



REGIONE CALABRIA

LINEE GUIDA

PER LA REDAZIONE DI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO

INDICE DEI CONTENUTI

Documento	i
Indice dei Contenuti	iii
Indice delle Figure.....	v
Indice delle Tabelle	vii
Premessa	1
1 Generalità	3
1.1 Microzonazione sismica e livelli di analisi.....	3
1.2 Concetti base dei sistemi informatici geografici – GIS.....	3
2 Il Sistema Informatico Territoriale Regione Calabria (SI-TERC).....	5
3 Microzonazione sismica – Analisi di Livello I.....	7
3.1 Carta delle indagini esistenti.....	7
3.1.1 Indagini 1D.....	10
3.1.2 Indagini 2D.....	13
3.2 Carta geologico-tecnica	15
3.3 Carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica	16
3.3.1 Stab - Shapefile delle zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazione.....	17
3.3.2 Instab - Shapefile delle zone instabili.....	19
3.3.3 Forme – Shapefile delle forme di superficie o sepolte	20
3.3.4 Stab_Instab – Sovrapposizione delle zone stabili e instabili	20
3.3.5 Isosub – Shapefile delle Isobate del substrato sepolto.....	21
3.3.6 Elineari – Shapefile degli elementi lineari.....	22
3.3.7 Epuntuali – Shapefile degli Elementi puntuali	22
4 Microzonazione sismica - Analisi di Livello II.....	23
4.1 Carta delle indagini.....	23
4.2 Carta Geologico_Tecnica	23
4.3 Carta di Microzonazione Sismica	23

4.3.1	Amplificazione litostratigrafica.....	24
4.3.2	Amplificazione topografica.....	29
4.3.3	Instabilità di versante	31
4.3.4	Liquefazione.....	34
4.3.5	Cedimenti differenziali e faglie capaci.....	37
4.4	Creazione degli shapefile per gli standard CTMS.....	37
5	Microzonazione sismica - Analisi di Livello III	39
5.1	Analisi di risposta sismica locale con metodi empirici.....	39
5.2	Simulazioni numeriche di risposta sismica locale	40
5.2.1	Esempio di codice 1D – SHAKE.....	41
5.2.2	Esempio di codice 2D – QUAD4M.....	41
5.2.3	Caratterizzazione dei terreni per le simulazioni numeriche.....	42
5.2.4	Moto di input per le simulazioni numeriche.....	42
5.3	Carta delle indagini.....	43
5.4	Carta di amplificazione sismica con approfondimenti.....	43
5.5	Creazione degli shapefile per gli standard CTMS.....	44
	Riferimenti bibliografici.....	45
	Appendice 1 – Guida al database delle indagini.....	47

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.1. Strati informativi di un GIS.....	4
Figura 2.1. Pagina di accesso del SI-TERC e selezione della mappa da caricare (a), caricamento dei 4 file necessari per ogni tematismo (b).....	5
Figura 3.1. Indagini 1D – Indagine Down-Hole (da Kramer, 1996) e localizzazione delle indagini sovrapposta ad una carta geologica.....	8
Figura 3.2. Indagini 2D – Indagine sismica a rifrazione (da Kramer, 1996) e localizzazione del profilo sovrapposto ad una carta geologica.....	8
Figura 3.3. Tabella dello shapefile Ind_pu (a sinistra), schema del database delle indagini (a destra) e loro relazione.....	9
Figura 4.1. Esempio di abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione FA ed FV dalle LGMS-DPC.....	28
Figura 4.2. Spettro in superficie ottenuto a partire dallo spettro di norma per suolo rigido utilizzando i fattori di amplificazione FA ed FV per 30 m di argilla con VSH 250 m/s.....	29
Figura 4.3. Creste per cui si considera l'amplificazione topografica.....	30
Figura 4.4. Scarpate per cui si considera l'amplificazione topografica.....	30
Figura 4.5. Suscettibilità alla liquefazione per depositi con coeff. di uniformità $U_c < 3.5$ (a) e $U_c > 3.5$ (b).....	35

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3.1. Shapefile richiesti per la carta delle indagini di Livello I, loro struttura e campi obbligatori.....	8
Tabella 3.2. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Ind_pu”, valori da inserire e loro descrizione.....	10
Tabella 3.3. Campi obbligatori nella tabella <i>sito_puntuale</i> , valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili	10
Tabella 3.4. Campi obbligatori nella tabella <i>indagini_puntuali</i> , valori da inserire e loro descrizione.....	11
Tabella 3.5. Campi obbligatori nella tabella <i>parametri_puntuali</i> , valori da inserire e loro descrizione.....	12
Tabella 3.6. Campi obbligatori nella tabella “Curve”, valori da inserire e loro descrizione.....	13
Tabella 3.7. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Ind_lin”, valori da inserire e loro descrizione.....	13
Tabella 3.8. Campi obbligatori nella tabella “Sito_Lineare”, valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili.....	13
Tabella 3.9. Campi obbligatori nella tabella “Indagini_Lineari”, valori da inserire e loro descrizione.....	14
Tabella 3.10. Campi obbligatori nella tabella “Parametri_Lineari”, valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili.....	15
Tabella 3.11. Shapefile per la carta dell Microzone Omogenee del Livello I.....	16
Tabella 3.12. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Stab”, valori da inserire e loro descrizione.....	18
Tabella 3.13. Litologie utilizzate alle quali si assimilano i terreni per definire le successioni caratteristiche, tratte dalle LGMS_DPC.....	18
Tabella 3.14. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Instab”, valori da inserire e loro descrizione.....	19
Tabella 3.15. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Forme”, valori da inserire e loro descrizione.....	20
Tabella 3.16. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Stab_Instab”, valori da inserire e loro descrizione.....	20
Tabella 3.17. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Isosub”, valori da inserire e loro descrizione.....	21
Tabella 3.18. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Elineari”, valori da inserire e loro descrizione.....	22
Tabella 3.19. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Epuntuali”, valori da inserire e loro descrizione.....	22

Tabella 4.1. Shapefile del Livello II – In grassetto sono mostrate le carte obbligatorie.	23
Tabella 4.2. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Litostratigrafica”, valori da inserire e loro descrizione.....	26
Tabella 4.3. Stratigrafia e profilo di Vs in un ipotetica località del comune di Catanzaro.	27
Tabella 4.4. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Topografica”, valori da inserire e loro descrizione.	31
Tabella 4.5. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Instabilità di versante”, valori da inserire e loro descrizione.	34
Tabella 4.6. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica - Liquefazione”, valori da inserire e loro descrizione.	36
Tabella 4.7. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta del potenziale di cedimenti differenziali e deformazioni permanenti”, valori da inserire e loro descrizione.....	37
Tabella 4.8. Modifica dello shapefile Stab per la microzonazione di Livello II.	37
Tabella 5.1. Carte del Livello III – Formato dello shapefile della carta di amplificazione sismica con approfondimenti.....	43
Tabella 5.2. Struttura del file per la “Carta di amplificazione sismica con approfondimenti”.....	43
Tabella 5.3. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di amplificazione sismica con approfondimenti”, valori da inserire e loro descrizione.....	44
Tabella 5.4. Shapefile Stab per la microzonazione di Livello III.	44

PREMESSA

Le Linee Guida per la Microzonazione Sismica della Regione Calabria (LGMS – RC) descrivono le carte richieste dal regolamento regionale “procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica di cui alla legge regionale n. 35 del 19 ottobre 2009”, allegato 4, effetti di sito per piani territoriali (RR09-A4), relativo agli studi di microzonazione sismica effettuati nell'ambito della stesura dei piani territoriali o Piani Strutturali Comunali dalle autorità competenti. In accordo con quanto richiesto dalla legge regionale sopra citata gli studi di microzonazione sismica ed i relativi prodotti sono eseguiti a diversi livelli di dettaglio, a seconda che si tratti di analisi preliminari di tipo qualitativo eseguite a scala regionale, o studi di maggior dettaglio relativi al singolo PSC e/o a problematiche specifiche. I risultati di tali studi vanno organizzati in carte digitali compatibili con l'utilizzo in un GIS (Geographic Information System), e caricati in un sistema informatico approntato allo scopo dalla regione Calabria.

Le presenti linee guida sono quindi un documento operativo e sono relative al Sistema Informatico Territoriale della Regione Calabria (SI – TERC). Esse descrivono come approntare i file richiesti, specificando il formato di ogni carta e la metodologia da seguire per produrla. Per quanto riguarda il formato, si è cercato di uniformarlo il più possibile agli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica pubblicati dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (OPCM 3907), di seguito chiamati standard CTMS. Per quel che riguarda la metodologia da utilizzare negli studi di microzonazione sismica le presenti linee guida fanno riferimento principalmente al documento pubblicato dalla protezione civile: Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008), di seguito chiamate LGMS – DPC. Tale documento costituisce un riferimento fondamentale per la microzonazione sismica da consultare per approfondimenti e chiarimenti degli argomenti qui trattati.

Il primo capitolo di queste linee guida introduce brevemente il concetto di microzonazione sismica ed i livelli di analisi descritti nel seguito del documento. In questo capitolo viene fatta anche una breve introduzione alla terminologia dei GIS, al fine di meglio comprendere le specifiche tecniche che vengono date per il formato delle carte da presentare. Il capitolo 2 presenta invece il SI-TERC, dando informazioni su come caricare i risultati degli studi nel sistema informatico, e spiegando i controlli operati dal sistema. Nei tre capitoli seguenti (3, 4, e 5) sono descritte le metodologie di analisi suggerite per eseguire gli studi richiesti, organizzate secondo tre livelli di analisi. In questi capitoli si descriveranno anche le modalità di presentazione dei risultati, che essendo in un formato digitale compatibile con un GIS dovranno rispondere a requisiti tecnici precisi.

1 GENERALITÀ

1.1 MICROZONAZIONE SISMICA E LIVELLI DI ANALISI

Gli studi di microzonazione sismica hanno lo scopo di riconoscere le condizioni locali che, in caso di evento sismico, possono dar luogo ad effetti di sito, cioè ad amplificazioni del moto sismico e a fenomeni di instabilità del terreno (instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali e così via). I livelli di analisi previsti dal RR09-A4 ed i soggetti coinvolti nella realizzazione degli studi sono così definiti:

Livello I: Il Livello I è di competenza regionale o, in assenza di studi regionali, del soggetto attuatore dello studio di microzonazione e rappresenta un livello propedeutico agli studi successivi. Le analisi vengono fatte utilizzando dati già esistenti e di facile reperibilità, ed hanno lo scopo di individuare cautelativamente le aree che sono potenzialmente soggette ai diversi effetti di sito, quali ad esempio effetti di amplificazione locale, liquefazione ed instabilità dei pendii. Poiché questo livello di analisi deve permettere di inquadrare le problematiche della zona di studio in prospettiva sismica, l'area investigata non deve essere strettamente limitata alla zona per cui è richiesto lo studio di microzonazione, bensì le indagini devono essere estese al di fuori di questa in modo da permettere la caratterizzazione geologica e litostratigrafica del sito di interesse. I risultati ottenuti hanno carattere qualitativo e vengono periodicamente aggiornati e verificati in considerazione delle nuove conoscenze derivanti da nuove analisi o da analisi più approfondite.

Livello II: Il Livello II di analisi è di competenza delle autorità che predispongono un nuovo piano territoriale o modifica a piano territoriale esistente, e deve considerare tutte le aree individuate nel Livello I che ricadono nell'area di interesse per lo sviluppo proposto. Gli studi di Livello II utilizzano metodi semplificati per restituire una valutazione quantitativa degli effetti di sito considerati e danno indicazioni sulla necessità e sul tipo di analisi che devono essere svolte al Livello III. Il Livello II necessita di dati che definiscono le caratteristiche dei terreni, che possono derivare da misurazioni dirette, sempre preferibili, correlazioni empiriche od entrambe.

Livello III: Il Livello III di analisi è previsto solo per gli effetti di amplificazione locale ed approfondisce gli studi di Livello II utilizzando analisi rigorose e dati di maggior dettaglio. Tali studi vanno eseguiti per piani di sviluppo di particolare importanza e condizioni litostratigrafiche o morfologiche complesse, in cui si ritiene che i metodi semplificati di Livello II siano insufficienti a caratterizzare in modo esauriente il moto sismico al sito.

1.2 CONCETTI BASE DEI SISTEMI INFORMATICI GEOGRAFICI – GIS

In una mappa cartacea possono essere rappresentate varie informazioni utilizzando simbologie e colori per distinguere i diversi temi, ed è possibile che diverse informazioni siano cartografate contemporaneamente. Ad esempio in una carta di microzonazione sismica è possibile riportare una serie di zone colorate in maniera differente a seconda del grado di pericolosità, ed allo stesso tempo mostrare i punti dove sono stati eseguiti sondaggi conoscitivi.

In un GIS le due informazioni saranno rappresentate da due diverse entità, dette *feature class*, composte da elementi geografici (rispettivamente poligoni e punti in questo caso) con associati dei dati che saranno salvati nella tabella degli attributi, ad esempio il grado di pericolosità di ogni poligono o la profondità raggiunta da ogni sondaggio. Nel SI-TERC e nei capitoli seguenti si parlerà di diversi tipi di *'shapefile'* (vedi glossario sotto), ad esempio lo shapefile delle zone instabili o lo shapefile delle indagini, che in questo contesto rappresentano ognuno uno strato informativo composta da una collezione di elementi geografici aventi stessa geometria (cioè punti, linee o poligoni), gli stessi attributi e lo stesso sistema di riferimento geografico. Tali strati possono poi essere utilizzati per produrre le carte di microzonazione vere e proprie, che risulteranno dalla sovrapposizione dei dati di interesse (Figura 1.1).

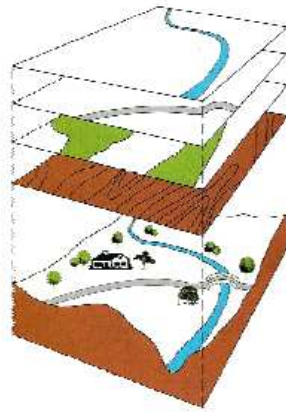


Figura 1.1. Strati informativi di un GIS.

Di seguito si fornisce un breve glossario della terminologia utilizzata, estratto dal sito della ESRI – Italia (<http://www.esriitalia.it>).

Attributo: informazioni su un elemento geografico in un GIS, archiviate in una tabella e collegate all'elemento da un identificatore univoco. Gli attributi nelle carte descritte possono essere di tipo testuale (Testo) o numerico (Intero Lungo o Precisione Doppia).

Campo: vedi *Tabella*

Precisione doppia: Attributo di tipo numerico decimale. In una carta dei sondaggi ad esempio la profondità raggiunta da ogni indagine potrebbe essere di tipo 'Precisione doppia' ed inserita come 35.5, 40.25 e così via.

Entità (Feature Class): Collezione di elementi (o oggetti) geografici aventi stessa geometria (cioè punti, linee o poligoni), gli stessi attributi e lo stesso sistema di riferimento geografico. Ogni carta descritta nel seguito è un'entità in formato shapefile.

Intero Lungo: Attributo di tipo numerico intero. Ad esempio l'anno di esecuzione di un indagine (1998, 2000)

Shapefile: Formato di dati vettoriale della ESRI utilizzato per l'archiviazione della posizione dei dati geografici, della loro geometria e degli attributi. Uno shapefile è composto da più file su disco, ed è un formato di interscambio di dati tra sistemi GIS eterogenei universalmente utilizzato.

Tabella: Insieme di dati organizzati in righe e colonne. Ogni riga rappresenta un elemento geografico, mentre ogni colonna rappresenta un singolo **campo** o valore di attributo.

Testo: Attributo di tipo testuale. Ad esempio in una carta di microzonazione il grado di pericolosità di ogni elemento potrebbe essere definito come 'Alto', 'Medio' o 'Basso'.

2 IL SISTEMA INFORMATICO TERRITORIALE REGIONE CALABRIA (SI-TERC)

Il Sistema Informatico – Territoriale Regione Calabria (SI – TERC) permette di caricare su un server i file relativi agli studi di microzonazione sismica effettuati dagli enti locali in ottemperanza alle norme del RR09-A4.

I file da caricare sono organizzati in 3 livelli, che corrispondono ai 3 livelli di crescente dettaglio richiesti dalla legge regionale, ed in temi (Amplificazione, Dissesti, Indagini eseguite e così via). Per ogni livello vi sono dei temi obbligatori definiti nelle linee guida, e dei temi aggiuntivi che è possibile caricare se lo studio è stato eseguito. E' compito del funzionario regionale addetto alla presa in consegna dei dati verificare che i temi obbligatori richiesti per ciascun livello siano stati caricati, in quanto il SI – TERC non effettua nessun controllo in questo senso.

Il sistema informatico opera un controllo geografico, geometrico e di coerenza su ogni file caricato. Il controllo geografico verifica la proiezione del file caricato e la localizzazione, e restituisce un messaggio di errore se la mappa cade fuori dai confini della Regione Calabria. Il controllo geometrico verifica che la geometria degli elementi sia in accordo con quella richiesta. Il controllo di coerenza verifica la presenza dei campi obbligatori nella tabella degli attributi ed i valori inseriti.

Il SI – TERC è costituito da una pagina di accesso in cui l'utente (regione, provincia o comune) può inserire i propri dati e caricare i file di interesse (Figura 2.1). Si seleziona poi il livello di analisi per cui si desidera caricare i risultati e la carta corrispondente.

Le carte devono essere in formato vettoriale shapefile, quindi per ogni carta devono essere caricati i 4 file fondamentali, *.shp, *.shx, *.dbf e *.prj (Figura 2.1).

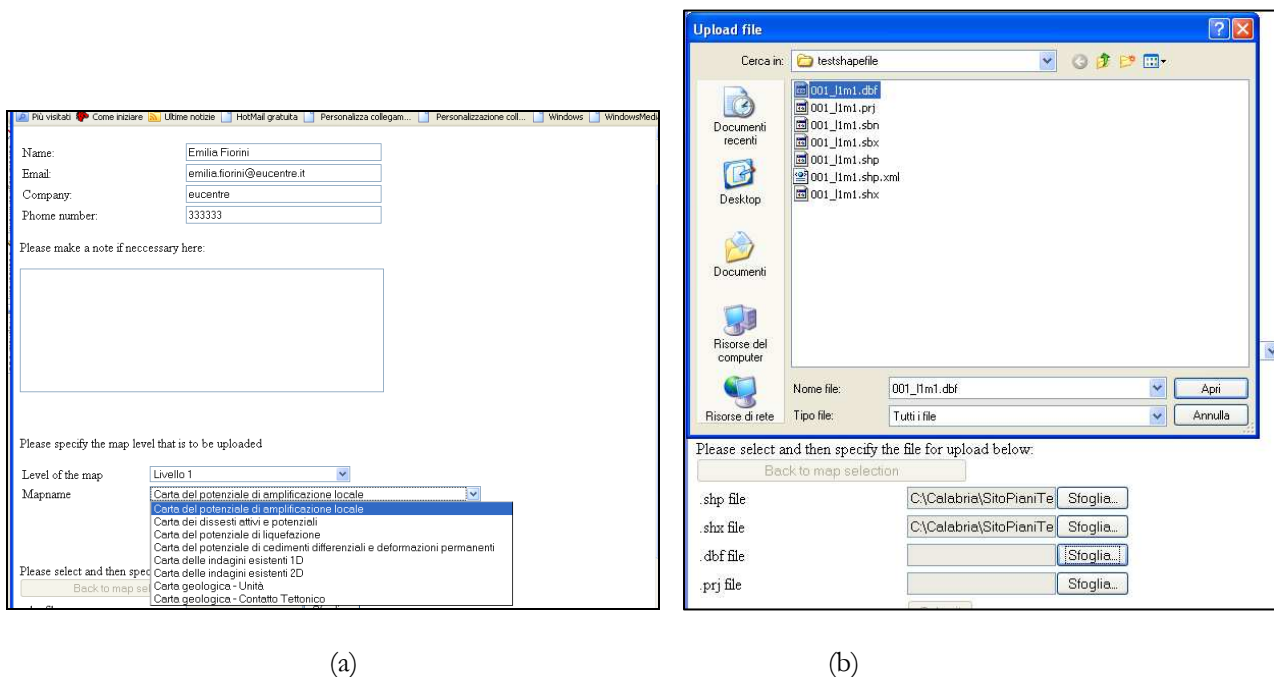


Figura 2.1. Pagina di accesso del SI-TERC e selezione della mappa da caricare (a), caricamento dei 4 file necessari per ogni tematismo (b).

