel testo della direttiva) in fase di pianificazione, mentre il terzo è obbligatorio in fase di progettazione sia quando con il 2° livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il livello 3° è obbligatorio anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Tra i tre livelli di approfondimento solo il 2° livello verrà implementato tramite la realizzazione di nuove schede litologiche che amplieranno il campo di applicazione delle procedure.

La procedura messa a punto fa riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e può essere implementata considerando altri periodi di ritorno.

2. Procedure

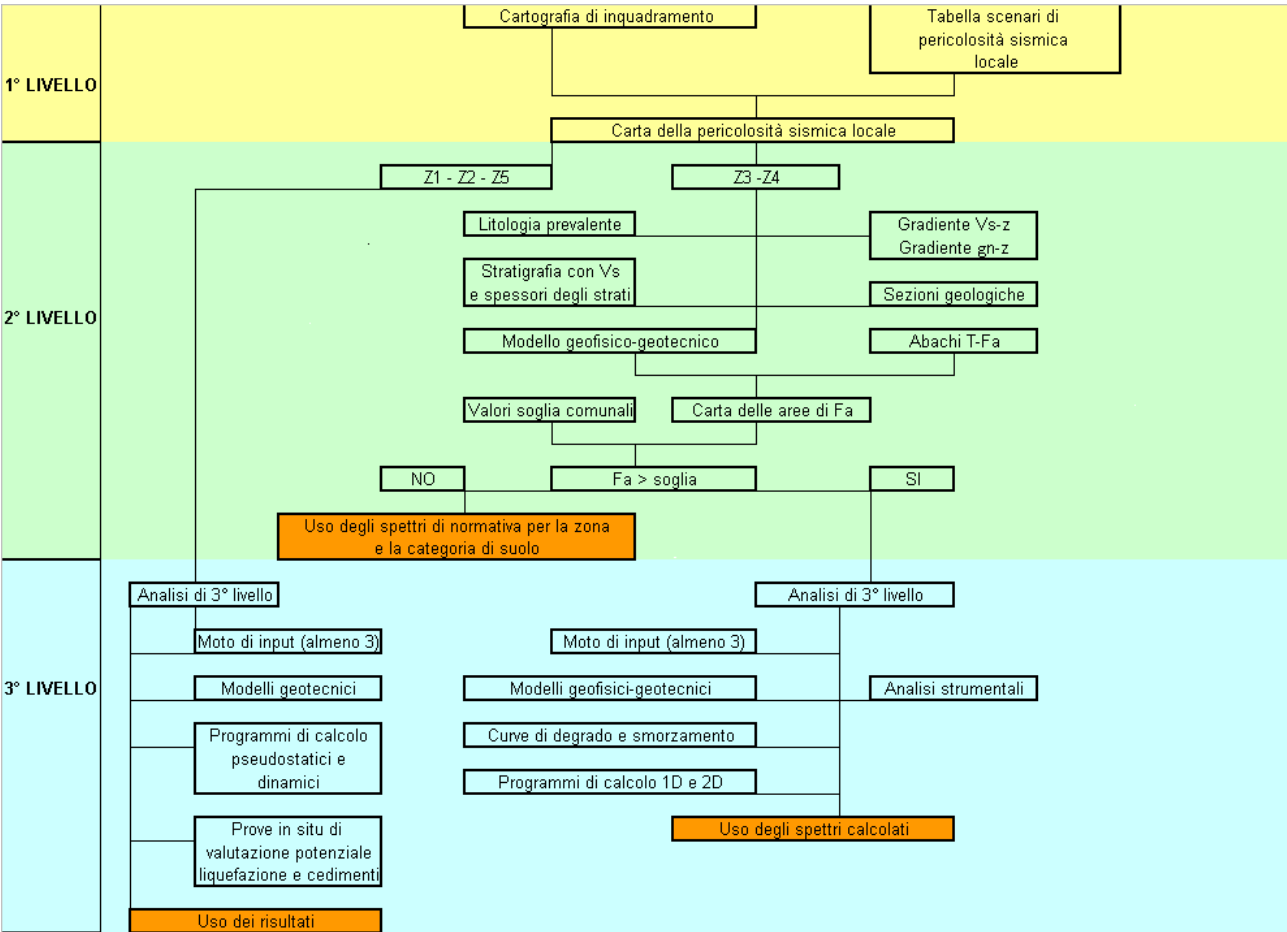
La procedura di valutazione prevede tre livelli di approfondimento organizzati come da Figura 1 che mostra il diagramma di flusso, che illustra i dati necessari e i percorsi da seguire.

I tre diversi livelli di approfondimento prevedono:

2.1. 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Figura 1 - Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine



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

Perciò, salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di 1° livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche.

Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologica, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1:10.000 – 1:2.000) rappresentata dalla *Carta della pericolosità sismica locale*, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo (Tabella 1) in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Tabella 1 – Scenari di pericolosità sismica locale

<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, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (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

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti (zone Z1) e dei cedimenti e/o liquefazioni (zone Z2).

Non è necessario la valutazione quantitativa a livelli di approfondimento maggiore dello scenario inerente le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (zone Z5), in quanto tale scenario esclude la possibilità di costruzioni a cavallo dei due litotipi. In fase progettuale tale limitazione può essere rimossa qualora si operi in modo tale da avere un terreno di fondazione omogeneo.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari (Tabella 2):

Tabella 2 – Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio $H > 10$ m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
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	H2 – livello di approfondimento 2°
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	H2– livello di approfondimento 3°

2.2. 2° LIVELLO

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

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

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

La procedura di 2° livello fornisce, per gli effetti litologici, valori di F_a per entrambi gli intervalli di periodo considerati, mentre per gli effetti morfologici solo per l'intervallo 0.1-0.5 s: questa limitazione è causata dall'impiego, per la messa a punto della scheda di valutazione, di codici di calcolo di tipo bidimensionale ad elementi di contorno che sono risultati più sensibili all'influenza del moto di input nell'intervallo di periodo 0.5-1.5 s.

2.2.1. Effetti morfologici

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

Il materiale costituente il rilievo topografico deve avere una V_s maggiore o uguale ad 800 m/s.

Nell'ambito delle creste si distinguono due situazioni:

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

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

- larghezza alla base del rilievo L ;
- larghezza in cresta del rilievo l ;
- dislivello altimetrico massimo H e dislivello altimetrico minimo h dei versanti;
- coefficiente di forma H/L .

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della tipologia di cresta (appuntita o arrotondata) e della larghezza alla base del rilievo, solo per le creste appuntite, la curva più appropriata per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s, in base al valore del coefficiente di forma H/L .

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale ed assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta l , mentre lungo i versanti tale valore è scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti dovranno essere utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando i valori di F_a ottenuti dalla scheda di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zone 2, 3 e 4) e per suolo di tipo A ($V_s \geq 800$ m/s) e per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s.

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

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con la scheda di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);

- il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

2.2.2. Effetti litologici

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2).

Una volta individuata la scheda di riferimento è necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento delle V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 600 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2.

Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte.

All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicata con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T^1 .

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

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

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

Il valore di F_a determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e valido per ciascuna zona sismica (zona 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

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

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di ± 0.1 che tiene in conto la variabilità del valore di F_a ottenuto dalla procedura semplificata.

¹ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del F_a in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($F_a=1.0$).

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di *Fa* è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1);
- il valore di *Fa* è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario effettuare analisi più approfondite (3° livello) in fase di progettazione edilizia (classe di pericolosità H2).

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di *Vs*, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 3:

Tabella 3 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall’analisi

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

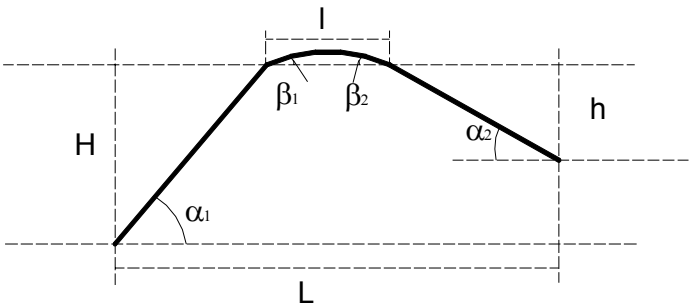
EFFETTI MORFOLOGICI – CRESTE - SCENARIO Z3b

CRITERI DI RICONOSCIMENTO

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

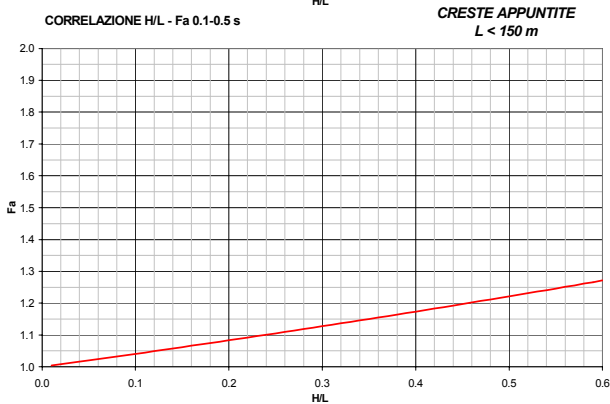
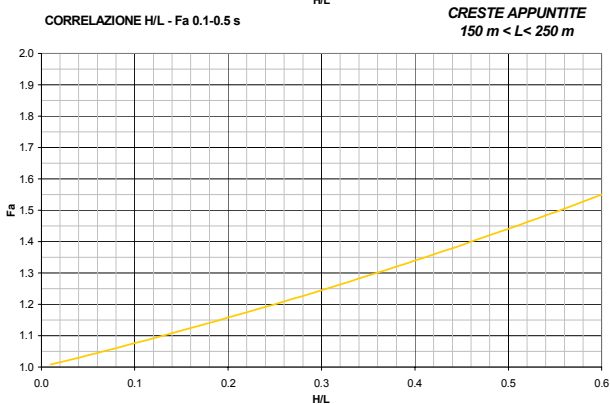
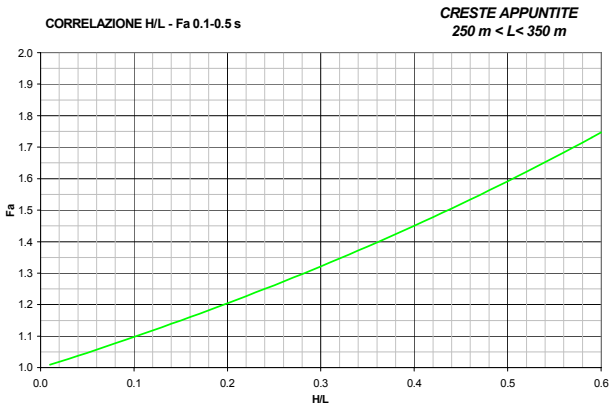
CRESTA ARROTONDATA
 $\beta_1 < 10^\circ$ e $\beta_2 < 10^\circ$
 $l \geq 1/3 L$

CRESTA APPUNTITA



$V_s \geq 800 \text{ m/s}$

	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	$Fa_{0.1-0.5} = e^{0.47H/L}$			

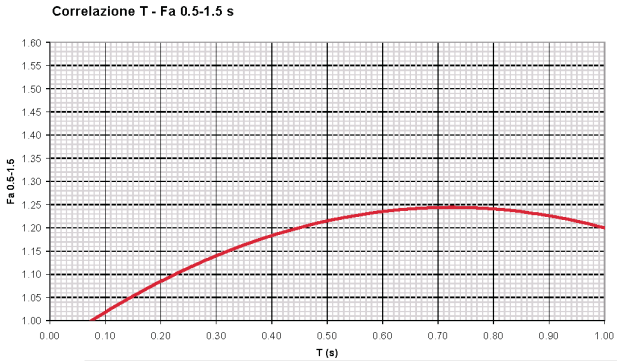
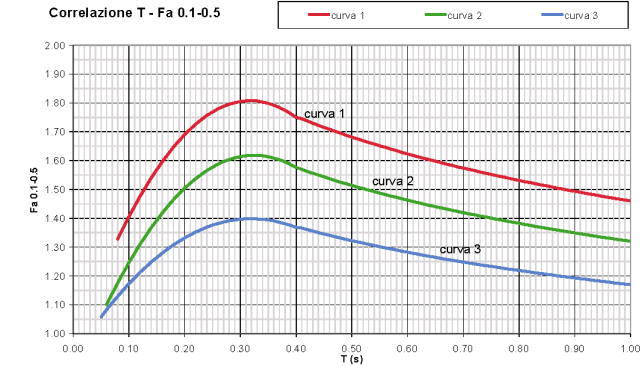
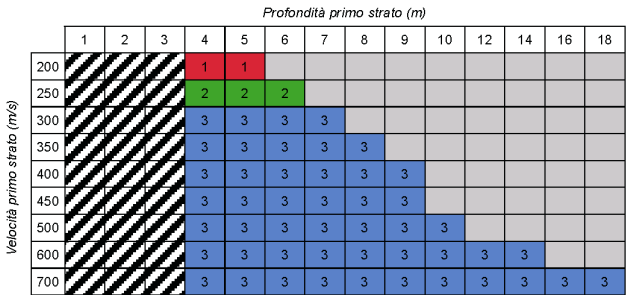
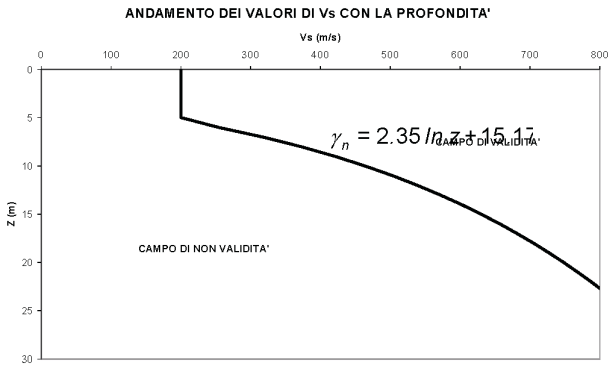
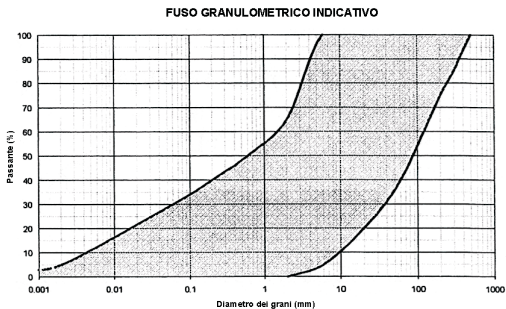


EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

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



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

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 LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 1

