

PROVINCIA  
DI PIACENZA



PIANO TERRITORIALE  
DI COORDINAMENTO  
PROVINCIALE

2007

All. B1.5 (R)

## **La cartografia della pericolosità sismica locale**

# **LA CARTOGRAFIA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

## **Provincia di Piacenza**

### **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

*A cura di*

*Luca Martelli*

*Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*

*Regione Emilia-Romagna*

*Ottobre 2007*

## **Sismicità della Provincia di Piacenza**

La Provincia di Piacenza è interessata da una sismicità che può essere definita bassa e medio-bassa, con terremoti storici che hanno causato, solo in alcuni casi, danni fino al VII grado di Intensità della scala MCS.

I principali eventi storici che hanno interessato la provincia di Piacenza sono riportati nella tabella 1 e nella figura 1.

Come risulta dalla tabella 1, la Provincia di Piacenza risente soprattutto della sismicità di aree limitrofe, in particolare del Parmense, della Liguria occidentale e della Toscana nord-occidentale; queste aree sismogenetiche sono interessate da una sismicità notevolmente maggiore che è in grado di influenzare, nonostante la distanza, anche il territorio piacentino.

La sismicità locale è sostanzialmente dovuta, per quanto riguarda il margine appenninico-padano e la pianura, all'attività delle strutture tettoniche del fronte pedeappenninico e delle Pieghe Emiliane, sepolte dai depositi padani, mentre nel medio e alto Appennino e lungo il crinale tosco-emiliano si risente soprattutto dell'attività di strutture profonde della Garfagnana e della Lunigiana (cfr. "Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna" di Boccaletti et al., 2004 e il "Database of Individual Seismogenic Sources, *version 3.04*" a cura di DISS Working Group, 2005).

La recente riclassificazione sismica del territorio nazionale (OPCM 3274/2003) prevede che tutto il territorio nazionale sia classificato sismico, con diversi gradi di pericolosità indicata dal parametro  $a_g$ , accelerazione orizzontale massima convenzionale (riferita a suolo rigido e piatto), espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , per tempi di ritorno di 475 anni. Ciò significa che esiste il 10% di probabilità che in 50 anni si verifichi un terremoto in grado di scuotere il suolo con accelerazione  $a_g$ .

In classe 1, quella più pericolosa (alta sismicità) rientrano i comuni con  $a_g$  maggiore di 0,25g; in classe 2 (sismicità medio-alta) rientrano i comuni con  $a_g$  compresa tra 0,15g e 0,25g; in classe 3 (sismicità medio-bassa) rientrano i comuni con  $a_g$  compresa tra 0,05g e 0,15g; in classe 4 (minima sismicità) rientrano i comuni con  $a_g$  inferiore a 0,05g.

In tabella 2 è riportata la vigente classificazione sismica dei comuni della Provincia di Piacenza, ai sensi dell'OPCM. 3274/2003 (allegato A all'Allegato 1, punto 3, della medesima ordinanza).



Figura 1: storia sismica di Piacenza e altri comuni del territorio provinciale (da Stucchi et al., 2007); i grafici riportano in ordinate l'intensità risentita (Is) e in ascisse l'anno di accadimento.

Storia sismica di Piacenza (PC) [45.052, 9.693]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
7	1738	11	05		30		PARMA	7	5,40
7	1786	04	07				PIACENZA	6-7	5,31
6	1901	10	30	14	49	58	Salo'	8	5,67
6	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24
D	1117	01	03	13			Veronese	9-10	6,49
5-6	1303	03	22	23			PIACENZA	5-6	4,63
5-6	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6,29
5	1438	06	11	20			Parmense	8	5,62
5	1511	03	26	14	40		Slovenia	9	6,51
5	1802	05	12	09	30		Valle dell'Oglio	8	5,67
5	1885	02	26	20	48		SCANDIANO	6	5,22
5	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6,48
5	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5,10
4-5	1348	01	25				CARNIA	9-10	6,66
4-5	1695	02	25	05	30		Asolano	9-10	6,61
4-5	1810	12	25		45		NOVELLARA	7	5,28

Storia sismica di Bobbio (PC) [44.767, 9.386]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
6	1828	10	09	02	20		Valle dello Staffora	7-8	5,67
5-6	1882	02	15	04	50		APPENNINO LIGURE	6	4,83
5-6	1945	06	29	15	37	13	Valle dello Staffora	7-8	5,15
5	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24
4-5	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6,29