Inoltre è possibile caricare il database delle indagini in formato Access 2003 (.mdb), la carta geologica tecnica in formato raster georeferenziato (.tiff) e le sue immagini allegate (legenda e sezioni), in accordo con gli standard CTMS.

La proiezione utilizzata per tutte le carte è UTM33N con Datum WGS84, come richiesto dagli standard CTMS.

Si ricorda che il datum di riferimento per le coordinate geografiche della pericolosità sismica di base adottata dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 14 Gennaio 2008 (NTC08 nel seguito), è invece l'European Datum 1950.

Per ogni shapefile è stabilito un formato preciso, che definisce la geometria richiesta per ogni file (poligono, linee o punti), i campi obbligatori che ogni tabella degli attributi deve contenere ed il valore o i valori ammessi da inserire in questi campi.

Per ogni mappa la tabella degli attributi deve contenere i campi obbligatori soddisfacendo le seguenti condizioni:

- Stesso nome e stesso ordine. Eventuali altri campi che la tabella dovesse contenere vanno aggiunti dopo i campi obbligatori.
- Stesso tipo di dati (Testo, Precisione doppia, Intero Lungo). Non c'è invece nessun controllo sulle dimensioni del campo. Ad esempio un campo Testo può contenere il numero di caratteri necessario, a discrezione dell'utente.
- I valori inseriti devono corrispondere a quelli riportati nelle tabelle dei capitoli 3, 4, e 5 dove richiesto. Per i valori testuali la corrispondenza riguarda anche le lettere maiuscole o minuscole. "Argilla" e "argilla" vengono riconosciuti come due valori diversi.

3 MICROZONAZIONE SISMICA – ANALISI DI LIVELLO I

Il Livello I di analisi della microzonazione sismica, in accordo con quanto proposto dalle LGMS – DPC, è di tipo qualitativo. Esso è obbligatorio e propedeutico all'esecuzione di studi successivi, in quanto costituisce il livello in cui vengono raccolte e rielaborate le informazioni esistenti per permettere un inquadramento generale, geologico e stratigrafico in prospettiva sismica, dell'area di studio. Gli elaborati fondamentali che vengono richiesti a questo stadio sono la carta delle indagini, la carta geologico-tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Gli shapefile necessari alla produzione di tali carte sono descritti in seguito. Oltre agli shapefile il soggetto realizzatore degli studi dovrà fornire la carta geologico-tecnica in formato raster georeferenziato, secondo le modalità indicate al § 3.2. Come già detto le carte di Livello I sono prodotte con dati esistenti e facilmente reperibili. In assenza di dati preesistenti dovranno essere eseguite delle indagini per definire stratigrafie e spessore delle coperture (§ 1.6.3.1.2 LGMS_DPC). La scala finale di rappresentazione non dovrà essere inferiore a 1:10.000 - 1:5.000.

3.1 CARTA DELLE INDAGINI ESISTENTI

La carta delle indagini di Livello I deve riportare la localizzazione delle indagini esistenti nell'area oggetto dello studio di microzonazione, e reperibili dal soggetto realizzatore dello studio. Le indagini a disposizione, insieme ai dati geologici e di letteratura, devono poter permettere la ricostruzione del modello di sottosuolo, dando informazioni sulle unità litotecniche presenti, sui loro rapporti stratigrafici e geometrici, sulla profondità e andamento del substrato e, ove possibile, sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni. Sarà quindi particolarmente importante la raccolta di sondaggi che raggiungano il substrato, o comunque abbastanza profondi da permettere una ricostruzione delle successioni caratteristiche di una zona e dei loro rapporti, e qualsiasi informazione che permetta di ricostruire l'andamento del substrato (sezioni geologiche, profili di Vs, misure di rumore ambientale, profili sismici). Ove disponibili saranno anche importanti pozzi e sondaggi che intercettano la falda, e qualsiasi informazione geotecnica o sismica che permetta la caratterizzazione dei terreni esistenti. Ove fossero assenti le informazioni minime necessarie ad una prima definizione del modello di sottosuolo sarà necessario eseguire nuove indagini. In ogni caso la carta delle indagini di Livello I servirà, insieme agli altri elaborati, a programmare e pianificare l'esecuzione di indagini future.

Nel SI – TERC la carta delle indagini di Livello I è suddivisa in due tematismi, indagini 1D ed indagini 2D.

Le prime investigano le caratteristiche di un terreno lungo un profilo verticale, dando un'indicazione puntuale della caratteristica investigata, e l'informazione sarà archiviata in un file di punti indicante la localizzazione dell'indagine (Figura 3.1).

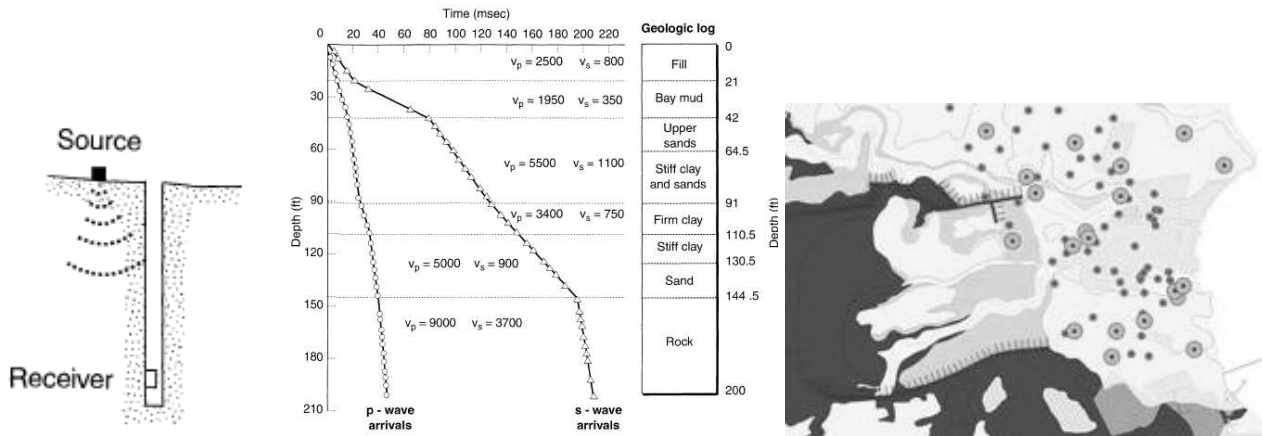


Figura 3.1. Indagini 1D – Indagine Down-Hole (da Kramer, 1996) e localizzazione delle indagini sovrapposta ad una carta geologica.

Le seconde sono indagini eseguite lungo un profilo e danno indicazioni o sulla caratteristica media lungo la sezione considerata o sulle variazioni laterali lungo il profilo considerato (2D); alcuni tipi di indagine inoltre investigano un volume di terreno ed in tal caso sono considerate 3D. La localizzazione di tali indagini è quindi rappresentata da linee che rappresentano la sezione prescelta, ed il file è un file di polylines (Figura 3.2).

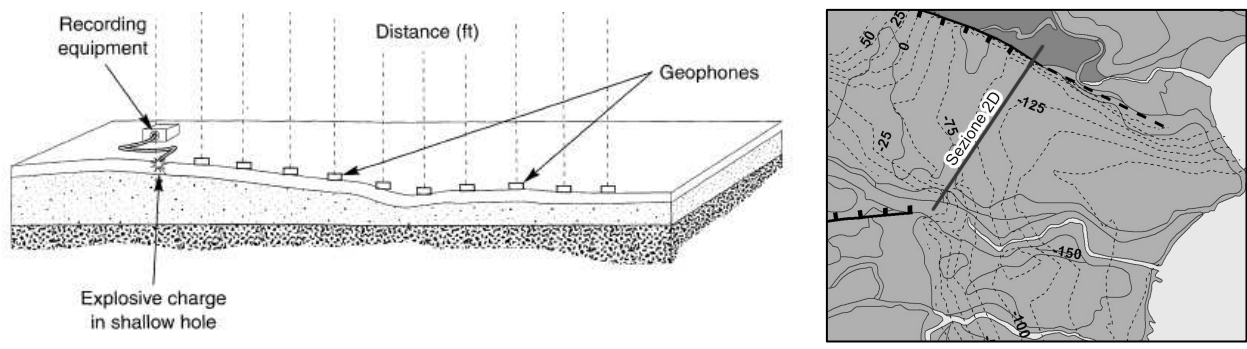


Figura 3.2. Indagini 2D – Indagine sismica a rifrazione (da Kramer, 1996) e localizzazione del profilo sovrapposto ad una carta geologica.

Gli shapefile necessari a rappresentare in carta la localizzazione delle indagini 1D e 2D sono rispettivamente Ind_pu e Ind_In, la cui struttura è riportata in Tabella 3.1.

Tabella 3.1. Shapefile richiesti per la carta delle indagini di Livello I, loro struttura e campi obbligatori.

Nome	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Descrizione	Tipo di dato
Ind_pu	Point	ID_SPU	Identificativo	Testo
Ind_In	Polyline	ID_SLN	Identificativo	Testo

Inoltre agli shapefile che riportano la localizzazione delle indagini è associato un database in cui sono salvate le informazioni riguardanti la tipologia delle indagini eseguite e i risultati delle indagini, quali ad esempio misure di V_s , parametri geotecnici, stratigrafie, le cui specifiche sono descritte in dettaglio negli standard CTMS. Un esempio dello schema dello shapefile delle indagini puntuali Ind_pu e del database associato è mostrato in Figura 3.3, e una descrizione dettagliata del database viene data in § 3.1.1. La documentazione relativa alle indagini eseguite va riunita in un unico documento in formato .pdf ed allegata.

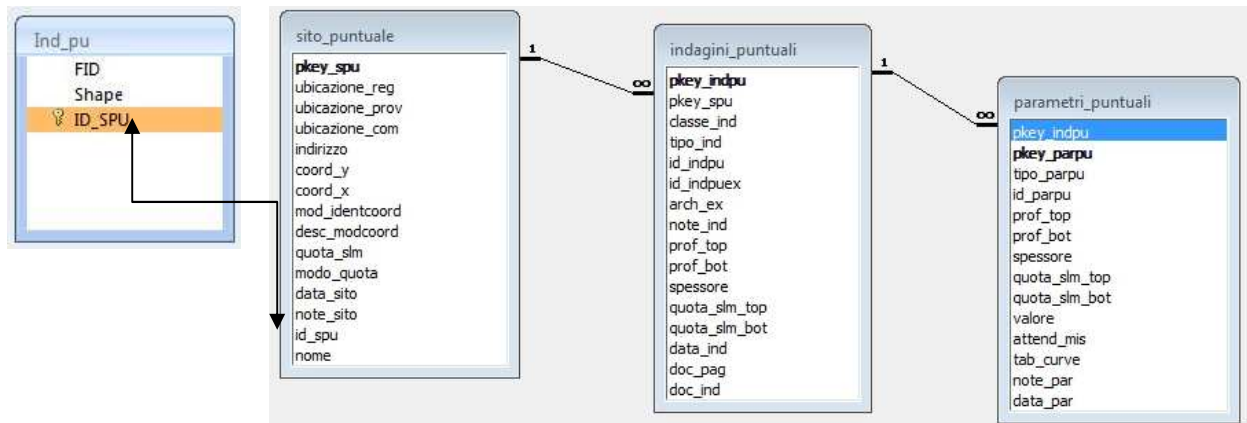


Figura 3.3. Tabella dello shapefile Ind_pu (a sinistra), schema del database delle indagini (a destra) e loro relazione.

Riassumendo sia per le indagini puntuali che per quelle lineari nel SI – TERC vanno caricati i seguenti file e tabelle:

- shapefile geografico di localizzazione Ind_pu (punti) e Ind_In (linee). Più indagini possono essere localizzate nello stesso sito, e in quel caso un solo punto o una sola linea rappresenterà la localizzazione di tutte le indagini eseguite sulla stessa verticale;
- database delle indagini puntuali e database delle indagini lineari in formato Access 2003 (.mdb), contenente le seguenti tabelle
 - tabelle *sito_puntuale* o *sito_lineare*, dove sono salvate le informazioni riguardanti il sito quali ad esempio coordinate, quota, note particolari sul sito. Queste tabelle hanno una corrispondenza univoca con i rispettivi shapefile Ind_pu e Ind_In;
 - tabelle *indagini_puntuali* o *indagini_lineari*, dove sono salvati dati sulla tipologia delle indagini eseguite. Poiché più indagini possono essere eseguite sulla stessa verticale, ci sarà una corrispondenza 1 a molti tra le tabelle *sito_puntuale/sito_lineare* e le rispettive tabelle *indagini_puntuali/indagini_lineari*;
 - tabelle *parametri_puntuali* o *parametri_lineari*, dove sono salvati i risultati delle indagini per ogni strato investigato. Per ogni indagine ci sarà una corrispondenza 1 a molti tra le tabelle *indagini_puntuali/indagini_lineari* e le rispettive tabelle *parametri_puntuali* e *parametri_lineari*.
- Una relazione in formato .pdf contenente tutti i documenti delle indagini puntuali e/o delle indagini lineari eseguite.

Il database delle indagini e le relazioni devono essere salvate con lo stesso nome degli shapefile corrispondenti ed estensione “.mdb” (database) e “.pdf” (relazione). Ad esempio allo shapefile *ind_pu* dovranno essere associati un database *ind_pu.mdb* e una relazione delle indagini *ind_pu.pdf*.

Il SI-TERC opera un controllo sulla struttura delle tabelle, che deve rispecchiare quella descritta al 3.1.1, e ove possibile sui valori inseriti nel database.

Per facilitare l’inserimento dei dati nel formato richiesto è possibile scaricare le applicazioni *indagini_puntuali.mdb* e *indagini_lineari.mdb*. Ogni applicazione è un database Access che permette l’inserimento dei dati delle indagini tramite maschere, ed opera un primo controllo al momento dell’inserimento dei dati. Una guida all’applicazione è riportata brevemente in Appendice.

3.1.1 Indagini 1D

Come detto sopra la carta delle indagini 1D è costituita da un database delle indagini e dallo shapefile Ind_pu che mostra la localizzazione geografica delle verticali in cui sono state eseguite una o più indagini puntuali. Lo shapefile deve contenere il campo ID_SPU, come mostrato in Tabella 3.2. Tale campo è la chiave per collegare lo shapefile alla tabella Sito_puntuale. La Tabella 3.3 descrive i campi e i valori richiesti per la tabella Sito_Puntuale. Lo shapefile Ind_pu può essere creato direttamente a partire dalla tabella Sito_Puntuale utilizzando le coordinate dei campi coord_x e coord_y, avendo cura di salvare nella tabella degli attributi il campo ID_SPU, che permetterà di mantenere la corrispondenza tra shapefile e tabella.

Tabella 3.2. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Ind_pu”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_SPU	Uguale al valore di ID_SPU della tabella “Sito_Puntuale”	Identificativo univoco

Tabella 3.3. Campi obbligatori nella tabella *sito_puntuale*, valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
pkey_spu	>=1	Chiave primaria	contatore	Int. lungo
ubicazione_reg	18	Codice ISTAT della regione	testo	3
ubicazione_prov	Da 078 a 080 e da 101 a 102	Codice ISTAT della provincia	testo	3
ubicazione_com	Da 001 a 155, 157,160	Codice ISTAT del comune	testo	3
indirizzo		Indirizzo di riferimento	testo	255
coord_y	>4196243 And <4445196	Latitudine in WGS84UTM33N	numerico	Int. lungo
coord_x	>554680 And <691492	Longitudine in WGS84UTM33N	numerico	Int. lungo
mod_identscoord	CTR005	Coordinate da CTR 1:5000	testo	6
	CTR010	Coordinate da CTR 1:10000		
	IGM025	Coordinate da IGM 1:25000		
	IGM050	Coordinate da IGM 1:50000		
	IGM100	Coordinate da IGM 1:100000		
	ALTCAR	Coordinate da altra fonte cartografica		
	GPS	Coordinate da GPS		
ALTRO	Coordinate da altra fonte			
desc_modcoord	Es. 388100(1997)	Identificativo di mod_coord, ad esempio numero e anno della CTR	testo	50
quota_slm	>=0 < 2300	Quota sul livello del mare in metri	numerico	Int. lungo
modo_quota	CTR005	Quota da CTR 1:5000	testo	6
	CTR010	Quota da CTR 1:10000		
	IGM025	Quota da IGM 1:25000		
	IGM050	Quota da IGM 1:50000		
	IGM100	Quota da IGM 1:100000		
	ALTCAR	Quota da altra fonte cartografica		
	GPS	Quota da GPS		
	ALTIM	Quota da GPS func barometro o altimetro		
	DTM	Quota da DTM		
	ALTRO	Quota da altra fonte		
data_sito		Data di archiviazione del record	data	-
note_sito		note	memo	-
id_spu	[prov+com+”P”+pkey_spu] es 078001P1	Identificativo sito puntuale	testo	15
nome		Nome del sito	testo	

La Tabella 3.4 descrive i campi obbligatori e i valori ammessi nella tabella *indagini_puntuali*. Come detto sopra la tabella elenca le indagini eseguite su ogni verticale e si lega alla tabella *sito_puntuale* tramite la chiave esterna *pkey_spu* (Figura 3.3). Per quel che riguarda la tipologia delle indagini l'elenco riportato nella Tabella 3.4 non è esaustivo. Per una lista completa dei tipi di indagini e dei codici da utilizzare per salvarle nel db si faccia riferimento all'allegato 1 degli standard CTMS.

Tabella 3.4. Campi obbligatori nella tabella *indagini_puntuali*, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
pkey_indpu	>=1	Chiave primaria	Contatore	Intero lungo
pkey_spu	>=1	Chiave esterna. Corrisponde a pkey_spu della tabella Sito_Puntuale	numerico	Intero lungo
classe_ind	GL GS GG IG GF	Geotecnica di Laboratorio Geotecnica in Sito Geologia Idrogeologia Geofisica	testo	30
tipo_ind	S SD SP SI SPT DMT PP VT PLT SDMT PA PI T ...	Sondaggio a carotaggio continuo Sondaggio a distruzione di nucleo Sondaggio con piezometro Sondaggio con inclinometro Prova penetrometrica in foro (SPT) Prova dilatometrica Prova pressiometrica Prova scissometrica o Vane Test Prova di carico con piastra Dilatometro sismico Pozzo per acqua Pozzo per idrocarburi Pozzetto esplorativo ...	testo	4
id_indpu	[ID_SPU + “-“ +tipo_ind+pkey_indpu] Es: 078001P1-SPT1	Identificativo indagine	testo	17
id_indpuex		Precedente identificativo dell'indagine	testo	20
arch_ex		Nome dell'archivio precedente	testo	30
note_ind		note	memo	-
prof_top	>=0	Profondità del top dell'indagine dal piano campagna in metri	numerico	Prec. doppia
prof_bot	>=0	Profondità del bottom dell'indagine dal piano campagna in metri	numerico	Prec. doppia
spessore	>0	Spessore investigato	numerico	Prec. doppia
quota_slm_top		Quota slm del top dell'indagine	numerico	Prec. doppia
quota_slm_bot		Quota slm del bottom dell'indagine	numerico	Prec. doppia
data_ind	Es 01/01/2010	Data di esecuzione dell'indagine	data	
doc_pag		Pagina dell'indagine sul documento del progetto	numerico	intero
doc_ind	Es: indagini1d_reggiocalabria.pdf	relazione delle indagini in formato -pdf	testo	50

E' importante prestare attenzione al fatto che i valori inseriti nei campi *prof_top*, *prof_bottom*, *spessore*, *quota_slm_top* di questa tabella e il valore *quota_slm* inserito nella tabella *sito_puntuale* devono essere tutti

coerenti tra loro. Eventualmente si suggerisce di inserire solo i valori di prof_top e prof_bottom, e calcolare di conseguenza lo spessore investigato e la quota_slm_top.