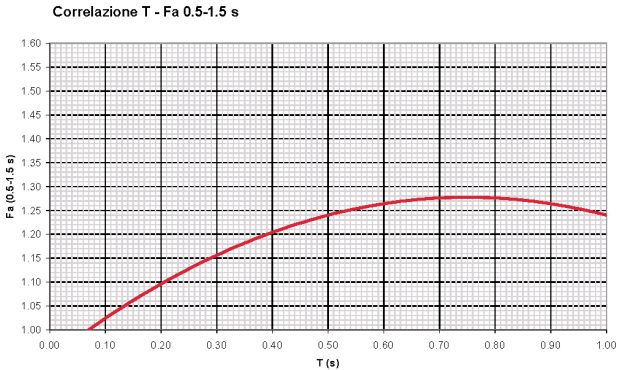
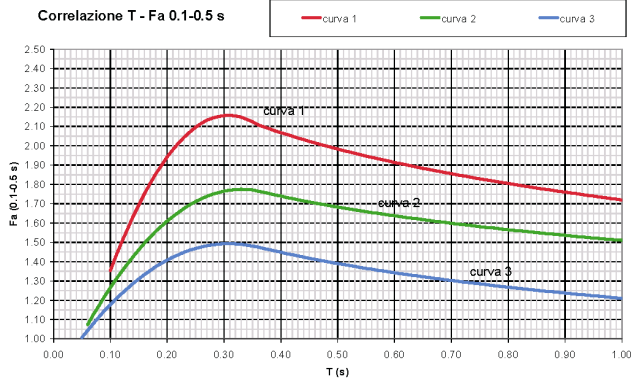
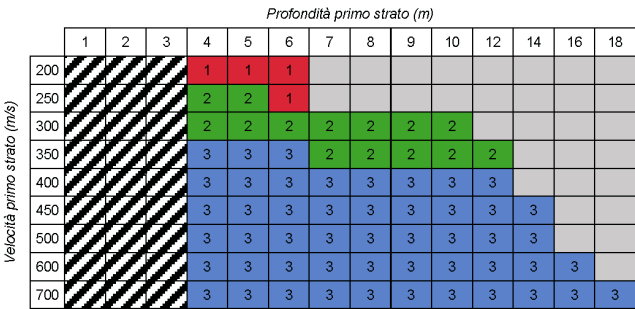
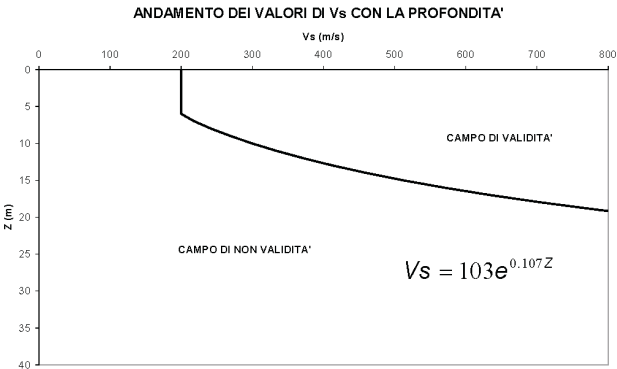
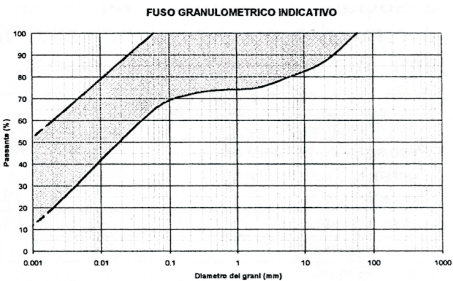
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi ghiaioso – argillosi debolmente sabbiosi ad argille con limi passando per limi argillosi, limi con sabbie argillose, limi e sabbie con argille, argille ghiaiose, argille ghiaiose debolmente limose ed argille con sabbie debolmente limose

NOTE:

- Comportamento coesivo
- Struttura matrice-sostenuta
- Frazione limosa superiore al 40%
- Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3\text{ cm}$
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 25%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 35%
- Frazione argillosa compresa tra 20% e 60%
- Presenza di eventuali sottili orizzonti ghiaioso fini e sabbioso medio-grossolani



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.6T^2 + 0.9T + 0.94$$

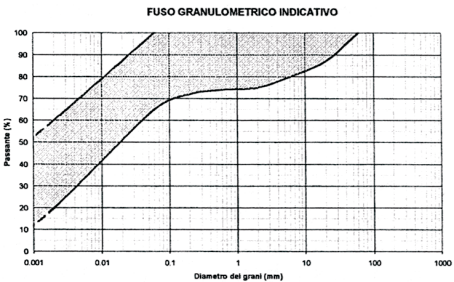
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -18.7T^2 + 11.5T + 0.39$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.72 - 0.38LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – ARGILLOSA TIPO 2

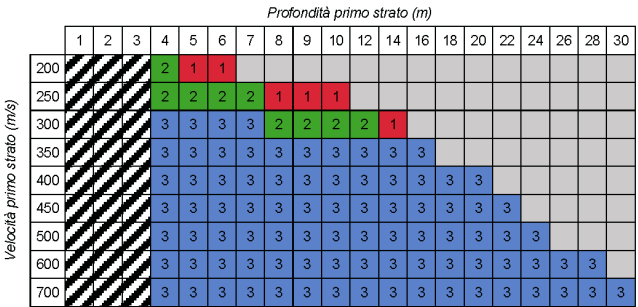
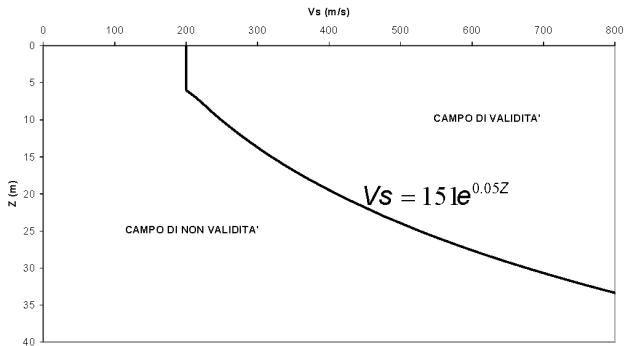
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA e NOTE: come per la litologia limoso - argillosa TIPO 1, a cui in aggiunta è possibile associare i seguenti range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per argille con limi ghiaiosi debolmente sabbiosi:

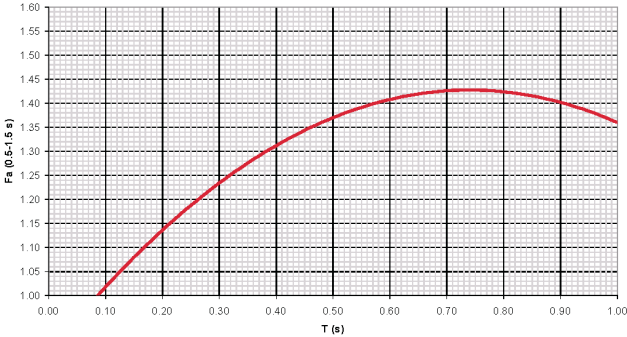
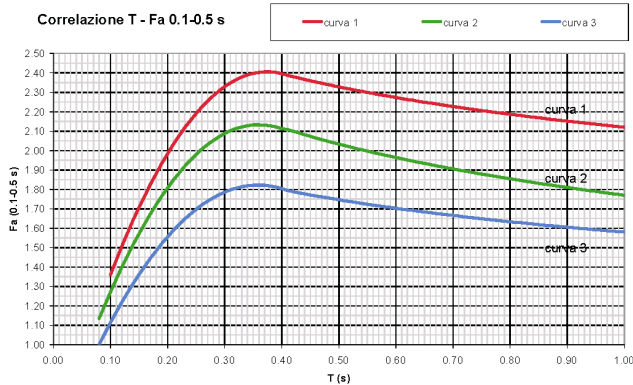
PARAMETRO		INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ [kN/m ³]	19.5-20.0
Peso specifico particelle solide	γ_s [kN/m ³]	25.7-26.7
Contenuto d'acqua naturale	w [%]	20-25
Limite di liquidità	w _L [%]	30-50
Limite di plasticità	w _P [%]	15-20
Indice di plasticità	I _P [%]	15-30
Indice dei vuoti	e	0.5-0.7
Grado di saturazione	S _r [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀	0.5-0.6
Indice di compressione	C _c	0.15-0.30
Indice di rigonfiamento	C _s	0.02-0.06
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α	0.001-0.005
Grado di consolidazione	OCR	1-3
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N _{spt}	15-30



ANDAMENTO DEI VALORI DI Vs CON LA PROFONDITA'



Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$Fa_{0.5-1.5} = -T^2 + 1.48T + 0.88$

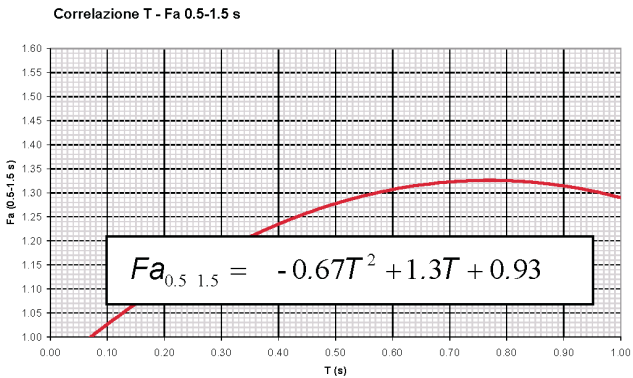
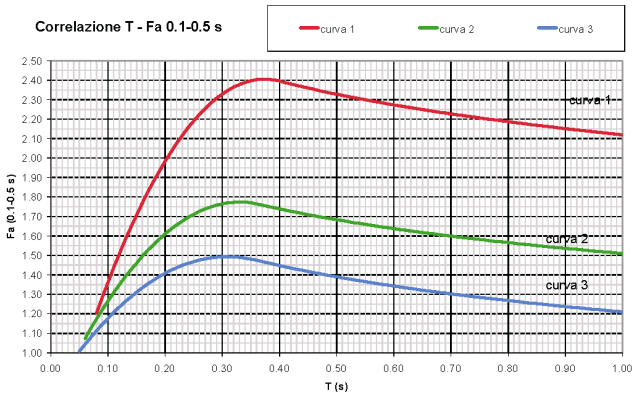
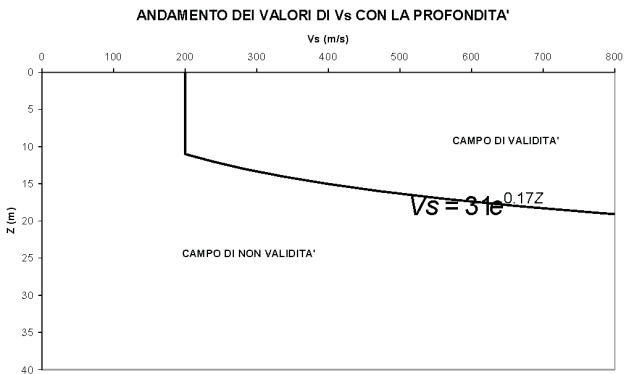
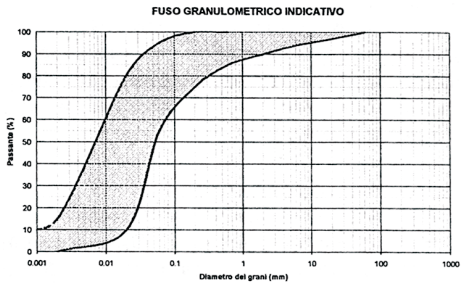
Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:
Comportamento coesivo
Frazione limosa ad un massimo del 95%
Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3\text{ cm}$
Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente arciillosi



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2\text{-}3\text{ cm}$

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

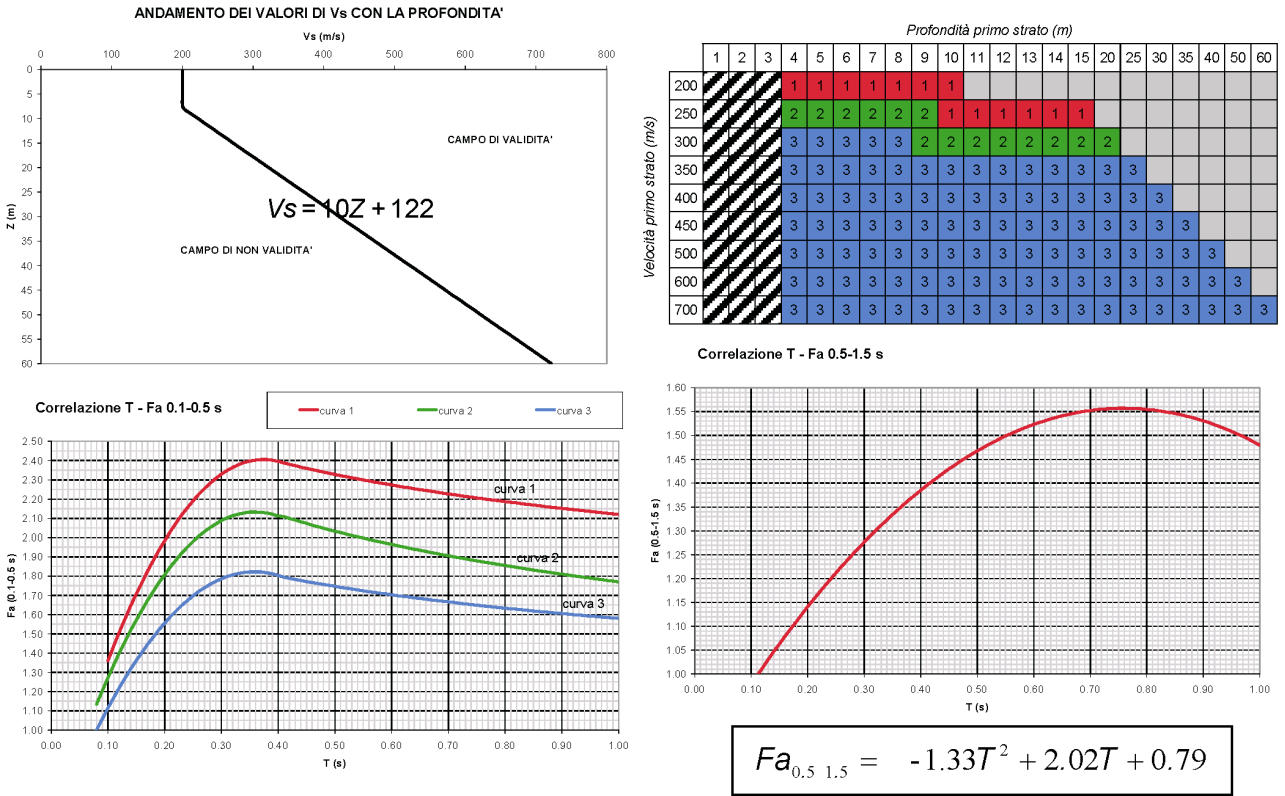
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi

FUSO GRANULOMETRICO INDICATIVO

PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale γ [kN/m ³]	18.5-19.5
Peso specifico particelle solide γ_s [kN/m ³]	26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale w [%]	25-30
Limite di liquidità w_l [%]	25-35
Limite di plasticità w_p [%]	15-20
Indice di plasticità I_p [%]	5-15
Indice dei vuoti e	0.6-0.9
Grado di saturazione S_r [%]	90-100
Coefficiente di spinta a riposo K_0	0.4-0.5
Indice di compressione C_c	0.10-0.30
Indice di rigonfiamento C_s	0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	0-20



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24LnT$

2.3. 3° LIVELLO

Il 3° livello si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° livello e per le zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5).

Il livello 3° si applica anche nel caso in cui si stia progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

I risultati delle analisi di 3° livello saranno utilizzati in fase di progettazione al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

2.3.1. Effetti di instabilità

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

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

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

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

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

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

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

2.3.2. Effetti di cedimenti e/o liquefazioni

L'analisi prevede la valutazione quantitativa delle aree soggette a fenomeni di cedimenti e liquefazioni.

Con il termine liquefazione si indica la situazione nella quale in un terreno saturo non coesivo si possono avere deformazioni permanenti significative o l'annullamento degli sforzi efficaci a causa dell'aumento della pressione interstiziale.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura^{2,3}.

Anche per il calcolo di possibili cedimenti che possono verificarsi sia in presenza di sabbie sature sia in presenza di sabbie asciutte, si fa riferimento ai risultati di prove in situ, utilizzando procedure note in letteratura.

2.3.3. Effetti di amplificazione morfologica e litologica

L'analisi prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie che possono essere classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in situ con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in situ. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989)⁴ e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)⁵.

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

L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo, tramite rilievi specifici, una caratterizzazione geofisica e una caratterizzazione meccanica, tramite accurate indagini geologiche e geotecniche, in grado di determinare i parametri geotecnici statici e dinamici specifici su campioni indisturbati o comunque di alta qualità e in condizioni tali per cui vengano simulate il meglio possibile le condizioni di sito del terreno durante i terremoti attesi. Perciò viene richiesto un programma di indagini geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2°

² www.programgeo.it/FormuleGeo/Liquefazione.html

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

⁴ Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR Railway Tech. Res. Inst., 30, 1

⁵ Kanai, K., Tanaka, T., 1961. On Microtremors. VIII, Bull. Earthquake res. Inst., University of Tokyo. Vol. 39

livello). È inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

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

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

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

Al fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati:

1. **lo-acc** contenente, per ogni comune, diversi accelerogrammi attesi caratterizzati da due periodi di ritorno (475 e 975 anni);
2. **curve_lomb.xls** contenente i valori del modulo di taglio normalizzato (G/G_0) e del rapporto di smorzamento (D) in funzione della deformazione (γ).

