

PGT_ALBINO 2007

ADOTTATO CON DELIBERAZIONE DEL C.C. N°.....DEL
PUBBLICATO CON DELIBERAZIONE DEL C.C. N°.....DEL
APPROVATO CON DELIBERAZIONE DEL C.C. N°.....DEL

Comune di Albino
Provincia di Bergamo
PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
in attuazione dei criteri (D.G.R. 22 dicembre 2005) dell'art. 57 della l.r. 12/2005

RELAZIONE TECNICA ottobre 2007

geologia

MICHELE MARCACCIO GEOLOGO - TECNOGEO
con **MATTEO ROTA GEOLOGO**

coordinamento e progetto

GIORGIO MANZONI ARCHITETTO
MARIO MANZONI ARCHITETTO
CAMILLA ROSSI ARCHITETTO
TOMMASO METTIFOGO ARCHITETTO
con
MIRIAM PERSICO ARCHITETTO
ALESSANDRA FROSIO INGEGNERE

paesaggio

SIMONE ZENONI ARCHITETTO
con **DOTT. LARA ZANGA**

ufficio tecnico

SIMONA VIGANO' ARCHITETTO
segretario generale
DOTT. IMMACOLATA GRAVELLESI
sindaco
DOTT. PIERGIACOMO RIZZI

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA
DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO
COMUNE DI ALBINO
in attuazione dei criteri (D.G.R. 22 dicembre 2005) dell'art. 57 della l.r. 12/2005

RELAZIONE TECNICA

PREMESSA

PARTE 1

1. *QUADRO NORMATIVO GENERALE DI RIFERIMENTO*
2. *I RAPPORTI TRA LA COMPONENTE GEOLOGICA DEL P.G.T. DI ALBINO E LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA (PAI E PTCP)*
3. *CARTA DEI VINCOLI*

PARTE 2

4. *ANALISI DEL RISCHIO SISMICO*
 - 4.1 Risposta sismica locale - Generalità
 - 4.2 Analisi della sismicità del territorio
5. *IL CASO DI ALBINO*
 - 5.1 Introduzione
 - 5.2 Fase di pianificazione: primo livello
 - 5.2.1 Descrizione delle fonti
 - 5.2.2 Descrizione del metodo
 - 5.2.3 Descrizione della carta PSL
 - 5.3 Fase di pianificazione: secondo livello
 - 5.3.1 Descrizione delle fonti
 - 5.3.2 Descrizione del metodo
 - 5.3.2.1 Amplificazioni sismiche morfologiche
 - 5.3.2.2 Amplificazioni sismiche litologiche
 - 5.3.3 Descrizione della carta dei fattori di amplificazione sismica
 - 5.4 Fase di progettazione: terzo livello
 - 5.4.1 Effetti di instabilità
 - 5.4.2 Effetti di cedimenti e/o liquefazioni (non rilevati per il Comune di Albino)
 - 5.4.3 Effetti di amplificazione morfologica e litologica (non rilevati per il Comune di Albino)
 - 5.4.3 Effetti di comportamenti differenziali
6. *CONCLUSIONE*

ALLEGATI

- Schede dello studio sismico di secondo livello (litologiche e morfologiche)
- Indagini meccaniche e sismiche per lo studio sismico di secondo livello
- Ubicazione delle indagini
- Tabella con Fattori di amplificazione e descrizione dei tipi di terreni
- Relazione REMI su tre punti di indagine integrativi e documentazione fotografica
- Richiesta di accesso agli atti della provincia di Bergamo
- Dichiarazione sostitutiva dell'atto di notorietà (art. 47 d.p.r. 28/12/2000 n. 445)

CARTOGRAFIA PRODOTTA

- Carta degli scenari di pericolosità sismica locale (approfondimento di 1° livello)
- Carta dei fattori di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (approfondimento di 2° livello)
- Carta degli scenari in cui si applicano gli approfondimenti di 3° livello

PREMESSA

La fondamentale innovazione, in campo geologico, introdotta dalla legge 12/2005 consiste nel fatto che, per la prima volta, un testo di legge coordina contestualmente e paritariamente la materia urbanistica e la materia geologica.