La Tabella 3.5 descrive i campi obbligatori e i valori ammessi nella tabella *parametri_puntuali*.

Tabella 3.5. Campi obbligatori nella tabella *parametri_puntuali*, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
pkey_indpu	>=1	Chiave esterna. Corrisponde a pkey_indpu della tabella Indagini_Puntuali	numerico	intero
pkey_parpu	>=1	Chiave primaria	numerico	intero
tipo_parpu	PV e DR w Ip GH SA LM AR C F1 CU G ... RT	Peso dell'unità di volume Indice dei vuoti Densità Relativa Contenuto d'acqua Indice Plasticità Ghiaia Sabbia Limo Argilla Coesione efficace Angolo di attrito in tensioni efficaci Resistenza non drenata Modulo di taglio ... Curva di riduzione del modulo di taglio	testo	3
id_parpu	[ID_indpu + “-“ +tipo_parpu+pkey_parpu] es. 078001P1-SPT1-GH1	Identificativo indagine	testo	25
prof_top	>=0	Profondità del top della misura dal piano campagna in metri	numerico	Prec.doppia
prof_bottom	>=0	Profondità del bottom della misura dal piano campagna in metri	numerico	Prec.doppia
spessore	>0	Spessore investigato	numerico	Prec.doppia
quota_slm_top		Quota slm del top dell'indagine	numerico	Prec.doppia
quota_slm_bot		Quota slm del bottom dell'indagine	numerico	Prec.doppia
valore		Valore assunto dal parametro	testo	50
attend_mis	1 2 3 4	Attendibilità della misura Alta Media Non adeguata Scarsa	numerico	intero
tab_curve		Tabella valori (per indagini il cui risultato è una curva)	numerico	intero
note_par		note	memo	
data_par		Data di misurazione del parametro	data	

In questa tabella verranno salvati i risultati delle indagini eseguite, inserendo i valori risultanti per ogni indagine ed ogni spessore investigato. La corrispondenza tra questa tabella e la tabella Indagini_Puntuali avviene tramite la chiave esterna pkey_indpu.

Per quel che riguarda la tipologia dei parametri (campo `tipo_parpu`), l'elenco delle tipologie di indagine riportato nella tabella non è esaustivo. Per una lista completa dei parametri e dei codici da utilizzare per salvarli nel db si faccia riferimento all'allegato 1 degli standard CTMS.

Anche per questa tabella i valori `prof_top`, `prof_bottom`, spessore, `quota_slm_top` e `quota_slm_bottom` di ogni spessore investigato devono essere coerenti tra loro e con i valori di `top`, `bottom` e spessore totale dell'indagine salvato nella tabella `Indagini_Puntuali`. Eventualmente si suggerisce di inserire unicamente il valore di `prof_top`, avendo cura che il primo valore sia uguale al valore di `prof_top` dell'indagine corrispondente salvata nella tabella *indagini_puntuali*.

Le indagini che danno come risultato un valore tabellare, ad esempio una curva di riduzione del modulo di taglio, possono essere salvate direttamente nella tabella `CURVE` del database, il cui formato è riportato in Tabella 3.6.

Tabella 3.6. Campi obbligatori nella tabella “Curve”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
<code>pkey_curve</code>	≥ 1	Chiave primaria	numerico	intero
<code>pkey_parpu</code>		Chiave esterna. Corrisponde a <code>id_parpu</code> della tabella <code>Parametri_Puntuali</code>	testo	50
<code>cond_curve</code>		Condizioni al contorno per la misura	numerico	Prec.doppia
<code>Varx</code>		Valore del parametro in ascissa	numerico	Prec.doppia
<code>Vary</code>		Valore del parametro in ordinata	numerico	Prec.doppia

3.1.2 Indagini 2D

I file relativi alle indagini 2D hanno una struttura analoga a quella delle indagini 1D. Tipologie e risultati delle indagini sono salvati nel database delle indagini lineari e la localizzazione geografica delle sezioni lungo cui sono state eseguite le indagini è salvata nello shapefile `Ind_lin`. Anche in questo caso se più indagini sono state eseguite lungo lo stesso profilo, la loro localizzazione sarà rappresentata da un'unica linea nello shapfile `Ind_lin`.

La Tabella 3.7 mostra i campi obbligatori ed i valori ammessi della tabella degli attributi dello shapefile `Ind_lin`, mentre la Tabella 3.8 descrive i campi e valori richiesti per la tabella `Sito_Lineare`, dove verranno salvati i dati sull'ubicazione dell'indagine. Il campo `ID_SLN` permetterà di mantenere la corrispondenza tra shapefile e tabella.

Tabella 3.7. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Ind_lin”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
<code>ID_SLN</code>	Uguale al valore di <code>ID_SLN</code> della tabella “ <code>Sito_Lineare</code> ”	Identificativo univoco

Tabella 3.8. Campi obbligatori nella tabella “Sito_Lineare”, valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
<code>pkey_sln</code>	≥ 1	Chiave primaria	contatore	Int. lungo
<code>ubicazione_reg</code>	18	Codice ISTAT della regione	testo	3
<code>ubicazione_prov</code>	Da 078 a 080 e da 101 a 102	Codice ISTAT della provincia di ubicazione	testo	3
<code>ubicazione_com</code>	Da 001 a 155, 157,160	Codice ISTAT del comune di ubicazione	testo	3
<code>mod_identcoord</code>	CTR005	Coordinate da CTR 1:5000	testo	6
	CTR010	Coordinate da CTR 1:10000		
	IGM025	Coordinate da IGM 1:25000		
	IGM050	Coordinate da IGM 1:50000		

	IGM100	Coordinate da IGM 1:100000		
	ALTCAR	Coordinate da altra fonte cartografica		
	GPS	Coordinate da GPS		
	ALTRO	Coordinate da altra fonte		
desc_modcoord	Es. 388100(1997)	Identificativo di mod_coord, ad esempio numero e anno della CTR	testo	
data_sito	> 01/01/2011	Data di archiviazione del record	data	
note_sito		note	memo	
ID_SLN	[prov+com+"L"+pkey_sln] Es. 078001L1	Identificativo sito lineare	testo	15
nome		Nome del sito	testo	

La Tabella 3.9 descrive i campi obbligatori e i valori ammessi nella tabella Indagini_Lineari. Questa elenca le indagini eseguite per ogni tracciato salvato nella tabella Sito_Lineare, e si lega a questa tramite la chiave esterna pkey_sln (Figura 3.3).

Tabella 3.9. Campi obbligatori nella tabella "Indagini_Lineari", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
pkey_sln	>=1	Chiave esterna. Corrisponde a pkey_sln della tabella Sito_Puntuale	contatore	Int. Lungo
pkey_indln	>=1	Chiave primaria	numerico	Int. Lungo
classe_ind	GG GE GF	Geologia Geoelettrica Geofisica	testo	3
tipo_ind	SGE SR SL SEO SEV PR ERT MASW SASW RAD REMI	Sezione geologica Profilo sismico a rifrazione Profilo sismico a riflessione Sondaggio Elettrico Orizzontale Sondaggio Elettrico Verticale Profilo di resistività Tomografia elettrica MASW SASW Georadar Prova Refraction Microtremors	testo	4
id_indln	[ID_SLN + "-" + +tipo_ind+pkey_indln] Es. 078001L1-SR1	Identificativo indagine	testo	17
id_indlnex		Precedente identificativo dell'indagine	testo	20
arch_ex		Nome dell'archivio precedente	testo	30
note_indln		note	memo	
data_ind	>01/01/1800	Data di esecuzione dell'indagine	data	
doc_pag		Pagina dell'indagine sul documento del progetto	numerico	intero
doc_ind	Es. 078001L1-SR1.pdf	Documento dell'indagine in formato pdf	testo	

La Tabella 3.10 descrive i campi obbligatori e i valori ammessi nella tabella Parametri_Lineari. In questa tabella verranno salvati i risultati delle indagini eseguite, inserendo i valori misurati nel punto mediano del segmento lineare, oppure il valore medio ottenuto, a seconda delle tipologie di indagini eseguite, per ogni indagine ed ogni

spessore investigato. La corrispondenza tra questa tabella e la tabella Indagini_Lineari avviene tramite la chiave esterna pkey_indln.

Tabella 3.10. Campi obbligatori nella tabella “Parametri_Lineari”, valori da inserire, loro descrizione e esempio dei valori possibili.

Nome Campo	Valori	Descrizione	Tipo	Lungh
pkey_indln	>=1	Chiave esterna. Corrisponde a pkey_indpu della tabella Indagini_Puntuali	Numerico	Int. Lungo
pkey_parln	>=1	Chiave primaria	Contatore	Int. Lungo
tipo_parln	GE RH E G VP VS HZ	Sezione geologica Resistività Modulo di Young Modulo di taglio Vp m/s Vs m/s Frequenza del segnale elettromagnetico	testo	3
id_parln	[ID_indln + “-“ +tipo_parln+counter int] Es. 078001L1-SR1-RH1	Identificativo indagine	testo	25
prof_top		Profondità del top della misura dal piano campagna in metri	numerico	Prec. doppia
prof_bot		Profondità del bottom della misura dal piano campagna in metri	numerico	Prec. doppia
spessore		Spessore investigato	numerico	Prec. doppia
quota_slm		Quota slm del top dell’indagine	numerico	Prec. doppia
quota_slm_top		Quota slm del top dello strato	numerico	Prec. doppia
quota_slm_bot		Quota slm del bottom dello strato	numerico	Prec. doppia
valore		Valore assunto dal parametro	numerico	Prec. doppia
attend_mis	1 2 3 4	Attendibilità della misura Alta Media Non adeguata Scarsa	numerico	intero
note_par		note	memo	
data_par		Data di misurazione del parametro	data	

3.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La carta geologico-tecnica, richiesta dagli standard CTMS, rappresenta una sintesi degli elementi geologici, litotecnici, idrogeologici, tettonici e geomorfologici e delle indagini eseguite utili alla stesura della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. Essa rappresenta un compendio delle informazioni necessarie alla definizione del modello di sottosuolo, che deriva da un quadro conoscitivo generale che includa una zona più vasta di quella strettamente relativa all’area in cui sono richiesti gli studi di microzonazione. I dati di base utilizzati per la redazione di tale carta derivano da carte geologiche, geomorfologiche e litotecniche a scala di almeno 1:10.000, o da un rilevamento di dettaglio se queste non dovessero essere disponibili. A seconda della complessità geologica dell’area di studio si potranno utilizzare carte a scala maggiore per l’inquadramento tettonico e stratigrafico, e per individuare le zone dove è necessario eseguire il rilevamento di dettaglio. Si utilizzeranno inoltre i dati dei sondaggi esistenti e le carte di dissesto idrogeologico (dati del PAI, progetto IFFI). Per quel che riguarda gli elementi geologico-litotecnici deve essere operata una sintesi delle usuali unità geologiche in termini di unità litotecniche, utili ad una prima valutazione del potenziale di amplificazione delle diverse zone ed al riconoscimento di altri potenziali effetti di sito, ad esempio zone di potenziale liquefazione,

zone suscettibili di deformazione permanente per rottura superficiale di una faglia attiva, e così via. La carta riporterà quindi tutti gli elementi utili a questa prima valutazione degli effetti di sito cui potrebbe essere soggetta l'area di studio. L'allegato 3 degli standard CTMS descrive i dati e le informazioni da riportare sulla carta. Qui si riassumono brevemente i punti principali:

I terreni di copertura affioranti vanno raggruppati in classi predefinite in base al litotipo, alla posizione stratigrafica e al grado di addensamento e consistenza. Le classi di litotipi da utilizzare sono riportate in Tabella 3.13 Per ogni tipo di terreno nella legenda verrà riportata anche la Densità Relativa e, se conosciuta la Vs. Il substrato affiorante verrà classificato in lapideo, granulare o coesivo, e in stratificato o non stratificato. Verrà inoltre fornito il grado di fratturazione, e anche in questo caso la Vs se conosciuta. Gli elementi tettonico-strutturali di interesse sono le faglie, distinte in attive e non attive, gli assi di pieghe e le isobate del substrato. Faglie e assi di pieghe saranno riportati a tratteggio se inferiti. Saranno inoltre riportati i poligoni con falda a profondità inferiore di 15 m e le instabilità di versante, la localizzazione dei pozzi e sondaggi che raggiungono il substrato o la falda e la localizzazione di eventuali misure di fo. Inoltre si riporteranno gli elementi geomorfologici di interesse per la microzonazione, quali orli di scarpate, picchi isolate, cavità sepolte, valli sepolte e così via.

Per la carta geologico-tecnica nel SI – TERC vanno caricati i seguenti file:

- raster georeferenziato in WGS84UTM33N della carta in formato geotiff, salvato come **comune.tiff**, dove *comune* è il nome del comune
- file della legenda in formato jpg salvata come **comune_legenda.jpg**, che deve contenere
 - i riferimenti della carta tecnica utilizzata, i riferimenti della georeferenziazione e le coordinate geografiche dei 4 vertici della tavoletta utilizzata (vedi standard CTMS)
 - la legenda geologico-tecnica (vedi standard CTMS)
 - la legenda idrogeologica (vedi standard CTMS)
- file in formato jpg con almeno due sezioni geologiche e con lo schema dei rapporti stratigrafici più significativi per l'area di studio, salvato come **comune_sezione.jpg**,
- relazione della carta geologico-tecnica in formato .pdf, salvata come **comune.pdf**,

3.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Questa carta individua le microzone potenzialmente soggette ad effetti di sito in conseguenza dell'azione sismica, ad esempio amplificazioni del moto sismico, liquefazione, frane sismo-indotte. La carta verrà redatta sulla base delle osservazioni e dei dati preesistenti, raccolti come descritto sopra nella carta geologico-tecnica. Per permettere l'utilizzo e la rappresentazione di tali informazioni in un GIS, gli elementi che costituiscono la carta verranno prodotti sotto forma di 7 shapefile, riportati in Tabella 3.11, che dovranno essere caricati nel SI – TERC.

Tabella 3.11. Shapefile per la carta dell'Microzone Omogenee del Livello I.

Nome	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Alias	Tipo di dato
Stab	Polygon	ID_z	Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_z	Tipologia zona	Short Integer

Instab	Polygon	ID_i	Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_i	Tipologia instabilità	Short Integer
Forme	Polygon	ID_f	Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_f	Tipologia forma	Short Integer
Stab_Instab	Polygon	ID_Stab_Instab	Identificativo	Intero Lungo
		ID_z		Intero Lungo
		Tipo_z		Short Integer
		ID_i		Intero Lungo
		Tipo_i		Short Integer
Isosub	Polyline	Id	Identificativo	Intero Lungo
		Quota		Intero Lungo
Elineari	Polyline	ID_el	Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_el	Tipologia elemento	Short Integer
Epuntuali	Point	ID_ep	Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_ep	Tipologia elemento	Short Integer

Tutte le carte indicate in tabella sono obbligatorie, in quanto richieste dagli standard CTMS del DPC. Di seguito si riporta la descrizione e metodologia da utilizzare per produrre le differenti carte.

3.3.1 Stab - Shapefile delle zone stabili e zone stabili suscettibili di amplificazione

La carta delle zone stabili e delle zone stabili suscettibili di amplificazione può essere prodotta a partire dalla carta geologica della regione Calabria (scala 1:25.000), dal DTM (Digital Terrain Model) e da altre informazioni disponibili, sia di terreno (dati di pozzo) che di letteratura. Lo scopo della carta è di distinguere le zone suscettibili di amplificazioni locali da quelle considerate prive da tali effetti, dette zone stabili, e di dare indicazioni sul tipo di substrato e di copertura presenti. Si identificheranno nella carta quindi le seguenti zone:

- Zone stabili, non suscettibili ad effetti di amplificazione litostratigrafica o topografica. Sono le aree dove è presente bedrock sismico affiorante con una pendenza media inferiore ai 15°. Si intende per bedrock sismico una roccia o terreno rigido con velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800\text{m/s}$, in accordo con la classificazione di sottosuolo di tipo A delle NTC08. Il limite di pendenza media inferiore ai 15° è quello per cui le NTC08 indicano come trascurabili gli effetti di amplificazione topografica. Le diverse zone verranno identificate in base alla tipologia e stratificazione del substrato, e codificate come indicato in Tabella 3.12.
- Zone suscettibili di amplificazione litostratigrafica. Sono le aree caratterizzate dalla presenza di depositi affioranti con spessori $> 3\text{m}$, dove per depositi si intende un terreno o una roccia tenera con $V_s \leq 800\text{m/s}$. Le diverse zone suscettibili di amplificazione saranno caratterizzate in base ad una successione litostratigrafica rappresentativa, cui verrà assegnato un codice secondo lo schema 20xy, con xy che va da 01 a 99 (§ 3.1 degli standard CTMS).

I campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Stab” sono: ID_z e Tipo_z. Di seguito si descrivono i campi ed i valori possibili. Un sommario dei campi, loro descrizione e valori ammessi è riportato in Tabella 3.12.

- ID_z: identificativo univoco per ogni poligono

- **Tipo_z**: identifica le zone stabili e quelle suscettibili di amplificazione descritte sopra. Per quanto riguarda le zone stabili si suddivide il substrato in lapideo, granulare cementato e coesivo sovra consolidato, e in substrato stratificato o non stratificato. Per le zone suscettibili di amplificazione, ognuna sarà caratterizzata da una serie rappresentativa, costituita da una successione di litologie di cui verranno dati gli spessori minimi e massimi, il grado di addensamento, la consistenza ed eventualmente il grado di fratturazione. Per definire le serie rappresentative, le terre e rocce realmente presenti vanno assimilati ai litotipi riportati in Tabella 3.13. Le successioni rappresentate nello shapefile stab deriveranno dalle informazioni riportate nella carta geologico-tecnica, per cui le caratteristiche delle unità litotecniche e le stratigrafie della carta stab devono essere coerenti con quanto esposto in tale carta.

Oltre allo shapefile Stab nel SI – TERC andrà caricato un file in formato .jpg che mostri la successione litostratigrafica rappresentativa per ogni codice 20xy.

Le informazioni e i dati raccolti da studi di microzonazione sismica successivi saranno utilizzati per aggiornare le informazioni della carta di I Livello.

Tabella 3.12. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Stab”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_z	-	Identificativo univoco progressivo
Tipo_z	1011	Substrato lapideo stratificato
	1012	Substrato lapideo non stratificato
	1021	Substrato granulare cementato stratificato
	1022	Substrato granulare cementato non stratificato
	1031	Substrato coesivo sovra consolidato stratificato
	1032	Substrato coesivo sovra consolidato non stratificato
	20xy	Successione litostratigrafica con xy da 01 a 99 per ogni successione caratteristica

Tabella 3.13. Litologie utilizzate alle quali si assimilano i terreni per definire le successioni caratteristiche, tratte dalle LGMS_DPC.

riporto antropico, con l'indicazione della matrice e dello spessore indicativo
ghiaia, con l'indicazione dello stato di addensamento o la <i>Dr</i> e degli spessori minimi e massimi supposti
ghiaia/sabbiosa-sabbia/ghiaiosa, con l'indicazione dello stato di addensamento o la <i>Dr</i> e degli spessori minimi e massimi supposti
sabbia, con l'indicazione dello stato di addensamento o la <i>Dr</i> e degli spessori minimi e massimi supposti
sabbia/limosa-limo/sabbioso, con l'indicazione dello stato di addensamento o la <i>Dr</i> e degli spessori minimi e massimi supposti
limo, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti
limo/argilloso-argilla/limosa, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti
argilla, con l'indicazione della consistenza e degli spessori minimi e massimi supposti
deposito alluvionale a granulometria mista o indistinta con l'indicazione degli spessori minimi e massimi supposti
detrito di versante (su pendio con acclività < 15°) a granulometria mista o indistinta e degli spessori minimi e massimi supposti
coltre di substrato alterato o intensamente fratturato con l'indicazione degli spessori minimi e massimi supposti
substrato caratterizzato da $V_s < 800$ m/s
altri terreni, con l'indicazione del tipo e degli spessori minimi e massimi supposti

3.3.2 Instab - Shapefile delle zone instabili

La carta delle zone instabili corrisponde, nelle LGMS – DPC, alla zonazione di Livello I che identifica le instabilità di versante, le zone affette da liquefazione, le aree soggette a cedimenti differenziali e quelle interessate da deformazioni permanenti dovute a faglie attive e capaci. I campi obbligatori nella tabella degli attributi sono 'ID_i' e 'Tipo_i', la cui descrizione e valori ammessi sono riportati in Tabella 3.14.

