

Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"

1 - INTRODUZIONE

2 - DISPOSIZIONI GENERALI

2.1 - Zone da indagare

2.2 - Formato dei dati e degli elaborati

2.3 - Sperimentazione della valutazione del rischio sismico nelle procedure di formazione degli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale

3 – PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

3.1 - Primo livello di approfondimento

3.1.1 - Elaborati da produrre

3.1.2 - Acquisizione dei dati

4 – SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

4.1 - Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

4.1.1 - Elaborati da produrre

4.1.2 - Acquisizione dei dati

4.2 - Terzo livello di approfondimento – analisi approfondita

4.2.1 - Elaborati da produrre

4.2.2 - Acquisizione dei dati

5 - RECEPIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

ALLEGATO A1 – Indicazioni per l'elaborazione della cartografia delle aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento).

ALLEGATO A2 – Tabelle e formule per la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per le analisi del secondo livello di approfondimento e per la valutazione degli effetti topografici.

ALLEGATO A3 – Procedure di riferimento per le analisi di terzo livello di approfondimento.

ALLEGATO A4 – Spettri di risposta rappresentativi e segnali di riferimento per il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello di approfondimento.

1 - INTRODUZIONE

Gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione del rischio sismico – così come specificato nell'art. A-2, comma 4, dell'Allegato alla LR 20/2000¹ - attraverso analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione urbanistica ed orientano le proprie scelte localizzative, i possibili processi di trasformazione urbana e la realizzazione delle opere verso scenari di prevenzione e mitigazione del rischio sismico.

A tal fine, il quadro conoscitivo degli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica deve perseguire lo scopo di migliorare la conoscenza delle componenti che determinano il rischio sismico nonché fornire criteri di scelta finalizzati alla prevenzione e alla riduzione dello stesso, secondo un approccio graduale e programmatico alle varie scale e ai vari livelli di pianificazione.

Pertanto, nel definire il quadro conoscitivo, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica devono avere riguardo alle parti di territorio interessate dai rischi per le opere e le attività umane determinate anche dalla pericolosità sismica.

Queste conoscenze della pericolosità sismica potenziale del territorio consentono alla pianificazione di evitare l'insorgenza di nuovi rischi e la mitigazione del rischio sismico attraverso la localizzazione di interventi in aree esposte a minor pericolo e la realizzazione degli stessi sulla base degli esiti degli studi.

Scopo del presente atto di indirizzo e coordinamento è quello di fornire i criteri per l'individuazione delle aree soggette ad effetti locali e la microzonazione sismica del territorio in modo da orientare le scelte della pianificazione verso aree caratterizzate da minore pericolosità sismica.

Gli studi della pericolosità sismica di base e della pericolosità locale² hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove in occasione di terremoti possono verificarsi effetti locali;
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (microzonazione sismica).

I risultati dell'analisi della pericolosità sismica locale, della microzonazione sismica devono essere recepiti negli strumenti di pianificazione territoriale, urbanistica comunale e di protezione civile.

2 - DISPOSIZIONI GENERALI

La microzonazione sismica è la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento (risposta sismica locale). La microzonazione sismica è pertanto un efficace strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico, in particolare se realizzato e applicato fino dalle prime fasi di pianificazione urbanistica, in quanto consente di indirizzare le scelte urbanistiche verso aree a minore pericolosità

¹ *“Nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della LR n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.”*

² La componente pericolosità del rischio sismico dipende:

- dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti; questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica di base”;
- dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio, in quanto alcuni depositi e forme del paesaggio possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire aspetti predisponenti al verificarsi di effetti locali quali fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (cedimenti, frane, fenomeni di liquefazione); questi aspetti sono comunemente indicati come “pericolosità sismica locale”.

sismica e/o fornire indicazioni per scelte progettuali che tengano adeguatamente conto delle condizioni di pericolosità sismica locale.

Gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica vanno condotti a diversi livelli di approfondimento in funzione delle finalità e delle applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale.

Gli studi di microzonazione sismica devono essere descritti in una relazione che indichi chiaramente il livello di approfondimento, le indagini effettuate ed i risultati ottenuti; devono essere inoltre illustrati da una cartografia dettagliata dello stato del territorio. Essi sono riferimento necessario per la Valutazione di Sostenibilità Ambientale e Territoriale (VALSAT) preventiva delle singole scelte del piano.