Storia sismica di Castel San Giovanni (PC) [45.059, 9.433]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
6	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24

Storia sismica di Castell'Arquato (PC) [44.852, 9.868]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
D	1117	01	03	13			Veronese	9-10	6,49
5	1971	07	15	01	33	23	Parmense	7-8	5,61

Storia sismica di Cortemaggiore (PC) [44.996, 9.932]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
6	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24
4-5	1887	02	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6,29

Storia sismica di Ferriere (PC) [44.645, 9.497]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
5-6	1920	09	07	05	55	40	Garfagnana	9-10	6,48
5-6	1927	10	28	21	49		BEDONIA	6	5,13
5	1882	02	15	04	50		APPENNINO LIGURE	6	4,83
5	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24

Storia sismica di Ottone (PC) [44.623, 9.332]

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
5-6	1882	02	15	04	50		APPENNINO LIGURE	6	4,83
5-6	1927	10	28	21	49		BEDONIA	6	5,13
5	1951	05	15	22	54		LODIGIANO	6-7	5,24

Tabella 1: principali terremoti risentiti in alcuni comuni della provincia di Piacenza (modificata da Stucchi et al., 2007); Is = intensità risentita; AE = area epicentrale; Io = intensità osservata nella zona epicentrale; Mw = magnitudo momento

COMUNE	ZONA		
Agazzano	4	Gropparello	3
Alseno	3	Lugagnano Val d'Arda	3
Besenzone	3	Monticelli d'Ongina	4
Bettola	3	Morfasso	3
Bobbio	3	Nibbiano	4
Borgonovo Val Tidone	4	Ottone	3
Cadeo	3	Pecorara	3
Calendasco	4	Piacenza	4
Caminata	4	Pianello Val Tidone	4
Caorso	4	Piozzano	4
Carpaneto Piacentino	3	Podenzano	3
Castel San Giovanni	4	Ponte dell'Olio	3
Castell'Arquato	3	Pontenure	3
Castelvetro Piacentino	4	Rivergaro	3
Cerignale	3	Rottofreno	4
Coli	3	San Giorgio Piacentino	3
Corte Brugnatella	3	San Pietro in Cerro	3
Cortemaggiore	3	Sarmato	4
Farini	3	Travo	3
Ferriere	3	Vernasca	3
Fiorenzuola d'Arda	3	Vigolzone	3
Gazzola	4	Villanova sull'Arda	3
Gossolengo	4	Zerba	3
Gragnano Trebbiense	4	Ziano Piacentino	4

Tabella 2: classificazione sismica vigente dei comuni della provincia di Piacenza

## **Criteria per la definizione e la rappresentazione della pericolosità sismica locale**

La pericolosità sismica di un'area dipende dalle caratteristiche sismiche e dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica. Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non vengono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S ( $V_s$ ) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003 e del DM 14/9/2005).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e quindi di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

Tali carte sono particolarmente efficaci per la scelta delle aree di nuova previsione edificatoria, per la definizione delle indagini di approfondimento e degli interventi ammissibili, anche nelle aree già urbanizzate, soprattutto se utilizzate fino dalle fasi preliminari dei processi di pianificazione territoriale e urbanistica.

Per questo motivo la Regione Emilia-Romagna, con deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa, ha approvato gli "*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" (D.A.L. 112/2007).

In questa direttiva sono contenute anche le procedure per la definizione e la descrizione della pericolosità sismica locale a scala provinciale (v. fig.2 e tab. 3).

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella tabella 3 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

Grazie all'elaborazione di questi dati di base, tramite GIS, è oggi possibile realizzare carte delle aree soggette ad effetti locali in tempi rapidi e a basso costo, secondo lo schema illustrato in figura 2.

Schema per la realizzazione di carte degli effetti locali da dati preesistenti  
(carte geologiche, banche dati geognostici, DTM, carte geomorfologiche, ...)