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE FRANE
1 - DATI GENERALI

N° di riferimento (1)		Data di compilazione	
Rilevatore		Tipo di rilevamento (2)	
Coordinate Gauss-Boaga da CTR) (punto più elevato coronamento frana)	Latitudine Longitudine		
Nome o località frana		Comune	
Comunità Montana		Provincia	
Bacino		Sottobacino	
Sigla CTR		Nome CTR	
Località minacciate direttamente (3)		Comune	
Località minacciate indirettamente (3)		Comune	
Data primo movimento (4)		Data ultima riattivazione	

2 - DATI MORFOMETRICI (5)

NICCHIA		ACCUMULO	
Quota coronamento (m s.l.m.)		Quota unghia (m s.l.m.)	
Larghezza media (m)		Quota testata (m s.l.m)	
Larghezza massima (m)		Larghezza media (m)	
Altezza max. scarpata principale (m)		Larghezza massima (m)	
Area (m ²) (6)		Lunghezza media (m)	
Volume (m ³) (6)		Lunghezza massima (m)	
		Spessore medio (m)	
		Spessore massimo (m)	
		Area (m ²) (6)	
		Volume (m ³) (6)	
		Accumulo in alveo	
		Accumulo rimosso (10)	

ALTRI DATI	
Area Totale (m ²) (6)	
Lunghezza max percorso colata o massi (m) (7)	
Giacitura media del versante (imm/incl)	
Forma del versante (8)	
Presenza di svincoli laterali (9)	

3 - TIPO DI MATERIALE

		NICCHIA				ACCUMULO
Roccia	unità (11)					
	litologia principale					
	altre litologie					
	alterazione (12)					
	struttura della roccia (13)					
	giacitura foliazione o stratificazione (imm/incl)					
	giacitura sistemi discontinuità principali (imm/incl)	1	2	3	4	
	classe granulometrica principale (A.G.I.)					
	grado di cementazione (14)					
Terreno	unità (11)					
	facies (15)					
	classe granulometrica principale (A.G.I.)					
	alterazione (16)					
	grado di cementazione (14)					

4 - TIPO DI MOVIMENTO (17) 1 2

Crollo	in massa		
	di singoli blocchi	puntuale	
		diffuso	
Ribaltamento			
Scivolamento	rotazionale		
	traslativo		
superficie di movimento			
	planare		
	multiplanare		
	circolare		
	curvilinea		
	non determinabile		
Espansione			
laterale			
Colata			
Subsidenza			

5 - PRESENZA DI ACQUA

	NICCHIA	ACCUMULO	
Precipitazioni pre-sopralluogo (18)			
Assenza di venute d'acqua			
Umidità diffusa			
Acque stagnanti			
Stillicidio			
Rete di drenaggio sviluppata			
Ruscellamento diffuso			
Presenza di falda			
Profondità falda (m)			
Sorgenti (19)	Portata (l/s)	1	1
		2	2
		3	3
		4	4
	Comparsa di nuove sorgenti		
Scomparsa di sorgenti			

10 - STRUMENTAZIONE DI MONITORAGGIO ESISTENTE (E) O PROPOSTA (P)

	E	P		E	P
Fessurimetri			Monitoraggio meteorologico		
Assestimetri			Monitoraggio idro-meteorologico		
Distometri			Monitoraggio topografico convenzionale		
Estensimetri			Monitoraggio topografico tramite GPS		
Inclinometri			Rete microsismica		
Piezometri				

11 - STATO DELLE CONOSCENZE

Raccolta di dati storici		Dati geoelettrici	
Rilievi geomeccanici		Dati sismici a rifrazione	
Analisi strutturali		Dati sismici a riflessione	
Indagini idrogeologiche		Relazione geologica	
Dati di perforazioni		Verifiche di stabilità	
Analisi geotecniche di laboratorio		Relazione di sopralluogo tecnico	
Prove penetrometriche		Progetto di sistemazione di massima	
Prove scissometriche		Progetto esecutivo	
Prove pressiometriche			

12 - NOTE

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ALLEGATI (21)

Cartografia (CTR 1:10 000)	
Foto	
Sezioni	
Altro	

NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

1. Il numero (a libera scelta dell'utente) deve fare riferimento ad una specifica frana rappresentata nella cartografia allegata.
2. Indicare una delle seguenti categorie:
diretto - se effettuato direttamente in sito dal rilevatore
indiretto - se effettuato a distanza o da foto aeree dal rilevatore
segnalazione - se i dati sono stati acquisiti da altre fonti, senza un controllo sul terreno.
3. Località minacciate direttamente - che giacciono sul corpo di frana o che possono essere investite dal materiale in movimento. Località minacciate indirettamente - che possono essere coinvolte negli effetti secondari quali alluvionamento da onda di piena per sbarramento del corso d'acqua dovuti al franamento.
4. Data dell'inizio del movimento franoso, quando nota (anche in modo approssimativo). Le paleofrane vanno indicate in base a dati storici se disponibili, oppure va segnalato approssimativamente il secolo o la collocazione pre - o post - ultima fase di avanzata glaciale.
5. Per la terminologia dei parametri morfometrici si fa riferimento alla classificazione di Cruden & Varnes (1993). Alle voci "media" di larghezza e lunghezza della nicchia e dell'accumulo va fornita una stima dei valori più rappresentativi (moda). Gli spessori medi e massimi dell'accumulo possono venire stimati o calcolati se vi sono a disposizione dati di sondaggio o altri dati quantitativi, in quest'ultimo caso specificare il tipo di dato utilizzato nelle note (campo 12).
6. Si fornisca una stima dei volumi e delle aree; nel caso in cui siano stati utilizzati per il calcolo dati quantitativi (es. da rilievi topografici) indicare nelle note (campo 12) il tipo di dato. Con area totale si intende l'intera area interessata dal dissesto, comprendente nicchia, accumulo ed eventuale zona di scorrimento. Nel caso in cui la scheda si riferisca a più colate di detrito coalescenti si indichi nel campo "dati morfometrici" (2) il volume totale di tutti gli accumuli, mentre nel campo "note" (12) si indichino, se conosciute, le volumetrie media dei singoli eventi e/o dell'evento relativo all'ultima riattivazione.
7. Si intende la distanza massima raggiunta dal materiale in movimento (per i crolli il masso che ha raggiunto la massima distanza dal punto di distacco).
8. Si indichi: 1-concavo, 2-convesso, 3-concavo-convesso, 4-convesso-concavo, 5-planare, 6-terrazzato.
9. Si intende con "svincoli laterali": incisioni torrentizie, fratture persistenti, fasce cataclastiche, che bordano uno o entrambi i lati della frana. Si indichi nella scheda una delle seguenti voci, utilizzando la sigla relativa: d-lato destro; s-lato sinistro; e-entrambi i lati, guardando valle.
10. Nel caso in cui l'accumulo sia stato rimosso indicare la causa di rimozione: naturale (es. asportazione da parte di un corso d'acqua) o artificiale (es. asportazione con mezzi meccanici).
11. Si indichi: gruppo, formazione o membro per il sedimentario; complesso o falda per il basamento cristallino; allogruppo, alloformazione, allomembro per il Quaternario, a cui appartengono le litofacies presenti, come da cartografia ufficiale.
12. Si indichi una delle seguenti voci: inalterata, decolorata, decomposta.
13. Si indichi una delle seguenti voci: massiccia, stratificata, scistosa, a blocchi.
14. Si indichi una delle seguenti voci: assente, parziale, totale.
15. Si indichi una delle seguenti voci: glaciale, alluvionale, deltizio, lacustre-palustre, eolico, travertino, di versante, di accumulo di frana.
16. Si indichi una delle seguenti voci: fresco, debolmente alterato, moderatamente alterato, molto alterato.
17. Nella colonna 1 va indicato il movimento che si verifica per primo in ordine temporale o che si verifica alla quota più elevata in senso spaziale. Nella colonna 2 l'eventuale movimento successivo in ordine temporale o che si verifica a quota più bassa. Un esempio di frana con due tipologie di movimento è una colata di terra e detrito (colonna 2) che viene innescata da uno scivolamento (colonna 1).
18. Indicare se nei giorni precedenti il sopralluogo sulla frana si sono avute importanti precipitazioni.
19. Nella prima riga si indichi il numero delle sorgenti rilevate rispettivamente nella nicchia e nell'accumulo, che dovranno essere ubicate nella cartografia allegata. Nelle righe successive si indichino, quando note, le portate delle singole sorgenti.
20. Per definire lo stato di attività di una frana sono stati introdotti 4 termini, come di seguito definiti:
attiva - che presenti uno o più dei sintomi di attività elencati in tabella
attiva-riattivata - per riattivazione parziale o totale di una frana precedentemente considerata inattiva
inattiva-quiescente - che può essere riattivata dalle sue cause originali
inattiva-stabilizzata - che non può essere riattivata dalle sue cause originali o che è stata protetta dalle sue cause originali da misure di stabilizzazione.
21. Tra gli allegati è considerato indispensabile uno stralcio cartografico del CTR alla scala 1:10.000, che delimiti l'area di frana con relativo numero di riferimento alla scheda. Altri allegati quali foto e sezioni possono comunque essere utili alla comprensione del dissesto. Nel campo Allegati si riporti un elenco sintetico.

SCHEDA CROLLI

Da compilare per ogni area omogenea

Lunghezza massima piste di discesa (m)					
--	--	--	--	--	--

ZONA DI DISTACCO	Pendenza (°)						
	Altezza della parete (m)						
	Forma della parete	Planare					
		Convessa					
		Concava					
		Aggettante					
	Fratture a monte della parete*			si		no	
	Presenza di contatti litologici			si		no	
	Presenza di interstrati argillitici			si		no	
	Presenza di venute d'acqua			si		no	
	Volumetrie potenzialmente instabili (totale in m³)						
	Sintomi di attività	Fratture aperte	si		no		
		Blocchi ruotati	si		no		
		Zone intensamente fratturate	si		no		
		Superfici non alterate	si		no		
Esecuzione di rilievo geomeccanico (n°)*							

ZONA DI TRANSITO	Pendenza media versante (°)						
	Natura della superficie	Roccia resistente					
		Roccia debole					
		Detrito grossolano					
		Detrito fine					
		Terreno					
	Tipo di impatti	Impatti singoli*	si		no		
		Impatti multipli*	si		no		
	Rottura di blocchi per impatto			si		no	
	Tipo di vegetazione	Assente					
		Erbacea					
		Arbustiva					
		Di alto fusto					
	Altezza vegetazione abbattuta (m)						

ZONA DI ACCUMULO	Pendenza media (°)		
	Natura della superficie	Roccia resistente	
		Roccia debole	
		Detrito grossolano	
		Detrito fine	
		Terreno	
	Materiale franato	Litologia	
		Selezione	
		Forma	
		Volume minimo dei blocchi (m³)	
		Volume modale dei blocchi (m³)	
		Volume massimo dei blocchi (m³)*	
		Distanza minima raggiunta dai blocchi (m)	
		Distanza modale raggiunta dai blocchi (m)	
		Distanza massima raggiunta dai blocchi (m)*	
Tipo di vegetazione	Assente		
	Erbacea		
	Arbustiva		
	Di alto fusto		

*da riportare o posizionare anche in carta a scala 1:10.000 o su foto

SCHEDA PER LA DESCRIZIONE DI AMMASSI ROCCIOSI IN ROCCE RESISTENTI

(Da Casagli e Crosta 1992, modificato)

STAZIONE N°		Data:		Operatore:		Rullino/Foto:			
LOCALITA':		Comune:							
CTR:		Cooordinate:				Campioni n°:			
Esposizione:	Naturale: affioramento nicchia di frana erosione accelerata								
	Artificiale: scavo sup. scavo sotterr. trincea				metodo di scavo:				
LITOLOGIA:									
Formazione:									
Fattori Geologici:		Giunti d'esfoliazione		Discordanze		Contatti litologici			
Strutt. Monoclinale		Faglie (dirette/inverse)		Vene		Terreno residuale			
Pieghe		Rocce di faglia		Filoni		Carsismo			
Cerniere/Fianchi piega		Fratture beanti		Laminazioni		Suolo			
				parall./incl./ond./conv		spessore (m)			
INSTABILITA'	Scivolamenti:			Ribaltamenti:					
	Planari a Cuneo Rotazionali			di blocchi per flessione					
AMMASSO*	MASSIVO	BLOCCHI	TABULARE	COLONNARE	IRREGOLARE	FRANTUMATO			
STRUTTURA	Massiccia	Stratificata (spessore strati in cm) min			moda max				
ALTERAZIONE*	INALTERATA		DECOLORATA		<50% DECOMP.		>50% DECOMP.		
			Chimica (Plagioclasì, Miche, etc.)		Fisica (microfratture, grani, etc.)				
RESISTENZA*	Estr. Deb.	Molto Deb.	Debole	Med. Res.	Resistente	Molto Res.	Estr. Res.		
	Sbriciola a mano	Sbriciola con martello	Difficile da sbriciolare con martello	Frattura con 1 colpo martello	Frattura con pochi colpi martello	Frattura con molti colpi martello	Scheggiata dal martello		
BLOCCHI	DIMENSIONE MEDIA:		FORMA: Cubo Romboedro Tetraedro Prisma (equil/barra/piastra)						
Piano affioramento	Giacitura			Altezza (m)		Larghezza (m)			
Linea di scansione	Giacitura (verticale/ orizzontale)					Lunghezza (m)			
SPAZIATURA MODALE (cm) (TOTALE DELL'AFFIORAMENTO)									
PERSISTENZA MODALE (m) (TOTALE DELL'AFFIORAMENTO)									
NUMERO DI SISTEMI DI DISCONTINUITA'									
PARAMETRI (VALORI MODALI PER CIASCUN SISTEMA)									
SIST.	TIPO ¹	GIAC.	SPAZ. ²	PERS. ³	APERT. ⁴	RIEMPIM. ⁵	RUGOS. ⁶	ALTER. ⁷	ACQUA ⁸
1									
2									
3									
4									
5									
ZONE DI TAGLIO		Orientazione (imm/incl)							
		Uniforme matrice% breccia % vena				a più strati matrice % breccia % vena			

* ISRM 1978

1. 0-zona di faglia; 1-faglia; 2-giunto; 3-clivaggio; 4-scistosità; 5-taglio; 6-vena; 7-trazione; 8-foliazione; 9-stratificazione; 10-stilolite.

2. in centimetri

3. in metri

4. in millimetri

5. I=incoerente; C=coesivo inattivo; S=coesivo rigonfiante; Cm=cementato; Ca=calcite; Q=quarzo; T=talco; G-gesso

6. planare (rugoso/liscio/striato); ondulato (rugoso/liscio/striato); seghettato (rugoso/liscio/striato)

7. I=inalterata; D=decolorata; A=completamente alterata (decomposta)

8. 0=asciutta; 1-umida; 2-gocce; 3-flusso

SCHEDA COLATE

Da compilare per ogni area omogenea

Pendenza media (°)					
Granulometria modale					
Percentuale di limo e argilla nel sedimento					
Presenza di livelli a granulometria fine					
Spessore medio (m)					
Altezza H (da inserire in formula di Govi <i>et al.</i> , 1985) (m)					
Caratteristiche geotecniche del terreno		Angolo di attrito (°)			
		Coesione (kPa)			
Profondità della falda acquifera (m)					
Portata sorgenti principali (l/s)					
Vegetazione		Assente			
		Erbacea			
		Arbustiva			
		Di alto fusto			
Sintomi di attivazione		Fratture aperte nel terreno			
		Rigonfiamenti in terreno o muri			
		Vegetazione d’alto fusto inclinata			
		Erosione accelerata al piede			
		Erosione laterale			

SCHEDA CONOIDI

Id conoide		Data compilazione		Rilevatore	
Nome località			Nome torrente		
Comuni			Provincia		
C.T.R.					