Per la microzonazione sismica si identificano due fasi di analisi con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase è diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ...).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolti a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi viene svolta soprattutto mediante elaborazione dei dati disponibili in sede di elaborazione del PTCP e del PSC e concorre alla definizione delle scelte di piano, fornendo prime indicazioni sui limiti e le condizioni per la pianificazione nelle suddette aree.

La seconda fase ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato.

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire in tutte le zone non interessate da instabilità nelle quali il modello stratigrafico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale, si ritiene sufficiente **un'analisi semplificata** (secondo livello di approfondimento), cioè l'analisi della pericolosità locale può essere basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche e prove geotecniche in sito di tipo standard e l'amplificazione del moto sismico può essere stimata attraverso abachi e formule. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica e geofisica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio;

b) un'**analisi più approfondita** (terzo livello di approfondimento) è invece richiesta per la definizione di indici di rischio nei seguenti casi (vedere Allegato A1):

- aree soggette a liquefazione e densificazione;
- aree instabili³ e potenzialmente instabili;
- aree con rapida variazione della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, il cui modello stratigrafico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali.

³ Naturalmente nelle ipotesi nelle quali la pianificazione preveda comunque l'utilizzo ai fini edificatori di tali aree.

L'analisi approfondita richiede un significativo numero di prove geofisiche e geotecniche, sia in sito che in laboratorio, rivolte alla definizione del comportamento dei terreni sotto sollecitazione dinamica, e l'impiego di specifiche procedure di elaborazione per la stima degli indici di rischio.

La prima fase, o primo livello di approfondimento (individuazione delle aree potenzialmente soggette ad effetti locali), viene attuata già nell'ambito della pianificazione a scala di area vasta (es. provinciale), relativamente all'intero territorio, ed è recepita e integrata, ad una scala di maggior dettaglio, nella pianificazione urbanistica comunale, limitatamente alle zone da indagare di cui al par. 2.1.

La seconda fase (analisi della risposta sismica locale e microzonazione sismica del territorio) è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica comunale e deve interessare le aree già urbanizzate e quelle indicate come suscettibili di urbanizzazione, i corridoi infrastrutturali e gli agglomerati posti in territorio rurale che possano considerarsi significativi, per dimensione e/o interesse insediativo, in rapporto alla realtà territoriale locale, ricadenti nelle aree potenzialmente soggette ad effetti locali individuate nella prima fase.

Per il calcolo degli effetti locali, nelle indagini di terzo livello, si devono impiegare come segnali di riferimento i dati contenuti nell'Allegato 4 e nel database disponibile nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema "Sismica – Microzonazione Sismica".

Sulla base di questi dati è possibile calcolare, per ogni punto della griglia⁴, le cui coordinate sono disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema "Sismica – Microzonazione Sismica", gli accelerogrammi e lo spettro di risposta riferito ad un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni (corrispondente ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) e ad uno smorzamento $\zeta = 5\%$.

Sia nel secondo che nel terzo livello di approfondimento devono essere valutati gli effetti della topografia; l'amplificazione determinata dalle condizioni topografiche potrà essere stimata con la procedura indicata nell'Allegato A2 (punto A2.2)⁵.

Le indagini realizzate per la microzonazione sismica forniscono utili indicazioni anche per la scelta localizzativa e la realizzazione di opere; non si è tuttavia esentati dall'esecuzione delle indagini e degli studi integrativi richiesti dalla normativa vigente per la progettazione e la realizzazione delle costruzioni.

Nelle parti di territorio in cui, a seguito degli approfondimenti di terzo livello, la pericolosità risulti molto elevata, devono essere attentamente valutate la possibilità e l'opportunità di renderle suscettibili di trasformazione urbanistica.

2.1 - Zone da indagare

Le zone su cui effettuare le indagini variano a seconda della scala dello strumento di pianificazione considerato:

- a scala d'area vasta, ad esempio provinciale, occorre indagare l'intero territorio;
- a scala comunale, partendo dagli scenari di pericolosità sismica locale definiti dalla cartografia di area vasta di prima fase, le zone da indagare comprendono:
 - il territorio urbanizzato (la città esistente);

⁴ I punti della griglia regionale sono derivati da quelli della griglia delle mappe interattive di pericolosità sismica INGV.