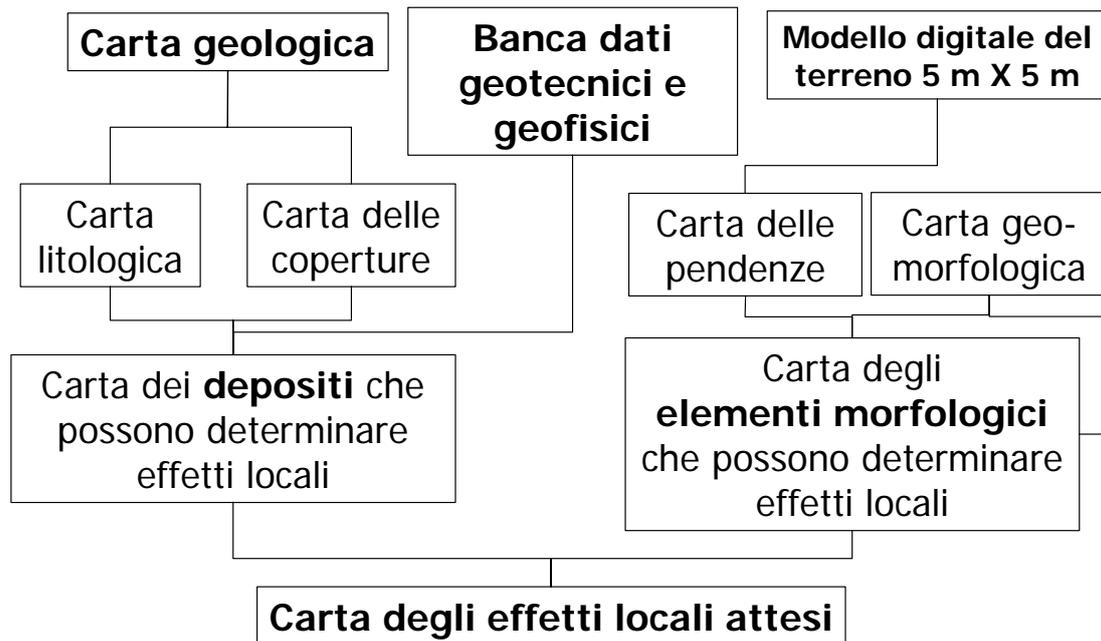


Figura 2: schema di procedura utilizzata per la realizzazione della cartografia della pericolosità sismica locale.

<p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore <math>\geq 5</math> m):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso);</li> <li>- detriti di conoide alluvionale;</li> <li>- depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle;</li> <li>- accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e cono di deiezione);</li> <li>- depositi fluvio-lacustri</li> <li>- riporti antropici poco addensati;</li>   <li>- substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore <math>\geq 5</math> m);</li> <li>- litotipi del substrato con <math>V_s &lt; 800</math> m/sec<sup>1</sup>.</li> </ul>
<p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività <math>&gt; 15^\circ</math> e altezza <math>\geq 30</math> m</li> </ul>
<p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione);</li> <li>- depositi (spessore <math>\geq 5</math> m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori <math>N_{SPT} &lt; 15</math> o <math>c_u &lt; 70</math> kpa.</li> </ul>
<p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi;</li> <li>- aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati<sup>2</sup> con acclività <math>&gt; 15^\circ</math>; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).</li> </ul>
<p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse;</li> <li>- cavità sepolte.</li> </ul>

Tabella 3: principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da *“Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”*, D.A.L. n. 112/2007).

<sup>1</sup> Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

<sup>2</sup> Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione  $< 20$  cm.

## **Metodologia di elaborazione della Carta delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali**

Di seguito vengono descritte le varie fasi di realizzazione della carta di pericolosità sismica locale realizzata per il QC del PTCP, secondo le procedure indicate negli “*Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*” (D.A.L. 112/2007).

Dati di base disponibili utilizzati:

- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Piacenza (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- il modello digitale del terreno con celle di 10 m x 10 m derivato dalla CTR 1:5.000;
- la carta litologica di pianura realizzata dalla banca dati geognostici di pianura e dalla banca dati pedologica del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Dalla carta geologica 1:10.000 dell’Appennino Emiliano-Romagnolo è stata realizzata la carta litologica del substrato, mediante raggruppamenti delle unità litostratigrafiche nei seguenti due grandi insiemi litologici:

1. rocce presumibilmente caratterizzate da  $V_{S30} \geq 800$  m/s (materiale lapideo costituito da un unico tipo non stratificato; materiale lapideo stratificato; alternanze arenitico-pelitiche con rapporto arenite/pelite  $\geq 1/5$ ; marne, argille sovraconsolidate e argilliti;
2. rocce presumibilmente caratterizzate da  $V_{S30} < 800$  m/s (alternanze pelitico-arenitiche con rapporto arenite/pelite  $< 1/5$ ; terreni prevalentemente argillosi; areniti poco cementate o sabbie; litotipi intensamente fratturati rilevabili nelle zone cataclastiche e nelle zone di faglia.

