

CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA E ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE PER L'EMERGENZA, DI CUI ALL'ORDINANZA DEL CAPO DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE N. 978/2023.

ASPETTI GENERALI

I riferimenti tecnici per la realizzazione degli questi studi, l'elaborazione dei dati e la redazione degli elaborati sono costituiti dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"¹ (da qui in avanti "ICMS"), dalle versioni più recenti degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica MS e CLE disponibili nel sito <https://www.centromicrozonazioneismica.it/it/download/category/3-linee-guida> e dall'atto di coordinamento tecnico per gli studi di microzonazione sismica ai sensi della LR 24/2017 approvato con DGR 476/2021, integrato con DGR 564/2021² (da qui in avanti "indirizzi regionali").

In questo allegato tecnico sono richiamati alcuni criteri e principi fondamentali.

La microzonazione sismica (MS) è richiesta nelle aree urbanizzate, negli agglomerati in territorio rurale di dimensioni significative, nelle aree suscettibili di trasformazioni urbanistiche e lungo le fasce a cavallo delle reti infrastrutturali di nuova previsione. Le aree in cui realizzare la MS dovranno essere indicate dagli Enti Locali beneficiari prima della selezione dei soggetti realizzatori degli studi. Le porzioni di territorio rappresentate nelle varie cartografie di primo e secondo livello dovranno comunque comprendere un adeguato intorno di tutti gli elementi oggetto dell'analisi della condizione limite per l'emergenza.

Per l'individuazione dei depositi e le forme che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna il riferimento è costituito dall'Allegato A1 degli indirizzi regionali.

La stima della pericolosità sismica delle aree è riferita ad una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Gli studi di MS prevedono diverse fasi di realizzazione e differenti livelli di approfondimento; i livelli di approfondimento degli studi che saranno realizzati con i contributi di cui al presente atto saranno indicati nel successivo atto di individuazione dei Comuni beneficiari.

Le indagini e gli elaborati di seguito indicati costituiscono lo standard minimo richiesto per l'approvazione degli studi. Altre procedure di analisi e indagini possono essere effettuate purché non in contrasto con quanto indicato dagli indirizzi regionali e se di dettaglio non inferiore e più aggiornate.

L'analisi della CLE dovrà essere effettuata secondo i criteri indicati nel Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 1755 del 27 aprile 2012 e quanto di seguito specificato.

Lo studio di MS e l'analisi della CLE devono essere illustrati in specifiche relazioni che indichino chiaramente il livello di approfondimento, le indagini e le analisi effettuate, le procedure applicate ed i risultati ottenuti; deve essere prodotta una cartografia dettagliata dello stato del territorio.

Tutti gli elaborati dovranno essere forniti in versione digitale (pdf, jpg o tif con risoluzione minima 300 dpi).

I dati dovranno essere forniti anche in formato vettoriale (shapefile) secondo quanto indicato nel successivo capitolo "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per l'emergenza".

¹ Gruppo di lavoro MS, 2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

² DGR 476/2021. Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 476 del 12 aprile 2021: *Aggiornamento dell'Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017) di cui alla deliberazione della Giunta Regionale 29 aprile 2019, n. 630.* BURERT n. 111 del 20/04/2021 – Parte seconda n. 93.

DGR 564/2021. Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 564 del 26 aprile 2021: *Integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)".* BURERT n. 137 del 12/05/2021 – Parte seconda n. 113.

I dati delle prove penetrometriche e dilatometriche e quelli delle misure di V_P e V_S dovranno essere forniti anche in forma numerica tabellare (file in formato .dat, .pdf, .xlsx, ...).

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini.
- 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 MS.

Elaborati da produrre

- 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 esecuzione (anche quelle eseguite per i successivi livelli di approfondimento); tutte le prove dovranno essere classificate in base alla tipologia.
- 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 perimetrate 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, ...).
Data la disponibilità della cartografia geologica 1:10.000 per tutto il settore appenninico regionale, per gli studi nei Comuni montani e delle zone collinari, la redazione della carta geologico-tecnica è raccomandata per l'intero territorio comunale.
- 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 da misure di vibrazioni ambientali) o, se disponibili, da registrazioni di terremoti (SSR). In questa carta dovranno essere riportati tutti i punti di misura, con associati i valori di ampiezza H/V e frequenza del picco più significativo nell'intervallo 0.2÷20 Hz e di altri picchi significativi (o indicazione dell'assenza di picchi).
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 o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS); è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. 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 per la MS 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, del tetto di corpi sabbiosi significativi presenti nei primi 20 m di profondità, del tetto della falda, della base dei depositi continentali, di altre discontinuità stratigrafiche importanti, ...).
Data la disponibilità della cartografia geologica 1:10.000 per tutto il settore appenninico regionale, per gli studi nei Comuni montani e delle zone collinari, la redazione della carta delle aree suscettibili di effetti locali (o delle MOPS) è raccomandata per l'intero territorio comunale.
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 della valutazione della pericolosità sismica locale.
Le aree saranno classificate ai sensi degli ICMS e degli indirizzi regionali in zone stabili, zone suscettibili di amplificazioni locali, zone suscettibili di instabilità.