Dati morfometrici della conoide					
Superficie (km ²)			Larghezza max (m)		
Volume (m ³)			Pendenza media (%)		
Quota massima (m slm)			Pendenza media alveo (%)		
Quota minima (m slm)			Lunghezza alveo (m)		
Lunghezza max (m)			Indice di Melton		

Dati morfometrici del bacino					
Superficie (km ²)			Pendenza media alveo princip.(%)		
Quota minima (m slm)			Lunghezza tot. rete idrografica(km)		
Quota massima (m slm)			Densità di drenaggio (km/km ²)		
Lunghezza alveo principale (km)			Indice di Melton		

				FOTO			
Dimensione max del materiale (m ³)	apice			Presunta migrazione del canale attivo	sin-centro	sin-dx	dx-sin
	zona mediana				dx-centro	centro-dx	centro-sin
	zona distale						
Sviluppo del collettore rispetto all'apice		bisettrice		Dinamica dell'alveo			
		destra		Apice	Mediana	Distale	
		sinistra					approfondimento
Caratteristiche della soglia	in roccia						equilibrio
	in materiale incoerente						innalzamento
	mista						
Presenza di uno o più paleoalvei	si			Caratteristiche dell'apice			
	no			Pendenza tratto a monte (%)			
				Pendenza tratto a valle (%)			

Caratteristiche del canale attivo sul conoide											
	FOTO	Apice	FOTO	Zona mediana	FOTO	Zona distale					
canale poco inciso											
canale inciso											
canale pensile											
canale pensile per intervento antropico											
canale regimato con opere di difesa											
torrente canalizzato e/o impermeabilizzato											
alveo tombinato											
canale assente											

[illegible]

Note:

ISTRUZIONI PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA CONOIDI

PRINCIPALE

- *Id conoide* – indicare un numero di riferimento progressivo (campo obbligatorio)
- *Nome torrente* – indicare sempre il nome del torrente che da origine alla conoide (campo obbligatorio)
- *Data di compilazione* – indicare la data della compilazione della scheda (campo obbligatorio)
- *Rilevatore* - indicare il nome della persona che ha raccolto i dati
- *Nome località* – indicare la località più vicina alla conoide (presa dalla Carta Tecnica Regionale, CTR, scala 1:10.000) e/o il nome locale del luogo (campo obbligatorio)
- *Comuni* – nome del Comune o Comuni che contengono la conoide
- *Sezioni CTR (cod sezione)* – indicare la sigla della/e sezione della Carta Tecnica Regionale scala 1:10000

CONOIDE

- *Superficie (Km²)* – indicare la superficie totale dell’area della conoide in chilometri quadrati
- *Volume (m³)* – indicare il volume, in metri cubi, del materiale costituente la conoide
- *Lunghezza max (m)* - indicare la lunghezza (distanza longitudinale) massima in pianta della conoide, in metri
- *Larghezza max (m)* – indicare la larghezza (distanza trasversale) massima in pianta della conoide, in metri
- *Quota min (m s.l.m.)* – indicare la quota minima s.l.m. della conoide
- *Quota max (m s.l.m.)* – indicare la quota massima s.l.m. della conoide, coincidente con l’apice
- *Lunghezza alveo (m)* – indicare la lunghezza in pianta dell’alveo nel tratto contenuto all’interno della conoide
- *Pendenza media* – indicare la pendenza media, in percentuale, del conoide, misurata preferibilmente sulla bisettrice
- *Pendenza media alveo* – indicare la pendenza media, in percentuale, del corso d’acqua generatore del conoide
- *Indice Melton* – indicare il valore ottenuto calcolando l’indice di Melton dato dal rapporto tra la differenza tra quota massima e minima (H_{max}, H_{min}), espresse in chilometri, della conoide e la radice quadrata dell’area (A) della conoide, espressa in chilometri quadrati (H_{max}-H_{min}/A^{1/2})
- *Dimensione materiale apice (mc)* – indicare la dimensione massima, in metri cubi, del materiale presente nella zona apicale della conoide
- *Dimensione materiale sett. mediano (mc)* – indicare la dimensione massima, in metri cubi, del materiale presente nel settore mediano della conoide
- *Dimensione materiale zona distale (mc)* – indicare la dimensione massima, in metri cubi, del materiale presente nella zona distale della conoide
- *Presunta migrazione del canale attivo* – indicare, se è presente, il presunto movimento del canale attivo considerando la posizione di partenza e quella possibile d’arrivo: centro-destra, centro-sinistra, destra-centro, destra-sinistra, sinistra-centro, sinistra-destra
- *Dinamica dell’alveo* – indicare lo stato dinamico dell’alveo del corso d’acqua: approfondimento, equilibrio, innalzamento
- *Presenza di paleoalvei* - indicare la presenza di evidenti alvei relitti sulla conoide
- *Canale apice* – indicare la situazione attuale del canale nella zona apicale della conoide in base alle seguenti indicazioni: canale poco inciso, canale inciso, canale pensile, canale pensile per interventi, canale regimato con opere
- *Canale settore mediano* - indicare la situazione attuale del canale nella zona mediana della conoide in base alle seguenti indicazioni: canale poco inciso, canale inciso, canale pensile, canale pensile per interventi, canale regimato con opere
- *Canale zona distale* - indicare la situazione attuale del canale nella zona distale della conoide in base alle seguenti indicazioni: canale poco inciso, canale inciso, canale pensile, canale pensile per interventi, canale regimato con opere
- *Sviluppo alveo* – indicare la posizione del canale: lungo la bisettrice, verso destra, verso sinistra
- *Pendenza tratto monte apice* – indicare la pendenza media dell’alveo a monte dell’apice espressa in percentuale, misurato su un tratto di 200-500 m, in base alle caratteristiche morfologiche del luogo
- *Pendenza tratto valle apice* – indicare la pendenza dell’alveo a valle dell’apice espressa in percentuale
- *Caratteristiche soglia* – indicare la tipologia del materiale che costituisce la soglia: roccia, mista, materiale incoerente

OPERE CONOIDE

- *Id opera* – indicare il numero progressivo per ogni opera presente sulla conoide
- *Tipo opera* – indicare il tipo di opera presente sulla conoide: briglia, soglia, difesa spondale, scogliera, argine, repellente, vasca ad espansione (m³), tombinatura
- *Quota* - indicare la quota, in metri s.l.m., cui è posizionata l’opera sulla conoide. Per le difese spondali in genere, indicare la quota massima.
- *Efficiente* – indicare se l’opera si presenta in condizioni di efficienza.
- *Lunghezza* - indicare, per le opere rettilinee longitudinali, la lunghezza della parte di opera efficiente e quella inefficiente, in modo tale che la loro somma coincida con la lunghezza totale dell’opera stessa.. Es: argine di lunghezza totale di m 500 di cui 300 m efficienti e 200 m non efficienti. Nella scheda si indica:

Argini		quota (m)	
		lunghezza(m)	300 E
		lunghezza(m)	200 I

BACINO

- *Id bacino* – indica il numero progressivo dei bacini corrispondenti alle conoidi (in genere l'id conoide coincide con l'id bacino)
- *Superficie bacino (Km^2)* – indicare la superficie totale dell'area, in chilometri quadrati
- *Quota min (m)* – indicare la quota minima s.l.m. del bacino
- *Quota max (m)* – indicare la quota massima s.l.m. del bacino
- *Quota media (m)* – indicare la quota media, tra quella massima e minima, del bacino
- *Lunghezza alveo principale (Km)* – indicare la lunghezza, in pianta, del corso d'acqua principale del bacino
- *Pendenza media alveo principale (%)* – indicare la pendenza media, in percentuale, del corso d'acqua principale del bacino
- *Lunghezza totale rete idrografica (Km)* – indicare la somma totale del reticolo idrografico
- *Densità di drenaggio (Km/Km^2)* – indicare il rapporto tra la lunghezza totale della rete idrografica (Km) e la superficie totale del bacino (Km^2)
- *Indice Melton* – indicare il valore ottenuto calcolando l'indice di Melton sul bacino, dato dal rapporto tra la differenza tra quota massima e minima (H_{max} , H_{min}), espresse in chilometri, del bacino e la radice quadrata dell'area (A) del bacino, espressa in chilometri quadrati ($H_{max}-H_{min}/A^{1/2}$)

OPERE BACINO

- *Id opera bacino* – indicare il numero progressivo delle opere presenti sul bacino
- *Tipo opera* - indicare il tipo di opera presente sul bacino: briglia, soglia, traversa, difesa spondale, scogliera, argine, repellente, vasca ad espansione (m^3), tombinatura
- *Quota (m)* - indicare la quota, in metri s.l.m., a cui è posizionata l'opera sul bacino. Per le difese spondali in genere, indicare la quota massima
- *Efficiente* – indicare se l'opera si presenta in condizioni di efficienza
- *Lunghezza (m)* - indicare, soprattutto per le opere rettilinee longitudinali, la lunghezza totale dell'opera stessa in metri

PUNTI CRITICI

- *Id critico* – indicare il numero progressivo dei punti critici (vd. "Tipo Punto") presenti sulla conoide
- *Tipo punto* – indicare la tipologia del punto critico sulla conoide tra le seguenti possibilità: ponti, attraversamenti; briglie, opere idrauliche; sezioni obbligate/ristrette, curve; superamenti di argine; rotture di argine
- *Quota (m)* - indicare la quota, in metri s.l.m., del punto critico sulla conoide

EVENTI STORICI

- *Id punti* – indicare il numero progressivo di ogni punto in cui si è verificato un fenomeno di dissesto idrogeologico. Lo stesso evento alluvionale può interessare più punti; ad esempio: il ponte a quota ..., le case in località ..., la strada a km... Tutti questi "punti" devono essere riportati singolarmente sulla scheda.
- *Localizzazione* – indicare il punto esatto o più prossimo al luogo in cui è avvenuto l'evento
- *Attendibilità* – indicare rispettivamente alta, media o bassa se la localizzazione indica rispettivamente un punto preciso, approssimato (<500m) od indicativo (>500m)
- *Data evento* – inserire la data dell'evento secondo la completezza dell'informazione (giorno, mese, anno – mese, anno – anno)
- *Tipo danni* – inserire il danno subito, relativo ad un luogo ed a un dato evento, compreso nelle seguenti categorie: centro abitato; case sparse; scuole, ospedali; strada statale; strada provinciale; strada comunale; carrozzabile non asfaltata, ferrovia; ponti; linee elettriche, telefoniche; opere di regimazione idrogeologica; impianti industriali; acquedotti, fognature; feriti; vittime; danni generici
- *Tipo fenomeno* – indicare il tipo di fenomeno verificatosi in quell'evento, se si tratta di colate detritiche (debris flow), colate torrentizie (debris torrent) oppure prevalenti portate liquide (bed load).

INTERVENTI

- *Elenco interventi* – indicare gli interventi consigliati sulla conoide e sul bacino: briglie, soglie, difesa spondali, scogliere, argini, repellenti, vasca ad espansione, gabbionate, pulizia alveo, impermeabilizzazione alveo, demolizioni, delocalizzazione infrastrutture, sistemazione frana in atto, briglie selettive, consolidamento briglie esistenti.

IMMAGINI

Inserire le immagini.

NOTE

Indicare ogni informazione suppletiva ed esplicativa ritenuta utile.

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE ESONDAZIONI STORICHE *

1. DATI GENERALI

n. di riferimento (1)		Data evento		Fonte dati (2)		Attendibilità (3)	
Località			Sezione/i CTR				
Comune			Coordinate Gauss-Boaga da CTR (4)				
Codice ISTAT			Coordinata x		Coordinata x		
Provincia			Coordinata y		Coordinata y		
Comunità Montana			Riferimento cartografia		PSFF-Sez.	PAI – Sez.	
Bacino idrografico			Tratto fasciato (5)		SI	NO	
Sottobacino							

2. DESCRIZIONE EVENTO

Cause (6)							
Altri eventi di esondazione in corrispondenza del tratto in oggetto (7)	SI		NO		Riferimento (8)		
Dissesti di sponda o di versante avvenuti in corrispondenza del tratto in oggetto (7)	SI		NO		Riferimento (8)		
Superficie interessata Km² totali	Superficie interessata in destra idrografica Km²					Portata stimata	
	Superficie interessata in sinistra idrografica Km²						
Danni ad opere o manufatti							
Elementi a rischio (9)						n. persone coinvolte	

3. TRATTO D'ALVEO INTERESSATO

Descrizione (10)		Lunghezza m		Dislivello m	
Opere e manufatti presenti (11)					
Eventuali studi, progetti esistenti o interventi eventualmente realizzati (12)					

NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

- * Da compilarsi per tutti gli eventi conosciuti
1.

Il numero di riferimento deve indicare cronologicamente i diversi eventi verificatisi nel territorio di interesse;
2.

indicare la provenienza dei dati e delle informazioni, per esempio: archivi (comunali o di altri Enti), rilevamento diretto, testimonianze, ecc..;
3.

indicare il grado di attendibilità delle informazioni riportate in: alta, media, bassa;
4.

andranno riportate le coordinate di monte e di valle del tratto interessato dall' esondazione;
5.

indicare se il tratto interessato è compreso all'interno delle fasce fluviali del PSFF o del PAI barrando la casella corrispondente;
6.

per es. precipitazioni di breve durata e forte intensità, precipitazioni di lunga durata, rotture d'argine, dissesti ecc...
7.

barrare la casella corrispondente;
8.

riportare i riferimenti ad altra scheda o ad altro tipo di informazione;
9.

indicare gli elementi a rischio, per esempio: centri abitati, nuclei abitati o case sparse, attività economiche, strade, ferrovie, infrastrutture di servizio ecc..;
10.

descrivere sinteticamente le caratteristiche principali dell'alveo, per esempio: arginato, inciso, con alluvionamenti, pensile, anastomizzato, ecc;
11.

descrivere il tipo di opere e/o manufatti presenti indicandoli anche nella cartografia allegata;
12.

riportare i riferimenti ed una eventuale descrizione sintetica.

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DEI POZZI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n. di riferimento e denominazione (1)	
Località	
Comune	
Provincia	
Sezione CTR	
Coordinate chilometriche Gauss Boaga (da CTR)	<div> <div>Latitudine</div> <div>Longitudine</div> </div>
Quota (m s.l.m.)	
Profondità (m da p.c.)	

UBICAZIONE POZZO (STRALCIO CTR)	

2 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

Proprietario	
Ditta Esecutrice	
Anno	
Stato	
Attivo	
Disuso (2)	
Cementato	
Altro	
Tipologia utilizzo (3)	
Portata estratta (mc/a e lt/sec)	

SCHEMA DI COMPLETAMENTO						
Tubazioni (4)						
Tubazione n.	Diametro mm	da m	a m	Filtri	da m	a m
Setti impermeabili (5)						
Tipo		da m	a m			

3 – STRATIGRAFIA

5 – SERIE STORICHE SOGGIACENZA E PARAMETRI IDROGEOLOGICI (6)

6 - IDROCHIMICA (7)

7 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (8)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)					
geometrico		temporale		idrogeologico	
data del provvedimento di autorizzazione					

NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

1. Nel caso all’opera sia già stata attribuito un codice, si chiede di riportarlo senza modificarlo, altrimenti si può procedere a assegnare una nuova numerazione
2. Disuso: si intende che il pozzo non è utilizzato, ma non è stato regolarmente sigillato
3. Potabile, Industriale, Agricolo, misto, altro
4. Indicare il numero delle tubazioni installate ed i rispettivi diametri
5. Indicare il tipo e la profondità dei setti impermeabili installati
6. Allegare tutti i dati disponibili relativi a prove di pompaggio e relativa interpretazione (con indicazione della portata critica), misurazioni dei livelli statici e dinamici (chiaramente datati), qualsiasi dato che aiuti a quantificare le caratteristiche degli acquiferi filtrati
7. Indicare (citandone le fonti) le caratteristiche idrochimiche degli acquiferi filtrati ed allegare i referti di analisi chimiche disponibili
8. Indicare accanto al tipo di metodo utilizzato per la delimitazione gli estremi dell’autorizzazione rilasciata dall’Ente competente (se presente)

SCHEDA PER IL CENSIMENTO DELLE SORGENTI

1 - DATI IDENTIFICATIVI

n° di riferimento e denominazione (1)		
Località		
Comune		
Provincia		
Sezione CTR		
Coordinate chilometriche italiane (da CTR)		Latitudine
Quota (m da p.c.)		Longitudine

UBICAZIONE SORGENTE (STRALCIO CTR)

2 - DATI FISICI CARATTERISTICI DELLA SORGENTE

Tipo di emergenza	
Localizzata	
Diffusa	
Fronte sorgivo	
Regime	
Perenne	
Secca stagionalmente	
Secca eccezionalmente	
Stato	
Captata	
Non captata	