La suddivisione dei litotipi del substrato in queste classi deriva da considerazioni sulle caratteristiche geomeccaniche delle formazioni appenniniche affioranti nella Provincia di Piacenza e dall’analisi di profili di  $V_s$  disponibili anche per altre zone dell’Appennino emiliano-romagnolo. Tali misure indicano che i litotipi della classe 2 (ad esempio i litotipi plio-pleistocenici prevalentemente argillosi e le sabbie pleistoceniche del margine appenninico-padano) sono spesso caratterizzati da  $V_s$  paragonabili a quelle dei depositi di copertura e di parecchio inferiori al valore solitamente considerato indicativo di *bedrock* sismico ( $V_s \geq 800$  m/s) per profondità talora anche di alcune decine di metri dalla superficie. Perciò, questi litotipi, sebbene appartenenti a successioni appenniniche del substrato, non possono essere considerati terreni che costituiscono il *bedrock* sismico ma, al contrario, devono essere trattati come depositi che possono causare amplificazione.

Dalla carta geologica 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo è derivata anche la carta delle coperture del settore appenninico. Quest'elaborazione è favorita dall'organizzazione della banca dati in diversi livelli informativi, che consente la gestione separata delle informazioni.

I depositi continentali quaternari sono stati raggruppati nelle seguenti 3 grandi classi:

1. frane attive;
2. detriti di versante, comprese le frane non attive;
3. depositi alluvionali.

La distinzione tra frane attive e detriti di versante, sebbene entrambi siano suscettibili di amplificazione e instabilità, è stata mantenuta per l'evidente maggiore propensione al dissesto dei depositi della classe 1 e perché l'uso del territorio interessato da frane in atto è generalmente già limitato da apposite norme, indipendentemente dal rischio sismico.

Nel settore della pianura, per meglio descrivere la pericolosità sismica locale, sono state realizzate una carta dei depositi affioranti e una carta dei depositi sepolti, quest'ultima rappresentata in allegato.

La carta dei depositi affioranti deriva dai rilevamenti realizzati dalla Regione Emilia-Romagna per la nuova Carta Geologica d'Italia e per la carta pedologica.

I depositi della pianura sono stati distinti sulla base delle classi granulometriche prevalenti:

1. depositi ghiaiosi, limosi e misti;
2. depositi sabbiosi;
3. depositi argillosi.

I depositi delle classi 1, 2 e 3 sono tutti suscettibili di amplificazione; la distinzione nelle 3 classi si è resa necessaria poiché nelle aree con terreni della classe 2 potrebbero essere presenti le condizioni predisponenti alla liquefazione (sabbie fini e medie ben classate nei primi 20 m di profondità con tetto della falda acquifera nei primi 15 m dalla superficie) mentre nella classe 3 potrebbero essere presenti terreni con proprietà meccaniche scadenti e quindi, in caso di forti scosse, soggetti a cedimenti.

Relativamente al potenziale pericolo di liquefazione occorre sottolineare che per il verificarsi di tale fenomeno oltre alla presenza di caratteri predisponenti (sedimenti granulari fini nei primi venti metri di profondità e tetto della falda acquifera media stagionale nei primi 15 metri di profondità) è necessaria anche la presenza dei fattori scatenanti, cioè di terremoti attesi con magnitudo maggiore di 5 e accelerazione al suolo maggiore di 0,1 g. Nei comuni della Provincia di Piacenza classificati in zona 4 la sismicità attesa risulta inferiore e perciò, sebbene in alcuni di essi siano presenti i fattori predisponenti alla liquefazione, la liquefazione può essere esclusa per l'assenza dei fattori scatenanti.

La banca dati geognostici di sottosuolo disponibile per tutta la pianura emiliano-romagnola ha permesso di cartografare anche i principali corpi del sottosuolo che possono influenzare il moto sismico in superficie (vedi altro Allegato al Quadro Conoscitivo). In questa carta è rappresentata la superficie superiore (tramite isobate

riferite al livello medio del mare) dei principali corpi ghiaiosi, di spessore  $> 5$  m, delle conoidi dei fiumi appenninici, le zone in cui tali depositi sono affioranti e le sabbie sepolte del Po che presentano caratteri predisponenti alla liquefazione in quanto il tetto è frequentemente ad una profondità inferiore ai 20 m dal piano campagna e questi corpi sabbiosi sono sempre saturi d'acqua.