La nuova direttiva tecnica (D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.") nasce espressamente "dedicata" al nuovo strumento urbanistico comunale introdotto dalla legge 12/2005 riunendo e coordinando in un unico documento tutti i precedenti criteri tecnici e gli iter procedurali legati alla componente geologica di supporto alla pianificazione urbanistica.

Lo Studio Geologico si inserisce nel Piano di Governo del Territorio in quanto il Documento di Piano lo contiene integralmente rappresentando una delle componenti del quadro conoscitivo del territorio comunale e costituisce base per le scelte pianificatorie; il Piano delle Regole contiene come parti integranti le fasi di sintesi/valutazione e proposta (*Carte di Sintesi, dei Vincoli, di Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano e Norme geologiche di Piano*), in quanto contribuiscono alla definizione della normativa d'uso del territorio.

Quindi, il Piano di Governo del Territorio per la componente geologica:

- nel Documento di Piano definisce l'assetto geologico, idrogeologico e sismico del territorio (l.r.12/2005, art. 8, comma 1, lettera c)
- nel Piano delle Regole individua le aree a pericolosità e vulnerabilità geologica, idrogeologica e sismica, nonché le norme e le prescrizioni a cui le medesime sono assoggettate (l.r.12/2005, art. 10, comma 1, lettera d)

Per quanto riguarda gli ambiti di applicazione dei nuovi criteri, i Comuni già dotati di studio geologico "conforme" ai criteri attuativi della legge regionale 41/97 hanno l'obbligo di analizzare la componente sismica ed eventualmente, qualora non sia stato ancora fatto, estendere la carta di sintesi e di fattibilità all'intero territorio comunale ed aggiornare le carte dei vincoli, sintesi e fattibilità ai contenuti della pianificazione sovraordinata (qualora variati o non conformi).

Il comune di Albino in relazione agli adempimenti della D.G.R. 22 dicembre 2005, risulta aver realizzato uno studio geologico (con cartografia estesa a tutto il territorio comunale) ai sensi della legge regionale 41/97 con ultimo aggiornamento del luglio 2004¹, inoltre, gli strumenti della pianificazione comunale risultano coerenti e confrontabili con i contenuti degli strumenti di pianificazione sovraordinata.

In relazione alla nuova direttiva tecnica (D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566) la prescrizione è quindi relativa all'aggiornamento della componente sismica (a cui il presente documento è dedicato).

¹ Il Comune di Albino, come detto, è dotato di studio geologico ai sensi della legge regionale 41/97 ma privo della carta dei vincoli che è stata quindi redatta ex novo utilizzando come dati di base la cartografia geologica prodotta dallo studio ai sensi della 41/97 integrata dal vincolo di polizia idraulica del reticolo idrico minore (d.g.r. n. 7/7868), e da una aggiunta relativa ad una area di salvaguardia delle captazione ad uso idropotabile.

1 QUADRO NORMATIVO GENERALE DI RIFERIMENTO

NORMATIVA NAZIONALE
L. 64/74, D.M. 11 marzo 1988,
L. 183/89, D.P.C.M. 24 maggio 2001,
O.P.C.M. 3274/03,
D.M. 14 settembre 2005,

NORMATIVA REGIONALE
D.G.R. 36147/93,
L.R. 41/97,
D.G.R. 37918/98,
D.G.R. 6645/01,
D.G.R. 7365/01

Legge Regionale 11 marzo 2005, n. 12, art. 57, "Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T."

D.G.R. 22 dicembre 2005, n. VIII/1566 "Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 12/2005"

Nel dettaglio, per quanto riguarda la normativa in relazione agli aspetti di sismicità, 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", 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 la 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; da allora 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 alla attuale.

Il Comune di Albino è classificato in zona sismica 3

2 I RAPPORTI TRA LA COMPONENTE GEOLOGICA DEL P.G.T. DI ALBINO E LA PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA (PAI E PTCP)

Per il territorio di Albino è stata fatta una verifica puntuale, utilizzando come riferimenti i dati e gli studi presenti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale in relazione ai Piani per l'Assetto Idrogeologico (PAI²) ed ai Piani Territoriali di Coordinamento Provinciale (PTCP); gli strumenti della pianificazione sovraordinata risultano coerenti e confrontabili con i contenuti degli strumenti di pianificazione comunale.

²Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del fiume Po, approvato con DPCM 24 maggio 2001

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del Bacino del fiume Po, approvato con DPCM 24 maggio 2001

1^a e 2^a Aggiornamento del PS267, approvati con deliberazioni del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po n. 2/2001 e n. 5/2004

1^a e 2^a Aggiornamento del PS267, approvati con deliberazioni del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po n. 2/2001 e n. 5/2004

Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1/2002

Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco, adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 1/2002

3 CARTA DEI VINCOLI

La carta dei vincoli individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica. Ai sensi del *D.G.R. 22 dicembre 2005* sono state 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 l. 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.
 - 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".
- Vincoli di **polizia idraulica**: ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868 e successive modificazioni, sono state riportate le fasce di rispetto individuate nello studio finalizzato all'individuazione del reticolo idrico minore. *I vincoli di Polizia idraulica sono quelli che la Comunità Montana Valle Seriana ha proposto nel 2004 in seguito alla realizzazione (ai sensi della d.g.r. 25 gennaio 2002, n. 7/7868), di uno studio del reticolo idrico minore esteso a tutto il territorio di competenza; gli elaborati grafici dello studio citato sono riferiti ad una base cartografica differente rispetto a quella aggiornata al 2006 (Carta Tecnica) utilizzata per la redazione del documento di PGT. Questo ha reso necessario una rettifica di alcune aste fluviali in ragione di un corretto posizionamento sulla nuova base cartografica.*
- **Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile**: sono state riportate le aree di tutela assoluta e di rispetto, ai sensi del d.lgs. 258/2000, art. 5, comma 4. Le norme relative alle aree di rispetto e di tutela assoluta sono 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".
- Per quanto riguarda i **geositi** non sono presenti beni geologici già soggetti a forme di tutela (vedi allegato 14 D.G.R. 22 dicembre 2005), né se ne segnalano di nuovi.

4 ANALISI DEL RISCHI SISMICO

4.1 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 esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.
- **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 fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione. Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

4.2 Analisi della sismicità del territorio

La valutazione dell'amplificazione sismica locale è stata fatta in riferimento alla metodologia riportata nell'allegato 5 della citata D.G.R. 22 dicembre 2005.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento,:

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 perimetrare 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 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 della DGR citata.

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.

L'esito dello studio è stato quello di riportare nella carta di fattibilità le aree caratterizzate da effetti di instabilità, e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse. Tale sovrapposizione non comporta 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 in via preventiva gli studi di 3° livello.

5 IL CASO DI ALBINO

5.1 INTRODUZIONE

Il comune di Albino è classificato in zona sismica 3. La metodologia prevede quindi tutti i tre livelli di approfondimento con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori 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.

Come detto, 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.

5.2 Fase di pianificazione: PRIMO LIVELLO

5.2.1 Descrizione delle fonti

Per la determinazione della carta della pericolosità sismica locale si è fatto riferimento alla cartografia di inquadramento del comune di Albino, in particolare ci si è serviti di:

- rilievo aerofotogrammetrico alla scala 1:2000: per la determinazione delle amplificazioni topografiche (zone di ciglio, creste rocciose - Z3),
- carta litologica + carta dei dissesti + carta del rischio con legenda uniformata PAI + carta geologica della Provincia di Bergamo: per la determinazione delle aree con amplificazioni litologiche, (Z4), frane (Z1), terreni con scadenti caratteristiche geotecniche (Z2), aree a comportamenti differenziali (Z5).

5.2.2 Descrizione del metodo

Il metodo utilizzato ha permesso la definizione areale 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 (aerofotogrammetrico alla scala 1:2000), la cartografia geologica e dei dissesti e i risultati di indagini geognostiche e geofisiche

Per meglio dettagliare le analisi in corrispondenza di alcune aree in cui non erano disponibili dati significativi è stata predisposta una campagna di indagini geofisiche ad hoc; questo anche in funzione degli approfondimenti di secondo livello in suddette aree (vedi capitolo "Secondo livello - descrizione delle fonti")

Lo studio è consistito nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento e nella redazione di un'apposita cartografia a scala 1:10.000 rappresentata dalla "*Carta della pericolosità sismica locale*", derivata dalle precedenti carte di base, in cui è stata riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni-tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

5.2.3 Descrizione della carta della Pericolosità Sismica Locale

Gli scenari di pericolosità sismica locale identificati sul Comune di Albino hanno come effetti instabilità, amplificazioni topografiche, amplificazioni litologiche e geometriche, comportamento differenziale.