Il campo ID_i è l'identificativo univoco progressivo per ogni poligono individuato.

Il campo Tipo_i permette di codificare il tipo di instabilità, come descritto di seguito.

Instabilità di versante : Per quel che riguarda le instabilità di versante i codici utilizzati permettono di individuare lo stato di attività (zone di instabilità attive, quiescenti o inattive) e la tipologia della frana (crollo o ribaltamento, scorrimento, colata, frana complessa).

Liquefazione: La liquefazione è un fenomeno che interessa i terreni saturi non coesivi, dovuto all'aumento della pressione interstiziale durante uno scuotimento sismico, che induce una diminuzione di resistenza al taglio o della rigidità del terreno. La possibilità che si verifichi il fenomeno della liquefazione è quindi legata alla concomitanza dei fattori scatenanti (livello dello scuotimento sismico) e predisponenti (susceptibilità del terreno). Nella carta si identificheranno quindi le zone dove sono presenti terreni sabbiosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi, o altri terreni segnalati nella carta geologica che per le loro caratteristiche potrebbero essere assimilabili a depositi sabbiosi e soggetti a liquefazione, come ad esempio i depositi alluvionali. Tali depositi sono potenzialmente suscettibili di liquefazione in presenza di una falda, freatica o in pressione, a profondità inferiore ai 15 metri. Dove la profondità della superficie di falda non è disponibile è comunque fondamentale individuare le aree in cui i depositi, se saturi, potrebbero essere soggetti al fenomeno, in modo da programmare eventuali indagini future.

Cedimenti differenziali: Per quel che riguarda i cedimenti differenziali questi identificano le aree di contatto tettonico o stratigrafico fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, delimitando con un poligono l'area che potrebbe essere soggetta ad un cedimento.

Zone di deformazione permanente dovute a faglie attive capaci: Si definisce come faglia attiva una faglia che si è rotta almeno una volta negli ultimi 40000 anni (LGMS_DPC). Una faglia attiva è detta capace se la rottura di faglia raggiunge la superficie. Per questo tipo di instabilità si identificano quindi le aree soggette a deformazione permanente dovuta alla rottura in superficie della faglia. La conoscenza di tali faglie deve provenire da studi dettagliati, eseguiti da esperti del settore e validati scientificamente (LGMS_DPC).

Zone soggette a diversi tipi di instabilità: Nel caso di sovrapposizione di zone soggette a diversi tipi di instabilità, si utilizza il codice corrispondente di Tabella 3.14.

Tabella 3.14. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile "Instab", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_i	-	Identificativo univoco progressivo
Tipo_i	3011	Crollo o ribaltamento attivo
	3012	Scorrimento attivo
	3013	Colata attiva
	3014	Frana complessa attiva
	3015	Frana di tipologia indefinita attiva
	3021	Crollo o ribaltamento quiescente
	3022	Scorrimento quiescente
	3023	Colata quiescente
	3024	Frana complessa quiescente
	3025	Frana di tipologia indefinita quiescente

	3031	Crollo o ribaltamento inattivo
	3032	Scorrimento inattivo
	3033	Colata inattiva
	3034	Frana complessa inattiva
	3035	Frana di tipologia indefinita inattiva
	3041	Crollo o ribaltamento con attività indefinita
	3042	Scorrimento con attività indefinita
	3043	Colata con attività indefinita
	3044	Frana complessa con attività indefinita
	3045	Frana di tipologia indefinita con attività indefinita
	3050	Zone suscettibili di liquefazione
	3060	Zone di deformazione permanente dovute a faglie attive capaci
	3070	Sovrapposizione di aree suscettibili di instabilità differenti
	3080	Cedimenti differenziali

3.3.3 Forme – Shapefile delle forme di superficie o sepolte

Questa carta identifica forme superficiali o sepolte particolarmente importanti per le problematiche sismiche, quali conoidi, falde detritiche e cavità sepolte, cartografabili alla scala 1:5000. I campi obbligatori presenti nello shapefile sono 'ID_f' e 'Tipo_f', la cui descrizione e valori ammessi sono riportati in Tabella 3.15.

Tabella 3.15. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile "Forme", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_f	-	Identificativo univoco progressivo
Tipo_f	4010	Conoide alluvionale
	4020	Falda detritica
	4030	Area con cavità sepolta

3.3.4 Stab_Instab – Sovrapposizione delle zone stabili e instabili

Questa carta identifica le aree di sovrapposizione fra le zone stabili, suscettibili o meno di amplificazione, e le zone instabili. Essa viene creata dall'intersezione geometrica dei due shapefile Stab e Instab, e dovrà mantenere nelle zone di sovrapposizione gli attributi degli shapefile di origine. I campi obbligatori presenti nello shapefile sono 'ID_St_Inst', 'ID_z', 'Tipo_z', 'ID_i', 'Tipo_i', la cui descrizione e valori ammessi sono riportati in Tabella 3.16.

Tabella 3.16. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile "Stab_Instab", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_St_Inst		Identificativo univoco progressivo
ID_z	-	Identificativo ereditato dallo shapefile Stab
Tipo_z	1011	Substrato lapideo stratificato
	1012	Substrato lapideo non stratificato
	1021	Substrato granulare cementato stratificato
	1022	Substrato granulare cementato non stratificato
	1031	Substrato coesivo sovra consolidato stratificato
	1032	Substrato coesivo sovra consolidato non stratificato
	20xy	Successione litostratigrafica con xy da 01 a 99 per ogni successione

ID_i	-	caratteristica
Tipo_i	3011	Crollo o ribaltamento attivo
	3012	Scorrimento attivo
	3013	Colata attiva
	3014	Frana complessa attiva
	3015	Frana di tipologia indefinita attiva
	3021	Crollo o ribaltamento quiescente
	3022	Scorrimento quiescente
	3023	Colata quiescente
	3024	Frana complessa quiescente
	3025	Frana di tipologia indefinita quiescente
	3031	Crollo o ribaltamento inattivo
	3032	Scorrimento inattivo
	3033	Colata inattiva
	3034	Frana complessa inattiva
	3035	Frana di tipologia indefinita inattiva
	3041	Crollo o ribaltamento con attività indefinita
	3042	Scorrimento con attività indefinita
	3043	Colata con attività indefinita
	3044	Frana complessa con attività indefinita
	3045	Frana di tipologia indefinita con attività indefinita
3050	Zone suscettibili di liquefazione	
3060	Zone di deformazione permanente dovute a faglie attive capaci	
3070	Sovrapposizione di aree suscettibili di instabilità differenti	
3080	Cedimenti differenziali	

3.3.5 Isosub – Shapefile delle Isobate del substrato sepolto

Questa carta rappresenta le isobate del substrato sepolto ricostruibile in base ai dati esistenti ricavabili da sezioni geologiche, sondaggi, misure di rumore, lavori precedenti. Si ricorda che si intende substrato in prospettiva sismica, quindi bisogna qui cartografare l'andamento in profondità dei terreni rigidi, con $V_s \geq 800$ m/s. I campi obbligatori presenti nello shapefile sono 'Id' e 'Quota', dove per Quota si intende la quota s.l.m in metri che deve essere compresa tra i -5000 e i + 5000 metri. La descrizione della tabella degli attributi e dei valori ammessi sono riportati in Tabella 3.17.

Tabella 3.17. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile "Isosub", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id	-	Identificativo univoco progressivo
Quota	-5000 < Quota < 2300	

Per la modellazione della morfologia del substrato sepolto si possono utilizzare metodi di complessità crescente, dall'interpolazione di punti di misura all'interpretazione e modellazione geologica in AutoCad o con software specializzati quali GSI3D.

3.3.6 Elineari – Shapefile degli elementi lineari

Questo shapefile riunisce diversi elementi che vengono rappresentati come linee nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, quali le tracce di faglia e diversi elementi morfologici sia superficiali che sepolti. I campi obbligatori presenti nella tabella degli attributi sono 'ID_el' e 'Tipo_el'. I valori ammessi e la loro descrizione sono riportati in Tabella 3.18.

Tabella 3.18. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Elineari”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_el	-	Identificativo univoco progressivo
Tipo_el	5011	Faglia diretta – tratto accertato
	5012	Faglia diretta – tratto inferito
	5021	Faglia inversa – tratto accertato
	5022	Faglia inversa – tratto inferito
	5031	Faglia trascorrente/obliqua– tratto accertato
	5032	Faglia trascorrente/obliqua – tratto inferito
	5041	Orlo di scarpata morfologica (10-20m)
	5042	Orlo di scarpata morfologica (>20m)
	5051	Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)
	5052	Orlo di terrazzo fluviale (>20m)
	5060	Cresta
	5070	Scarpata sepolta
	5081	Valle sepolta stretta ($C^* \geq 0.25$)
	5082	Valle sepolta stretta ($C^* < 0.25$)

* $C = H/L/2$ dove H è la profondità della valle e L la semilarghezza

3.3.7 Epuntuali – Shapefile degli Elementi puntuali

Questo shapefile riunisce elementi morfologici sia superficiali che sepolti che vengono rappresentati come punti nella carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica. I campi obbligatori presenti nella tabella degli attributi sono 'ID_ep' e 'Tipo_ep'. I valori ammessi e la loro descrizione sono riportati in Tabella 3.19.

Tabella 3.19. Campi obbligatori nella tabella degli attributi dello shapefile “Epuntuali”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
ID_ep	-	Identificativo univoco progressivo
Tipo_ep	6010	Picco isolato
	6020	Cavità sepolta

4 MICROZONAZIONE SISMICA - ANALISI DI LIVELLO II

Le carte di Livello II sono di competenza dell'autorità che predispone un nuovo Piano Territoriale o Piano Strutturale Comunale e loro modifiche, come predisposto dalla RR09-A4. Tali carte utilizzano metodi semplificati, esposti nelle LGMS – DPC per dare una valutazione quantitativa degli effetti sismici attesi che interessano l'area di sviluppo territoriale, sia in termini di amplificazione sismica, litostratigrafica e/o topografica, che di instabilità (frane sismo-indotte, liquefazione, deformazioni permanenti). Gli elaborati fondamentali che vengono richiesti a questo stadio sono la carta delle indagini, la carta geologico-tecnica e la carta di microzonazione sismica di Livello II. Di particolare importanza per ogni piano territoriale, sono gli studi relativi all'amplificazione litostratigrafica, e le indagini 1D eseguite per gli studi di microzonazione. Gli altri studi verranno eseguiti in base al tipo di effetti di sito presenti in un'area di sviluppo, segnalati nelle carte di Livello I. E' comunque responsabilità dell'autorità che predispone lo studio di microzonazione sismica di Livello II valutare la necessità di eseguire studi sugli altri effetti di sito oltre all'amplificazione litostratigrafica, ponendo particolare attenzione agli effetti di liquefazione e di frane sismo-indotte, così come di indicare dove eventuali indagini 2D andrebbero eseguite.

4.1 CARTA DELLE INDAGINI

Il formato della carta delle indagini è lo stesso del Livello I (§ 3.1). Essa sarà quindi costituita dai due shapefile Ind_pu e Ind_ln, che mostreranno la localizzazione delle analisi puntuali e lineari rispettivamente, e dal loro associato database delle indagini. I file devono contenere solo le indagini eseguite per gli studi di microzonazione di Livello II.

4.2 CARTA GEOLOGICO_TECNICA

La carta Geologico_Tecnica di Livello II avrà lo stesso formato di quella del Livello I. Essa dovrà tenere conto delle nuove indagini eseguite per la caratterizzazione delle unità litotecniche, e dovrà riportare nella Legenda i parametri geotecnici e geofisici delle unità riconosciute, insieme ai loro spessori minimi e massimi. Le isobate del substrato sepolto dovranno essere aggiornate in accordo coi nuovi dati ottenuti dalle indagini di Livello II e da modellazioni numeriche ove necessario.

4.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA

La carta di microzonazione sismica di Livello II deve contenere dati quantitativi derivanti da analisi condotte con metodi semplificati. Gli shapefile richiesti sono elencati in Tabella 4.1. Questi shapefile sono specifici per la regione Calabria, in quanto i dati richiesti sono più dettagliati di quelli minimi necessari per soddisfare gli standard CTMS del DPC. Sono inoltre richiesti i 7 shapefile definiti dagli standard CTMS DPC descritti al § 3.3, che verranno ottenuti estraendo i dati di interesse dagli shapefile elencati in Tabella 4.1, come descritto più avanti. Di particolare importanza sarà l'aggiornamento dei dati riguardanti l'amplificazione e di quelli relativi alle isobate del substrato sepolto.

Tabella 4.1. Shapefile del Livello II – In grassetto sono mostrate le carte obbligatorie.

Nome Carta	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Alias	Tipo di dato
Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Litostratigrafica	Polygon	Id	Identificativo	Intero Lungo
		FA		Prec. doppia
		FV		Prec. doppia
		AgRef_g		Prec. doppia
		Litologia		Testo
		Spessore		Prec. doppia

		GRAD_VEL		Testo
		VSH_m_s	Vs media	Prec. doppia
		CAT_SUOLO		Testo
Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Topografica	Polygon	ID	Identificativo	Intero Lungo
		FAt	Fattore di Amplificazione topografica	Prec. doppia
		Morfologia		Testo
Carta di microzonazione sismica – Instabilità di versante	Polygon	Id	Identificativo	Intero Lungo
		Materiale		Testo
		Categoria		Testo
		C		Prec. doppia
		A		Prec. doppia
		K50		Prec. doppia
		K475		Prec. doppia
Carte di micro zonazione sismica - Liquefazione	Polygon	Id	Identificativo	Intero Lungo
		Verifica		Testo
		IL	Indice di Liquefazione	Prec. doppia
		dH	Cedimento permanente	Prec. doppia
		ProfFalda	Profondità della Falda	Prec. doppia
		M	Magnitudo	Prec. doppia
		Amax_s	Accelerazione di picco in superficie	Prec. doppia
Carta dei cedimenti differenziali e delle faglie	Polygon	Id	Identificativo	Intero Lungo
		Tipologia		Testo
		Entita	Entità	Prec. doppia

4.3.1 Amplificazione litostratigrafica

Le carte di amplificazione litostratigrafica del secondo livello definiscono in modo quantitativo l'amplificazione utilizzando la metodologia semplificata esposta nelle LGMS – DPC. Tale metodologia si basa sull'utilizzo di abachi che forniscono i fattori di amplificazione da applicare allo spettro di risposta fornito dalla pericolosità sismica di base per ottenere lo spettro al sito. Alcuni abachi di riferimento sono forniti dalle LGMS – DPC, e possono essere utilizzati se applicabili alla regione Calabria o fino alla pubblicazione di abachi rispondenti alle situazioni specifiche della Calabria da parte della regione stessa. Lo scopo di queste carte è di dare un'indicazione quantitativa dei fattori di amplificazione utilizzando una metodologia comune e confrontabile in tutta la Calabria.

Gli abachi pubblicati dalle LGMS – DPC sono riferiti a tre livelli di accelerazione diversi, 0.06g, 0.18g e 0.26g. Tali livelli avranno diversi periodi di ritorno nei vari comuni della regione Calabria, a seconda del livello della pericolosità di base, più elevato lungo la catena appenninica e più basso lontano da questa. L'autorità che predispone lo studio è responsabile per la scelta di un livello di ag coerente con un periodo di ritorno adeguato all'importanza dello sviluppo proposto. Dove tale livello non fosse disponibile si renderà necessario passare ad analisi di Livello III, eseguendo le proprie analisi numeriche e selezionando un input sismico adeguato. Un esempio degli abachi e del loro utilizzo è riportato al § 4.4.4.

4.3.1.1 Limiti di utilizzo degli abachi per amplificazione litostratigrafica

La risposta sismica calcolata con gli abachi è valida in situazioni in cui è possibile utilizzare analisi numeriche monodimensionali, quindi per un modello geologico-tecnico del sottosuolo assimilabile ad un sistema di strati piano-paralleli poggianti su di un substrato orizzontale, in cui non ci siano variazioni laterali di spessore degli strati e delle loro caratteristiche. I casi in cui si dovrebbe escludere l'utilizzo degli abachi sono quelli in cui sono possibili effetti bi- o tri-dimensionali, dovuti alla presenza o di irregolarità nella morfologia superficiale, o nel

substrato sepolto. Inoltre gli abachi non devono essere utilizzati in zone dove sono presenti inversioni di velocità o dove sono presenti suoli classificabili come S1 e S2, in accordo con le NTC08 che prevedono, per tali suoli, analisi specifiche, in particolare per terreni suscettibili di liquefazione o che comunque possano presentare fenomeni di collasso.

Per quanto riguarda le amplificazioni topografiche viene presentata più avanti una metodologia semplificata sviluppata per amplificazioni puramente topografiche, quindi in situazioni di bedrock sismico affiorante. Dove l'effetto litostratigrafico e morfologico sono congiunti si considera dominante l'effetto litostratigrafico (LGMS – DPC). Si potranno quindi utilizzare gli abachi per il solo effetto di amplificazione litostratigrafica in una prima valutazione degli effetti di amplificazione sismica, ma si dovrà successivamente valutare se sia necessario eseguire analisi di livello superiore.

La presenza di possibili effetti bidimensionali legati alla presenza di bacini sepolti può essere valutata in prima approssimazione utilizzando dati sulla morfologia sepolta e sull'impedenza sismica alla base dei sedimenti applicando la seguente formula (Bard e Bouchon, 1985):

$$\frac{h}{l} \leq \frac{0.65}{\sqrt{C_v - 1}}$$

dove:

h è il massimo spessore dei depositi di riempimento della valle,

l è la sua semiampiezza,

C_v è il rapporto tra la velocità delle onde S, V_s, nel basamento sismico e la V_s media nei depositi di riempimento della valle.

Se tale relazione non è verificata si dovranno utilizzare analisi 2D per stimare l'amplificazione, mentre in caso contrario l'analisi 1D, e quindi l'utilizzo degli abachi, può dare risultati soddisfacenti al centro della valle e lontano dai bordi del bacino.

Per quanto riguarda le inversioni di velocità, le LGMS – DPC riconoscono un'inversione di velocità quando le tre seguenti condizioni sono soddisfatte:

- presenza di uno strato rigido che poggia su uno più soffice, con un rapporto tra la V_s dello strato rigido e la V_s dello strato soffice maggiore di 2;
- la V_s dello strato rigido deve essere superiore ai 500 m/s;
- lo spessore dello strato rigido deve essere maggiore di V_s/60, dove V_s è la velocità media (in m/s) di tutta la copertura al di sopra del basamento.

Come già menzionato, gli abachi non possono essere utilizzati in terreni suscettibili di liquefazione ed in terreni con caratteristiche meccaniche particolarmente scadenti, classificabili come S1 o S2 secondo le NTC08. Dove si riscontrino situazioni di questo tipo, o dove comunque siano presenti successioni litostratigrafiche che si discostano considerevolmente da quelle utilizzate dal DPC, sarà necessario eseguire analisi specifiche di Livello III. Queste possono essere volte sia alla caratterizzazione di una singola zona, che alla preparazione di abachi specifici per la regione Calabria, rappresentativi delle successioni caratteristiche per questa regione e riutilizzabili in altri contesti.