⁵ I valori che si ricavano dalle formule indicate nell'Allegato A2 (punto A2.2) potrebbero portare a sovrastima. Tali valori possono essere sostituiti dai risultati di valutazioni della risposta sismica locale ottenuti con le procedure previste dal terzo livello di approfondimento.

- il territorio urbanizzabile (le parti del territorio potenzialmente suscettibili di trasformazioni urbanistiche per l'espansione o la riqualificazione della città);
- gli agglomerati posti in territorio rurale di dimensioni significative (ad es. insediamenti nastriformi attestati su viabilità, nuclei situati in continuità del territorio urbanizzato, etc.)
- le fasce di territorio riguardanti le reti infrastrutturali di nuova previsione (per la mobilità, acquedottistiche, fognarie, energetiche e relativi impianti tecnologici) e i corridoi destinati al potenziamento e alla razionalizzazione dei sistemi per la mobilità.

Le indagini e le analisi devono essere estese ad un'adeguata fascia limitrofa ai territori e alle zone sopra citate e alle situazioni di pericolosità locale (es. frane) il cui comportamento è potenzialmente in grado di influenzare i risultati della microzonazione nell'edificato.

2.2 - Formato dei dati e degli elaborati

Per il formato dei dati e allo scopo di permettere lo scambio delle informazioni tra Enti, i dati e gli elaborati cartografici devono essere conformi, ai fini della confrontabilità geografica digitale, a quanto previsto al punto A.1 della Deliberazione del Consiglio Regionale 28 maggio 2003, n. 484 (http://demetra.regione.emilia-romagna.it/stampe/DEL/7/2003/DEL_2003_484/DEL_2003_484_v1.pdf).

I risultati e gli elaborati devono essere forniti, su supporto cartaceo e su supporto digitale secondo le specifiche dell'ultima versione delle linee guida del Dipartimento della Protezione Civile disponibili nel sito <http://www.protezionecivile.gov.it>.

2.3 - Sperimentazione della valutazione della pericolosità sismica locale nelle procedure di formazione degli strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale

Per la realizzazione e l'utilizzo, nel processo di pianificazione, degli elaborati di seguito illustrati, le Amministrazioni potranno avvalersi del supporto, in fase di coordinamento, del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli e del Servizio Pianificazione Urbanistica, Paesaggio e uso sostenibile del territorio della Regione Emilia-Romagna

3 – PRIMA FASE - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

3.1 - Primo livello di approfondimento

Il primo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
- definire il tipo di effetti attesi;
- indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

In sede di elaborazione di studi di area vasta (es. analisi delle condizioni di pericolosità sismica locale per il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, PTCP) deve essere prodotta, per l'intero territorio, la "Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali"⁶. In tale cartografia devono essere evidenziate le zone caratterizzate da differenti scenari di pericolosità locale con indicazione degli effetti locali attesi. Essa è dunque uno strumento propedeutico alla pianificazione urbanistica comunale utile per indirizzare le scelte verso ambiti meno esposti alla pericolosità sismica.

⁶ Nel caso in cui la pianificazione provinciale assuma il ruolo e gli effetti della pianificazione comunale, la carta sarà adeguata al livello di pianificazione comunale a cui accede.

Il Piano Strutturale Comunale (PSC), attuando gli indirizzi previsti dalla pianificazione sovraordinata, dovrà realizzare una nuova cartografia della pericolosità sismica locale, ad una scala di maggior dettaglio, individuando le parti del territorio caratterizzate dai differenti scenari di pericolosità sismica locale.

In particolare, le analisi individuano le seguenti parti del territorio:

- aree che non necessitano di approfondimento, in quanto si ritiene il pericolo assente o trascurabile: si tratta di parti di territorio per le quali gli studi di primo livello non hanno individuato specifiche controindicazioni all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso;
- aree che necessitano di una seconda fase di approfondimento al fine di valutare la pericolosità sismica:
 - aree oggetto di un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento - punto 2a - disposizioni generali);
 - aree oggetto di un'analisi approfondita (terzo livello di approfondimento – punto 2b - disposizioni generali).

Le previsioni del PSC (o del PTCP⁷) in merito agli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato dovranno essere coerenti con le risultanze del quadro conoscitivo relative al rischio sismico e, di conseguenza, nella VALSAT del piano dovrà essere contenuta un'esplicita valutazione della coerenza degli interventi di trasformazione ipotizzati, in considerazione anche delle altre criticità ambientali, in modo tale da valutare in maniera integrata tutte le interazioni potenzialmente negative.