3 - DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA DI PRESA

Tipologia di utilizzo (2)	
Portata utilizzata mc/a	
Utilizzatore	

4 – QUADRO GEOLOGICO

5 - DATI CHIMICO-FISICI (3)

6 – PERIMETRAZIONE DELLE AREE DI SALVAGUARDIA (4)

CRITERI DI PERIMETRAZIONE (AREA DI RISPETTO)			
geometrico		idrogeologico	

NOTE ESPLICATIVE PER LA COMPILAZIONE DELLA SCHEDA

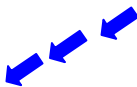




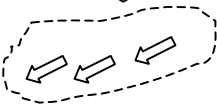








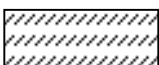


1. Nel caso alla sorgente sia già stata attribuito un codice, si chiede di riportarlo senza modificarlo, altrimenti si può procedere ad assegnare una nuova numerazione
2. Potabile, Industriale, Agricolo, misto, altro (indicare quale)
3. Indicare (citandone le fonti) le caratteristiche chimico-fisiche dell’acqua degli acquiferi filtrati ed allegare i referti delle analisi disponibili e le serie storiche delle misurazioni di portata
4. Indicare accanto al tipo di metodo utilizzato per la delimitazione gli estremi dell’autorizzazione rilasciata dall’Ente Competente (se presente)

LEGENDA CARTE DI INQUADRAMENTO E DI DETTAGLIO

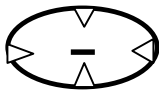
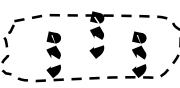


1. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLA GRAVITA'

	Attivo (rosso)	Quiescente (blu)	Inattivo (verde)
Frane (1)			
Nicchia	<div><div>01CRar</div></div>		
Zona di scorrimento			
Zona di accumulo			
Parete origine di crolli diffusi di singoli di massi			
Frana non fedelmente cartografabile			
Area a franosità diffusa (2) (rosso)			
Trincea (rosso)			
Contropendenza (nero)			
Area in sprofondamento (3) (nero)			
Area interessata da soliflusso (nero)			
Area interessata da deformazioni gravitative profonde (4) (nero)			
Area interessata da rotolamento di blocchi (5) (nero)			
Cono di detrito			
Deposito detritico (nero)			
Deposito di versante			

2. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALLE ACQUE SUPERFICIALI

	Attivo (rosso)	Quiescente (blu)	Inattivo (verde)
Erosione in alveo (blu)			
Alveo in sovralluvionamento (blu)			
Ruscellamento diffuso (nero)			
Ruscellamento concentrato (nero)			
Scomparsa di torrenti (6) (nero)			
Area in erosione accelerata (7) (nero)			
Cedimenti spondali lacustri (8) (nero)			
Conoide alluvionale			
Conoide detritico torrentizio (o misto)			
Accumulo di debris flow (blu)			
Deposito alluvionale o fluvio-glaciale (nero)			
Deposito alluvionale terrazzato (nero)			
Deposito di conoide pedemontana (nero)			

3. FORME E PROCESSI LEGATI AL CARSISMO

Dolina (nero)	
Area con campi solcati (nero)	
Grotta (nero)	
Planimetria di cavità vicino alla superficie (nero)	







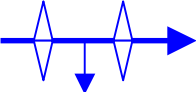
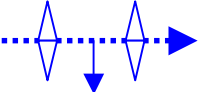
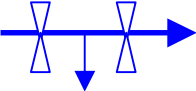
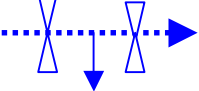





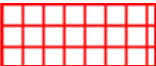
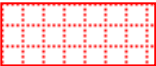
4. FORME, PROCESSI E DEPOSITI LEGATI ALL'ATTIVITA' GLACIALE E NIVALE

	Attivo (rosso)	Quiescente (blu)	Inattivo (verde)
Cordone morenico			
Canalone di valanga			
Conoide di valanga			
Area di permafrost (nero)			
Rock glacier			
Deposito glaciale (nero)			
Deposito lacustre o glaciolacustre (nero)			
Deposito eolico (nero)			

ELEMENTI LITOLOGICI

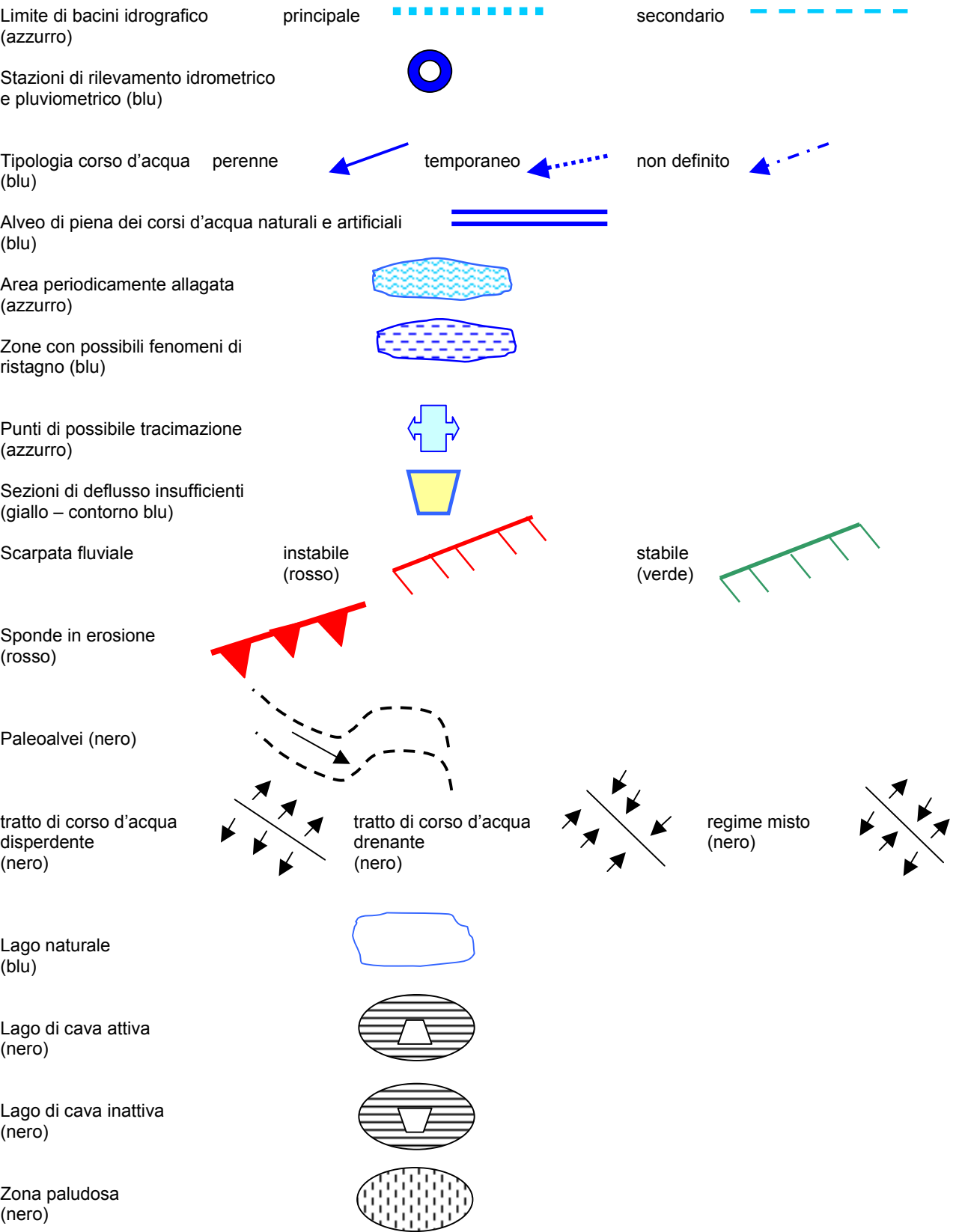
Massi		Torbe	
Ciottoli		Terreni organici	
Ghiaia		Depositi cementati	
Sabbia		Cataclasiti (grigio)	
Limo		Miloniti (nero)	
Argilla			

ELEMENTI STRUTTURALI

Frattura (azzurro)	osservata		ipotizzata	
Faglia (rosso)	osservata		ipotizzata	
Sovrascorrimento (rosso)	osservato		ipotizzato	
Traccia di superficie assiale di antiforme (blu)	osservata		ipotizzata	
Traccia di superficie assiale di sinforme (blu)	osservata		ipotizzata	
Strati o scistosità inclinata (nero)				
Strati rovesciati (nero)				
Strati o scistosità orizzontale (nero)				
Strati o scistosità verticale (nero)				
Roccia molto fratturata* (rosso)				
Roccia fratturata* (rosso)				
Roccia massiccia* (rosso)				

ELEMENTI IDROLOGICI, IDROGRAFICI E IDROGEOLOGICI

IDROLOGICI E IDROGRAFICI



IDROGEOLOGICI

Limite di bacino idrogeologico (verde) riconosciuto probabile - - - - -

Caratteristiche degli acquiferi (verde)

Isopieze (distinguendo la tipologia della falda)

40

Direzione e verso di falda libera

riconosciuto

probabile

Direzione e verso di scorrimento di falda in pressione e sistemi multifalda

riconosciuto

probabile

Area con presenza di falde sospese

Sorgenti, Pozzi e Fontanili

Sorgenti captate (viola)
(descrivere il tipo e l'utilizzo
contrassegnando la sorgente con un
numero o una sigla)

Sorgenti non captate (verde)

Pozzo pubblico per uso idropotabile (viola)

Pozzi pubblici e privati per utilizzi diversi (specificare il tipo di utilizzo)
(verde)

Fascia di rispetto di pozzi e sorgenti (nero)
specificare il criterio di delimitazione

Fontanile (verde)

Fascia dei fontanili (verde)

NOTE

* con l'asterisco sono indicati gli elementi da riportare solo nelle carte di dettaglio

1) Ad ogni frana andrà associato un codice alfanumerico (es. 012CRr) composto da : numero progressivo, tipologia del movimento e tipo di materiale come da tabella sottostante

000.	Numero progressivo
	TIPOLOGIA DEL MOVIMENTO
CR	Crollo
RB	Ribaltamento
SV	Scivolamento
EL	Espansione laterale
SC	Scivolamento-colata
CO	Colata
	TIPO DI MATERIALE (prima del movimento)
r	Roccia
d	Deposito superficiale a granulometria prevalentemente grossolana
t	Deposito superficiale a granulometria prevalentemente fine
m	Misto

- 2) si intende un'area caratterizzata da diffusi fenomeni di franosità superficiale (scivolamenti, soil slip, etc...);
- 3) delimitare con precisione l'area e specificare in relazione se si tratta di aree in sprofondamento dovute a fenomeni naturali o antropici;
- 4) definire l'area interessata da deformazione gravitativa profonda solo quando ha una chiara evidenza morfologica sul versante;
- 5) si intende un'area in cui possono verificarsi rotolamenti di trovanti presenti in accumuli glaciali per erosione del materiale fine;
- 6) indicare se si tratta di scomparsa per cause naturali o artificiali (tombinature,...)
- 7) si intendono sia le aree calanchive sia quelle zone in cui è evidente una rapida erosione del terreno o della roccia;
- 8) comprendono i fenomeni di cedimento di sponda per variazioni del livello del lago, oppure per erosione dovuta al moto ondoso.

VALORI DEI COEFFICIENTI DI RESTITUZIONE E DI ROTOLAMENTO
DA LETTERATURA (tratti da CROSTA & AGLIARDI, 2000)

Tabella 7.1 – Valori di e (coefficiente di restituzione) e di $tg\delta_r$ (coefficiente di rotolamento) proposti da differenti autori.

Autore, anno	e	$tg\delta_r$
HABIB (1977); PAIOLA (1978); HALLBAUER (1986)	0.50 – 0.60	-
BROILI (1978)	0.75 – 0.80 (roccia)	-
BROILI (1978)	0.20 – 0.35 (detrito)	-
BOZZOLO & PAMINI (1986)	-	0.60 – 1.00
DESCOUEDRES & ZIMMERMANN (1987)	0.40 – 0.85 (normale)	0.30 – 0.50
COCCO (1993)	0.28 – 0.75	0.35 – 0.85

Tabella 7.2 – Valori di e_t , e_n (coefficienti di restituzione tangenziale e normale) e di $tg\delta_r$ (coefficiente di attrito dinamico al rotolamento) proposti da AZZONI et al. (1991).

Natura del substrato	e_t	e_n	$tg\delta_r$
Roccia	0.45 – 0.75	0.45 – 0.75	0.97
Detrito fine	0.66	0.3	0.75
Detrito misto a terra	0.66	0.62	0.39
Detrito grossolano	0.80	1	0.88

Tabella 7.3 – Valori di e_t ed e_n (coefficienti di restituzione tangenziale e normale) proposti da PFEIFFER & BOWEN (1989a, 1989b) e da BARRET et al. (1989).

Natura del substrato	e_t	e_n
Roccia o pavimentazione stradale	0.87 – 0.92	0.37 – 0.42
Roccia intatta con blocchi isolati	0.83 – 0.87	0.33 – 0.37
Detrito a blocchi, scarsa vegetazione	0.82 – 0.85	0.30 – 0.33
Detrito abbondantemente vegetato	0.80 – 0.83	0.28 – 0.30
Pendio in terreno coesivo	0.78 – 0.82	-

Tabella 7.4 – Valori di e (coefficiente di restituzione) e di $tg\delta_r$ (coefficiente di rotolamento) proposti da AZZONI & DE FREITAS (1995).

Natura del substrato	e	$tg\delta_r$
Roccia affiorante	0.85	0.40
Detrito compatto	0.60	0.55
Detrito non compattato	0.40	0.75
Detrito	0.55	0.60
Detrito frammisto a terreno coesivo	0.45	0.60
Materiale coesivo	0.20	0.80
Terreno compattato artificialmente	0.50 – 0.60	0.60

VALORI INDICATIVI DI RESISTENZA AL TAGLIO DI TERRENI NON COESIVI

Tabella 7.5 – Valori tipici di ϕ'_p (angolo d’attrito di picco in termini di sforzi efficaci) per terreni non coesivi.

Terreno	ϕ'_p
Sabbie uniformi a grani arrotondati	27° – 35°
Limi inorganici poco plastici (ML)	27° – 35°
Sabbie più o meno limose	27° – 35°
Sabbie a spigoli vivi	33° – 45°
Ghiaie più o meno sabbiose	30° – 42°
Ghiaie a spigoli vivi (“pietrischi”)	35° – 45° (50°?)

CORRELAZIONI TRA PROPRIETA' INDICE E PARAMETRI DI RESISTENZA
AL TAGLIO DEI TERRENI (Tratti da LANCELLOTTA, 1991)

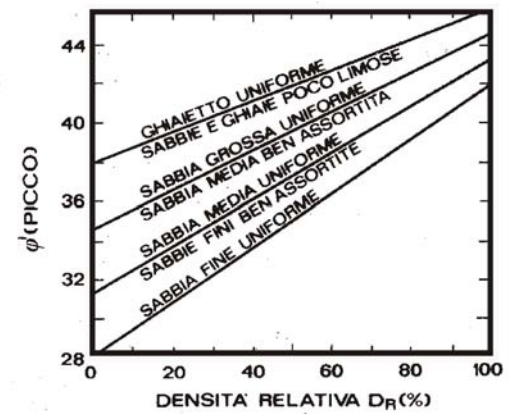


Fig. 7.1 – Valori indicativi dell'angolo ϕ_p (angolo d'attrito di picco in termini di sforzi efficaci) in funzione della densità relativa (D_R) per differenti terreni non coesivi (SCHMERTMANN, 1978).

