



COMUNE DI LOCRI
PROVINCIA DI REGGIO CALABRIA
AREA URBANISTICA - GESTIONE DEL TERRITORIO
SPORTELLO UNICO



**PIANO
DI
SPIAGGIA**

MICROZONAZIONE SISMICA

(Legge Urbanistica Regione Calabria n. 19/2002 e s.m.i. - L.R. n. 35 del 19 ottobre 2009 e s.m.i.)

RELAZIONE SULLA MICROZONAZIONE SISMICA

Elaborato:

MS 01

Scala:

Data:

Ottobre 2013

Professionista Incaricato:

Dott. Geol.
Angelo Alberto STAMILE

Dott. Geol.
Nicola GALLO

SPAZIO RISERVATO PER LE APPROVAZIONI

INDICE

PREMESSA	2
1. INTRODUZIONE	3
2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, SISMOTETTONICHE E SISMICITA' STORICA	10
2.1. Caratteristiche geologico-strutturali.	10
2.2. Caratteristiche sismotettoniche.	17
2.3. Sismicità storica.	19
3. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (NTC2008) AI FINI PIANIFICATORI E RELATIVA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA	22
4. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO AI FINI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA	29
5. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	32
5.1. Caratterizzazione delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale	32
5.26. Caratterizzazione delle zone suscettibili d'instabilità per effetti coosismici	39
5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE	45
APPENDICE – VERIFICA LIQUEFAZIONE SISMICA DEI TERRENI	

PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Locri ha conferito ai sottoscritti Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE e Dott. Geol. Nicola Gallo, l'incarico di condurre lo studio di *Microzonazione sismica ai fini dell'adeguamento del Piano Spiaggia* del Comune di Locri. Il presente studio ha la finalità di studiare la pericolosità sismica di base dell'area e la sua modificazione locale per effetti di sito. Lo studio è redatto secondo le direttive della vigente normativa nazionale e regionale emanate nel: **D. M. del 14-01-2008** "Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2008); **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del C. S. LL. PP.** – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"; **Legge urbanistica della Regione Calabria n. 19/2002 e s.m.i., Legge Regionale n. 35 del 19/10/2009 e s.m.i.** - Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica; secondo le linee guida della Protezione Civile Nazionale emanate negli **Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS)** e con lo "Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati" per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM n. 3907 del 13/11/2010). Lo studio si articola nelle seguenti fasi:

- Descrizione della geologia generale dell'area e ricostruzione di un modello geologico-tecnico ai fini della microzonazione sismica (tavola **MS02 - Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica con Ubicazione Indagini**) con le sue caratteristiche geotecniche ed elasto dinamiche. Tale scopo è stato raggiunto mediante il reperimento e la realizzazione ad hoc di indagini geognostiche e geofisiche (elaborato **MS04 - Relazione sulle Indagini**).
- Descrizione della sismicità storica dell'area.e Studio della pericolosità sismica di base del sito d'intervento compreso tra le coordinate espresse in ED50: lat. 38,2055°N, lon. 16,2374°E; lat. 38,2520°N, lon. 16,2815°E.
- Classificazione del territorio di studio in microzone omogenee in prospettiva sismica attraverso la valutazione: della risposta sismica locale secondo quanto dettato dalle NTC2008 e delle zone sismicamente instabili quali: liquefazione, addensamento, faglie attive, zone a cavallo di litotipi a diverso comportamento geotecnica e sismico (tavola **MS03 - Carta delle Microzone Omogene in Prospettiva Sismica**).