Sulla base della medesima carta comunale, le disposizioni del PSC (o del PTCP⁸) forniscono indirizzi e prescrizioni necessari alla progettazione attuativa/operativa assegnata al Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) e al Piano Operativo Comunale (POC), per le parti del territorio che risultano maggiormente esposte a pericolosità sismica.

3.1.1 - Elaborati da produrre

Per gli studi di area vasta, es. PTCP, devono essere prodotti i seguenti elaborati:

- Carta di area vasta delle aree suscettibili di effetti locali alla scala 1:25.000 da compilarsi secondo quanto previsto nell'Allegato A1;
- Relazione riguardante le condizioni di pericolosità sismica della zona analizzata.

Per il PSC la cartografia realizzata alla scala di area vasta dovrà essere approfondita e integrata realizzando una "Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali" di maggiore dettaglio, a scala almeno 1:10.000, secondo quanto previsto nell'Allegato A1. In questa carta, che costituisce l'elaborato principale di questo livello di approfondimento a scala comunale, devono essere chiaramente indicate le aree che dovranno essere oggetto delle indagini di successivo e ulteriore approfondimento. A corredo dovranno essere fornite anche le cartografie di base (geologica, geomorfologia, litologica, dello spessore delle coperture, della profondità della falda, etc.) e i profili litostratigrafici utilizzati.

In particolare dovranno essere prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- 1) Carta delle indagini; in questa cartografia, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), dovranno essere chiaramente indicate le prove pregresse e quelle di nuova

⁷ Qualora lo stesso assuma ruolo ed effetti della pianificazione comunale.

⁸ Vedi nota 7.

esecuzione (anche quelle eseguite per i successivi livelli di approfondimento); tutte le prove dovranno essere classificate in base alla tipologia e alla profondità raggiunta.

2) Carta geologico-tecnica, derivata dalla revisione a scala dettagliata (almeno 1:10.000) dei rilievi geologici e morfologici disponibili. In questa cartografia dovranno essere rappresentati gli elementi geologici e morfologici locali d'interesse per l'analisi della pericolosità sismica, in particolare quelli che possono modificare il moto sismico in superficie. I più comuni elementi geologici e morfologici che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna sono indicati nell'Allegato A1 degli indirizzi regionali; in particolare dovranno essere chiaramente perimetrati le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti. Questa cartografia dovrà essere corredata da un numero adeguato di sezioni litostratigrafiche significative, orientate sia trasversalmente sia longitudinalmente ai principali elementi geologici (strutture tettoniche, forme del paesaggio e morfologie sepolte, assi dei bacini, ...).

3) Carta delle frequenze naturali dei terreni, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), derivate da indagini speditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali) o, se disponibili, SSR da registrazioni di terremoti. In questa carta dovranno essere riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore del picco più significativo nell'intervallo 0.2÷20 Hz, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale f_0 , e di altri picchi significativi o indicazione dell'assenza di picchi). Ove possibile, il territorio indagato sarà suddiviso in base a classi di frequenza allo scopo di distinguere aree caratterizzate da assenza di fenomeni di risonanza significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSR o SSR nell'intervallo 0.2÷20 Hz) o da presenza di fenomeni di risonanza, distinguendo fra spessori attesi maggiori di 200 m (indicativamente $f_0 \leq 0,6$ Hz), spessori compresi tra 200 e 100 m (indicativamente $0,6 \text{ Hz} < f_0 \leq 1$ Hz), spessori compresi fra 100 e 30 m (indicativamente $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz), spessori compresi fra 30 e 10 m (indicativamente $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz), spessori minori di 10 m (indicativamente $f_0 > 8$ Hz). Se possibile dovranno essere distinte anche le zone caratterizzate da contrasti di impedenza elevati (ampiezza picco HVSR ≥ 3), moderati (ampiezza picco $2 \leq \text{HVSR} < 3$), bassi (ampiezza picco $1,5 \leq \text{HVSR} < 2$) e assenza di significativi contrasti (ampiezza picco HVSR $< 1,5$).

Tale cartografia è di particolare utilità al fine di evitare il fenomeno della doppia risonanza nell'interazione suolo-strutture; dovranno perciò essere adeguatamente considerate le frequenze naturali del terreno e quelle di vibrazione delle strutture, ponendo particolare attenzione alle aree in cui si rilevano maggiori contrasti di impedenza.