- Gli effetti di instabilità sono in corrispondenza di zone con movimenti franosi attivi (dalla Carta del rischio con legenda PAI aree Fa) o quiescenti (dalla Carta del rischio con legenda PAI aree Fq)
- Gli effetti amplificazioni topografiche sono in corrispondenza di zone di ciglio (con scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica), oppure di zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (appuntite o arrotondate); tali zone sono state identificate mediante analisi del rilievo aerofotogrammetrico.

- Gli effetti di amplificazioni litologiche e geometriche sono in corrispondenza delle zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi e delle zone pedemontane di falda di detrito e conoide alluvionale; per l'identificazione di tali aree ci si è basati sulla carta geologica di Comune e Provincia nonché sulla Carta del rischio con legenda PAI (per quanto riguarda le conoidi attive non protette, Ca o parzialmente protette, Cp).
- Gli effetti di comportamento differenziale sono in corrispondenza di zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse; anche per l'identificazione di tali aree ci si è basati sulla carta geologica di Comune e Provincia.

5.3 Fase di pianificazione: SECONDO LIVELLO

5.3.1 Descrizione delle fonti

Per la determinazione della Carta dei fattori di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (approfondimento di 2° livello) sono stati analizzati tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) venutisi a determinare con l'analisi di primo livello³.

In relazione agli effetti morfologici, per la determinazione del valore di F_a mediante la scheda di valutazione ed il confronto con il corrispondente valore di soglia, i dati di input della scheda sono stati ricavati dall'analisi in 3D del rilievo aerofotogrammetrico scala 1:2000.

In relazione agli effetti litologici si è proceduto invece a recuperare la documentazione presente negli archivi del Comune di Albino, della Provincia di Bergamo (settore risorse idriche) costituita essenzialmente da stratigrafie di pozzi per scopo idropotabile e/o industriale, piuttosto che studi geofisici finalizzati a specifiche problematiche geotecniche emerse sul territorio. Inoltre, si è proceduto alla realizzazione di tre rilievi geofisici ex novo in aree di particolare interesse e per avere dei valori puntuali delle V_s in tali aree.

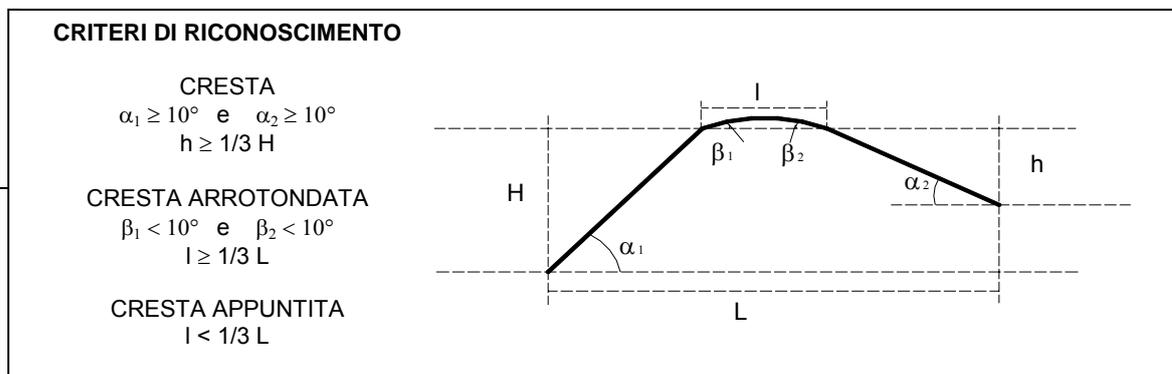
5.3.2 Descrizione del metodo

5.3.2.1 Amplificazioni sismiche morfologiche

La procedura semplificata è stata utilizzata 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 1:2.000 e la larghezza alla base è stata scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche: sono state considerate creste solo quelle situazioni che presentano il dislivello altimetrico minimo (h) maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo (H). Il materiale costituente il rilievo topografico relativo alle zone di cresta o cocuzzolo ha 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 sono state riconosciuti i seguenti parametri:

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

All'interno della scheda di valutazione è stata scelta, 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 (approssimato alla prima cifra decimale) è stato assegnato all'area corrispondente alla larghezza in cresta I, mentre lungo i versanti tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

I valori di F_a così ottenuti sono stati utilizzati per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente. La valutazione del grado di protezione è stata 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 il comune di Albino e valido per la zona sismica 3 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 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 ha pertanto previsto di valutare il valore di F_a con la scheda 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.