Poiché la finalità principale di questo livello di approfondimento è la definizione del modello geologico del sottosuolo che costituirà la base per le analisi di risposta sismica locale (RSL) e la MS, nella relazione illustrativa dovrà essere accuratamente descritta la litostratigrafia e fornita una stima indicativa della profondità dell'orizzonte ipotizzato essere il *bedrock* sismico.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento o eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la MS.
- Suddivisione dettagliata del territorio in base all'amplificazione attesa.
- 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.

Per la definizione dell'amplificazione si utilizzeranno le tabelle e formule dell'Allegato A2 degli indirizzi regionali.

Si ricorda che per l'utilizzo di abachi e tabelle è necessario determinare:

- 1) la litostratigrafia del sottosuolo, in particolare spessore H della copertura, profondità e tipologia del substrato;
- 2) eventuali variazioni laterali di profondità del tetto del *bedrock* sismico;
- 3) il profilo di Vs nell'intervallo di spessore H.

Elaborati da produrre

Oltre agli elaborati del livello di approfondimento precedente dovranno essere prodotti gli elaborati di seguito descritti.

- 1) Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs), a scala almeno 1:10.000 (preferibilmente di maggiore dettaglio), in cui saranno ubicati tutti i punti di misura di Vs 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, a scala almeno 1:10.000, preferibilmente di maggiore dettaglio³. Questa cartografia costituisce l'elaborato principale di questo livello di approfondimento. La stima dell'amplificazione tramite procedure semplificate (utilizzo di tabelle, abachi e formule) è possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale. Indicazioni per la valutazione delle aree in cui è possibile applicare il secondo livello di approfondimento sono illustrate nel paragrafo 2.5.2 "Limiti di utilizzo degli abachi" degli ICMS e in Gruppo di Lavoro "Abachi" (2015)⁴. In prossimità di morfologie sepolte, che comportano rapide variazioni della profondità del *bedrock*, l'analisi monodimensionale, e quindi anche l'utilizzo di tabelle o abachi, può portare a sottostima della risposta sismica in superficie; in tali condizioni sono raccomandati approfondimenti di terzo livello, con analisi bidimensionali.

L'amplificazione sarà quantificata in termini di parametri F_{PGA} , $FH_{0,1-0,5s}$, $FH_{0,5-1s}$, $FH_{0,5-1,5s}$, $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,4-0,8s}$, $FA_{0,7-1,1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$ 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) degli indirizzi regionali che permettono di stimare i fattori di amplificazione sismica rispetto ad un suolo di riferimento.

Si ricorda che la scelta delle tabelle o 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 delle tabelle o abachi 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, tabelle o abachi utilizzati per la stima dell'amplificazione.

³ La scala è da rapportare alle dimensioni dell'area studiata.

⁴ Gruppo di Lavoro "Abachi" (2015): *Applicabilità degli abachi per la microzonazione sismica di livello 2*. Atti del 34° Convegno Nazionale GNGTS, Trieste 17-19 novembre 2015, sessione 2.2, 109-113.

3) Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} (Naso et al., 2019⁵), secondo la procedura descritta nell'Allegato A degli indirizzi regionali.

Nelle carte dei fattori di amplificazione e di H_{SM} , dovranno essere perimetrate in dettaglio anche le aree che necessitano di approfondimenti di terzo livello, con indicazione del tipo di effetti attesi; in relazione dovranno essere indicate le indagini e le analisi di approfondimento da effettuare.

TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Finalità

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dai precedenti livelli di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la MS.
- Valutazione più approfondita della RSL, in termini di amplificazione e/o stima degli indici di rischio, nelle seguenti situazioni:
 - a) aree soggette a liquefazione e densificazione;
 - b) aree instabili e potenzialmente instabili;
 - c) aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti; in tali condizioni 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 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 in cui sono presenti criticità geologiche che richiedono il terzo livello di approfondimento devono essere già individuati attraverso il primo livello di analisi, nella Carta delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

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 maggiore dettaglio)⁶, delle aree indagate e i valori indicativi della pericolosità locale (indice di liquefazione, grado di stabilità, cedimenti attesi, ...);
- nel caso di analisi RSL, gli spettri di risposta riferiti a tali aree, per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento pari al 5% e le mappe di amplificazione in termini di F_{PGA} , $FH_{0,1-0,5s}$, $FH_{0,5-1s}$, $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,4-0,8s}$, $FA_{0,7-1,1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$, e le mappe di scuotimento atteso in termini di H_{SM} , $H_{0,4-0,8s}$, $H_{0,7-1,1s}$, $H_{0,5-1,5s}$.

Indicazioni per i segnali di input di riferimento per le analisi di risposta sismica locale sono contenute nell'Allegato A4 degli indirizzi regionali (DGR 476/2021).

ANALISI DELLA CONDIZIONE LIMITE DI EMERGENZA (CLE)

Finalità

Definizione della condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale.