4) Carta delle aree suscettibili di effetti locali; è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento (cfr Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica degli ICMS, 2008). In questa cartografia dovranno essere chiaramente indicate, a scala dettagliata (almeno 1:10.000), le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari. Nelle aree di pianura tale cartografia dovrà essere corredata da una cartografia rappresentativa della profondità e tipologia dei depositi di sottosuolo che possono influenzare il moto in superficie (es.: isobate del tetto dei depositi grossolani, come le ghiaie di conoide; isobate del tetto di corpi sabbiosi significativi presenti nei primi 20 m di profondità; isobate del tetto della falda; isobate della base dei depositi continentali; altre isobate di discontinuità stratigrafiche importanti; ...).

Le diverse aree suscettibili di effetti locali dovranno essere caratterizzate in base alla successione litostratigrafica; all'interno di ogni area la successione litostratigrafica dovrà risultare il più possibile omogenea in prospettiva dell'analisi della risposta sismica locale.

Le aree saranno classificate in tre categorie:

- a) zone stabili**, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- b) zone suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche laterali poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la profondità del substrato rigido varia rapidamente, come nelle valli strette e nelle conche intramontane profondamente incise, nelle quali il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, l'analisi monodimensionale, e quindi anche l'utilizzo di abachi, può portare a sottostima della risposta sismica in superficie; in tali condizioni sono raccomandate analisi bidimensionali;
- c) zone suscettibili di instabilità**, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio; i principali tipi di instabilità attesi in Emilia-Romagna sono:
- instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili,
 - liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna,
 - densificazioni in presenza di terreni granulari poco addensati e/o terreni coesivi poco consolidati,
 - cedimenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche (zone di contatto tra litotipi significativamente diversi, zone di faglia, zone a pronunciata diversità del grado di deformabilità, ...) o in presenza di cavità sotterranee.

In queste zone sono richiesti specifici approfondimenti di terzo livello.

Nella relazione illustrativa dovranno essere descritti tutti gli elementi caratterizzanti i documenti sopra indicati e le aree in cui effettuare indagini, con indicazione del tipo di prove da realizzare. Poiché una delle finalità fondamentali di questo livello di approfondimento è la definizione del modello geologico del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica, dovrà essere accuratamente descritta la stratigrafia e fornita una stima indicativa, su basi geologiche, della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il substrato rigido. La definizione del substrato rigido è uno degli obiettivi degli approfondimenti successivi.

3.1.2 - *Acquisizione dei dati*

Nella predisposizione della “Carta delle aree suscettibili di effetti locali”, sia di area vasta che comunale, è richiesto il reperimento dei dati e delle informazioni precedentemente acquisiti in occasione di indagini di settore o per la predisposizione di strumenti di pianificazione, in particolare:

- cartografia topografica di dettaglio (tavole topografiche 1:25.000, CTR 1:5.000, carte comunali 1:2.000, modello digitale del terreno, ...) da utilizzare come supporto per i rilievi e la restituzione dei risultati e per l'analisi morfologica;
- cartografia geologica (Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo 1:10.000 e sintesi alla scala 1:25.000, cartografie allegata a strumenti di pianificazione, cartografie per progetti particolari, ...);
- cartografia dei dissesti conosciuti (Carta Geologica dell'Appennino Emiliano-Romagnolo 1:10.000 e Inventario del dissesto 1:25.000, cartografie allegata a strumenti di pianificazione, perimetrazioni aree a rischio, altre cartografie per progetti particolari, ...);
- risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche esistenti.

In assenza di dati che permettano un'adeguata ricostruzione del modello geologico dovranno essere eseguite apposite nuove indagini finalizzate innanzi tutto alla definizione della litostratigrafia e degli spessori delle coperture.

4 – SECONDA FASE - ANALISI DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE E MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

La seconda fase ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la microzonazione sismica del territorio indagato.

Gli scenari identificati nella prima fase individuano due diversi livelli di approfondimento (secondo o terzo livello) caratterizzati da diversi programmi di indagine.

Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione litostratigrafica geotecnica e geofisica spaziale dei terreni presenti nell'area in studio.

4.1 - Secondo livello di approfondimento – analisi semplificata

Il secondo livello di approfondimento ha le seguenti finalità:

- la conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica;
- la suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- la conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

E' questo il livello di approfondimento minimo richiesto per l'approvazione del PSC.