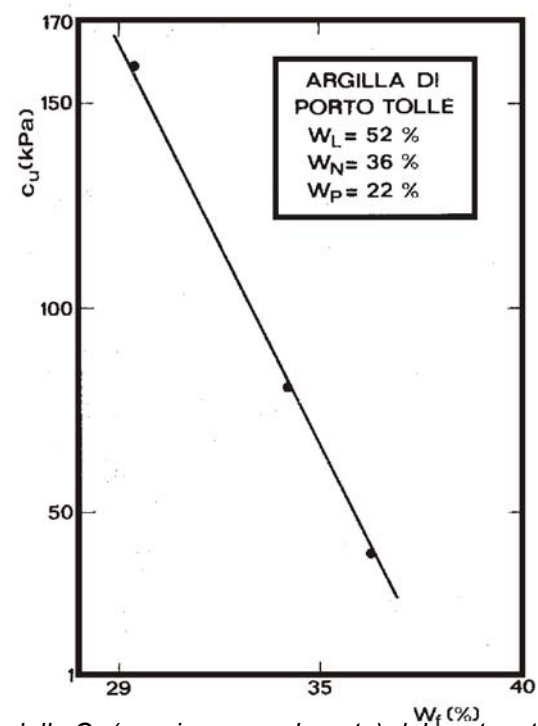


Fig. 7.2 – Dipendenza della C_u (coesione non drenata) dal contenuto d'acqua a rottura (W_f) per terreni coesivi.

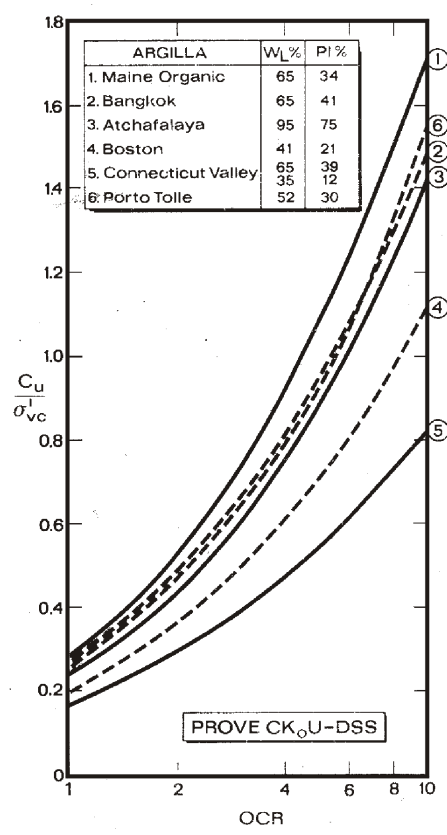


Fig. 7.3 – Variazione della C_u (coesione non drenata) con OCR (grado di sovraconsolidazione) per terreni coesivi (LADD & EDGERS, 1972).

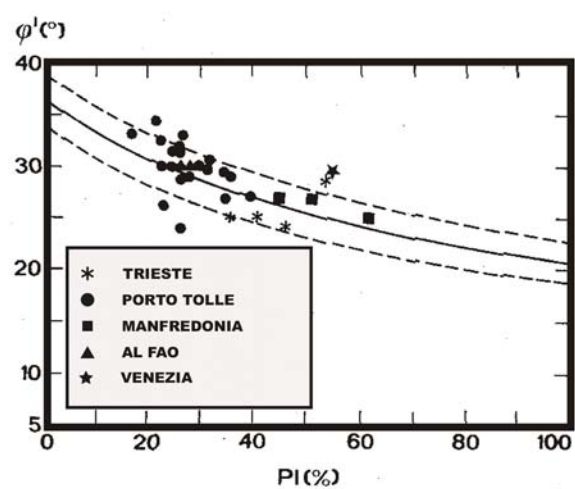


Fig. 7.4 – Valori indicativi dell'angolo ϕ_p (angolo d'attrito di picco in termini di sforzi efficaci) in funzione dell'indice di plasticità (PI) per terreni coesivi normal consolidati (JAMIOLKOWSKI et al., 1979).

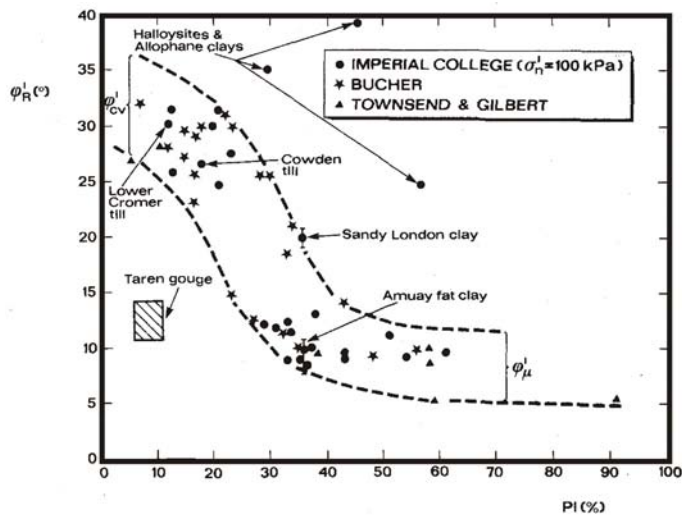


Fig. 7.5 – Variazione dell'angolo ϕ_R^i (angolo d'attrito residuo in termini di sforzi efficaci) in funzione dell'indice di plasticità (PI) per terreni coesivi (LUPINI et al., 1981).

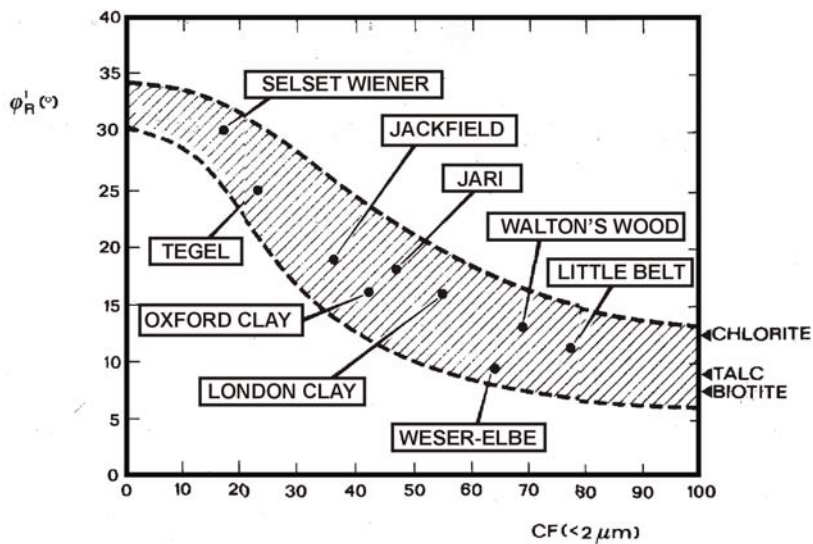


Fig. 7.6 – Variazione dell'angolo ϕ_R^i (angolo d'attrito residuo in termini di sforzi efficaci) in funzione del contenuto di argilla (CF) per terreni coesivi (SKEMPTON, 1964).

**Individuazione dei comuni compresi nella d.g.r. 11 dicembre 2001, n. 7/7365
che non risulta abbiano concluso l'iter di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI**

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
BG	ADRARA SAN MARTINO	non avviato
BG	ADRARA SAN ROCCO	non avviato
BG	ALGUA	non avviato
BG	ALMENNO SAN SALVATORE	non avviato
BG	ALZANO LOMBARDO	non avviato
BG	ARDESIO	in itinere
BG	AVERARA	in itinere
BG	AVIATICO	non avviato
BG	AZZONE	in itinere
BG	BAGNATICA	in itinere
BG	BARZANA	non avviato
BG	BEDULITA	non avviato
BG	BERBENNO	non avviato
BG	BERGAMO	non avviato
BG	BIANZANO	in itinere
BG	BLELLO	non avviato
BG	BONATE SOTTO	non avviato
BG	BOSSICO	non avviato
BG	BRACCA	in itinere
BG	BREMBATE DI SOPRA	in itinere
BG	BREMBILLA	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
BG	BRUMANO	in itinere
BG	CALUSCO D'ADDA	in itinere
BG	CAMERATA CORNELLO	in itinere
BG	CARVICO	non avviato
BG	CASAZZA	in itinere
BG	CASNIGO	in itinere
BG	CASTELLI CALEPIO	in itinere
BG	CASTRO	in itinere
BG	CENATE SOTTO	non avviato
BG	CENE	in itinere
BG	CERETE	non avviato
BG	CHIGNOLO D'ISOLA	in itinere
BG	CHIUDUNO	in itinere
BG	CISANO BERGAMASCO	in itinere
BG	CLUSONE	non avviato
BG	COLZATE	in itinere
BG	CORNA IMAGNA	in itinere
BG	CORNALBA	non avviato
BG	COSTA DI MEZZATE	in itinere
BG	COSTA VALLE IMAGNA	in itinere
BG	COSTA VOLPINO	in itinere
BG	CREDARO	in itinere
BG	CUSIO	non avviato
BG	ENTRATICO	non avviato
BG	FILAGO	non avviato
BG	FIORANO AL SERIO	non avviato

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
BG	FOPPOLO	in itinere
BG	FORESTO SPARSO	non avviato
BG	FUIPIANO VALLE IMAGNA	non avviato
BG	GANDELLINO	in itinere
BG	GANDINO	non avviato
BG	GAZZANIGA	non avviato
BG	GEROSA	non avviato
BG	GORLAGO	in itinere
BG	GORLE	in itinere
BG	GORNO	in itinere
BG	GRASSOBIO	in itinere
BG	GRONE	non avviato
BG	LEFFE	non avviato
BG	LOCATELLO	non avviato
BG	MAPELLO	non avviato
BG	MEDOLAGO	in itinere
BG	MEZZOLDI	in itinere
BG	MONASTEROLO DEL CASTELLO	in itinere
BG	MONTELLO	non avviato
BG	MOZZO	non avviato
BG	OLTRE IL COLLE	non avviato
BG	OLTRESSENDA ALTA	in itinere
BG	ONETA	non avviato
BG	ONORE	in itinere
BG	ORNICA	non avviato
BG	PALAZZAGO	non avviato
BG	PALOSCO	in itinere
BG	PARRE	in itinere
BG	PARZANICA	in itinere
BG	PEIA	in itinere
BG	PIANICO	non avviato
BG	PIARIO	in itinere
BG	PIAZZA BREMBANA	non avviato
BG	PONTE SAN PIETRO	non avviato
BG	PONTE NOSSA	in itinere
BG	PONTERANICA	in itinere
BG	PONTIDA	non avviato
BG	PRESEZZO	in itinere
BG	RANICA	in itinere
BG	RIVA DI SOLTÒ	in itinere
BG	ROGNO	non avviato
BG	RONCOBELLO	in itinere
BG	ROTA D'IMAGNA	in itinere
BG	SARNICO	in itinere
BG	SAN PELLEGRINO TERME	in itinere
BG	SANT'OMOBONO IMAGNA	in itinere
BG	SCANZOROSCIATE	non avviato
BG	SELVINO	non avviato
BG	SERIATE	non avviato
BG	SERINA	non avviato
BG	SOVERE	in itinere
BG	SPINONE AL LAGO	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
BG	STROZZA	in itinere
BG	TALEGGIO	in itinere
BG	TERNO D'ISOLA	in itinere
BG	TORRE BOLDONE	non avviato
BG	TORRE DE' ROVERI	non avviato
BG	VALBONDIONE	in itinere
BG	VALGOGLIO	in itinere
BG	VALLEVE	in itinere
BG	VALNEGRA	non avviato
BG	VALSECCA	non avviato
BG	VEDESETA	in itinere
BG	VERTOVA	non avviato
BG	VIADANICA	in itinere
BG	VIGOLO	non avviato
BG	VILLA D'ALME'	in itinere
BG	VILLA D'OGNA	in itinere
BG	VILLA DI SERIO	in itinere
BG	VILLONGO	non avviato
BG	VILMINORE DI SCALVE	non avviato
BS	ADRO	non avviato
BS	AGNOSINE	non avviato
BS	ANFO	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	ANGOLO TERME	in itinere
BS	ARTOGNE	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	BAGOLINO	non avviato
BS	BARGHE	non avviato
BS	BEDIZZOLE	non avviato
BS	BIENNO	in itinere
BS	BIONE	non avviato
BS	BOTTICINO	in itinere
BS	BOVEGNO	non avviato
BS	BOVEZZO	non avviato
BS	BRAONE	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	BRENO	in itinere
BS	BRESCIA	in itinere
BS	BRIONE	non avviato
BS	CAINO	in itinere
BS	CALVAGESE DELLA RIVIERA	non avviato
BS	CAPRIOLO	in itinere
BS	CAZZAGO SAN MARTINO	non avviato
BS	CEVO	in itinere
BS	CIMBERGO	in itinere
BS	CIVIDATE CAMUNO	in itinere
BS	COCCAGLIO	in itinere
BS	COLLEBEATO	non avviato
BS	CORTENO GOLGI	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
BS	DARFO BOARIO TERME	in itinere
BS	DESENZANO DEL GARDA	in itinere
BS	EDOLO	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	ERBUSCO	non avviato
BS	GARDONE RIVIERA	non avviato
BS	GARGNANO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
BS	GUSSAGO	non avviato
BS	IDRO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
BS	IRMA	non avviato
BS	ISEO	non avviato
BS	LAVENONE	non avviato
BS	LIMONE	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	LODRINO	in itinere
BS	LONATO	in itinere
BS	LOZIO	non avviato
BS	MAGASA	non avviato
BS	MANERBA DEL GARDA	in itinere
BS	MARCHENO	non avviato
BS	MARMENTINO	non avviato
BS	MAZZANO	non avviato
BS	MONNO	non avviato
BS	MONTE ISOLA	in itinere
BS	MONTICELLI BRUSATI	non avviato
BS	MURA	non avviato
BS	NAVE	non avviato
BS	NIARDO	in itinere
BS	NUVOLENTI	in itinere
BS	NUVOLERA	in itinere
BS	ODOLO	in itinere
BS	OME	in itinere
BS	PADENGHE SUL GARDA	in itinere
BS	PAISCO LOVENO	non avviato
BS	PARATICO	non avviato
BS	PASPARDO	in itinere
BS	PASSIRANO	non avviato
BS	PERTICA ALTA	non avviato
BS	PERTICA BASSA	in itinere
BS	PEZZAZE	non avviato
BS	PIAN CAMUNO	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	PIANCOGNO	non avviato
BS	POLAVENO	non avviato
BS	POLPENAZZE DEL GARDA	in itinere
BS	PRESEGLIE	non avviato
BS	PREVALLE	non avviato
BS	PUEGNAGO SUL GARDA	non avviato
BS	REZZATO	in itinere
BS	RODENGO - SAIANO	in itinere
BS	ROVATO	non avviato
BS	SABBIO CHIESE	in itinere
BS	SALE MARASINO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
BS	SALO'	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	SAN FELICE DEL BENACO	non avviato
BS	SAVIORE DELL'ADAMELLO	non avviato
BS	SELLERO	in itinere
BS	SERLE	non avviato
BS	SONICO	in itinere
BS	SULZANO	in itinere
BS	TAVERNOLE SUL MELLA	in itinere

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
BS	TOSCOLANO MADERNO	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter su tutto il territorio
BS	TIGNALE	non avviato
BS	TREVISO BRESCIANO	in itinere
BS	VALVESTINO	in itinere
BS	VESTONE	in itinere
BS	VILLA CARCINA	in itinere
BS	VILLANUOVA SUL CLISI	in itinere
BS	VOBARNO	in itinere
BS	ZONE	non avviato
CO	ALBAVILLA	in itinere
CO	ALBIOLO	non avviato
CO	ALSERIO	in itinere
CO	ALZATE BRIANZA	in itinere
CO	ANZANO DEL PARCO	non avviato
CO	BARNI	non avviato
CO	BENE LARIO	non avviato
CO	BEREGAZZO CON FIGLIARO	in itinere
CO	BINAGO	in itinere
CO	BLESSAGNO	in itinere
CO	BREGNANO	non avviato
CO	BRENNA	in itinere
CO	BULGAROGROSSO	in itinere
CO	CABIALE	in itinere
CO	CADORAGO	non avviato
CO	CAGLIO	non avviato
CO	CAGNO	in itinere
CO	CAMPIONE D'ITALIA	non avviato
CO	CANTU'	non avviato
CO	CARBONATE	non avviato
CO	CARIMATE	in itinere
CO	CARLAZZO	non avviato
CO	CARUGO	in itinere
CO	CASASCO D'INTELLI	in itinere
CO	CASSINA RIZZARDI	non avviato
CO	CASTELNUOVO BOZZENTE	non avviato
CO	CASTIGLIONE D'INTELLI	in itinere
CO	CAVALLASCA	in itinere
CO	CAVARGNA	in itinere
CO	CERANO INTELLI	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
CO	CERMENATE	in itinere
CO	CERNOBBIO	non avviato
CO	CIRIMIDO	non avviato
CO	CIVENNA	in itinere
CO	CLAINO CON OSTENO	in itinere
CO	COMO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
CO	CORRIDO	in itinere
CO	CUSINO	in itinere
CO	DONGO	non avviato
CO	DREZZO	in itinere
CO	ERBA	in itinere
CO	FENEGRO'	in itinere
CO	FIGINO SERENZA	in itinere