Tale analisi comporta:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza e degli eventuali elementi critici;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e degli eventuali elementi critici;

⁵ Naso G., Martelli L., Baglione M., Brammerini F., Castenetto S., D'Intinosante V., Ercolessi G. (2019): *Maps for land management: from geology to seismic hazard*. Boll. Geof. Teor. App. Vol. 60, n.2, June 2019, 277-294. DOI 10.4430/bgta0263

⁶ La scala è da rapportare alle dimensioni dell'area studiata.

c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con gli edifici strategici, le aree di emergenza, le infrastrutture di accessibilità e di connessione.

L'analisi della CLE dovrà essere effettuata secondo i criteri indicati nel Decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 1755 del 27 aprile 2012 e nei documenti "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE). Versione 3.1" pubblicato nel novembre 2018, "Istruzioni per la compilazione delle schede - versione 3.1" e Manuale per l'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE) dell'insediamento urbano. Versione 1.1" pubblicato nel 2016, scaricabili dal sito web:

<https://www.centromicrozonazioneismica.it/it/download/category/3-linee-guida>

Elaborati da produrre

- 1) schede degli Edifici Strategici (ES), degli Aggregati Strutturali (AS), delle Unità Strutturali (US), delle Aree di Emergenza (AE) e delle Infrastrutture di Accessibilità/Connessione (AC) compilate secondo le indicazioni contenute nel documento sopra indicato, comprensive di scheda indice firmata dal RUP;
- 2) mappe degli elementi con funzioni strategiche essenziali per l'analisi della CLE (ES, AS, US, AE, AC);
- 3) cartografia di confronto, alla scala 1:5.000 o di maggiore dettaglio, tra la mappa di cui al punto 2 e la carta MS in H_{SM};
- 4) relazione illustrativa in cui dovranno essere descritti gli elementi caratterizzanti il sistema di gestione dell'emergenza, il rapporto con le infrastrutture di accessibilità/connessione e connessione nonché eventuali problematiche rispetto alle unità strutturali interferenti sia sulle infrastrutture di accessibilità/connessione che con gli edifici strategici e le aree di emergenza. In tale relazione dovranno essere esplicitate eventuali operazioni sullo strato poligonale del DBtopo, ovvero se siano stati aggiunti/eliminati degli aggregati, se siano stati suddivisi/accorpati degli aggregati.
Dovrà essere altresì rappresentata una sintesi riassuntiva per le diverse funzioni: ES e AE (ricovero e ammassamento), tale sintesi deve riportare:
 - nel caso di ES, nome dell'edificio e il tipo di funzione strategica allocata (Es. nome dell'edificio = Palazzo comunale, funzione strategica = COC);
 - nel caso di aree di Emergenza la distinzione in Ricovero o Ammassamento e nome con cui è riconosciuta l'area (es. (Es. area = ricovero scoperto, nome area = campo sportivo);
 - l'identificativo da DBtopo;
 - la localizzazione (via, nr. civico e frazione).

INDICAZIONI PER L'ARCHIVIAZIONE INFORMATICA, RAPPRESENTAZIONE E FORNITURA DEI DATI DEGLI STUDI MS E DELL'ANALISI CLE

Tutti i dati, la cartografia stampabile (formati e vestizioni, cartigli e legende), simbologie e documentazione dovranno essere forniti secondo gli standard più recenti disponibili nel sito web del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni <https://www.centromicrozonazioneismica.it/it/download/category/23-standard-ms-e-cle>.

Gli strati informativi dei quali non si è resa necessaria la compilazione dovranno essere consegnati vuoti.

Nel caso di documentazione mancante o modificata la consegna dovrà essere eseguita nuovamente nella sua totalità allo scopo di sostituire completamente la precedente.

Nel caso in cui due o più Comuni si associno, nelle forme previste per l'adempimento della MS e dell'analisi CLE, dovrà essere eseguita una consegna per ogni Comune ripetendo i documenti, mentre i dati cartografici dovranno estendersi alla sola area coperta dal singolo comune; dovrà essere consegnata anche una cartografia di sintesi e inquadramento alla scala di associazione (unione di comuni, ambiti territoriali ottimali, ...).

Nella cartella Plot dovranno essere inclusi anche i file formato pdf delle mappe non richieste dalle linee guida sopracitate, ma necessarie secondo il presente atto. Tali mappe avranno le stesse caratteristiche di cartiglio e vestizione di quelle descritte nelle linee guida succitate ma viene lasciata facoltà di rappresentare il parametro con strato informativo poligonale con chiarezza di simbologia ed etichettatura. Ad integrazione di tale cartografia dovrà essere aggiunto lo strato informativo poligonale usato in formato shapefile (es. FREQUENZE_POL.shp, .shx, .dbf, .sbn, ...) all'interno della cartella MS1 o MS2 o MS3 o CLE (senza sottocartelle), fermo restando il fatto che i parametri devono essere inseriti obbligatoriamente all'interno della base dati delle indagini secondo le linee guida citate.

Tutti gli elaborati e i dati necessari alla loro redazione non espressamente richiesti nel presente documento dovranno essere archiviati separatamente alla struttura delle cartelle indicata negli standard.