Nel comune di Albino si è presentata una sola situazione: il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è stata considerata quindi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

5.3.2.2 Amplificazioni sismiche litologiche

La procedura semplificata ha richiesto, con vario grado di precisione, 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.

Le norme tecniche invitavano, sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi della prova SPT, ad individuare la litologia prevalente presente nel sito e per questa scegliere la relativa scheda di valutazione di riferimento: 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) e, una volta individuata la scheda di riferimento bisognava verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità. Nel caso in esame, disponendo parametri geotecnici poco significativi si è proceduto ad identificare la scheda di riferimento soprattutto in base alla sezione stratigrafica e geofisica puntualmente rilevata in quella area.

All'interno della scheda di valutazione si è scelto, 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 .

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

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

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato fornito per il comune di Albino 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 fornito dalla norma per il comune di Albino 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 ha inoltre previsto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia.

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

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di V_s , utilizzati nella procedura di 2° livello è stata opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato è stato assegnato un grado di attendibilità, secondo la tabella indicata nelle citate norme tecniche. Si sottolinea come per lo studio in oggetto l'attendibilità dei dati (litologici, stratigrafici e geofisici) sia sempre stata "alta".

5.3.3 Descrizione della carta dei fattori di amplificazione sismica

Nella "Carta dei fattori di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (approfondimento di 2° livello)" è stata realizzata una zonazione in funzione dei F_a (0,1-0,5 sec.) calcolati e delle caratteristiche (morfologia, stratigrafia, profondità del substrato roccioso) del territorio suddividendo comune di Albino in 5 macroaree:

- _ fattori di amplificazione compreso tra 1,1 e 1,6
- _ fattori di amplificazione compreso tra 1,2 e 1,8
- _ fattori di amplificazione compreso tra 1,2 e 1,9
- _ fattori di amplificazione compreso tra 1,3 e 1,9
- _ fattori di amplificazione compreso tra 1,5 e 12,1

Nella carta sono stati inoltre riportate, per ciascun punto di indagine il numero della scheda di calcolo di riferimento, il fattore di amplificazione atteso (F_a (0,1-0,5 sec.) di soglia) ed il fattore di amplificazione calcolato (F_a (0,1-0,5 sec.) calcolato); nella seguente tabella sono riassunti i valori delle singole schede.

TABELLA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA DI SOGLIA E CALCOLATI

LOCALITA'	Periodo (T)	F_a (0,1-0,5 sec.) soglia	F_a (0,1-0,5 sec.) calcolato	F_a (0,5-1,5 sec.) soglia	F_a (0,5-1,5 sec.) calcolato
Fiobbio (Ca' del Nano)	0,09	1,7	1,27	2,3	1,02
Albino (via Mazzini)	0,16	2,2	1,60	3,6	1,06
Albino (cimitero)	0,15	2,2	1,71	3,6	1,07
Bondo Petello	0,08	2,2	1,2	3,6	1,0

Albino (pista ciclabile)	0,10	2,2	1,25	3,6	1,02
Bondo Petello	0,29	2,2	2,07	3,6	1,23
Abbazia (Crocette)	0,11	2,2	1,32	3,6	1,04
Albino	0,23	2,2	1,92	3,6	1,17
Comenduno	0,20	2,2	1,81	3,6	1,14
Albino (via Stazione)	0,21	2,2	1,63	3,6	1,10
Albino (Cotonif. Albini)	0,17	2,2	1,53	3,6	1,09
Albino (via Pertini)	0,17	2,2	1,53	3,6	1,09
Albino (Prato Alto)	0,11	2,2	1,31	3,6	1,04
Albino (Cot. Honegger)	0,17	2,2	1,29	3,6	1,07

5.4 Fase di progettazione: TERZO LIVELLO

Come detto, la procedura prevede nel secondo livello la valutazione del valore di Fa ed un suo confronto con il corrispondente valore di soglia; gli scenari possibili sono quindi due:

- 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).