L'analisi semplificata è richiesta e ritenuta sufficiente per la stima dell'amplificazione, negli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili, compresi quelli con coperture di spessore circa costante e acclività $\leq 15^\circ$, vale a dire nelle aree in cui il modello geologico può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale. Nelle aree in cui sono presenti morfologie sepolte che comportano rapide variazioni della profondità del substrato rigido l'analisi monodimensionale, e quindi anche l'utilizzo di abachi, può portare a sottostima della risposta sismica in superficie; in tali condizioni sono raccomandate analisi bidimensionali.

Per la definizione dell'amplificazione ove è ritenuta sufficiente l'analisi semplificata si utilizzeranno gli abachi, le formule e le procedure indicate nell'Allegato A2.

Tale analisi ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale per l'elaborazione della carta di microzonazione. Questa fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC (o del PTCP⁹) e delle sue varianti indicando:

- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento possano essere attuati senza la necessità di eseguire nuove indagini;
- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento siano subordinati allo svolgimento di ulteriori indagini di cui al par. 4.2.

⁹ Qualora lo stesso assuma ruolo ed effetti della pianificazione comunale.

4.1.1 - Elaborati da produrre

Oltre agli elaborati del livello di approfondimento precedente dovranno essere prodotti i seguenti elaborati.

1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s), a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), in cui saranno ubicati tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ogni punto di misura, del valore di V_{SH} (in m/s) e H (in m) nelle aree in cui H non supera i 50 m, o di V_{S30} (in m/s) nelle aree di pianura dove H è maggiore di 50 m.

2) Carte dei fattori di amplificazione delle aree individuate nella “Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali”, a scala almeno 1:10.000, preferibilmente di maggiore dettaglio¹⁰. Questa cartografia costituisce l’elaborato principale di questo livello di approfondimento. La stima dell’amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule) è possibile laddove l’assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale. L’amplificazione sarà quantificata in termini di parametri FA_{PGA} , $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$ che esprimono l’amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche S_T . Tali coefficienti di amplificazione vengono stimati impiegando le tabelle e le formule dell’Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2) che permettono di calcolare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento. Questi fattori sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ($FA_{PGA}=PGA/PGA_0$) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0)¹¹ per prefissati intervalli di periodi ($FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$), dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l’accelerazione massima orizzontale e l’Intensità di Housner al suolo di riferimento ricavabili dal data base regionale (disponibile nel sito internet del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale) e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati¹².

Si ricorda che la scelta degli abachi per la stima dell’amplificazione non dipende dalle sole caratteristiche litologiche e morfologiche dell’area ma deve essere attentamente valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo, in particolare della profondità e del tipo di substrato. Per questa valutazione si raccomanda di porre particolare attenzione alla cartografia di primo livello, in particolare alla carta degli elementi geologici sepolti che possono modificare il moto in superficie e alla carta delle frequenze naturali dei terreni. La procedura per la scelta degli abachi utilizzati dovrà essere dettagliatamente descritta nella relazione illustrativa; per rendere più chiara tale scelta si raccomanda di inserire in relazione una figura o tabella che illustri, per ogni microzona e per tutta l’area di studio, gli abachi utilizzati per la stima dell’amplificazione. Dovranno essere perimetrate in dettaglio anche le aree che necessitano di approfondimenti di terzo livello, con indicazione del tipo di effetti attesi, delle indagini e analisi di approfondimento da effettuare.

4.1.2 - Acquisizione dei dati

Per l’utilizzo degli abachi e delle tabelle è necessario determinare la stratigrafia del sottosuolo, in particolare lo spessore H della copertura, o profondità del substrato rigido, e il valore di V_s nell’intervallo di spessore H .

¹⁰ La scala è da rapportare alle dimensioni dell’area studiata.

¹¹ L’Intensità di Housner SI_t è definita da

$$SI = \int_{T_1}^{T_2} PSV_{(\zeta=5\%)} dT \quad \text{dove } PSV \text{ è lo spettro di risposta in velocità (smorzamento } \zeta = 5\%).$$

¹² I valori riportati nelle tabelle potrebbero portare a sovrastima. Tali valori possono essere sostituiti dai risultati di valutazioni della risposta sismica locale ottenuti con le procedure previste dal terzo livello di approfondimento.