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
CO	FINO MORNASCO	non avviato
CO	GIRONICO	non avviato
CO	GRANDATE	in itinere
CO	GRIANTE	in itinere
CO	INVERIGO	non avviato
CO	LAGLIO	in itinere
CO	LAINO	in itinere
CO	LASNIGO	in itinere
CO	LEZZENO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
CO	LIMIDO COMASCO	non avviato
CO	LIPOMO	non avviato
CO	LOCATE VARESINO	in itinere
CO	LONGONE AL SEGRINO	non avviato
CO	LUISAGO	non avviato
CO	LURAGO MARINONE	non avviato
CO	LURATE CACCIVIO	in itinere
CO	MAGREGLIO	non avviato
CO	MARIANO COMENSE	non avviato
CO	MASLIANICO	in itinere
CO	MERONE	non avviato
CO	MOLTRASIO	in itinere
CO	MONGUZZO	non avviato
CO	MONTANO LUCINO	in itinere
CO	MONTORFANO	non avviato
CO	NOVEDRATE	in itinere
CO	OLGIATE COMASCO	non avviato
CO	OLTRONA CON SAN MAMETTE	non avviato
CO	ORSENIGO	in itinere
CO	PARE'	non avviato
CO	PEGLIO	in itinere
CO	PELLIO INTELVI	in itinere
CO	PIGRA	in itinere
CO	POGNANA LARIO	non avviato
CO	PONNA	non avviato
CO	PONTE LAMBRO	in itinere
CO	PROSERPIO	non avviato
CO	RAMPONIO VERNA	in itinere
CO	REZZAGO	non avviato
CO	RONAGO	in itinere
CO	ROVELLASCA	in itinere
CO	SAN BARTOLOMEO VAL CAVARGNA	non avviato
CO	SAN FEDELE INTELVI	in itinere
CO	SAN FERMO DELLA BATTAGLIA	non avviato
CO	SAN NAZZARO VAL CAVARGNA	in itinere
CO	SENNA COMASCO	non avviato
CO	SOLBIATE	non avviato
CO	STAZZONA	non avviato
CO	TAVERNERIO	in itinere
CO	TORNO	in itinere
CO	VAL REZZO	non avviato
CO	VALBRONA	non avviato
CO	VALMOREA	in itinere

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
CO	VELESO	non avviato
CO	VENIANO	non avviato
CO	VERCANA	in itinere
CO	VERTEMATE CON MINOPRIO	non avviato
CO	ZELBIO	non avviato
LC	AIRUNO	in itinere
LC	ANNONE DI BRIANZA	non avviato
LC	BALLABIO	in itinere
LC	BARZAGO	non avviato
LC	BARZANO [*]	non avviato
LC	BOSISIO PARINI	in itinere
LC	BRIVIO	non avviato
LC	BULCIAGO	non avviato
LC	CALCO	non avviato
LC	CALOLZIOCORTE	in itinere
LC	CASARGO	in itinere
LC	CASATENOVIO	non avviato
LC	CASSAGO BRIANZA	in itinere
LC	CASTELLO DI BRIANZA	non avviato
LC	CERNUSCO LOMBARDO	in itinere
LC	CESANA BRIANZA	non avviato
LC	CIVATE	non avviato
LC	COLLE BRIANZA	in itinere
LC	CREMELLA	non avviato
LC	CREMENO	in itinere
LC	DOLZAGO	in itinere
LC	ELLO	in itinere
LC	ERVE	non avviato
LC	ESINO LARIO	non avviato
LC	GARBAGNATE MONASTERO	in itinere
LC	GARLATE	in itinere
LC	IMBERSAGO	non avviato
LC	INTROBIO	in itinere
LC	LIERNA	non avviato
LC	MALGRATE	in itinere
LC	MANDELLO DEL LARIO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
LC	MARGNO	non avviato
LC	MERATE	in itinere
LC	MOGGIO	in itinere
LC	MOLTENO	in itinere
LC	MONTEVECCHIA	non avviato
LC	MONTICELLO BRIANZA	non avviato
LC	NIBIONNO	non avviato
LC	OLIVETO LARIO	in itinere
LC	OSNAGO	in itinere
LC	PAGNONA	non avviato
LC	PARLASCO	in itinere
LC	PEREGO	non avviato
LC	PERLEDO	non avviato
LC	PESCATO	non avviato
LC	ROGENO	in itinere
LC	ROVAGNATE	in itinere

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
LC	SIRONE	non avviato
LC	SUELLO	non avviato
LC	TORRE DE` BUSI	non avviato
LC	VARENNA	in itinere
LC	VERCURAGO	non avviato
LC	VERDERIO INFERIORE	non avviato
LC	VERDERIO SUPERIORE	non avviato
MI	ALBIATE	non avviato
MI	BARLASSINA	in itinere
MI	BESANA IN BRIANZA	non avviato
MI	BRIOSCO	non avviato
MI	CAMPARADA	non avviato
MI	CARNATE	non avviato
MI	CORNATE D`ADDA	in itinere
MI	CORREZZANA	non avviato
MI	GIUSSANO	in itinere
MI	LESMO	non avviato
MI	MACHERIO	non avviato
MI	RENATE	non avviato
MI	RONCO BRIANTINO	non avviato
MI	SAN COLOMBANO AL LAMBRO	non avviato
MI	SEVESO	non avviato
MI	SOVICO	non avviato
MI	TREZZO SULL`ADDA	in itinere
MI	TRIUGGIO	in itinere
MI	VAPRIO D`ADDA	non avviato
MI	VEDANO AL LAMBRO	non avviato
MI	VEDUGGIO CON COLZANO	in itinere
MI	VERANO BRIANZA	non avviato
MN	CAVRIANA	non avviato
MN	MONZAMBANO	in itinere
MN	PONTI SUL MINCIO	non avviato
MN	SOLFERINO	non avviato
PV	ARENA PO	in itinere
PV	BAGNARIA	in itinere
PV	BORGIO PRIOLO	non avviato
PV	BORGORATTO MORMOROLO	in itinere
PV	BRALLO DI PREGOLA	in itinere
PV	CALVIGNANO	non avviato
PV	CASTANA	in itinere
PV	FORTUNAGO	non avviato
PV	GODIASCO	in itinere
PV	GOLFERENZO	non avviato
PV	MENCONICO	non avviato
PV	MONTALTO PAVESE	non avviato
PV	MONTEBELLO DELLA BATTAGLIA	in itinere
PV	MONTECALVO VERSIGGIA	in itinere
PV	MONTESEGALE	in itinere
PV	MONTESCANO	in itinere
PV	MORNICO LOSANA	in itinere
PV	OLIVA GESSI	non avviato
PV	PONTE NIZZA	non avviato

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
PV	RETORBIDO	in itinere
PV	ROCCA DE' GIORGI	non avviato
PV	ROCCA SUSELLA	in itinere
PV	ROMAGNESE	in itinere
PV	ROVESCALA	in itinere
PV	SANTA MARGHERITA DI STAFFORA	non avviato
PV	STRADELLA	in itinere
PV	TORRAZZA COSTE	in itinere
PV	TORRICELLA VERZATE	non avviato
PV	VAL DI NIZZA	in itinere
PV	VARZI	non avviato
PV	VOLPARA	in itinere
PV	ZENEVREDO	in itinere
SO	ANDALO VALTELLINO	in itinere
SO	CASPOGGIO	non avviato
SO	CIVO	non avviato
SO	FAEDO VALTELLINO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
SO	PEDESINA	non avviato
SO	PIATEDA	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
SO	POGGIRIDENTI	in itinere
SO	TEGLIO	in itinere
SO	TORRE DI SANTA MARIA	in itinere
SO	TRESIVIO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere su tutto il territorio
SO	VALDISOTTO	in itinere
VA	ANGERA	in itinere
VA	BARASSO	in itinere
VA	BARDELLO	in itinere
VA	BEDERO VALCUVIA	non avviato
VA	BESANO	in itinere
VA	BESOZZO	in itinere
VA	BIANDRONNO	in itinere
VA	BODIO LOMNAGO	in itinere
VA	BREBBIA	in itinere
VA	BREGANO	in itinere
VA	BRINZIO	in itinere
VA	BRISSAGO - VALTRAVAGLIA	in itinere
VA	BRUSIMPIANO	in itinere
VA	BUGUGGIATE	non avviato
VA	CADEGLIANO - VICONAGO	in itinere
VA	CADREZZATE	non avviato
VA	CANTELO	non avviato
VA	CARAVATE	in itinere
VA	CARONNO VARESINO	in itinere
VA	CASALZUIGNO	in itinere
VA	CASSANO VALCUVIA	non avviato
VA	CASTELLO CABIAGLIO	in itinere
VA	CASTELVECCANA	in itinere
VA	CLIVIO	in itinere
VA	COMABBIO	non avviato
VA	CREMENAGA	non avviato
VA	CURIGLIA CON MONTEVIASCO	non avviato
VA	DUMENZA	non avviato

PROVINCIA	COMUNE	SITUAZIONE ITER PAI
VA	DUNO	in itinere
VA	FERRERA DI VARESE	non avviato
VA	GALLIATE LOMBARDO	in itinere
VA	GAVIRATE	in itinere
VA	GAZZADA - SCHIANNO	non avviato
VA	GERMIGNAGA	in itinere
VA	ISPRA	in itinere
VA	LAVENA PONTE TRESA	non avviato
VA	LAVENO MOMBELLO	non avviato
VA	LEGGIUNO	in itinere
VA	LUINO	in itinere
VA	LUVINATE	in itinere
VA	MACCAGNO	Chiuso 5.3 puntuale/in itinere per tutto il territorio
VA	MALGESSO	in itinere
VA	MARCHIROLO	in itinere
VA	MARZIO	in itinere
VA	MASCIAGO PRIMO	in itinere
VA	MERCALLO	in itinere
VA	MESENZANA	Chiuso 5.3 puntuale/non avviato iter per tutto il territorio
VA	MONTEGRINO VALTRAVAGLIA	in itinere
VA	MONVALLE	non avviato
VA	MORNAGO	in itinere
VA	ORINO	in itinere
VA	OSMATE	in itinere
VA	PINO SULLA SPONDA DEL LAGO MAGGIORE	non avviato
VA	PORTO CERESIO	in itinere
VA	PORTO VALTRAVAGLIA	non avviato
VA	RANCIO VALCUVIA	in itinere
VA	RANCO	non avviato
VA	SANGIANO	in itinere
VA	SUMIRAGO	non avviato
VA	TAINO	in itinere
VA	TRADATE	in itinere
VA	TRONZANO LAGO MAGGIORE	non avviato
VA	VARESE	in itinere
VA	VEDDASCA	in itinere
VA	VERGIATE	non avviato
VA	VIGGIU'	non avviato

Criteri per la definizione delle aree di valore paesaggistico e ambientale a spiccata connotazione geologica (geositi)

Definizione di beni geologici

La letteratura di settore sulla tutela dei beni geologici è ormai vasta e diversificata, al punto che la terminologia specialistica presenta elementi di ridondanza e parziale sinonimia. Per maggiore chiarezza si introducono le definizioni dei termini più frequentemente in uso, che vengono utilizzati anche nel testo seguente:

Geosito: oggetto geologico ritenuto meritevole di tutela (WIMBLEDON); elemento geologico riconoscibile come bene geologico qualora ad esso sia possibile associare un valore scientifico, ai fini della comprensione dei processi geologici in atto e/o nei termini dell'esemplarità didattica (PANIZZA, PIACENTE). I geositi trovano una posizione ben definita nella normativa comunitaria, in particolare nella Raccomandazione del Consiglio d'Europa Rec(2004)3 sulla conservazione del patrimonio geologico e delle aree di particolare interesse geologico, adottata dal Comitato dei Ministri il 5 maggio 2004.

Monumento naturale (L.R. 86/83): Elemento di rilevanza ambientale e paesaggistica, con connotazione prevalentemente abiotica. Si deve segnalare il carattere fortemente regionale dell'istituto del monumento naturale, che non trova riscontro nella normativa nazionale e comunitaria ma, d'altra parte, entra a pieno titolo nella categoria delle aree protette lombarde e negli strumenti di pianificazione a scala regionale, provinciale e comunale, come anche nei Piani Territoriali di Coordinamento di Parco.

Riserva naturale (L.R. 86/83): Area naturale individuata ai fini della tutela della biodiversità, nell'esperienza lombarda può presentare una forte caratterizzazione geologica-geomorfologica.

La tutela dei beni geologici in Lombardia: una prospettiva storica

La Lombardia è stata la prima Regione italiana ad elaborare una selezione di siti di interesse naturalistico e geologico da assoggettare a norme di tutela specifica (Regione Lombardia, 1982). Ai 42 "geotopi" individuati in quel primo elenco, che sono stati fatti oggetto di una normativa che si collega direttamente a quella istitutiva delle riserve e monumenti naturali (L.R. 86/83), negli ultimi 10 anni sono andati aggiungendosi altri 14 siti, ripartiti tra le due categorie suddette, per un totale di 56 siti attualmente censiti e normati (Tab. 1).

I geositi e il loro censimento nell'ambito del progetto "Conservazione del Patrimonio Geologico Italiano"

Nato nel 2000 sotto il coordinamento dell'APAT, il Progetto "Conservazione del Patrimonio Geologico Italiano" promuove studi in materia di monumenti geologici, geodiversità e siti di interesse geologico *latu sensu*, recuperando ed omogeneizzando i censimenti realizzati da regioni ed enti locali; l'obiettivo finale è un nuovo censimento su scala nazionale.

Dall'inizio del 2004, a corredo delle attività intraprese in ambito di attuazione del Progetto di Cartografia Geologica Nazionale in scala 1:50 000 (CARG), la Direzione Generale Territorio e Urbanistica della Regione Lombardia ha aderito al Progetto "Conservazione del Patrimonio Geologico Italiano". In tale contesto è stata avviata un'indagine a tappeto che ha comportato l'invio di una scheda inventario a numerosi soggetti, distribuiti in modo il più possibile omogeneo sul territorio, e ripartiti fra uno spettro alquanto diversificato di categorie di enti, che spaziano da musei a università, da comunità montane a istituti del CNR, fino a comprendere amministrazioni locali di vario ordine. Ai fini dell'individuazione dei geositi si è ritenuto utile acquisire i siti di particolare interesse geologico precedentemente vincolati in quanto riserve o monumenti naturali; in prospettiva è prevedibile che l'elenco dei geositi di interesse si estenda, a comprendere situazioni ampiamente consolidate nella conoscenza diffusa del territorio e nella letteratura, oltre eventualmente a siti individuati *ex novo* nel corso dei rilevamenti effettuati in ambito CARG o segnalati dai professionisti nell'ambito degli studi geologici comunali a supporto del PGT.

Aspetti normativi specifici sui geositi: esperienze in ambito di PTCP

Benché ad oggi una normativa nazionale specifica per i geositi non esista, presso l'APAT è attivo un progetto di compilazione dei contributi normativi correlati espressi da enti territoriali di vario ordine. In Lombardia, gli unici atti che contemplino norme specifiche sulla definizione, la vincolistica e le modalità di gestione dei geositi sono state prodotte nell'ambito dei Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale delle Province di Milano, Bergamo e Sondrio.

I PTCP rappresentano, ad un tempo, piani urbanistici territoriali “con finalità di salvaguardia dei valori paesistici e ambientali” (art. 149 d.lgs. 490/1999) e piani di tutela “nei settori della protezione della natura, della tutela dell’ambiente, delle bellezze naturali, delle acque e della difesa del suolo” (art. 57 d.lgs. 112/1998). La loro valenza in termini di conservazione li rende particolarmente idonei al censimento dei geositi, alla loro delimitazione e all’apposizione di norme a loro tutela.