Nella carta di sottosuolo, sono state rappresentate anche le isobate della superficie di base dei depositi alluvionali (quota riferita a l.m.).

In questa carta è stato rappresentato anche il limite indicativo tra zone con substrato marino profondo ( $>100$  m da p.c.) e poco profondo ( $<100$  m da p.c.); tale distinzione è richiesta dagli indirizzi regionali per la microzonazione sismica.

Per individuare e rappresentare gli elementi morfologici che possono determinare amplificazione è stata realizzata, attraverso un'apposita elaborazione del modello digitale del terreno (in celle di 10 m x 10 m), una carta delle pendenze.

In generale, viene raccomandato (vedere ad esempio anche l'Eurocodice 8 - parte 5, EN 1998-5, 2003; Di Bucci et al., 2005; "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica a supporto della redazione degli strumenti urbanistici", Delibera di Giunta della Regione Umbria n. 226/2001, pubblicata sul Supplemento ordinario n. 2 del Bollettino Ufficiale della Regione Umbria n. 16 del 4/4/2001) di considerare gli effetti topografici per i pendii maggiori di  $15^\circ$  e con dislivello maggiore di 30 m.

Sono state così evidenziate le aree con acclività  $> 15^\circ$  con estensione tale da avere un dislivello  $\geq 30$  m e le scarpate, intese come pendii con acclività  $> 45^\circ$ . Da questa rappresentazione è possibile evidenziare, selezionando opportune classi di pendenza, anche le creste, i cocuzzoli e le scarpate.

Dalla sintesi delle carte di analisi sopra descritte, appositamente verificate e integrate dal gruppo di lavoro sulla base di nuovi dati locali, è derivata la cartografia finale, alla scala 1:100.000, delle aree suscettibili di effetti locali (**Tav. B1.c**).

Nella legenda, oltre alla sintetica descrizione geologica degli elementi distinti, sono indicati anche gli effetti attesi e gli studi necessari per la valutazione di tali effetti.

Segue una descrizione delle categorie rappresentate in legenda

- Versanti con pendenze  $>$  di  $15^\circ$ . In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico.
- Versanti con pendenze  $>$  di  $45^\circ$  (scarpate). In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico.

- Depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti. Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In alcuni casi, le ghiaie antiche molto spesse possono avere  $V_s$  circa = 650÷700 m/s o anche maggiore; tali ghiaie possono quindi comportarsi come *bedrock* sismico ed è quindi importante verificare  $V_s$ ; in caso  $V_s > 650÷700$  m/s, e in presenza di terreni soprastanti di spessore maggiore di 5 m e  $V_s$  molto inferiore, il tetto di tali orizzonti può essere considerato la superficie del *bedrock* sismico.
- Depositi prevalentemente sabbiosi. La presenza di sabbie, soprattutto se incoerenti e ben classate, nei primi 20 m dal p.c., con falda acquifera a profondità minore di 15 m dal p.c., favorisce il verificarsi del fenomeno della liquefazione in caso di forti scosse sismiche (magnitudo > 5). In queste zone, pertanto, dovranno essere valutati, oltre a coefficiente di amplificazione litologico, anche il potenziale di liquefazione e gli eventuali cedimenti.
- Depositi prevalentemente argillosi. Queste zone sono potenzialmente soggette ad amplificazione caratteristiche stratigrafiche e quindi dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico. Talora, i terreni prevalentemente argillosi possono presentare caratteristiche meccaniche scadenti ed essere soggetti a cedimenti in caso di forti scosse. In caso di caratteristiche meccaniche scadenti (cfr. tabella 3) dovranno essere stimati anche i potenziali cedimenti.
- Frane attive. Come già anticipato, la distinzione degli accumuli di frane attive dagli altri depositi di versante si è resa necessaria per la maggiore suscettibilità al dissesto dei primi, condizione di criticità che può essere ulteriormente aggravata dalle scosse sismiche. In queste aree gli utilizzi del territorio sono in genere già limitati da specifiche norme che non consentono la realizzazione di nuove costruzioni e infrastrutture; nel caso di eventuali interventi di consolidamento e messa in sicurezza di edifici esistenti, anche in questo caso le indagini e gli studi dovranno valutare, oltre al coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche, anche le condizioni di stabilità dei versanti, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche.
- Frane quiescenti. Sono compresi gli accumuli di frana che non mostrano evidenze di movimenti recenti. In queste aree, suscettibili di amplificazione, in caso di forti scosse si possono verificare anche fenomeni di instabilità dei versanti; in esse, pertanto, dovranno essere valutati, oltre al coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche, anche la stabilità dei pendii, tenendo conto delle possibili sollecitazioni sismiche.
- Depositi detritici e assimilabili. Sono compresi tutti gli accumuli detritici di versante non compresi nelle due classi precedenti (Frane attive e Frane quiescenti), compresi i depositi di origine antropica e le zone con rocce intensamente fratturate (zone cataclastiche e zone di faglia). Queste aree sono tutte suscettibili di amplificazione; in esse, pertanto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi alluvionali indifferenziati e assimilabili. Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò,

dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.

- Contatti tettonici. Sono stati rappresentati i principali limiti tettonici in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali. Perciò, nelle aree a cavallo di questi contatti, nel caso siano ammessi interventi, dovranno essere verificate le caratteristiche meccaniche dei terreni ed eventualmente valutati il coefficiente di amplificazione litologico e i cedimenti.
- Substrato roccioso con  $V_s \geq 800$  m/s. Roccia affiorante o subaffiorante, cioè a profondità minore di 5 m, tale da lasciare ipotizzare  $V_{S30} \geq 800$  m/s. Queste aree possono essere considerate *bedrock* sismico affiorante (cfr. suolo A dell'Eurocodice 8, parti 1 e 5, dell'OPCM 3274/2003, Allegati 2 e 3, e del DM 14.9.2005 "Norme tecniche per le costruzioni"); inoltre non presentano elementi topografici che possano determinare amplificazione. In queste zone, pertanto, non sono attesi effetti locali. Tuttavia, in fase di pianificazione urbanistica comunale, dovranno essere realizzate indagini per la valutazione di  $V_s$  e, nel caso risultasse  $V_{S30} < 800$  m/s, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico.
- Substrato roccioso con  $V_s < 800$  m/s. Terreni del substrato marino con caratteristiche litologiche e meccaniche (argille mediamente e poco consolidate, sabbie poco cementate) tali da lasciare ipotizzare  $V_{S30} < 800$  m/sec e perciò potenzialmente soggette ad amplificazione. Di conseguenza in queste zone, in fase di pianificazione urbanistica comunale, dovranno essere realizzate soprattutto indagini per la valutazione di  $V_s$  e, nel caso sia confermato  $V_{S30} < 800$  m/s, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico.

## **La carta degli effetti attesi (proposta per la cartografia di Piano)**

Le cartografie di pericolosità sismica elaborate per il QC forniscono già indicazioni utili per la pianificazione in quanto individuano le diverse situazioni geologiche e morfologiche che possono determinare “effetti locali” e quindi le aree a diversa pericolosità sismica.

Però, come si evince dalla legenda, le classi distinte rappresentano ancora unità geotematiche e alcuni effetti sono comuni a più classi. Inoltre, poiché la pericolosità sismica locale nelle zone collinari e montuose può essere dovuta alla concomitanza di fattori litologici e morfologici, le combinazioni lito-morfologiche che possono determinare “effetti locali” sono più numerose delle classi rappresentate in legenda. L’interpretazione e l’utilizzo di queste carte richiedono quindi ancora specifiche conoscenze geologiche.

Dall’analisi di tali combinazioni si evince che è possibile accorpate le diverse combinazioni lito-morfologiche sulla base degli effetti attesi. Ciò permette di sintetizzare i dati di superficie e sottosuolo in una sola carta con un minore numero di classi che non richiede specifiche conoscenze geologiche e di più immediata applicazione a fini di pianificazione urbanistica; infatti, oltre a localizzare le aree a diversa pericolosità, sulla base degli effetti attesi è possibile indicare le azioni da realizzare per la valutazione degli effetti “locali”, come richiesto dagli indirizzi regionali (D.A.L. 112/2007) e che potranno costituire norme di attuazione del piano.