4.3.1.2 *Dati di ingresso e modalità di utilizzo degli abachi per gli effetti di amplificazione litostratigrafica*

La metodologia proposta utilizza abachi predisposti per diversi profili litologici di riferimento, intendendo con questo una litologia prevalente per la copertura, e per diversi gradienti del profilo di velocità delle onde di taglio V_s nel terreno. I modelli litologici presenti negli abachi delle LGMS-DPC utilizzano tre litologie prevalenti (Argilla, Sabbia e Ghiaia), con spessori fra 5 e 150 metri, e tre profili di V_s, uno a V_s costante e gli altri due con

pendenza lineare intermedia e massima. La velocità media per ogni profilo varia tra 100 m/s e 750 m/s, mentre la V_s del bedrock sismico è fissata uguale a 800 m/s. Sarà quindi necessario eseguire delle indagini per definire:

- a) la litologia prevalente per la copertura;
- b) la profondità del bedrock sismico e lo spessore delle coperture;
- c) il gradiente del profilo di V_s da utilizzare;
- d) la V_{SH} , cioè la V_s media calcolata su tutto lo spessore H di depositi.

La localizzazione ed il tipo di indagini eseguite dovranno essere riportate nella “Carta delle indagini eseguite 1D” di Livello II che deve accompagnare i risultati della microzonazione sismica ed è descritta nel seguito.

I risultati degli abachi sono costituiti da due fattori di amplificazione chiamati FA ed FV. Il primo è un fattore di amplificazione relativo ai corti periodi, determinato intorno al periodo per cui si ha il massimo della risposta in accelerazione, il secondo è un fattore di amplificazione relativo ai periodi lunghi, determinato intorno al periodo per cui si ha la massima risposta in pseudovelocità. Tali fattori vanno applicati allo spettro di input della pericolosità sismica di base per ottenere lo spettro elastico in superficie, come descritto al §2.1.3. Si ricorda che la pericolosità sismica di base adottata dalla regione Calabria è quella definita nelle NTC08 (Art. 3, RR09).

Ogni carta prodotta con la metodologia qui descritta riporterà per ogni poligono rappresentato i fattori di amplificazione FA ed FV, il livello di accelerazione considerato, la litologia prevalente e lo spessore medio della copertura che caratterizzano il poligono considerato, il gradiente di V_s utilizzato e la V_{SH} , e la categoria di sottosuolo presente secondo le NTC08. La Tabella 4.2 mostra i campi obbligatori ed i valori ammessi nella tabella degli attributi. Dove fossero presenti suoli S1 ed S2 non sarà indicato nessun fattore di amplificazione, ma saranno necessarie analisi di livello superiore.

Tabella 4.2. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Litostratigrafica”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo
Fa	0.5 – 5	Fattore di Amplificazione relativo ai periodi bassi (vedi testo)
Fv	0.5 – 5	Fattore di Amplificazione relativo ai periodi lunghi (vedi testo)
AgRef_g	<ul style="list-style-type: none"> • 0.06 • 0.18 • 0.26 	Accelerazione di picco di riferimento per gli abachi in g
Litologia	<ul style="list-style-type: none"> • Argilla • Sabbia • Ghiaia 	Litologia prevalente della copertura
Spessore	>0	Spessore della copertura
GRAD_VEL	Costante Intermedia Massima	Gradiente di velocità
VSH_m_s	100 - 750	V_s media calcolata per lo spessore totale H della copertura
CAT_SUOLO	A B C D E S1 S2	Categoria del sottosuolo secondo le NTC08, basata sulla V_{s30}

4.3.1.3 Utilizzo di FA ed FV per il calcolo degli spettri di risposta elastici in superficie

I fattori amplificativi FA ed FV possono essere utilizzati per ottenere lo spettro di risposta elastico in superficie a partire dallo spettro di norma previsto dalle NTC08 per un sito di riferimento rigido orizzontale.

Le forme spettrali delle NTC08 sono definite in funzione di tre parametri: a_g , F_o e T_c^* , definiti per i nodi di un reticolo di riferimento e per diversi periodi di ritorno compresi tra 30 anni e 2475 anni. I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* sono forniti nelle tabelle dell'allegato B delle NTC08. Questi parametri vengono utilizzati per costruire lo spettro di risposta elastico in accelerazione, il quale è espresso da una forma spettrale riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale (NTC08, § 3.2.3.2).

A partire da questo spettro di norma utilizzato come input si può costruire lo spettro elastico in superficie con smorzamento al 5% utilizzando i fattori di amplificazione FA ed FV degli abachi:

1. Si calcola il valore SAc del ramo ad accelerazione costante dello spettro di norma

$$SAc = a_g * F_o$$

2. Si calcola il valore SA(1s) dello spettro di norma per $T = 1s$
3. Si determina il periodo T_c , corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in superficie

$$T_c = \frac{SA(1s) * FV}{SAc * FA}$$

4. Si determina $T_B = T_c/3$
5. Il ramo iniziale dello spettro tra $T=0$ e $T = T_B$ si assume lineare con $SA(0) = a_g * FA$ ed $SA(T_B) = SAc * FA$
6. Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante per $T_B \leq T \leq T_c$ ha ordinate pari a $SAc * FA$
7. Il ramo dello spettro a velocità costante per $T_c < T \leq T_D$ ha ordinate pari a $SAc * FA * T_c/T$, dove

$$T_D = 4 * a_g + 1.6 \text{ (NTC08, § 3.2.3.2.1)}$$

4.3.1.4 Esempio di utilizzo degli abachi per l'amplificazione litostratigrafica

Si presenta qui un esempio di utilizzo degli abachi per la stima dell'amplificazione litostratigrafica per un ideale profilo di sottosuolo posto nel comune di Catanzaro. Il profilo di sottosuolo considerato è riportato in Tabella 4.3.

Tabella 4.3. Stratigrafia e profilo di Vs in un ipotetica località del comune di Catanzaro.

Strato	Potenza strato (m)	Litotipo	Vs (m/s)
h1	0.3	Suolo geopedologico	144.77
h2	4.91	Alluvioni sabbiose	158.4
h3	24.79	Argille pseudo coerenti	282
H	30		
V _{SH}			248

Il periodo di ritorno che si desidera utilizzare è 475 anni. Nella località considerata, il valore di a_g per questo periodo di ritorno è 0.25g. Per calcolare i fattori di amplificazione litostratigrafica si sceglierà quindi, fra gli abachi forniti dalle LGMS-DPC, quelli calcolati per un valore di a_g di riferimento pari a 0.26g, il valore più vicino a 0.25g fra i 3 valori di a_g per cui gli abachi sono stati calcolati.

Si deve inoltre scegliere il litotipo prevalente per il profilo di sottosuolo considerato, scegliendo tra ghiaia, sabbia ed argilla, e la pendenza del profili di V_s , che può essere costante, intermedia o massima. Nel caso considerato si sceglierà come litotipo prevalente l'argilla, e come pendenza del profilo di V_s quella intermedia. L'abaco corrispondente è mostrato in Figura 4.1. Per il caso considerato si leggeranno i fattori di amplificazione FA ed FV per uno spessore del suolo di 30 m ed una V_{SH} di 250 m/s. I fattori FA ed FV saranno rispettivamente 1.89 e 2.32.

Fattore di amplificazione FA		Tipo di terreno Argilla		a_g (g) 0.26g		Profilo di velocità Lineare pendenze intermedia					
		V_{SH} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
	5	2.21	1.79	1.75	1.57	1.35	1.19	1.09	1.04	1.01	1.00
	10	-	2.27	1.96	1.63	1.43	1.32	1.25	1.16	1.05	1.01
	15	-	2.35	2.14	1.88	1.66	1.47	1.33	1.22	1.10	1.03
	20	-	2.14	2.16	1.96	1.75	1.58	1.43	1.31	1.15	1.05
	25	-	1.89	2.00	1.97	1.79	1.62	1.48	1.37	1.19	1.07
	30	-	1.77	1.89	1.85	1.77	1.62	1.49	1.38	1.20	1.07
	35	-	-	1.71	1.78	1.67	1.60	1.48	1.38	1.21	1.08
	40	-	-	1.73	1.64	1.62	1.52	1.46	1.37	1.21	1.07
H	50	-	-	1.70	1.65	1.51	1.42	1.36	1.31	1.18	1.06
	60	-	-	1.60	1.60	1.51	1.39	1.30	1.24	1.15	1.05
	70	-	-	1.52	1.52	1.47	1.40	1.29	1.21	1.11	1.03
	80	-	-	1.45	1.47	1.41	1.36	1.29	1.21	1.09	1.01
	90	-	-	1.38	1.43	1.37	1.33	1.27	1.21	1.08	0.99
	100	-	-	1.27	1.36	1.32	1.27	1.24	1.19	1.08	0.98
	110	-	-	1.29	1.31	1.30	1.25	1.20	1.17	1.07	0.98
	120	-	-	1.21	1.27	1.26	1.24	1.18	1.13	1.06	0.97
	130	-	-	1.18	1.23	1.22	1.20	1.17	1.12	1.04	0.96
	140	-	-	1.13	1.20	1.20	1.18	1.14	1.10	1.03	0.95
	150	-	-	1.10	1.18	1.16	1.14	1.12	1.09	1.02	0.94

Fattore di amplificazione FV		Tipo di terreno Argilla		a_g (g) 0.26g		Profilo di velocità Lineare pendenze intermedia					
		V_{SH} (m/s)									
		150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
	5	1.12	1.05	1.03	1.02	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00
	10	-	1.32	1.13	1.06	1.04	1.03	1.02	1.02	1.01	1.00
	15	-	1.95	1.39	1.19	1.12	1.06	1.04	1.03	1.01	1.01
	20	-	2.33	1.74	1.38	1.22	1.14	1.10	1.05	1.03	1.01
	25	-	2.71	2.04	1.57	1.34	1.23	1.15	1.10	1.04	1.01
	30	-	2.79	2.32	1.80	1.50	1.32	1.22	1.14	1.08	1.02
	35	-	-	2.50	2.01	1.63	1.43	1.29	1.20	1.09	1.02
	40	-	-	2.50	2.17	1.79	1.52	1.36	1.25	1.11	1.03
H	50	-	-	2.33	2.21	1.94	1.69	1.50	1.36	1.17	1.04
	60	-	-	2.29	2.06	1.95	1.76	1.57	1.42	1.21	1.08
	70	-	-	2.38	2.04	1.84	1.74	1.60	1.46	1.24	1.09
	80	-	-	2.35	2.05	1.82	1.66	1.57	1.46	1.25	1.10
	90	-	-	2.25	2.12	1.83	1.64	1.51	1.42	1.24	1.07
	100	-	-	2.16	2.07	1.86	1.65	1.50	1.40	1.24	1.07
	110	-	-	2.11	2.02	1.84	1.64	1.50	1.39	1.22	1.07
	120	-	-	2.15	1.94	1.82	1.65	1.50	1.38	1.21	1.07
	130	-	-	2.15	1.91	1.79	1.64	1.50	1.38	1.19	1.06
	140	-	-	2.13	1.92	1.74	1.63	1.51	1.39	1.20	1.05
	150	-	-	2.04	1.93	1.73	1.61	1.50	1.38	1.20	1.05

Figura 4.1. Esempio di abachi per la valutazione dei fattori di amplificazione FA ed FV dalle LGMS-DPC.

Per determinare lo spettro di risposta elastico in superficie per uno smorzamento del 5% utilizzando i fattori di amplificazione trovati si seguiranno i passi descritti al § 4.1.3. Per un T_R di 475 anni, a_g , F_o e T_c^* al sito considerato sono pari rispettivamente a 0.253g, 2.42 e 0.37. Utilizzando questi valori si otterrà:

$$1. \quad SAc = a_g * F_o = 0.253 * 2.42 = 0.612$$

2. $SA(1s) = a_g * F_o (T_c/T) = 0.253 * 2.42 * 0.37 = 0.226$
3. $T_c = SA(1s) * FV/SAc * FA = (0.226*2.32)/(0.612*1.89) = 0.45$
4. $T_B = T_c/3 = 0.15$
5. Il ramo iniziale dello spettro tra $T=0$ e $T = T_B$ si assume lineare con $SA(0) = a_g * FA = 0.478$ e $SA(T_B) = SAc * FA = 1.156$
6. Il ramo dello spettro ad accelerazione spettrale costante per $T_B \leq T \leq T_C$ ha ordinate pari a $SAc * FA = 1.156$
8. Il ramo dello spettro a velocità costante per $T_C < T \leq T_D$ ha ordinate pari a $SAc*FA * T_C/T$, dove $T_D=4 * a_g + 1.6 = 2.6$

Lo spettro in superficie risultante è mostrato in Figura 4.2

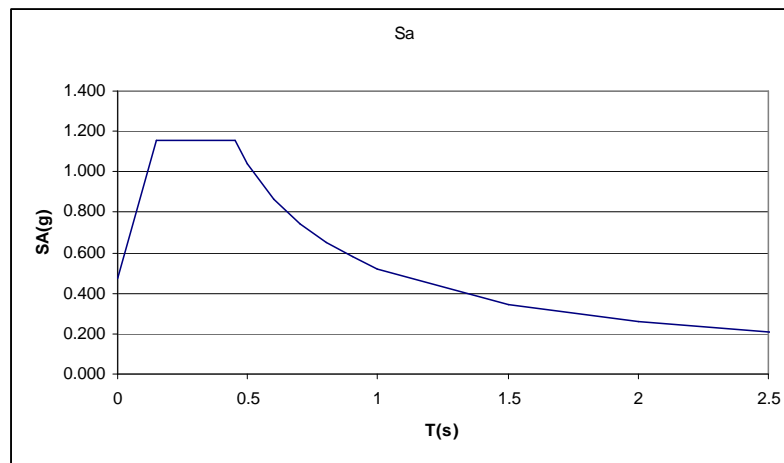


Figura 4.2. Spettro in superficie ottenuto a partire dallo spettro di norma per suolo rigido utilizzando i fattori di amplificazione FA ed FV per 30 m di argilla con VSH 250 m/s.

4.3.2 Amplificazione topografica

Le carte di amplificazione topografica definiscono in modo quantitativo l'amplificazione utilizzando gli abachi forniti dalle LGMS – DPC, validi per configurazioni semplici della morfologia superficiale e per effetti puramente topografici, cioè in presenza di bedrock sismico affiorante. Gli abachi forniscono il Fattore di Amplificazione Topografica FAT, che può essere utilizzato per il calcolo degli spettri di risposta elastici in superficie analogamente al fattore di amplificazione topografica St delle NTC08. Dove l'effetto litostratigrafico si somma a quello topografico si considera, a questo livello, predominante quello litostratigrafico. Analisi più di dettaglio, per opere importanti, configurazioni complesse o effetti concomitanti richiedono un livello superiore che prevede l'utilizzo di codici 2D per le simulazioni numeriche.

Le due categorie morfologiche per cui sono stati sviluppati gli abachi sono:

- Creste con fianchi ad inclinazione $\alpha \geq 10^\circ$;
- Scarpate con fronti di altezza $H \geq 10$ metri e pendenza del fronte principale $\alpha \geq 10^\circ$.

4.3.2.1 Creste rocciose

Viene definita come cresta un rilievo che presenta un dislivello altimetrico minimo h maggiore o uguale ad un terzo del dislivello altimetrico massimo H (Figura 4.3). L'utilizzo degli abachi per determinare FAT per questa morfologia richiede la conoscenza della

- larghezza alla base del rilievo L
- larghezza in cresta l
- dislivello altimetrico massimo (H) e minimo (h)
- coefficiente di forma H/L

Per creste appuntite sono predisposti quattro abachi diversi in funzione del variare di L , dove per creste appuntite si intendono quelle con $l < 1/3L$

Per creste arrotondate FAT dipende solo da H/L , dove una cresta arrotondata si riconosce per la presenza di una zona di cresta subpianeggiante, con inclinazione $< 10^\circ$, ed un rapporto $l/L \geq 1/3$.

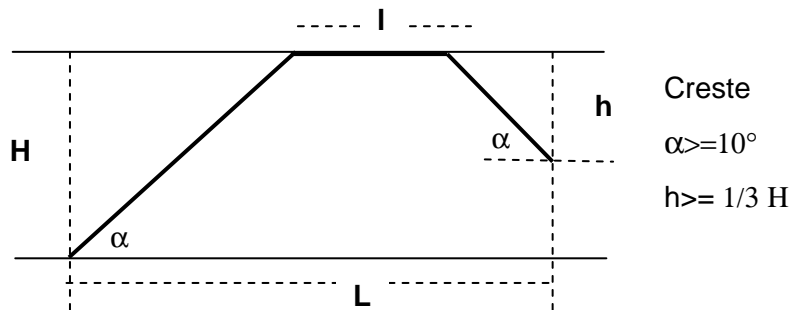


Figura 4.3. Creste per cui si considera l'amplificazione topografica.

4.3.2.2 Scarpate

Le scarpate sono definite come irregolarità con fronti di altezza $H > 10$ metri ed inclinazione $\alpha \geq 10^\circ$ e con le seguenti caratteristiche morfologiche (Figura 4.4):

- Un fronte superiore con inclinazione $\beta \leq 1/5 \alpha$
- Lunghezza del fronte superiore $L \approx H$, o comunque L maggiore di 15-20 metri
- Dislivello altimetrico minimo $h < 1/3 H$

I FAT sono riportati in una tabella in funzione della classe altimetrica della scarpata e dell'inclinazione del fronte principale. Per ogni classe è inoltre riportata l'area di influenza A_i , all'interno della quale va applicato il fattore di amplificazione.

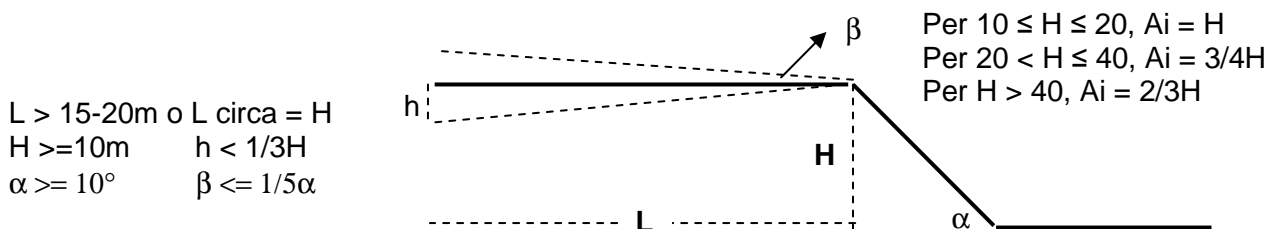


Figura 4.4. Scarpate per cui si considera l'amplificazione topografica.

4.3.2.3 Altre morfologie

Dove fossero presenti altre morfologie per cui il metodo semplificato sopra descritto non può essere utilizzato, si dovrà considerare la necessità di passare ad analisi di livello superiore. Tali morfologie andranno segnalate nella

‘Carta di Amplificazione Topografica’ di Livello II per indicare le zone dove potrebbe essere necessario eseguire simulazioni numeriche 2D o 3D. Allo stesso modo verranno segnalate creste e scarpate in terreni con $V_s < 800$ m/s, dove si avrà una sovrapposizione degli effetti litologici e morfologici. Le classi utilizzate saranno: Creste in terreni, Scarpate in terreni e Rilievi isolati.

4.3.2.4 Rappresentazione di FAt nelle carte di amplificazione topografica

Per ogni rilievo esaminato la grandezza FAt ricavata dagli abachi corrisponde all’amplificazione massima. Per le creste tale fattore deve essere arrotondato alla prima cifra decimale ed applicato alla zona di cresta, mentre lungo i versanti il valore viene scalato fino all’unità alla base della cresta. In carta verranno rappresentate due linee, una che racchiude la zona di cresta e che avrà un fattore di amplificazione massimo pari ad FAt, ed una che racchiude la base ed avrà fattore di amplificazione pari ad 1. Le due linee saranno disegnate in corrispondenza della rottura di pendenza in cresta ed alla base.