Nel caso di Albino tutte le analisi di secondo livello hanno escluso approfondimenti di terzo livello; tale livello si dovrà quindi applicare, in fase progettuale, solamente ai seguenti scenari:

- qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c),
- cedimenti e/o liquefazioni (Z2, non rilevati nel presente studio),
- zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5).

Il livello 3° dovrà essere applicato 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.

5.4.1 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 cinematismi di rottura degli ammassi rocciosi su sezioni tipo e, per situazioni particolarmente significative, analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di singoli blocchi;
- descrizione e rilievo della pista di discesa e della zona di arrivo, rilievo geologico e, ove possibile, statistica dei massi al piede (dimensioni e distribuzione);
- costruzione del modello numerico della/e pista/e di discesa e verifiche di caduta massi con vari metodi e statistiche arrivi.

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

5.4.2 Effetti di cedimenti e/o liquefazioni (non rilevati per il comune di Albino)

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^{4,5}.

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.

5.4.3 Effetti di amplificazione morfologica e litologica (non rilevati per il comune di Albino)

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 sito con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri). Le caratteristiche strumentali, il tipo di acquisizione e la disposizione logistica variano in funzione della complessità geologica dell'area di studio, del metodo di elaborazione scelto e del tipo di risultato a cui si vuole pervenire. Le registrazioni eseguite in un'area di studio possono riguardare rumore di fondo (microtremore di origine naturale o artificiale) o eventi sismici di magnitudo variabile; i dati acquisiti devono essere opportunamente selezionati (ripuliti da tutti i disturbi presenti) e qualificati tramite informazioni sismologiche dell'area in esame e permettono di definire la direzionalità del segnale sismico e la geometria della zona sismogenetica-sorgente. Le tracce dei segnali di registrazione devono essere in seguito processate tenendo conto delle diverse condizioni di installazione degli strumenti e delle diverse condizioni di acquisizione dei dati. Inoltre, nel caso siano utilizzate stazioni equipaggiate con strumentazioni con frequenza propria diversa (caso più frequente) occorre rendere omogenei tra loro i vari segnali attraverso una deconvoluzione per le rispettive risposte spettrali. L'analisi sperimentale può presentare diversi gradi di approfondimento ed affidabilità, in funzione del tipo di strumentazione impiegata, del tipo di elaborazione del dato di registrazione e, soprattutto, in funzione dell'intervallo di tempo dedicato alle misurazioni in sito. I metodi di analisi strumentale più diffusi ed utilizzati sono il metodo di Nakamura (1989)⁶ e il metodo dei rapporti spettrali (Kanai e Tanaka, 1981)⁷.

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

⁴ www.programgeo.it/FormuleGeo/Liquefazione.html

⁵ Crespellani T., 1991. *La liquefazione del terreno in condizioni sismiche*. Zanichelli, Bologna, pp 185

⁶ Nakamura Y., 1989. *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. QR Railway Tech. Res. Inst., 30, 1

⁷ Kanai, K., Tanaka, T., 1961. *On Microtremors*. VIII, Bull. Earthquake res. Inst., University of Tokyo. Vol. 39

geotecniche specifico, i cui risultati saranno da aggiungere a quelli esistenti (1° e 2° livello). E' 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.

5.4.4 Effetti di comportamenti differenziali

Non è necessaria 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.

6 CONCLUSIONI

Il comune di Albino, premesso che

- è già dotato di studio geologico "conforme" alla legge regionale 41/97 (ultimo aggiornamento del luglio 2004),
- ha strumenti della pianificazione comunale coerenti e confrontabili con i contenuti degli strumenti di pianificazione sovraordinata,
- è dotato di carta di sintesi e di fattibilità estese all'intero territorio comunale

ai sensi della D.G.R. 22 dicembre 2005 (criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005)

ha realizzato

- uno studio sismico esteso a tutto il territorio,
- la carta dei vincoli

ha aggiornato

- la carta di fattibilità in relazione allo studio sismico ed alla realizzazione di un nuovo pozzo ad uso idropotabile.

Lo studio sismico ha portato alla identificazione di alcune aree suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c) o zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse (Z5): in tali aree, in fase progettuale, dovranno essere condotti approfondimenti di terzo livello. Tali studi dovranno essere condotti anche nel caso in cui si progettino 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.

Dr. Michele Marcaccio