E’ opportuno sottolineare che questa Carta degli effetti attesi non è ancora una carta di microzonazione sismica poiché è basata solo su informazioni qualitative, senza la realizzazione delle apposite indagini geotecniche e geofisiche necessarie per quantificare il comportamento dei terreni in caso di sollecitazioni sismiche. Costituisce però il “primo livello di approfondimento”, propedeutico e necessario, per gli studi di microzonazione sismica (D.A.L. 112/2007).

Va inoltre puntualizzato che l’elaborazione proposta, poiché si basa esclusivamente su dati a scala vasta, è da ritenersi valida a scala sovracomunale (1:25.000), cioè provinciale o intercomunale (associazione di comuni, comunità montane). Alla scala comunale (1:10.000 o 1:5.000) è possibile che la quantità e la distribuzione dei dati disponibili non permettano l’elaborazione di una carta adeguatamente documentata e che siano necessarie nuove indagini. In sede di pianificazione urbanistica comunale, dovranno dunque essere eseguiti approfondimenti per la verifica, ad una scala di maggiore dettaglio, della reale presenza ed estensione delle condizioni che possono determinare effetti locali. In particolare, poiché il fenomeno dell’amplificazione dovuta alla presenza di depositi incoerenti interagisce con le opere antropiche di superficie solo in caso di spessori di tali depositi superiori a 5 m, dovrà prioritariamente essere determinata la profondità della base della copertura al fine di escludere le parti del territorio non interessate dal fenomeno.

---

Segue un esempio di possibile legenda della “Carta degli effetti attesi”.

1. **Aree instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche;** comprende le frane attive. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche (nei casi in cui siano ammessi interventi) con approfondimenti di III livello<sup>1</sup>. Nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica dovrà valutare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto A2.2 dell’Allegato A2<sup>1</sup>.
2. **Aree instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche;** comprende le frane attive con pendenze > 15°. Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e stima del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche (nei casi in cui siano ammessi interventi) con approfondimenti del III livello<sup>1</sup>.
3. **Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche;** comprende le frane quiescenti. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche con approfondimenti di III livello<sup>1</sup>. Nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica dovrà valutare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto A2.2 dell’Allegato A2<sup>1</sup>.
4. **Aree potenzialmente instabili e soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche;** comprende le frane quiescenti con pendenze > 15°. Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e stima del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche con approfondimenti di III livello<sup>1</sup>.
5. **Aree soggette a liquefazione;** comprende i depositi prevalentemente sabbiosi e le aree con sabbie nei primi 20 m da p.c. con falda idrica nei primi 15 m da p.c.. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e stima dei cedimenti attesi con approfondimenti di III livello<sup>1</sup>.
6. **Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti;** comprende i depositi prevalentemente argillosi. Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi; sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti<sup>1</sup>.
7. **Zone di contatto tra terreni con caratteristiche meccaniche molto diverse;** comprendono i principali contatti tettonici. Studi: a cavallo di zone di contatto tra terreni con caratteristiche meccaniche molto diverse non dovrebbero essere

---

<sup>1</sup> Riferimento: D.A.L. 112/2007.

previsti interventi; nel caso siano ammessi interventi (ad esempio per ripristino e manutenzione di reti infrastrutturali), dovranno essere verificate le caratteristiche meccaniche dei terreni ed eventualmente valutati il coefficiente di amplificazione litologico e i cedimenti; sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti<sup>1</sup>.

8. **Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche**; comprende tutte le coperture detritiche e i depositi del substrato roccioso con  $V_{s30} < 800$  m/s con pendenze  $> 15^\circ$ . Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche; sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico, sono richiesti approfondimenti di III livello<sup>1</sup> per la stima del grado di stabilità del versante in condizioni sismiche.
9. **Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche**; comprende i depositi prevalentemente ghiaiosi o limosi o misti, i depositi detritici e assimilabili, i depositi alluvionali indifferenziati e assimilabili, i depositi del substrato roccioso con  $V_{s30} < 800$  m/s con pendenze  $< 15^\circ$ . Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico; sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello<sup>1</sup>. Nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica dovrà valutare anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto A2.2 dell'Allegato A2<sup>1</sup>.
10. **Aree soggette ad amplificazione per caratteristiche topografiche**; comprende tutti i versanti rocciosi ( $V_{s30} \geq 800$  m/s) con pendenze  $> 15^\circ$ . Studi: indagini per caratterizzare  $V_{s30}$  e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico. In caso  $V_{s30} \geq 800$  m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico (Allegato A2.2<sup>1</sup>); in caso  $V_{s30} < 800$  m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico; sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello<sup>1</sup>.
11. **Aree potenzialmente non soggette ad effetti locali**; comprende le zone con substrato roccioso ( $V_{s30} \geq 800$  m/s) affiorante e subaffiorante, cioè a profondità minore di 5 m. Queste aree possono essere considerate *bedrock* sismico affiorante e non presentano elementi topografici che possano determinare amplificazione; pertanto, in queste zone, non sono attesi effetti locali. Tuttavia, in fase di pianificazione urbanistica comunale, dovranno essere realizzate indagini per la valutazione di  $V_s$ ; in caso  $V_{s30} \geq 800$  m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine e approfondimento, in caso  $V_{s30} < 800$  m/s, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico con approfondimenti del II livello<sup>1</sup>. Nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica dovrà valutare