Se nell'area sono disponibili prove pregresse che definiscono in maniera chiara la stratigrafia fino alla profondità d'interesse H potranno essere effettuate solo prove finalizzate alla definizione del valore di V_{SH} o V_{S30} , altrimenti dovranno essere realizzate anche indagini geognostiche finalizzate alla definizione della litostratigrafia e della profondità del substrato rigido.

E' richiesta anche la valutazione degli effetti topografici, secondo quanto indicato nell'Allegato A2, punto A2.2.

4.2 - Terzo livello di approfondimento – analisi approfondita

Un'analisi più approfondita è richiesta per la stima di indici di rischio nelle aree nelle quali si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento, nelle seguenti situazioni:

- a) aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
- b) aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
- c) aree con rapide variazioni della profondità del substrato rigido, come ad esempio le valli strette e profondamente incise, nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
- d) aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

Questo livello di analisi è quindi finalizzato a valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale delle aree instabili e potenzialmente instabili, di quelle soggette a liquefazione e densificazione, sempre ai fini della redazione della carta di microzonazione.

Gli ambiti per i quali è richiesta l'attuazione di questo terzo livello di approfondimento, attraverso il primo livello di analisi, devono, pertanto, essere già individuati anche nella cartografia delle aree suscettibili di effetti locali.

Di conseguenza, le indicazioni normative urbanistiche, anche dei piani di area vasta (es. quelle del PTCP), devono prevedere che la pianificazione urbanistica comunale, relativamente a queste aree debba subordinare la previsione di ambiti di riqualificazione o nuovo insediamento all'attuazione di questo livello di analisi.

In particolare, tali studi possono essere acquisiti nella fase di predisposizione e approvazione del POC, disciplinati dallo stesso e per i progetti la cui approvazione costituisce variante al POC. Se il secondo livello di approfondimento realizzato per l'approvazione del PSC ha evidenziato potenziali condizioni di instabilità in aree di POC, per l'approvazione del POC è necessario che in tali aree siano effettuati approfondimenti di terzo livello.

La zona da indagare e la scala di restituzione degli elaborati devono essere commisurate alla criticità e alle dimensioni dell'area e all'importanza dell'intervento da realizzare.

4.2.1 - Elaborati da produrre

Oltre agli elaborati dei livelli di approfondimento precedenti per le aree in cui viene effettuato il terzo livello di approfondimento dovranno essere forniti, come requisiti minimi:

- la perimetrazione dettagliata, a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggior dettaglio) delle aree indagate e i valori indicativi della pericolosità locale (indice di liquefazione, grado di stabilità, cedimenti attesi, ...);
- nel caso di analisi di risposta sismica locale, gli spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno $T_R = 475$ anni con smorzamento $\zeta = 5\%$ e le mappe di amplificazione in termini di:
 1. PGA/PGA_0 ;
 2. SI/SI_0

A corredo devono essere prodotti anche i risultati delle prove per la definizione del modello geologico del sottosuolo e per la caratterizzazione geotecnica dei terreni sia in campo statico che dinamico.

Qualora gli strumenti di pianificazione consentano la realizzazione di interventi nelle aree instabili, in quelle potenzialmente instabili e in quelle soggette a rischio di liquefazione e densificazione, dovranno essere forniti elaborati di quantificazione degli indici di rischio, degli spostamenti e dei cedimenti attesi. Tali valutazioni dovranno essere supportate da prove sperimentali in sito e in laboratorio e dovranno essere condotte in conformità ai principi e ai metodi della Geotecnica Sismica. Nell'Allegato A3 sono indicate alcune procedure di riferimento.

Negli ambiti di studio in cui sono presenti aree suscettibili di liquefazione di estensione tale da comprendere più aggregati strutturali o aggregati strutturali estesi, se il numero delle verifiche lo consente, potrà essere effettuata una suddivisione del territorio in base al valore dell'Indice di Liquefazione I_L , interpolando i risultati delle verifiche puntuali, in aree a rischio di liquefazione basso ($0 < I_L \leq 2$), medio ($2 < I_L \leq 5$), elevato ($5 < I_L \leq 15$) o molto elevato ($I_L > 15$).

Nella relazione dovranno essere descritti in dettaglio i procedimenti e i codici di calcolo utilizzati e i risultati delle prove sperimentali in sito e in laboratorio. Dovranno essere chiaramente specificati anche i criteri per la definizione del substrato rigido.

4.2.2 - Acquisizione dei dati

Le valutazioni dovranno essere supportate da prove sperimentali in sito e in laboratorio e dovranno essere condotte in conformità ai principi e ai metodi della Geotecnica Sismica. Nell'Allegato A3 sono indicate alcune procedure di riferimento.