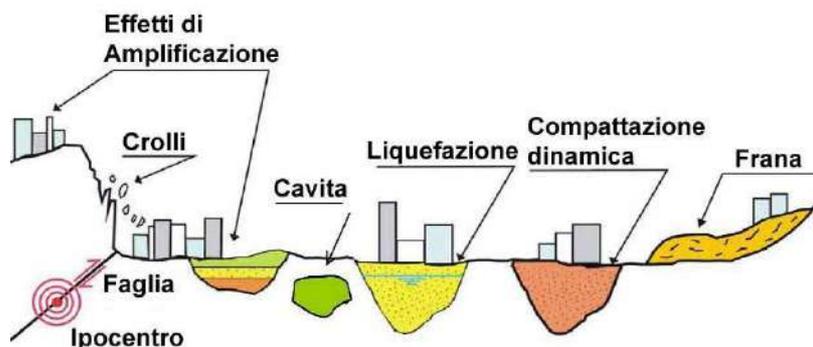
1. INTRODUZIONE

Lo studio qualitativo e l'osservazione degli effetti del danneggiamento sismico ha origine molto antiche e tradizioni più o meno consolidate. Solo nella seconda metà del secolo scorso, tra gli anni 1950 e 1970, in seguito a terremoti disastrosi (Niigata, Giappone, ed Anchorage, Alaska; 1964) il problema della riduzione del rischio sismico è affrontato in maniera più sistematica e razionale, nel tentativo di definire modelli di comportamento e parametri in grado di quantificare il danno atteso in un determinato sito relativamente ad un determinato evento. È in questi anni che prende avvio la prima fase dell'Ingegneria Geotecnica Sismica, ma i metodi ingegneristici e le normative per la progettazione antisismica sono tuttavia ancora finalizzati alla caratterizzazione del moto sismico atteso e alla protezione delle nuove costruzioni e non tengono ancora in conto le interazioni tra onde sismiche e terreni superficiali. A partire dagli anni '70, conseguentemente anche ad una maggiore maturità e consapevolezza politica e sociale del problema "terremoto", e quindi a maggiori investimenti, si assiste ad una vera e propria svolta nel campo della difesa dai terremoti con una trasformazione tecnico-scientifica nei metodi e nei contenuti. Tra i punti più importanti introdotti, nella valutazione delle azioni sismiche che possono essere trasmesse alle costruzioni ed alle infrastrutture, vi è il concetto di fattore di sito inteso come *"area d'interesse ai fini ingegneristici e con dimensioni areali variabili da quelle di un manufatto a quelle di un centro abitato"*. Come abbiamo detto l'osservazione dei danni causati da terremoti distruttivi avvenuti in passato in diverse parti del mondo ha chiaramente indicato che una corretta progettazione strutturale antisismica non è da sola sufficiente a garantire condizioni di sicurezza e che anche strutture adeguatamente dimensionate per resistere a terremoti forti possono venire distrutte o danneggiate per problemi legati al sito e ai terreni di fondazione. Questo si spiega con il fatto che durante un terremoto gli ammassi rocciosi e i terreni presenti in un dato territorio rispondono in maniera differente ed i rilievi dei danni prodotti dall'azione sismica mostrano sempre irregolarità e variazioni areali. Tali variazioni, soprattutto laddove le tipologie edilizie presentano caratteristiche simili, sono chiaramente riconducibili alle caratteristiche geomorfologiche e geotecniche del sito ed alle interazioni tra azione sismica e terreni, che possono dare luogo a fenomeni, quali: focalizzazione delle onde sismiche, effetti di risonanza, ecc. E' ormai ampiamente dimostrato che il sito può attenuare o amplificare anche di dieci volte alcune componenti del moto sismico che lo attraversa, oppure può collassare coinvolgendo le eventuali sovrastanti costruzioni. Inoltre, poi, ogni sito risponde in

modo diverso a terremoti diversi. Oggi è perciò scientificamente riconosciuto che il comportamento di una costruzione durante un terremoto dipende dai seguenti fattori:

- Forzante sismica (terremoto), cioè caratteristiche energetiche dell'azione sismica, intesa come la somma delle azioni combinate dei meccanismi di sorgente e della propagazione dell'energia attraverso le onde sismiche dalla sorgente al sito;
- Dalle modifiche spettrali della forzante sismica in funzione della risposta del terreno (sito), che è funzione della stratigrafia della geometria spaziale e dalle caratteristiche dinamiche dei terreni superficiali costituenti il sito;
- Dalle caratteristiche strutturali del manufatto (costruzione), cioè tipo di materiale, geometria, altezza.

Gli effetti indotti da un determinato terremoto sui terreni di un determinato sito sono di natura molto varia ma possono essere ricondotti in due grandi categorie: effetti d'instabilità che determinano terreni instabili ed effetti d'amplificazione che non determinano modificazioni permanenti nel suolo (terreni stabili)



Alla prima categoria appartengono quei terreni nei quali, durante un determinato evento sismico, si possono avere fenomeni d'instabilità, locali o generalizzati, come: elevate deformazioni permanenti e cedimenti (causati ad esempio dalla presenza di cavità, da fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi saturi, da cedimenti per densificazione di terreni granulari sopra falda, dalla dislocazioni di faglie attive, ecc.); o associati a grandi movimenti di massa (movimenti franosi, lateral spread, crolli di roccia, ecc.). Tali fenomeni causano immancabilmente il collasso delle sovrastanti strutture, anche se dimensionate con criteri antisismici.