Per le scarpate, il fattore di amplificazione massimo si applica al ciglio della scarpata, e si scala poi linearmente all’interno della zona di influenza A_i . In carta si rappresenteranno due linee, una in corrispondenza al ciglio della scarpata, cui verrà assegnato FAt massimo, ed una in corrispondenza del limite della zona di influenza, cui verrà assegnato FAt pari ad 1.

I Rilievi isolati, le Creste in terreni e le Scarpate in terreni, saranno rappresentati da una linea che delimita l’area di interesse, a cui verrà assegnato un valore di FAt pari a 0 per indicare ‘sconosciuto’.

I campi obbligatori ed i valori ammessi per le carte di amplificazione topografica sono riportati in Tabella 4.4. Per le creste e le scarpate in roccia il fattore di amplificazione varia tra 1 e 2, per le altre categorie morfologiche il fattore di amplificazione sarà uguale a 0. La morfologia considerata sarà inserita nel campo Morfologia. Il campo Id servirà ad identificare la struttura considerata; le linee che rappresentano FAt per una cresta, ad esempio, avranno il medesimo Id. In questo modo è possibile identificare a quali morfologie appartengano le diverse linee di amplificazione topografica.

Tabella 4.4. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Amplificazione Topografica”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo. Sarà uguale per le linee che appartengono alla medesima struttura (vedi testo)
FAt	0 - 2	Il valore può essere 0 (sconosciuto) o compreso tra 1 e 2
Morfologia	<ul style="list-style-type: none"> • Cresta appuntita • Cresta arrotondata • Scarpata • Cresta in terreni • Scarpata in terreni • Rilievo isolato 	Categoria topografica

4.3.3 Instabilità di versante

Le carte di Livello II per le Instabilità di versante sono volte a fornire una stima quantitativa degli effetti di un terremoto sulle aree potenzialmente instabili, sia durante che dopo l’evento. I metodi semplificati proposti dalle LGMS-DPC utilizzati a tale scopo distinguono le frane in pendii di terreno dalle frane in pendii di roccia.

Le LGMS – DPC suggeriscono di utilizzare metodi di analisi dinamica per valutare le condizioni di stabilità di un pendio in presenza di scosse sismiche. Questo perché, nell’ottica di utilizzare le carte di microzonazione sismica per la pianificazione dell’emergenza, metodi statici basati su fattori di sicurezza statici non hanno senso, in

quanto per zone di frana tali fattori sono comunque minori di 1. In particolare per la regione Calabria, che possiede già una buona cartografia delle frane esistenti, e per le caratteristiche del suo territorio dove le instabilità di versante sono un fenomeno diffuso ed importante, è essenziale utilizzare metodologie che permettano una valutazione più affidabile in termini di frane sismo-indotte. Tuttavia i metodi suggeriti richiedono, secondo le stesse linee guida, informazioni e profondità di indagine coerenti con un livello superiore al Livello II. Si suggerisce quindi un metodo semplificato che richiede la conoscenza di alcuni parametri geotecnici, utili per approfondimenti successivi, e che fornisce una valutazione quantitativa della suscettibilità di un'area a frane sismo-indotte, compatibile con la definizione del Livello II di analisi che dovrebbe fornire stime quantitative dei fenomeni indagati. Lo scopo delle carte di instabilità di versante del Livello II è quindi di:

- approfondire le informazioni e le conoscenze fornite dalle carte di Livello I;
- fornire una stima quantitativa della suscettibilità alle frane sismoindotte per l'area in esame.

Per raggiungere tali obiettivi si riclassificheranno le frane esistenti presenti nelle carte di Livello I in 3 categorie, secondo la classificazione proposta da Keefer (1984). Nell'area di interesse per il piano territoriale considerato si individueranno inoltre le aree ritenute suscettibili di frana sismoindotta, classificandole in una delle 3 categorie. Per ognuna delle aree cartografate si calcolerà poi un parametro atto a fornire una stima quantitativa di suscettibilità a frana sismoindotta, secondo la metodologia esposta al §2.3.2.

4.3.3.1 Classificazione delle frane esistenti e delle aree suscettibili di frana sismoindotta

Lo studio eseguito da Keefer (1984) utilizza un database mondiale di terremoti storici che hanno causato movimenti di frana ed identifica le frane generate in 14 tipologie che possono essere raggruppate in 3 principali categorie. La distinzione nelle 3 categorie viene fatta in base al tipo di movimento, alla coerenza interna ed all'ambiente geologico in cui tali frane si possono attivare. Le tre categorie utilizzate sono le seguenti:

- Categoria I - Frane incoerenti. Durante il movimento si rompono in una massa caotica di piccoli blocchi, frammenti o granuli che si muovono a velocità da moderata a molto rapida su pendii ripidi (crolli, valanghe, flussi granulari). La superficie di scivolamento è in genere superficiale, tranne che per le valanghe di roccia.
- Categoria II - Frane coerenti. Queste consistono di pochi blocchi relativamente coerenti che si muovono con velocità da lente ad elevate su pendii ripidi (scivolamenti rotazionali, scivolamenti traslazionali di blocchi, flussi lenti di terreno). La superficie di scivolamento è in genere più profonda che nella categoria precedente.
- Categoria III - Flussi in terreni/espandimenti laterali. Presentano una componente fluida del moto. Si generano su pendii solitamente poco inclinati e si muovono a velocità elevate o molto elevate.

Le frane sismo indotte sono più frequentemente, secondo lo studio condotto da Keefer, appartenenti alla prima categoria, mentre le frane più pericolose in termini di perdite di vite umane risultano essere le valanghe di roccia ed i flussi rapidi in terreni, in quanto possono viaggiare ad elevate velocità e per grandi distanze.

In termini di danni alle strutture ed infrastrutture risultano importanti anche le frane rotazionali e gli espandimenti laterali in terreni, perché possono avvenire in aree con pendenza moderata, e quindi più adatte per l'urbanizzazione.

Gli ambienti geologici in cui le frane appartenenti alle 3 categorie si possono generare hanno le seguenti caratteristiche:

- Categoria I – Zone rocciose con pendenza minima di 15° poco cementate, intensamente fratturate o alterate; presenza di piani di debolezza a frana poggio; contenenti strati di materiale poco cementati o intensamente alterati. Terreni di sabbie sciolte non sature, o terreni granulari debolmente cementati o contenenti matrice argillosa, con pendenza minima di 15°.

- Categoria II – Terreni con pendenza minima di 5° e depositi sciolti di sabbie o silt parzialmente o completamente saturi. Argille consistenti, parzialmente o completamente saturi.
- Categoria III – Terreni con pendenza minima di 0.3° costituiti da sabbie o silt sciolti, parzialmente o completamente saturi. Terreni artificiali sabbiosi non compattati o poco compattati.

Utilizzando i criteri sopra esposti si classificheranno le frane esistenti in una delle 3 categorie di Keefer, utilizzando per le frane complesse il materiale e il meccanismo di movimento prevalente. Parimenti si valuterà se i terreni dell'area pertinente allo sviluppo territoriale proposto potrebbero dar luogo a frana nell'evento di un terremoto utilizzando i criteri geologici esposti.

Nella 'Carta di microzonazione sismica – Instabilità di versante' per ogni area di frana esistente ed ogni area suscettibile di frana sismoindotta si riporterà nella tabella degli attributi il materiale (Roccia o Terreno) e la categoria di Keefer (Categoria I, Categoria II o Categoria III).

4.3.3.2 Valutazione quantitativa

La stima quantitativa degli effetti di un possibile terremoto avviene tramite il confronto dell'accelerazione di picco al sito considerato con l'accelerazione critica A_c calcolata per la possibile frana. Si intende per accelerazione critica l'accelerazione minima richiesta per vincere la resistenza allo scivolamento del pendio considerato. Confrontando l'accelerazione di picco per una data probabilità di eccedenza con A_c si individueranno le aree con suscettibilità più elevata al generarsi di frane sismoindotte. Per esprimere tale confronto si utilizza il coefficiente sismico $K = K_c/ag$, dove $K_c = A_c/g$, $ag = a_{max}/g$, a_{max} è l'accelerazione di picco al suolo e g è l'accelerazione di gravità.

Per $K < 1$ un' area è suscettibile a instabilità sismoindotta tanto più quanto minore sarà questo valore. E' importante però notare che K costituisce un indicatore di pericolosità, non una vera e propria entità fisica. Modelli più sofisticati sono infatti necessari per stabilire lo spostamento indotto da un certo livello di scuotimento per causare il collasso del pendio, in cui bisogna considerare sia la durata del moto che i diversi meccanismi di rottura del pendio. Tali modelli sono esposti nelle LGMS – DPC e vi si può fare riferimento per analisi più specifiche a livello delle opere.

Il metodo semplificato qui proposto è descritto nel Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards (1999) e considera il caso semplificato di una frana superficiale su un pendio infinitamente lungo per cui si calcola A_c col metodo di Wilson (1979).

$$A_c/g = c/\gamma h + (\tan\Phi \cos\theta) - \sin\theta$$

dove θ è l'inclinazione del pendio, γ è il peso specifico del materiale, h è lo spessore della frana o della frana potenziale, c è la coesione efficace, Φ è l'angolo di attrito del materiale. Si consiglia di utilizzare misure dirette per la stima di c e Φ per ogni zona interessata. Se non è possibile ottenere tali misure si possono utilizzare valori di letteratura. Per permettere un confronto fra le varie aree si utilizzerà un valore comune di h che verrà posto pari a 3 m. Tale valore di h è utilizzato negli esempi del manuale citato, e rappresenta il limite che separa le frane superficiali da quelle profonde (Wilson and Keefer, 1985).

Per identificare le aree più suscettibili al verificarsi di frane sismoindotte si calcolerà K utilizzando i valori di $ag = a_{max}/g$ della pericolosità sismica di base adottata dalle NTC08 per periodi di ritorno brevi (50 anni) e lunghi (475 anni). I valori calcolati saranno salvati nella tabella degli attributi per ogni poligono considerato come K_{50} e K_{475} .

La tabella degli attributi della 'Carta di micro zonazione sismica – Instabilità di versante' riporterà i seguenti campi per ogni poligono considerato: Materiale, Categoria, c , a , K_{50} , K_{475} . I valori ammessi per ogni campo sono mostrati in Tabella 4.5.

Tabella 4.5. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di microzonazione sismica – Instabilità di versante”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo
Materiale	Roccia Terreno	
Categoria	<ul style="list-style-type: none"> • I • II • III 	
c		Coesione del materiale
a		Angolo di attrito del materiale
K50	>0	Coefficiente sismico per periodi di ritorno di ag di 50 anni
K475	>0	Coefficiente sismico per periodi di ritorno di ag di 475 anni

4.3.4 Liquefazione

Le carte di liquefazione del Livello II riguardano le aree che interessano lo sviluppo proposto, identificate come potenzialmente suscettibili nelle mappe di Livello I, integrando eventualmente le informazioni qui riportate tramite un rilevamento di maggior dettaglio, e dando una valutazione quantitativa del fenomeno. L'analisi deve rispondere a tre domande fondamentali:

- 1) il suolo presente è suscettibile a liquefazione?
- 2) se il suolo è suscettibile, esistono le condizioni scatenanti che potrebbero innescare la liquefazione?
- 3) se la liquefazione avvenisse, ci sarebbe un danno alle strutture?

Secondo le NTC08 la verifica alla liquefazione può essere esclusa se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica $(N_1)_{60} > 30$ o $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ e q_{c1N} sono i valori di resistenza determinati rispettivamente con lo Standard Penetration Test e il Cone Penetration Test, normalizzati ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica al di fuori delle curve indicate in Figura 4.5 a e b per coefficienti di uniformità rispettivamente maggiori o minori di 3.5.

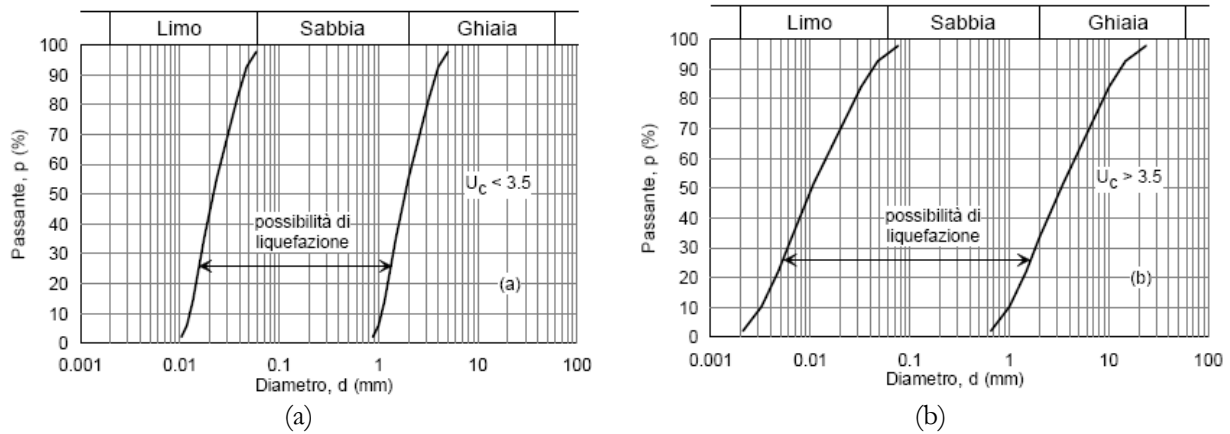


Figura 4.5. Suscettibilità alla liquefazione per depositi con coeff. di uniformità $U_c < 3.5$ (a) e $U_c > 3.5$ (b).

Le condizioni scatenanti per cui può avvenire liquefazione in presenza di depositi suscettibili sono definite nelle NTC08 come terremoti di Magnitudo ≥ 5 o accelerazioni massime attese al piano campagna in campo libero ≥ 0.1 g. Queste condizioni si assumono come sempre soddisfatte in regione Calabria vista l'elevata pericolosità sismica che caratterizza la regione stessa. La verifica delle altre condizioni che riguardano i depositi sarà quindi sempre richiesta per tutte le aree segnalate come suscettibili di liquefazione nelle carte di Livello I, ed il risultato di questa verifica preliminare verrà riportato nella carta della liquefazione. La valutazione deve essere fatta esplorando un numero di punti di misura adeguato all'importanza delle opere, all'estensione del piano territoriale considerato e considerando la variabilità spaziale delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del sito. La localizzazione ed il tipo di indagini eseguite dovranno essere riportate nella 'Carta delle indagini eseguite 1D' di Livello II.

Per i terreni per cui non è esclusa la necessità di verifica alla liquefazione la carta rappresenterà il potenziale di liquefazione ed i possibili danni attesi in termini di Indice di Liquefazione I_L e stima del cedimento permanente post-sismico dH. Le LGMS – DPC (§2.7) riportano dei metodi semplificati per il calcolo di tali quantità, basati su parametri derivanti da comuni prove geotecniche e sull'uso di abachi, tabelle e correlazioni empiriche. Si rimanda alle linee guida stesse per la descrizione completa dei metodi, dandone qui solo un breve accenno.

L'Indice di Liquefazione I_L è un indice che integra i contributi del Fattore di sicurezza per la Liquefazione F_L , calcolati nei primi 20 metri di profondità.

F_L viene calcolato ad ogni profondità z nei primi 20 metri utilizzando:

$$F_L = \frac{CRR}{CSR} MSF$$

dove:

CRR è la resistenza normalizzata rispetto alla tensione efficace verticale, e viene letta da abachi che mettono in relazione CRR con parametri desunti da prove geotecniche SPT, CPT o da misure di V_s . Nel caso si utilizzino misure di V_s o prove SPT sono fornite negli abachi tre curve, in funzione della percentuale di fini del terreno. Usando invece la resistenza alla punta normalizzata q_{cn} ottenuta con prove CPT, non è necessario conoscere il contenuto in fini e si utilizza una sola curva.

CSR è la tensione indotta dal terremoto, sempre normalizzata rispetto alla tensione efficace verticale, e si calcola utilizzando l'accelerazione di picco al piano campagna, $a_{max,s}$, del terremoto di riferimento, la tensione totale ed efficace verticale alla profondità considerata, ed un coefficiente riduttivo che dipende dalla profondità.

MSF è un fattore di scala che è funzione della magnitudo M dei terremoti attesi e può essere valutato tramite una tabella.

Per il calcolo del cedimento permanente post-sismico dH invece sarà necessario conoscere l'indice dei vuoti iniziale, l'indice di riconsolidazione post-ciclica e il rapporto di pressione interstiziale. Nel metodo semplificato proposto l'indice di riconsolidazione post-ciclica si ricava dall'indice di compressione ottenuto in prove edometriche; il rapporto di pressione interstiziale invece può essere letto in grafici o tabelle in funzione dell'ampiezza della deformazione di taglio massima. Tale deformazione dipende a sua volta da altri fattori ricavabili da relazioni semplificate o tabelle in cui è necessario conoscere l'accelerazione di picco in superficie a_{max_s} del terremoto di riferimento.

Per l'applicazione dei metodi semplificati descritti sopra sono necessari, a parte i comuni parametri geotecnici, due parametri importanti: l'accelerazione di picco a_{max_s} in superficie e la magnitudo M del terremoto di riferimento.

Per stabilire una metodologia uniforme nella scelta di a_{max_s} e del terremoto di riferimento per diverse zone della regione Calabria, si suggerisce di utilizzare gli abachi per la stima dell'amplificazione litostratigrafica, descritti al §3.1 delle presenti linee guida, per il calcolo di a_{max_s} , scegliendo come accelerazione di riferimento al bedrock il valore di 0.26 g. Per la magnitudo del terremoto di riferimento si possono utilizzare i dati di deagggregazione prodotti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia che accompagnano gli studi della pericolosità di base. La deagggregazione permette di valutare quali scenari di terremoto, in termini di coppie Magnitudo-Distanza, maggiormente contribuiscano ad un dato livello di pericolosità sismica in una certa zona. Per le carte di microzonazione della regione Calabria si utilizzeranno gli studi di deagggregazione disponibili per il livello di pericolosità più vicino a 0.26 g.

Le procedure sopra descritte sono procedure semplificate compatibili con un Livello II di analisi ed adatte ad una zonazione del territorio. Al livello delle singole opere, procedure più di dettaglio dovranno essere messe in atto, come richiesto anche dalle NTC08. In particolare il calcolo dell'accelerazione in superficie deve avvenire tramite simulazioni numeriche di risposta sismica locale, descritte nella § 5.2 delle presenti linee guida. Tali analisi devono tenere conto del comportamento del terreno una volta avvenuta la liquefazione. Infatti l'accelerazione in superficie calcolata con le simulazioni numeriche è il valore che si ha prima che si inneschi la liquefazione. Nel momento in cui avviene la liquefazione la risposta in superficie cambia, con diminuzione delle ampiezze di vibrazione ed un taglio delle frequenze più elevate. Il moto diventa caratterizzato da accelerazioni modeste e periodi lunghi, che comportano spostamenti rilevanti e quindi un potenziale di danno non necessariamente ridotto. Inoltre le procedure descritte sono valide per accelerazioni in campo libero e per terreni con pendenza moderata. Ci sono dei fattori di correzione da applicare per i pendii e per zone soggette ad uno stress preesistente (Youd & Idriss 2001).

La Tabella 4.6 riporta i campi obbligatori ed i valori ammessi per la 'Carta di microzonazione sismica - Liquefazione' di Livello II.