anche gli effetti della topografia secondo quanto previsto al punto A2.2 dell'Allegato A2<sup>1</sup>.

Le classi della Carta degli effetti attesi sopra descritte sono elencate in ordine di pericolosità decrescente. Le classi da 1 a 8 richiedono approfondimenti di terzo livello, per le classi 9 e 10 sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello mentre per la classe 11, se confermata, non è richiesta la valutazione della risposta sismica locale. Ciò permette automaticamente di realizzare la carta di sintesi richiesta dagli indirizzi regionali per la microzonazione sismica<sup>1</sup> in cui devono essere evidenziate con colore rosso le aree in cui è richiesto il III livello di approfondimento, con colore giallo le aree che saranno oggetto di approfondimento di II livello, senza colore quelle in cui non sono attesi effetti locali.

Sulla base di questa cartografia è possibile fornire anche indicazioni sulle azioni da intraprendere per la valutazione della risposta sismica locale e la mitigazione del rischio sismico, oltre che per la pianificazione territoriale ed urbanistica, anche ai fini della progettazione e realizzazione di opere, secondo le normative vigenti (DM 14/9/2005).

In relazione all'Art. A-3 "Pianificazione degli interventi per la sicurezza del territorio" dell'Allegato alla LR n.20/2000, i documenti cartografici sopra descritti devono trovare applicazioni anche nei Piani e Programmi di Protezione Civile. I dati di questa cartografia sono utili anche per una più reale elaborazione degli scenari di danno, in quanto permettono di considerare la distribuzione degli effetti tenendo conto, ad una scala adeguata, delle caratteristiche fisiche del territorio.

Questo tipo di cartografia della pericolosità sismica locale e le conseguenti norme di attuazione, sono anche perfettamente coerenti con gli "Indirizzi e criteri generali per la Microzonazione sismica", in corso di elaborazione, a cura del gruppo di lavoro del Dipartimento della Protezione Civile e della Conferenza delle Regioni e Province Autonome, e costituiscono quindi anche una prima esperienza di applicazione di queste linee guida a scala di area vasta (Livello 1).

### **Riferimenti citati**

Boccaletti M., Bonini M., Corti G., Gasperini P., Martelli L., Piccardi L., Tanini C. and Vannucci G. (2004) - *Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna, scala 1:250.000*. Regione Emilia-Romagna, SGSS – CNR, IGG, Firenze. S.EL.CA., Firenze.

D.A.L. 112/2007 - *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"*. Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2/5/2007,

pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17/5/2007.

Di Bucci D., Naso G., Marcucci S., Milana G. and Sanò T. (2005) - *A methodology to account for local geology at large scale in the SHA approach through numerical modelling of theoretical geological setting*. Boll. Geof. Teor. Appl., Vol. 46, n. 1, 3-13.

DISS Working Group (2005) - *Database of Individual Seismogenic Sources (version 3.0.1): a compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <http://legacy.ingv.it/DISS/>.

D.M. 14/9/2005 - *Norme Tecniche per le Costruzioni*. G. U. n. 222, 23/9/2005, Suppl. Ord. n. 159.

EN 1998-1 (2003) - *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings*. CEN, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium. January 2003, Draft No 6.

EN 1998-5 (2003) - *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects*. CEN, European Committee for Standardization, Bruxelles, Belgium. December 2003, Final Draft.

OPCM 3274/2003 - *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"*. G. U. n. 155, 8/5/2003, Suppl. Ord. n. 72.

Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F. e Azzaro R. (2007) - *DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04*. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/> Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.