Il programma delle prove, sia nei terreni stabili che in quelli instabili, deve essere commisurato alla specificità del caso.

La tipologia e il numero delle prove devono essere adeguatamente descritti e motivati nella relazione. Dovranno essere utilizzate solo tecniche di prova di riconosciuta affidabilità per le quali esistono riferimenti nella letteratura scientifica.

Gli effetti topografici potranno essere valutati secondo quanto indicato nell'Allegato A2, punto A2.2.

I valori di velocità di propagazione delle onde sismiche (V_p e V_s) dovranno essere acquisiti tramite misure dirette tipo down-hole o cross-hole o dedotti dalle curve di dispersione delle onde di superficie misurate; laddove le condizioni geologiche lo permettano potranno essere effettuate prove penetrometriche statiche con cono sismico o con dilatometro sismico.

Come segnale di input per le analisi di risposta sismica locale dovranno essere utilizzati gli accelerogrammi disponibili nel sito web del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, tema "Sismica – Microzonazione Sismica".

5 - RECEPIMENTO DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA

Come specificato nelle leggi regionali n. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", e n. 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico", è obbligo per i Comuni valutare la compatibilità delle previsioni contenute negli strumenti di pianificazione con l'obiettivo della riduzione del rischio sismico.

Pertanto, ai fini dell'espressione del parere provinciale sugli strumenti urbanistici e loro varianti ai sensi dell'art. 5 della LR 19/2008, in merito alla compatibilità delle previsioni con le condizioni di pericolosità locale del territorio, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica si devono conformare al presente atto di indirizzo provvedendo a redigere gli studi e le analisi del proprio

livello di competenza e corredando lo strumento con opportune norme finalizzate alla riduzione del rischio sismico.

Lo svolgimento degli studi di microzonazione sismica avviene attraverso un approfondimento delle analisi e delle valutazioni che vede in primo luogo l'adeguamento dell'analisi della pericolosità sismica locale a scala di area vasta (es. PTCP) e, successivamente il recepimento e l'approfondimento delle indicazioni da esso fornite dal PSC e quindi dal POC. Si ritiene tuttavia che, vi sia la possibilità di conformare gli atti di pianificazione in corso di approvazione al presente atto di indirizzo anche in carenza del preventivo adeguamento della pianificazione sovraordinata. Ciò al fine di consentire l'approvazione di detti strumenti urbanistici senza dover attendere il preventivo allineamenti degli strumenti di pianificazione sovraordinata.

In particolare, si sottolinea che:

- le Province devono adeguare i PTCP secondo quanto previsto al capitolo 3, nonché corredare il Piano del conseguente apparato normativo;
- i Comuni, attuando gli indirizzi dei piani territoriali di area vasta (es. PTCP), devono adeguare i propri PSC, provvedendo a tal fine a realizzare la microzonazione sismica come indicato nei capitoli 3 e 4, nonché a corredare il Piano del conseguente apparato normativo;
- in assenza di indicazioni nei piani territoriali di area vasta (es. PTCP), i Comuni dovranno comunque adeguare il PSC secondo quanto previsto nei capitoli 3 e 4, provvedendo a tal fine a realizzare la microzonazione sismica nonché a corredare il Piano del conseguente apparato normativo;
- i Comuni, in assenza di PSC già adeguati ai criteri previsti nei capitoli 3 e 4, al momento dell'elaborazione del POC provvedono direttamente allo svolgimento delle analisi di cui al par. 4.2, nonché a corredare il Piano del conseguente apparato normativo, per le parti di territorio interessate dai medesimi strumenti;
- gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica in corso di approvazione alla data di entrata in vigore del presente atto di indirizzo provvedono ad integrare i propri contenuti secondo quanto previsto nei capitoli 3 e 4.

La microzonazione sismica di secondo livello è il livello di approfondimento minimo richiesto per l'approvazione del PSC.

I dati, gli elaborati e i risultati degli studi di microzonazione sismica devono essere recepiti negli strumenti di pianificazione urbanistica. Questi devono contenere indicazioni normative per la corretta applicazione dei risultati della microzonazione sismica, anche al fine di favorire la migliore programmazione delle indagini per la riduzione del rischio sismico nell'ambito della progettazione e realizzazione delle costruzioni.