Tabella 4.6. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della "Carta di microzonazione sismica - Liquefazione", valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo
Verifica	Necessaria Non necessaria	Identifica i poligono dove è risultata non necessaria la verifica alla liquefazione in base ai criteri delle NTC08
IL	≥ 0	Indice di Liquefazione per il poligono considerato.
dH	≥ 0	Cedimento permanente in metri
ProffFalda	≥ 0	Profondità media stagionale della falda in metri
M	> 0	Magnitudo del terremoto di riferimento
Amax_s	> 0	Accelerazione di picco in superficie del terremoto di riferimento, calcolata tramite gli abachi per l'amplificazione litostratigrafica

4.3.5 Cedimenti differenziali e faglie capaci

La “Carta dei cedimenti differenziali e delle faglie” identifica le aree di possibile deformazione superficiale permanente dovuta a cedimenti differenziali in aree di contatto fra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse o alla presenza di faglie attive e capaci. In Italia una faglia si può considerare *attiva* se ha subito movimenti negli ultimi 40000 anni (LGMS-DPC, §3.1.4.3), e *capace* se è in grado di rompere in superficie. Per un edificio posto a cavallo di una faglia attiva e capace la dislocazione orizzontale o verticale delle fondazioni può andare da pochi centimetri a più di un metro per grandi terremoti (Mw 7). In Italia la magnitudo minima per cui si può avere rottura in superficie corrisponde a Mw 5.6 per un terremoto superficiale (ipocentro a profondità inferiori ai 5 km). Le LGMS-DPC suggeriscono di eseguire studi geologici di dettaglio per quelle zone che ricadono in aree epicentrali di terremoti con $M > 5.5$, o dove siano già state individuate faglie attive. Il grado di attività di una faglia e l'entità della possibile deformazione superficiale possono essere accertati tramite studi paleosismologici, che consistono nello scavare una o più trincee che attraversano la zona di faglia, e nello studio e datazione degli strati dislocati che si possono riconoscere nello scavo.

La Tabella 4.7 riporta i campi obbligatori ed i valori ammessi per la “Carta dei cedimenti differenziali e delle faglie”. I campi presenti nella tabella sono ‘Tipologia’ ed ‘Entità’. Il primo campo indica se la deformazione permanente è dovuta a cedimento differenziale (CD) o a faglia (F); nel secondo campo viene inserita l'entità della deformazione se conosciuta. L'entità della deformazione deve essere inserita in centimetri.

Tabella 4.7. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta del potenziale di cedimenti differenziali e deformazioni permanenti”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo
Tipologia	CD F	CD Identifica aree soggette a cedimenti differenziali per contatto tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, F identifica le faglie attive e capaci
Entità	≥ 0	Stima quantitativa del cedimento per CD o della possibile deformazione causata dalla rottura superficiale della faglia per F

4.4 CREAZIONE DEGLI SHAPEFILE PER GLI STANDARD CTMS

Come già detto in precedenza gli standard CTMS richiedono, per la carta di microzonazione sismica di Livello II, gli stessi shapefile del Livello I, con la sola modifica dell'aggiunta dei campi Fa e Fv alla tabella degli attributi dello shapefile Stab, come mostrato in Tabella 4.9.

Tabella 4.8. Modifica dello shapefile Stab per la microzonazione di Livello II.

Nome	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Valori	Alias	Tipo di dato
Stab	Polygon	ID_z		Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_z	Vedi Tab. 3.12	Tipologia zona	Short Integer
		Fa	0.5 5	Fattore di Amplificazione per periodi bassi (§ 4.3.1.2)	Prec. singola
		Fv	0.5 5	Fattore di Amplificazione per periodi lunghi (§ 4.3.1.2)	Prec. singola

Per lo shapefile Stab si estrarranno i poligoni dallo shapefile di amplificazione litostratigrafica (§ 4.3.1) insieme con i campi Fa e Fv della tabella degli attributi, e si completeranno le informazioni richieste per il campo tipo_z come per il Livello I. Le successioni litostratigrafiche rappresentative verranno aggiornate sulla base dei risultati delle indagini e delle analisi eseguite, in accordo coi risultati esposti nella carta geologico-tecnica di Livello II. Anche lo shapefile isosub dovrà essere aggiornato sulla base dei risultati ottenuti con nuove indagini ed eventualmente tramite modellazioni numeriche. Lo stesso dicasi per gli altri shapefile laddove le indagini più approfondite abbiano portato a modifiche delle informazioni ottenute dal Livello I di analisi.

5 MICROZONAZIONE SISMICA - ANALISI DI LIVELLO III

Il RR09-A4 prevede, per gli effetti di amplificazione dello scuotimento sismico, un Livello III di analisi. Per questo livello di analisi si valuterà in maniera quantitativa l'amplificazione litostratigrafica e/o topografica utilizzando dati di ingresso di migliore qualità rispetto a quelli usati nel Livello II e metodi di analisi più sofisticati. I risultati richiesti sono carte di zonazione rigorosa dove lo scuotimento sismico è rappresentato dagli spettri di risposta in accelerazione alla superficie. Il Livello III di analisi viene utilizzato o per piani di sviluppo che includono opere di particolare importanza (scuole, ospedali, e opere in generale in classe d'uso III e IV), o per situazioni locali particolari per quel che riguarda la risposta sismica. Ad esempio si utilizzerà il Livello III dove le analisi di Livello II hanno individuato la possibilità di amplificazioni legate alla presenza di bacini sepolti che potrebbero dare luogo a possibili effetti bidimensionali, o a casi di amplificazione topografica non risolvibili con l'utilizzo degli abachi semplificati. Si utilizzerà inoltre questo livello di analisi qualora 1) per gli studi di amplificazione litostratigrafica del Livello II siano disponibili solo gli abachi predisposti dal DPC e 2) le successioni litostratigrafiche caratteristiche dell'area di studio si discostino considerevolmente da quelle proposte negli abachi del DPC. In questo senso il tipo di studi esposto per il Livello III potrà essere utilizzato non solo per studi di microzonazione relativi a singoli piani territoriali ma anche per produrre abachi specifici per la valutazione dell'amplificazione litostratigrafica in relazione al contesto geologico e stratigrafico caratteristico della regione Calabria. I metodi di analisi che è possibile utilizzare per questo livello includono misure empiriche di amplificazione e simulazioni numeriche mono- bi- o tridimensionali. Qui di seguito vengono esposti alcuni metodi utilizzati nell'analisi di risposta sismica, mentre nei paragrafi successivi saranno descritti degli elaborati e il formato degli shapefile da caricare nel SI - TERC. Per un ulteriore approfondimento degli argomenti esposti si può fare riferimento alle LGMS_DPC e all'ampia letteratura disponibile.

5.1 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE CON METODI EMPIRICI

I metodi empirici per l'analisi della risposta sismica locale utilizzano registrazioni strong-motion¹ o weak-motion² per ottenere la funzione di amplificazione per un dato sito e si basano sul rapporto spettrale tra le registrazioni al sito oggetto di studio e un sito di riferimento (SSR, Spectral Standard Ratio). Il metodo si fonda sul fatto che lo spettro di un segnale sismico è definito dal contributo di tre termini distinti: la sorgente sismica, la propagazione dalla sorgente al sito e gli effetti di sito. Quando due stazioni sismiche vicine tra loro (ad una distanza $d \ll$ della distanza R dalla sorgente del terremoto) registrano uno stesso evento, la differenza fra i segnali registrati sarà dovuta solo alle diverse caratteristiche del sito su cui le stazioni sono poste. Utilizzando una stazione di riferimento localizzata su roccia è quindi possibile calcolare il rapporto spettrale tra le registrazioni ottenute nel sito in esame e quelle registrate per lo stesso evento nel sito di riferimento, ottenendo così una funzione di amplificazione empirica.

Le condizioni necessarie per poter considerare le differenze nella risposta sismica come essenzialmente dovute alle condizioni di sito sono:

- la distanza tra il sito di riferimento ed i siti esaminati deve essere piccola rispetto alla distanza stazioni-sorgente. In questo modo gli effetti della propagazione delle onde sismiche saranno simili per i siti esaminati e per la stazione di riferimento;
- l'angolo da cui la stazione di riferimento e le altre stazioni vedono la sorgente deve essere simile, in modo da poter considerare irrilevanti le differenze nella risposta sismica legate alla sorgente stessa.

¹ Strumenti che registrano scuotimenti elevati del terreno. Sono detti accelerometri (registrano l'accelerazione del terreno); sono tarati per non saturarsi con movimenti molto forti, ma sono insensibili ai piccoli movimenti.

² Strumenti che registrano scuotimenti deboli del terreno. Sono detti velocimetri (registrano la velocità del terreno) e sono tarati per essere sensibili a piccoli movimenti.

La stazione di riferimento dovrebbe idealmente essere situata su roccia non fratturata, in posizione pianeggiante per evitare effetti di amplificazione topografica. I siti per cui si vuole stimare la funzione di amplificazione devono essere posti in corrispondenza dei terreni o delle situazioni topografiche che generano amplificazione, come terreni soffici poggianti su bedrock sismico, bordi di scarpate, creste e così via. Tra le indagini preliminari utili per individuare il miglior sito di riferimento ed i siti amplificativi vi sono le misure di rumore sismico ambientale da elaborare col metodo HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio), basato sul rapporto spettrale tra le componenti orizzontali e verticali dei segnali registrati alla stessa stazione, e descritte in dettaglio nelle LGMS-DPC.

Con il metodo SSR è possibile stimare la risposta locale per condizioni di amplificazione litostratigrafica associata ad amplificazione topografica, o per situazioni di bacino sepolto e generazione di effetti di amplificazione bi- o tridimensionali. Per ottenere risultati significativi è necessario avere almeno una decina di eventi con un buon rapporto segnale-rumore.

Questo metodo permette una stima diretta dell'amplificazione ma presenta due limitazioni: la difficoltà nel trovare un buon sito di riferimento e l'utilizzo, nella maggior parte dei casi, di eventi weak motion per calcolare le funzioni di amplificazione. Le funzioni di amplificazione calcolate per bassi livelli di scuotimento infatti tendono a sovrastimare i fattori di amplificazione e a spostarli verso frequenze più elevate. Una trattazione estesa del metodo è riportata nelle LGMS-DPC al §3.1.6.3. e 3.1.6.4.

5.2 SIMULAZIONI NUMERICHE DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Le analisi numeriche di risposta sismica simulano la propagazione delle onde attraverso il substrato ed i terreni di copertura per calcolare la risposta in superficie. Esistono molti codici di calcolo e la scelta su quale utilizzare dipende sia dalle condizioni del sito da modellare (geometria degli strati, proprietà dei materiali, input sismico) che dal numero e dalla qualità dei dati di ingresso disponibili. Il moto di input nella maggior parte dei casi è costituito da un accelerogramma, ma può anche essere uno spettro di risposta di Fourier o di densità di potenza.

A seconda della geometria del sottosuolo al sito considerato si possono utilizzare nella simulazione codici monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali. I primi sono adatti a simulare una situazione caratterizzata da strati piano-paralleli poggianti su un substrato orizzontale, in cui le caratteristiche dei vari strati sono omogenee lateralmente e variano con la profondità. In questo caso si assume che le variazioni laterali di spessore e caratteristiche dei terreni sono irrilevanti e si calcola la risposta per una colonna di terreno caratteristica. I codici di calcolo bi- e tridimensionali sono invece validi anche dove c'è una geometria variabile del sottosuolo, e sono in grado di stimare la risposta sismica lungo una sezione (2D) o in un volume (3D) di terreno. È importante notare tuttavia che tali codici, in particolare i 3D, sono onerosi e complessi e normalmente si applicano in bassa frequenza, per problemi di tempi di calcolo e di dettaglio delle informazioni.

Un esempio di situazione reale in cui possono generarsi effetti bidimensionali è quello delle aree di bordo di una valle alluvionale. Tali effetti possono essere dovuti alla focalizzazione delle onde sismiche in strutture con geometria lenticolare, oppure al generarsi di onde di superficie all'interfaccia non orizzontale roccia-terreno sul bordo del bacino. Le onde di superficie si propagano orizzontalmente e sono caratterizzate da basse velocità di propagazione e periodi di vibrazione lunghi (0.5-5 s) e possono essere soggette a riflessioni multiple sui bordi della valle. Trascurarle nella modellazione può portare ad una significativa sottostima dell'amplificazione del moto, rilevante in particolare per quelle strutture con lunghi periodi di vibrazione, come ponti, dighe o strutture alte.

In valli alluvionali larghe la situazione lontano dai bordi è assimilabile a quella monodimensionale e le simulazioni numeriche 1D sono adatte al calcolo della risposta sismica. Le situazioni in cui si ritiene invece che la modellazione 1D non sia sufficiente neanche per le aree di centro valle sono quelle di valle profonda, con fattore di forma $H/L > 0.25$, dove H è lo spessore totale dei depositi ed L è la semilarghezza della valle. In questo tipo di valli l'interferenza delle onde riflesse ai bordi del bacino crea effetti complessi che non possono essere adeguatamente riprodotti dalla simulazione monodimensionale.

Oltre a questa suddivisione basata sulla geometria del sottosuolo, i codici di calcolo si distinguono in lineari equivalenti o non lineari, e codici che operano in tensioni totali o in tensioni efficaci.

Una descrizione dettagliata di diversi codici disponibili è riportata nelle LGMS-DOC al §3.1.7. Di seguito vengono descritti sinteticamente a titolo di esempio due dei codici maggiormente usati per la simulazione 1D e 2D: rispettivamente SHAKE e QUAD4M.

5.2.1 Esempio di codice 1D – SHAKE

SHAKE è un programma di calcolo monodimensionale che utilizza l'analisi lineare equivalente ed opera in tensioni totali. Per caratterizzare il modello fisico del sottosuolo è necessario conoscere il numero degli strati che lo compongono e per ogni strato: lo spessore h , la densità, il modulo di taglio G_0 (o la corrispondente misura di V_s) e il rapporto di smorzamento, dove G_0 (detto anche G_{max}) è il modulo di taglio per deformazioni γ molto basse ($\gamma = 10^{-6}$). Gli stessi parametri, a parte lo spessore, sono richiesti per il bedrock. Per tenere in conto il comportamento non lineare dei terreni, che varia al variare della deformazione, il codice utilizza curve di degradazione del modulo di taglio G/G_0 e curve del rapporto di smorzamento D in funzione della deformazione di taglio γ . Tali curve possono essere ricavate da prove di laboratorio, o alternativamente si possono utilizzare delle curve standard già presenti in SHAKE per vari materiali (argilla, sabbia, roccia, ed altri). Il moto di input è rappresentato da un accelerogramma ed i risultati possono essere forniti sotto forma di accelerogrammi, spettri di risposta e di Fourier, per qualsiasi strato ed in superficie.

5.2.2 Esempio di codice 2D – QUAD4M

QUAD4M è un codice di calcolo bidimensionale ad elementi finiti (FEM) molto diffuso, che utilizza il modello non lineare equivalente, con un metodo di calcolo simile a quello utilizzato da SHAKE. I metodi ad elementi finiti si basano sulla discretizzazione di una porzione dello spazio tramite una mesh di nodi che delimitano gli elementi. QUAD4M utilizza una maglia di elementi quadrangolari e/o triangolari, la cui dimensione deve soddisfare precise relazioni tra altezza H , larghezza L in funzione della frequenza massima f_{max} che si vuole analizzare e della minima velocità di propagazione V_{smin} presente nel modello. In particolare $H \leq V_{smin}/5f_{max}$ ed $L \leq 10 H$ (per bedrock profondo) o $L \leq 5H$ per bedrock superficiale.

Per modellare la parte di energia che si allontana indefinitamente dalla regione di interesse QUAD4M utilizza alla base del modello degli smorzatori viscosi. Ai lati del modello invece tale effetto può essere simulato solamente allontanando i confini del modello dalla regione di interesse. Questo comporta un aumento delle dimensioni del modello e del numero di elementi utilizzati e quindi dei maggiori tempi di calcolo. Per migliorare l'efficienza dei calcoli è possibile, a parità di massima frequenza analizzata, utilizzare elementi di dimensioni maggiori per le zone di bedrock, dove le V_s sono più elevate, e discretizzare con elementi più piccoli solo la porzione di spazio dove sono presenti i depositi superficiali a bassa V_s per cui si desidera modellare la risposta sismica.

I parametri richiesti per la simulazione sono la geometria (coordinate dei nodi e descrizione degli elementi finiti), e, per ogni elemento, la densità, il coefficiente di Poisson, il modulo di taglio iniziale G_0 , lo smorzamento iniziale e le curve di degradazione del modulo di taglio G/G_0 e dello smorzamento D in funzione della deformazione di taglio γ che descrivono il comportamento non lineare dei materiali. Come per SHAKE, le curve possono essere determinate da prove di laboratorio, o si possono utilizzare le curve di letteratura. Per il bedrock vengono richieste sia la V_s che la velocità delle onde di compressione V_p .

Il moto di input, come per SHAKE, è rappresentato da un accelerogramma, e viene applicato a tutti i nodi della base sotto forma di onde trasversali SV e/o onde di compressione P, con direzione di propagazione verticale. In uscita si ottengono gli accelerogrammi per qualsiasi punto della mesh indicato dall'utente, sia all'interno degli strati che in superficie.

5.2.3 Caratterizzazione dei terreni per le simulazioni numeriche

La caratterizzazione dinamica dei terreni è un fattore molto importante nell'analisi della risposta sismica locale, in particolare per quel che riguarda le misure di V_s , da cui si ricava la rigidità iniziale dei materiali G_0 (detta anche G_{max}). La stima delle V_s andrà quindi eseguita tramite misure dirette in sito o in laboratorio. Le tecniche maggiormente usate sono la sismica a rifrazione con onde SH^3 e le indagini Down-Hole, Cross-Hole e SASW.

Le curve $G/G_0 - \gamma$ e $D - \gamma$ possono essere ricavate da diverse indagini di laboratorio quali le prove di Taglio Torsionale Ciclico (TTC), di Colonna Risonante (CR) e triassiali cicliche (TXC). Le prove TXC sono adatte anche per ottenere i parametri utilizzabili nelle simulazioni con metodi non-lineari, piuttosto che lineari equivalenti, in quanto dalle prove cicliche è possibile ricavare le curve sforzo-deformazione di scarico e ricarico ed osservare eventuali fenomeni di degradazione ciclica.

Le indagini sismiche e le prove di laboratorio utili per la caratterizzazione dei terreni sono descritte per esteso al §3.4.3 e §3.4.4 delle LGMS-DPC.

5.2.4 Moto di input per le simulazioni numeriche

Il moto di input per le simulazioni numeriche di risposta sismica locale è generalmente rappresentato da accelerogrammi in superficie, riferiti a condizioni di suolo rigido orizzontale, liberi da effetti di amplificazione litostratigrafica o topografica. L'ampiezza ed il contenuto in frequenza di tali accelerogrammi dipende dalle caratteristiche della sorgente sismica (dimensioni della faglia, meccanismo di rottura), dalla magnitudo, e dalle caratteristiche fisico-meccaniche del percorso sorgente-sito.

Le LGMS-DPC suggeriscono che per caratterizzare lo scuotimento ai fini di uno studio di microzonazione sismica due approcci si prestano meglio per il calcolo del moto: il calcolo con analisi di pericolosità di base e lo studio di accelerogrammi reali registrati.

Nel primo approccio si generano degli accelerogrammi sintetici attraverso una simulazione artificiale non stazionaria (tipo Sabetta e Pugliese, 1996) per determinati scenari di Magnitudo – distanza (M-R), compatibili con la a_g ottenuta dall'analisi probabilistica per un certo periodo di ritorno. Gli spettri ottenuti dagli accelerogrammi sintetici a loro volta devono essere compatibili con lo spettro a pericolosità uniforme dell'analisi probabilistica per il periodo di ritorno considerato. Questo approccio ha il vantaggio di associare le azioni attese ad un sito con una stima probabilistica. In Italia gli spettri a pericolosità uniforme su suolo rigido sono quelli ricavabili dalle NTC08 per suolo rigido e sono facilmente ricavabili su tutto il territorio nazionale. Le coppie M-R possono essere definite utilizzando le analisi di disaggregazione pubblicate dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>), che permettono di individuare per diversi livelli dell'accelerazione di picco e diversi periodi di ritorno dello scuotimento, gli scenari M-R che maggiormente contribuiscono alla pericolosità.

Il secondo approccio utilizza un minimo di 4 accelerogrammi registrati (NEHRP, 2003) con cui si eseguono le simulazioni, mediando poi i risultati finali. Gli accelerogrammi devono essere scelti fra registrazioni su roccia o su terreno rigido in base agli scenari M-R che maggiormente contribuiscono alla pericolosità e ai tipi di sorgente che interessano il sito prescelto (faglie normali, inverse, trascorrenti).