Nonostante una vocazione territoriale apparentemente poco propizia alla geoconservazione, la Provincia di Milano è quella che sino ad oggi ha mosso i passi più decisi nel senso dell’individuazione di geositi assoggettati a tutela specifica. Sono stati inseriti negli ambiti di difesa del suolo del PTCP tre geositi: il masso erratico noto come “Sasso di Guidino” (già individuato come Monumento Naturale con d.g.r. 38948 del 22/05/1984), il cordone morenico di Camparada e gli affioramenti del “Ceppo” *Auct.* (conglomerati alluvionali del Pleistocene) lungo la forra del Fiume Adda all’altezza di Porto d’Adda. I tre geositi, per i quali è stata compilata la scheda inventario, sono assoggettati nelle Norme di Attuazione del PTCP a prescrizioni dirette che vietano “ogni alterazione o manomissione dei geositi e delle aree su cui essi insistono” (art. 52, comma 3, lettera a); inoltre, per essi vengono promosse iniziative di tutela equiparate a quelle che riguardano i Monumenti Naturali. È prevista anche la promozione di interventi per la valorizzazione e la fruizione pubblica dei geositi, nonché il censimento di ulteriori geositi, anche sulla scorta di linee guida appositamente predisposte.

La Provincia di Bergamo, nell’ambito degli “Studi e analisi per il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale”, ha realizzato una carta delle “valenze geologiche”, suddivise in base a motivi di interesse geologico-strutturale, paleontologico, mineralogico, stratigrafico, speleologico, idrogeologico, carsico e glaciologico, per un totale di 176 “geotopi” individuati in via preliminare, unitamente a criteri di valutazione del loro grado di “fragilità”.

La Provincia di Sondrio, nella bozza di PTCP attualmente in discussione (Dicembre 2005), individua 21 “Aree di particolare interesse geolitologico, mineralogico e paleontologico” e un numero ben più elevato di “Aree di particolare interesse geomorfologico”, con specifiche norme di tutela.

Individuazione dei geositi

Nell’individuazione dei geositi si dovrà tenere conto delle sopra richiamate attività conoscitive, attuate e in corso, ad opera di Regione Lombardia e APAT, ma non è esclusa la possibilità di nuove individuazioni che rispondano a criteri di selezione trasparenti, stabiliti da apposite linee guida.

I dati territoriali relativi ai geositi, contenuti nei PGT, saranno implementati in formato digitale nel SIT regionale e condivisi secondo le specifiche di cui alla l.r. 12/05, art. 3, comma 3.

	Nome Sito	Elenco GEOTOPI E BIODIVERSITÀ L.R. 33/77	Elenco Riserve e Monumenti naturali L.R. 86/83	Proposta istituzione Monumento Naturale (art. 24 L.R. 86/83)	Data proposta istituzione	Atto istitutivo	Data istituzione	Categoria	Tipologia	Note iter istitutivo	Rapporti con Rete Natura 2000 (Dir 92/43/CEE e 79/409/CEE)
BG	FONTANILE BRANCALEONE	x	x			D.C.R. 1894	11/10/1984	RISERVA NATURALE	FONTANILE		IT2060013
BG	VALLE DEL FREDDO	x	x			D.C.R. 2015	11/10/1984	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
BG	VALLE BRUNONE			D.G.R. 5140	17/12/1999	D.G.R. 5141	14/02/1994	MONUMENTO NATURALE	SITO PALEONTOLOGICO		
BS	ALTOPIANO DI CARIADEGHE	x	x			L.R.4	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO	RICLASSIFICATA DA RISERVA A MONUMENTO	IT2070018
BS	BUCO DEL FRATE	x	x			D.C.R. 959	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	GROTTA	L'APPROVAZIONE HA MODIFICATO I CONFINI	
BS	IL BALUTON	x	x			D.G.R. 38950	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
BS	MASSO DI ARENARIA ROSSA DEL PERMICO (MASSO DI S.ANTONIO)	X	X			D.G.R. 38953	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
BS	PIRAMIDI DI ZONE	x	x			D.C.R. 1844	15/11/1984	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
BS	SORGENTE FUNTANI'	x	x			D.C.R. 1904	15/11/1984	RISERVA NATURALE	SORGENTE		IT2070019
BS	TORBIERE DEL SEBINO O D'ISEO	x	x			D.C.R. 1846	15/11/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA	MODIFICA CONFINI CON D.C.R. 958 DEL 14/12/1993	IT2070020
BS	VALLE DI BONDO	X	X			D.C.R. 1903	15/11/1984	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOMORFOLOGICO		
BS	INCISIONI RUPESTRI	X	X			D.C.R. 938	15/11/1984	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOMORFOLOGICO		
CO	PIETRA LENTINA	x	x			D.G.R. 38956	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
CO	PIETRA LUNA	x	x			D.G.R. 38958	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
CO	PIETRA NAIROLA	x	x			D.G.R. 38955	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
CO	PIETRA PENDULA	x	x			D.G.R. 38957	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
CO	LAGO DI MONTORFANO	x	x			D.C.R. 1796	15/11/1984	RISERVA NATURALE	LAGO		IT2020004
CO	FONTANA DEL GUERCIO	x	x			D.C.R. 1801	15/11/1984	RISERVA NATURALE	SORGENTE		IT2020008
CO	LAGO DI PIANO	x	x			D.C.R. 1808	15/11/1984	RISERVA NATURALE	LAGO		IT2020001
CO	RIVA ORIENTALE DEL LAGO D'ALSERIO	x	x			D.C.R. 1798	15/11/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2020005
CO	FUNGHI DI TERRA DI REZZAGO			D.G.R. 11584	13/12/2002	D.G.R. 13940	05/02/1995	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		

	Nome Sito	Elenco GEOTOPI E BIOTOP I L.R. 33/77	Elenco Riserve e Monumenti natural I L.R. 86/83	Proposta istituzione Monumento Naturale (art. 24 L.R. 86/83)	Data proposta istituzione	Atto istitutivo	Data istituzione	Categoria	Tipologia	Note iter istitutivo	Rapporti con Rete Natura 2000 (Dir 92/43/CEE e 79/409/CEE)
CO	MONUMENTO NATURALE DELL'ORRIDO DI INVERIGO					DGR 601	28/07/2000	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO	Monumento naturale individuato nel Piano territoriale di coordinamento del Parco Regionale della Valle del Lambro	
CO- LC	SASSO MALASCARPA	x	x			D.C.R. 1967	19/12/1984	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOMORFOLOGICO		IT2020002
CO- SO	PIAN DI SPAGNA LAGO DI MEZZOLA	x	x			D.C.R. 1913	19/12/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2040022
CR	PALATA MENASCIUTTO	X	X			D.C.R. 1178	19/12/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20A0003
CR	BODRIO DELLA CA DE' GATTI			D.G.R. 2886	29/09/1995	D.G.R. 18897	04/10/1996	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
CR	BODRIO DELLA CASCINA MARGHERITA			D.G.R. 2885	29/09/1995	D.G.R. 18895	04/10/1996	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
CR	BODRIO DELLE GERRE			D.G.R. 2887	29/09/1995	D.G.R. 18896	04/10/1996	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
CR	LANCA DI GABBIONETA			D.G.R. 7330	25/03/1986	D.C.R. 1389	15/06/2001	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20A0005
CR	TORBIERE DI MARCARIA			D.G.R. 7333	25/03/1986	D.C.R. 1390	06/08/2002	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20B0005
CR	LANCA DI GEROLE			D.G.R. 2891	29/09/1995	D.C.R. 178	01/08/2003	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		
LC	SASS NEGHER	x	x			D.G.R. 38954	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
LC	SASSO DI PREGUDA	x	x			D.G.R. 38951	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
LO	ADDA MORTA	X	X			D.C.R. 1845	19/12/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2090010
MI	SASSO DI GUIDINO	x	x			D.G.R. 38948	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
MI	FONTANILE NUOVO	x	x			D.C.R. 1799	19/12/1984	RISERVA NATURALE	FONTANILE		IT2050007
MI	SORGENTI DELLA MUZZETTA	x	x			D.C.R. 1800	19/12/1984	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2050009
MN	COMPLESSO MORENICO CASTELLARO LAGUSELLO	x	x			D.C.R. 1738	05/02/1985	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20B0012
MN	PALUDE DI OSTIGLIA	x	x			D.C.R. 1737	05/02/1985	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20B0008
MN	VALLI DEL MINCIO	x	x			D.C.R. 1739	06/02/1985	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT20B0009

	Nome Sito	Elenco GEOTOP E BIOTOP I L.R. 33/77	Elenco Riserve e Monumenti naturali L.R. 86/83	Proposta istituzione Monumento Naturale (art. 24 L.R. 86/83)	Data proposta istituzione	Atto istitutivo	Data istituzione	Categoria	Tipologia	Note iter istitutivo	Rapporti con Rete Natura 2000 (Dir 92/43/CEE e 79/409/CEE)
PV	BOSCHETTO DI SCALDASOLE	x	x			D.C.R. 1734	06/03/1985	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO (DODDO EOLICO)		IT2080008
SO	CASCATE DELL'ACQUAFRAGGIA	x	x			D.G.R. 38947	22/05/1984	MONUMENTO NATURALE	CASCATA		
SO	MARMITTE DEI GIGANTI	x	x			D.C.R. 1803	25/03/1985	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
SO	PALUACCIO DI OGA	x	x			D.C.R. 1795	02/03/1988	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2040015
SO	PIRAMIDI DI POSTALESIO	x	x			D.C.R. 1797	28/07/1988	RISERVA NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
SO	PIAN GEMBRO	X	X			D.C.R. 1180	28/07/1988	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2040025
SO	CAURGA DEL TORRENTE RABBIOSA			D.G.R. 8238	01/03/2002	D.G.R. 10204	06/02/2001	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
VA	PREIA BUIA	x	x			D.G.R. 38952	11/10/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
VA	SASSO CAVALLACCIO	x	x			D.G.R. 38949	11/10/1984	MONUMENTO NATURALE	MASSO ERRATICO		
VA	LAGO DI GANNA	x	x			D.C.R. 1856	31/05/1989	RISERVA NATURALE	LAGO		IT2010001
VA	PALUDE BRABBIA	x	x			D.C.R. 1855	31/05/1989	RISERVA NATURALE	ZONA UMIDA		IT2010007
VA	LAGO DI BIANDRONNO	x	x			D.C.R. 1857	14/12/1993	RISERVA NATURALE	LAGO		IT2010006
VA	FORRA DELLA VAL GANNA					L.R. 13	09/04/1994	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO	Monumento naturale individuato nel Piano territoriale di coordinamento del Parco Regionale del Campo dei Fiori	
VA	ERRATICO DI BRINZIO					L.R. 13	09/04/1994	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
VA	MARMITTE DEI GIGANTI DEL TORRENTE VALLONE					L.R. 13	09/04/1994	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		
VA	CASCATA DEL PESEGH					L.R. 13	09/04/1994	MONUMENTO NATURALE	FENOMENO GEOFORFOLOGICO		

**DICHIARAZIONE SOSTITUTIVA DELL'ATTO DI NOTORIETA'
(Art. 47 D.P.R. 28 dicembre 2000, n. 445)**

II/I sottoscritto/i

nata/o a il
residente in via n.
iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione n.
incaricato/i dal Comune di (prov.) con Det./Del. n. del

III/I sottoscritto/i

nata/o a il
residente in via n.
iscritto all'Ordine degli Ingegneri¹ della Provincia di n.
incaricato/i dal Comune di (prov.) con Det./Del. n. del

☐ di redigere lo studio relativo alla componente geologica del Piano di Governo del Territorio² ai sensi dei "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12"

☐ di aggiornare lo studio geologico comunale vigente³ realizzato nell'anno..... da relativamente ai seguenti aspetti:

☐ analisi sismica;

☐ estensione/revisione carta dei vincoli

☐ estensione/revisione carta di sintesi

☐ estensione/revisione carta di fattibilità e relativa normativa

☐ altro

☐ di redigere uno studio geologico parziale a supporto di variante urbanistica o strumento di pianificazione negoziata (di cui all'art. 25, comma 1 della l.r. 12/05⁴);

☐ di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi degli allegati 2 e 3 dei citati criteri;

☐ di realizzare uno studio parziale di approfondimento/integrazione ai sensi dell'allegato 4 dei citati criteri;

consapevole che in caso di dichiarazione mendace sarà punito ai sensi del Codice Penale secondo quanto prescritto dall'art. 76 del succitato D.P.R. 445/2000 e che, inoltre, qualora dal controllo effettuato emerga la non veridicità del contenuto di taluna delle dichiarazioni rese, decadrà dai benefici conseguenti al provvedimento eventualmente emanato sulla base della dichiarazione non veritiera (art. 75 D.P.R. 445/2000);

DICHIARA

☐ di aver redatto lo studio di cui sopra conformemente ai "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12", affrontando tutte le tematiche e compilando tutti gli elaborati cartografici previsti;

☐ di aver consultato ed utilizzato come riferimento i dati e gli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale e presso gli archivi cartacei delle Strutture Regionali ;

¹ La presente dichiarazione deve essere sottoscritta dall'Ingegnere incaricato ogni qualvolta venga redatto uno studio di approfondimento ai sensi dell'Allegato 4 dei "Criteri ed indirizzi per la redazione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12".

² in caso di prima realizzazione della componente geologica del PGT.

³ in caso di preesistenza di uno studio geologico del territorio comunale; in questo caso deve essere indicato l'anno e l'autore dello studio preesistente e le tematiche e/o gli ambiti territoriali oggetto di approfondimento.

⁴ Specificare se il comune è provvisto di studio geologico o se è dotato di uno studio che non copre l'ambito di variante.

- ☐ di aver assegnato le classi di fattibilità geologica conformemente a quanto indicato nella Tabella 1 dei citati criteri;
- ☐ oppure
- ☐ di aver assegnato una classe di fattibilità geologica **diversa** rispetto a quella indicata nella Tabella 1 dei citati criteri per i seguenti ambiti:

☐ ambito 1
per i seguenti motivi
.....;

☐ ambito 2
per i seguenti motivi
.....;

☐ ambito 3
per i seguenti motivi
.....;

☐ ambito 4
per i seguenti motivi
.....;

DICHIARA INOLTRE

- ☐ che lo studio redatto propone aggiornamenti ☐ parziali / ☐ globali al quadro del dissesto contenuto nell'Elaborato 2 del PAI ☐ originario / ☐ derivante da una precedente proposta di aggiornamento;
- ☐ che lo studio redatto propone la riperimetrazione dell'area a rischio idrogeologico molto elevato identificata con il n..... nell'Allegato 4.1 del PAI;
- ☐ che non si è resa necessaria la redazione della Carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI (lo studio redatto non propone aggiornamenti al quadro del dissesto contenuto nell'Elaborato 2 del PAI originario in quanto non necessari, oppure, non vengono individuate aree in dissesto);
- ☐ che lo studio redatto propone aggiornamenti ☐ globali / ☐ parziali al mosaico della fattibilità geologica in quanto ☐ prima versione dello studio geologico comunale / ☐ aggiornamento del precedente studio geologico comunale;

ASSEVERA

- ☐ la congruità tra le previsioni urbanistiche del Piano di Governo del Territorio e le classi di fattibilità geologica assegnate considerata la relativa normativa d'uso.

Dichiara infine di essere informato, ai sensi e per gli effetti di cui all'art. 10 della legge 675/96 che i dati personali raccolti saranno trattati, anche con strumenti informatici, esclusivamente nell'ambito del procedimento per il quale la presente dichiarazione viene resa.

.....
(luogo, data)

Il Dichiarante

.....

Ai sensi dell'art. 38, D.P.R. 445 del 28 dicembre 2000, la dichiarazione è sottoscritta dall'interessato in presenza del dipendente addetto ovvero sottoscritta o inviata insieme alla fotocopia, non autenticata di un documento di identità del dichiarante, all'ufficio competente via fax, tramite un incaricato, oppure a mezzo posta.
La mancata accettazione della presente dichiarazione costituisce violazione dei doveri d'ufficio (art. 74 comma D.P.R. 445/2000). Esente da imposta di bollo ai sensi dell'art. 37 D.P.R. 445/2000.