In queste linee guida si propone un terzo approccio, cioè la selezione di 7 accelerogrammi reali, spettro-compatibili con lo spettro a pericolosità uniforme della pericolosità di base adottata dalle NTC08. Le registrazioni devono essere selezionate fra quelle disponibili per roccia o suolo rigido, e possibilmente in un intervallo di M-R compatibile con i risultati della disaggregazione sismica per il periodo di ritorno dello

³ Onde di taglio polarizzate orizzontalmente

scuotimento che si sta analizzando. Il consorzio RELUIS (<http://www.reluis.it/>) ha recentemente sviluppato un programma, liberamente scaricabile dal sito, che permette la selezione di 7 accelerogrammi spettro-compatibili con gli spettri delle NTC08 per qualsiasi località italiana, scelti fra quelli dell'European Strong Motion Database e dell'Italian Accelerometric Archive. Tale metodo unisce i vantaggi di una stima probabilistica dello scuotimento atteso e dell'utilizzo di accelerogrammi reali con caratteristiche compatibili con quelli dei terremoti che maggiormente contribuiscono alla pericolosità sismica del sito analizzato.

5.3 CARTA DELLE INDAGINI

Le carte delle indagini eseguite riporteranno la localizzazione ed il tipo delle analisi eseguite per la realizzazione delle carte di amplificazione sismica del Livello III. Il formato della carta delle indagini è lo stesso del Livello I (§ 3.1). Essa sarà quindi costituita dai due shapefile Ind_pu e Ind_ln, che mostreranno la localizzazione delle analisi puntuali e lineari rispettivamente, e dal loro associato database delle indagini. I file devono contenere solo le indagini eseguite per gli studi di microzonazione di Livello III.

5.4 CARTA DI AMPLIFICAZIONE SISMICA CON APPROFONDIMENTI

I risultati delle analisi di risposta sismica locale eseguite per il Livello III saranno riportate nella “Carta di amplificazione sismica con approfondimenti”. Tale carta sarà costituita da un file di punti che rappresentano la localizzazione dei siti per cui sono state eseguite le analisi. Il formato dello shapefile ed i campi obbligatori che devono essere presenti nella tabella degli attributi è mostrato in Tabella 5.1

Tabella 5.1. Carte del Livello III – Formato dello shapefile della carta di amplificazione sismica con approfondimenti.

Nome Carta	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Alias	Tipo di dato
Carta di amplificazione sismica con approfondimenti	Point	Id		Intero Lungo
		T_s	Periodo	Prec. doppia
		SA_g	Accelerazione spettrale	Prec. doppia
		TR	Periodo di ritorno	Intero Lungo
		Nome		Testo

La tabella degli attributi conterrà i campi ID, T, SA, TR, Nome. Il campo ID conterrà l'ID del punto considerato, il campo T riporta i periodi dello spettro per cui si inseriscono le ordinate spettrali, il campo SA riporta le ordinate spettrali in g, il campo TR riporta il periodo di ritorno dello scuotimento della pericolosità di base utilizzato nell'analisi e il campo Nome può essere usato per inserire il nome del sito analizzato. Per ogni punto ci saranno tante righe nella tabella quanti sono i periodi T usati per costruire lo spettro di risposta. Un esempio della struttura del file è riportato in Tabella 5.2, dove sono mostrati anche i periodi da utilizzare per costruire lo spettro. Detti periodi sono 0, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.75, 1, 1.5, 2, 3, 4, 5, 10. Lo spettro di risposta deve essere rappresentato almeno fino ad un periodo di 2 secondi ed il periodo di ritorno minimo considerato per lo scuotimento è TR 30. La Tabella 5.3 riassume i campi obbligatori ed i valori ammessi.

Tabella 5.2. Struttura del file per la “Carta di amplificazione sismica con approfondimenti”.

Id	T_s	TR	SA_g	Nome
1	0	475	0.4	Catanzaro
1	0.05	475	0.428	Catanzaro
1	0.1	475	0.664	Catanzaro
1	0.2	475	0.651	Catanzaro
1	0.3	475	0.514	Catanzaro

1	0.4	475	0.4	Catanzaro
1	0.5	475	0.332	Catanzaro
1	0.75	475	0.2	Catanzaro
1	1	475	0.15	Catanzaro
1	1.5	475	0.09	Catanzaro
1	2	475	0.06	Catanzaro

Tabella 5.3. Campi obbligatori nella tabella degli attributi della “Carta di amplificazione sismica con approfondimenti”, valori da inserire e loro descrizione.

Nome Campo	Valori	Descrizione
Id		Identificativo del punto.
T_s	0 0.05 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.75 1 1.5 2	Periodi da utilizzare nello spettro di risposta
SA_g	>0.001	Accelerazioni spettrali.
TR	> =30	Periodo di ritorno dello scuotimento. Il minimo TR da utilizzare è 30 anni.
Nome	-	Nome della località considerata.

5.5 CREAZIONE DEGLI SHAPEFILE PER GLI STANDARD CTMS

Gli standard CTMS richiedono, per la carta di microzonazione sismica di Livello III, uno shapefile Stab nello stesso formato definito per il Livello II, quindi con i fattori di amplificazione Fa e Fv definiti per ogni poligono delimitante la zona soggetta ad amplificazione (Tabella 5.4). Per produrre questo shapefile bisognerà ricavare i fattori Fa e Fv dagli spettri ottenuti nelle analisi di risposta sismica e salvati nella carta di amplificazione sismica con approfondimenti. La metodologia per estrarre Fa e Fv sia per spettri di input a probabilità uniforme che per un input definito da accelerogrammi è descritta al §2.5.3.3.2 e § 2.5.3.3. delle LGMS_DPC.

Tabella 5.4. Shapefile Stab per la microzonazione di Livello III.

Nome	Tipo di elemento	Campi obbligatori	Valori	Alias	Tipo di dato
Stab	Polygon	ID_z		Identificativo	Intero Lungo
		Tipo_z	Vedi Tab. 3.12	Tipologia zona	Short Integer
		Fa	0.5 5	Fattore di Amplificazione per periodi bassi (§ 4.3.1.2)	Prec. singola
		Fv	0.5 5	Fattore di Amplificazione per periodi lunghi (§ 4.3.1.2)	Prec. singola

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B. (2002), “*Internet-Site for European Strong-Motion Data*”, European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme.

Bard, P.Y., and Bouchon, M. (1985) “*The two dimensional resonance of sediment-filled valleys*”, Bulletin of the Seismological Society of America, 75(2), 519-541.

Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (2010). *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica . V. 1.4*, OPCM 3907.

Hudson, M., Idriss, I.M. e Beikae, M. (1994) “*QUAD4M: a computer program to evaluate the seismic response of soil structures using finite element procedures and incorporating a compliant base*”, Dep.of Civil and Env. Eng., University of California, Davis.

Idriss, J. and Sun, J.I. (1992), “*SHAKE91 – a computer program for conducting equivalent linear seismic response analysis of horizontally layered soils deposits*”. University of California, Davis

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.

Keefer, D. K. (1984), “*Landslides caused by earthquakes*”, Geological Society of America Bulletin, 95(4), 406-421.

Kramer, S.L. (1996), “*Geotechnical Earthquake Engineering*”, Prentice-Hall, New Jersey.

Manual for Zonation on Seismic Geotechnical Hazards (1999), Technical Committee for Earthquake Geotechnical Engineering, TC4, ISSMGE.

NEHRP, National Earthquake Hazard Reduction Programme (2003), The 2003 NEHRP Recommended Provisions for New Buildings And Others Structures.

Sabetta, F., e Pugliese, A. (1996), “*Estimation of response spectra and simulation of non stationary earthquake ground motion*”, Bulletin of the Seismological Society of America 86, 337-352.

Schnabel, P.B., Lysmer, J., Seed, H.B. (1972), “*SHAKE: A Computer Program for Earthquake Response Analysis of Horizontally Layered Sites*”, EERC Report, UCB/EERC-72/12.

Youd, T. L., and Idriss, I.M. (2001), “*Liquefaction resistance of soils*”, Summary report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF “Workshops on Evaluation of liquefaction resistance of Soils”. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 127(4), 297-313.

Wilson, R. C., and Keefer, D. K. (1985), “*Predicting the areal limits of earthquake – induced landsliding*”. In: J. I. Ziony (Editor), Evaluating Earthquake Hazards in the Los Angeles region – An Earth Science Perspective, U. S. Geological Survey Professional Paper 1360, 316–345.

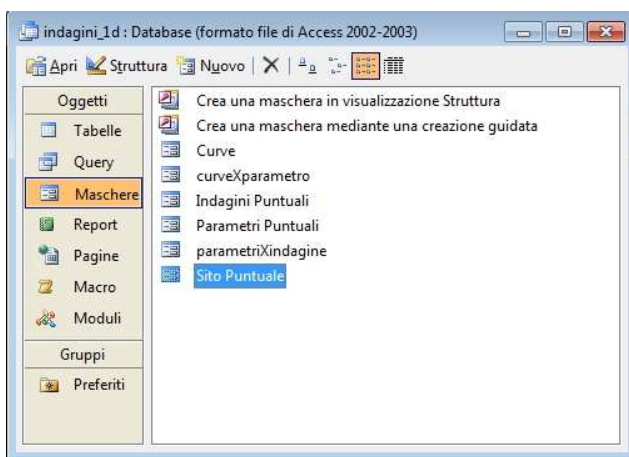
Working Group ITACA (2009) – “*Data Base of the Italian strong motion records*”- <http://itaca.mi.ingv.it>

APPENDICE 1 – GUIDA AL DATABASE DELLE INDAGINI

I database *indagini_puntuali.mdb* e *indagini_lineari.mdb* sono strutturati secondo gli standard CTMS e contengono una serie di maschere che facilitano l’inserimento dei dati nel formato richiesto. Poiché i due database sono organizzati nello stesso modo le istruzioni che vengono date di seguito per il database *indagini_puntuali* sono valide per entrambe i database.

Le tabelle da riempire sono nell’ordine *sito_puntuale*, *indagini_puntuali* e *parametri_puntuali*. La tabella *curve* può venire utilizzata quando il parametro di un indagine sia rappresentato da una curva, ad esempio le curve sforzo-deformazione.

All’apertura del database attivare l’oggetto ‘Maschere’ se non è attivato ed aprire la maschera ‘Sito Puntuale’.



Inserire un nuovo record per ogni sito. Se più indagini sono state eseguite sulla stessa verticale inserire un solo record per il sito puntuale. Per le indagini lineari la tabella è la stessa, ma non vengono richieste le coordinate e la quota del sito.

Sito Puntuale

Definizione del punto di misura

Identificazione

ID: 6
ID_SPU: 078012P6

Nome: sito 2
Regione: Calabria
Provincia: Cosenza
Comune: Aprigliano
Indirizzo:

Ubicazione

Longitudine: 4630000 [m]
Latitudine: 0 [m]

Note:

Data:

Con sito puntuale si intende il punto sulla superficie topografica in corrispondenza del quale o a partire dal quale viene eseguita una determinata indagine, ovvero la proiezione verticale sulla superficie topografica di un punto di indagine posto in profondità. Più indagini, anche eseguite in tempi diversi, possono essere collegate ad un unico sito puntuale purché siano state effettuate lungo la medesima verticale.

Record: 2 di 2

ID_SPU viene automaticamente aggiornato

All'inserimento le coordinate e la quota del sito vengono controllati.

Inserire un nuovo record per il sito successivo. Attenzione a non sovrascrivere i record già inseriti

Una volta inseriti i siti delle indagini aprire la maschera Indagini Puntuali. Selezionare il sito, poi la classe di indagine fra quelle a disposizione dal menu a tendina, quindi il tipo di indagine, sempre tramite il menu a tendina. Il campo id_ind_pu verrà automaticamente aggiornato in base alle selezioni.

Inserire quindi la profondità dal piano campagna del top e del bottom dell'indagine (richieste solo per le indagini_puntuali). Lo spessore e la quota sul livello del mare di top e bottom verranno automaticamente aggiornati.

Se un'ulteriore indagine è stata eseguita nello stesso sito aggiungere un nuovo record e inserire i dati richiesti.

Indagini puntuali

Definizione dell'indagine

Identificativo

Nome punto indagine: Sito 1
Classe indagine: Geologia
Tipo indagine: Sondaggio con prelievo di campioni

pk_indpu: 1
id_indpu: 078012P1SC1

Quota

Profondità Top: 0 [m]
Profondità Bot: 50 [m]
Spessore: 50 [m]
Quota slm Top: 456 [m]
Quota slm Bot: 406 [m]

Tracciabilità

Identificativo precedente: S5
Nome precedente archivio: AIM_Sondaggi_Geotecnici
Note: dati test microzonazione L'Aquila - macroarea 9

Varie

Data indagine: 14/07/2009
Pagina dell'indagine: 22

Vengono descritte le tipologie di indagini eseguite in uno specifico sito puntuale. Oltre alla tipologia e agli elementi che concorrono a definire la quota a cui è stata eseguita l'indagine vengono archiviate le informazioni necessarie alla sua tracciabilità, anche attraverso il collegamento esterno alla documentazione originaria.

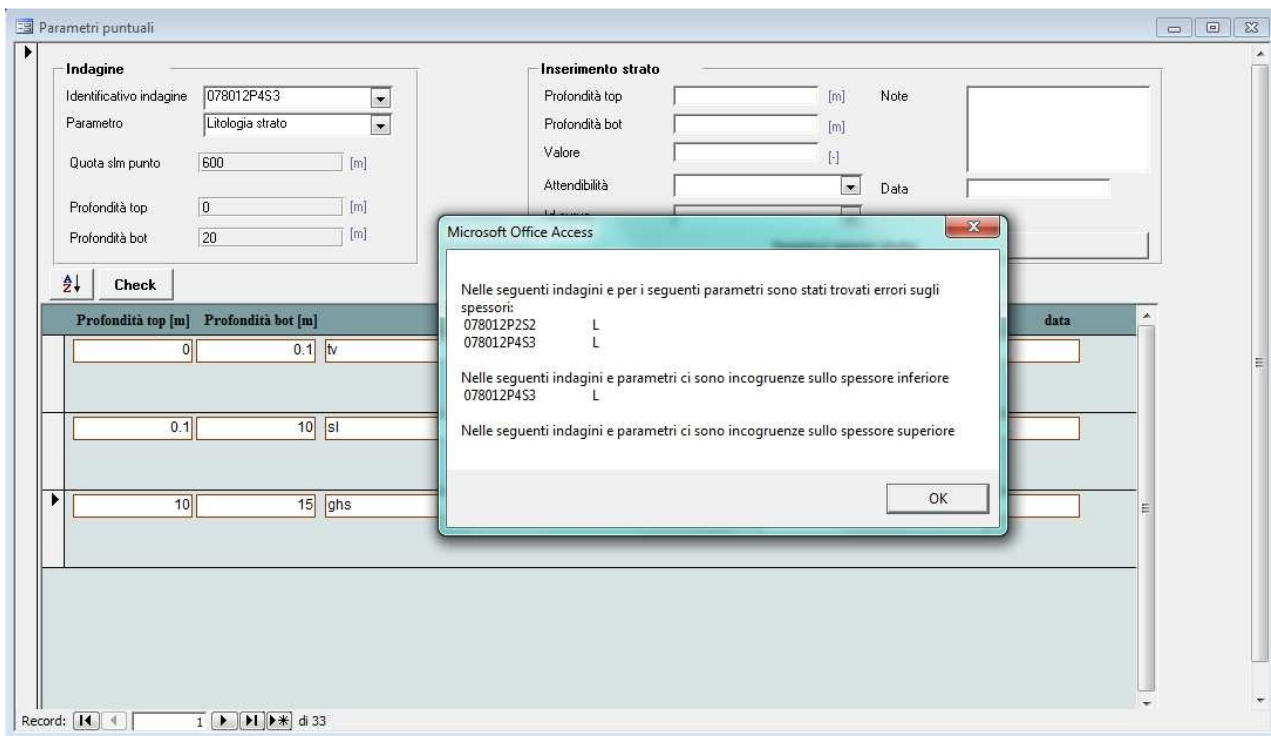
Record: 1 di 1

Una volta inserite le indagini, passare alla maschera Parametri Puntuali.

Nel box 'Indagine' selezionare dal menu a tendina l'indagine di interesse, quindi dal menu a tendina sottostante selezionare il tipo di parametro da inserire.

Passare al box 'Inserimento strato' ed inserire la profondità dal piano campagna del top e bottom di ogni strato, il valore del parametro scelto e se necessario l'attendibilità della misura, quindi cliccare 'Inserisci nuovo strato'. Alla fine dell'inserimento degli strati lo spessore totale investigato deve essere coerente con lo spessore totale dell'indagine. Il box 'Indagine' a sinistra riporta la profondità del top e bottom dell'indagine che permette di controllare la correttezza delle profondità degli strati durante l'inserimento. Se viene commesso qualche errore nell'inserimento dei parametri di uno strato, è possibile correggerlo direttamente nelle text box del riquadro in basso che mostra la lista degli strati inseriti coi loro parametri. Per le indagini lineari questa finestra è leggermente diversa, in quanto non si ha lo spessore totale dell'indagine, e per ogni strato viene richiesta la quota del top dell'indagine e la profondità di top e bottom dello strato dal piano campagna.

Una volta inseriti tutti i parametri di un'indagine è possibile premere il bottone 'Check' per controllare la correttezza dei dati inseriti. L'applicazione segnala le indagini per cui sono stati riscontrati degli errori e il parametro interessato. Nella figura sottostante ad esempio, sono state trovate due indagini con errori negli spessori del parametro L (Litologia). Per una delle due indagini c'è un errore nello spessore inferiore. In fatti come si nota in figura, l'ultima litologia inserita è a 15 metri di profondità e non sono stati inseriti dati da 15 a 20 metri. Il programma segnala quindi un'incorreggenza fra lo spessore totale dell'indagine (20 metri) e quello degli strati inseriti. Sempre nell'esempio, non sono segnalati invece incorreggenze sullo spessore superiore.



Per l'inserimento di parametri che danno origine a curve, quali ad esempio le curve di riduzione del modulo di taglio, bisogna inserire nella tabella parametri i valori top e bottom dello strato, inserire un testo nel campo valore (che non può essere nullo) e inserire lo strato.

Per inserire i valori della curva bisogna poi aprire la maschera Curve. Nel box Ricerca Parametro si seleziona il sito, l'indagine e il parametro per cui inserire la curva. Si passa poi al box Inserimento valore curva. Per ogni punto della curva si inseriscono i valori dell'ascissa e delle ordinate. È possibile controllare la curva ottenuta su

grafico che viene creato all'inserimento dei punti, e correggere eventuali errori nella maschera Foglio dati. Sia il grafico che il foglio dati si aprono automaticamente quando si inserisce il primo punto della curva.

The screenshot displays a software interface for managing curve data. The main window, titled "Curve: Maschera", is divided into several sections:

- Ricerca parametro:** Search fields for "Id sito" (Sito 1), "Id indagine" (078012P1CR3), and "Id parametro" (078012P1CR3RT9). Below these are fields for "Nome parametro" (RT), "Profondità iniziale" (10), "Profondità finale" (10.6), "Spessore" (0.6), and "Valore parametro" (-).
- Inserimento valore curva:** Input fields for "Id parametro" (9), "Condizione al contorno", "Valore ascissa" (0.0536), and "Valore ordinata" (62.32). A button "Inserisci punto della curva" is located below.
- Data Table:** A table with columns "pkey_papu" and "Condizione al contorno". The "pkey_papu" column contains the value "9" repeated 11 times.
- Curva:** A graph showing a curve with data points. The y-axis ranges from 60 to 85, and the x-axis has labels 0.0001, 0.0007, 0.0025, 0.01, and 0.0325.
- Curve: Maschera - Foglio dati:** A smaller window showing a data table with columns x and y. The data points are: (0.0187, 75.32) for x=8, (0.0325, 69.13) for x=9, and empty cells for x=10 and x=11.