Alla categoria dei terreni stabili appartengono invece quei terreni nei quali, durante il terremoto, gli sforzi indotti dall'azione sismica risultano inferiori alla loro resistenza al taglio. In tal caso, come conseguenza delle caratteristiche geomorfologiche e geotecniche del deposito o dell'ammasso roccioso, si ha una modificazione del moto sismico in arrivo al sito, di cui vengono esaltate alcune componenti e attenuate altre, ed i cui effetti globali sono una maggiorazione o riduzione delle azioni sismiche, che possono essere trasmesse alle sovrastanti strutture, rispetto a quelle che si avrebbero se alla superficie del deposito affiorasse la roccia o un terreno molto duro pianeggiante. In ogni caso pur avendosi, dei fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche o di risonanza, la risposta del terreno all'azione sismica è da considerarsi di tipo stabile.

Appare evidente che, per valutare in maniera realistica le azioni sismiche sulle infrastrutture, non basta definire il terremoto di riferimento (pericolosità sismica di base) atteso su terreno rigido al bedrock o su roccia affiorante (outcropping), ma è necessario conoscere le modificazioni che subiscono le onde sismiche nel tratto finale del loro percorso dalla sorgente alla superficie (effetto di sito). Nella terminologia sismica gli effetti dei terremoti dovuti alle condizioni geomorfologiche e geotecniche del sito, ivi inclusi anche gli effetti d'instabilità, sono indicati, genericamente, con il termine *effetti locali*. Nei terreni stabili, le modificazioni del moto sismico dovute alle mutue interazioni tra onde sismiche e proprietà geotecniche dei materiali attraversati, vengono, genericamente, indicate con il termine *effetti di sito*. Tali modifiche riguardano tutte le componenti del moto e cioè ampiezza, contenuto in frequenza, durata, direzione di propagazione, ecc. La quantificazione degli effetti locali e degli effetti di sito costituisce un'operazione molto complessa sotto il profilo scientifico, ma, ai fini della riduzione del rischio sismico, è un passo obbligato. L'insieme degli studi che permettono di valutare le risposte dei differenti terreni presenti in una data area e di suddividerla in zone omogenee dal punto di vista del rischio sismico, costituisce un'operazione che, nel linguaggio sismico, è definita col termine *microzonazione sismica*.

Nel tentativo di razionalizzare il problema, con riferimento al fatto che il comportamento delle strutture dipende da più fattori (terremoto, sito, costruzione) e che quando si passa dalla scala del manufatto a quella di un'area più vasta (ad esempio un centro abitato) se ne aggiungono degli altri (ad esempio socio-economici e culturali), per definire il rischio sismico (R) è stata introdotta la seguente formulazione $R = H * V * E$, dove H è la pericolosità sismica (in inglese *hazard*), V è la vulnerabilità del sistema strutturale, E è il grado di esposizione della popolazione nel territorio interessato. La pericolosità è definita come la probabilità di

occorrenza, in un dato intervallo di tempo, di un terremoto di prefissate caratteristiche. Essa è funzione della sismicità regionale, delle condizioni del sito e può essere determinata, a partire da un moto sismico di riferimento su terreno rigido, tenendo conto di eventuali effetti locali dovuti a fenomeni di natura geotecnica. La vulnerabilità è definita come il livello di danno atteso in un sito a seguito da un evento sismico di assegnata intensità. L'esposizione è un parametro che dipende dal contesto ambientale, fisico, economico, sociale, storico e culturale al quale appartiene l'opera o l'insediamento e il cui valore può essere definito sulla base di criteri empirici con riferimento alle diverse realtà rilevabili a scala nazionale. In definitiva, il rischio sismico rappresenta la probabilità che a causa delle azioni sismiche un dato sistema funzionale, in un assegnato periodo temporale, subisca danni da cui derivano perdite per la collettività in termini di vite umane, salute, beni economici, valori culturali. Le perdite indirette, in particolare quelle economiche per l'arresto temporaneo delle attività produttive, giocano un ruolo sempre più importante nella società moderna, per cui il loro contributo al rischio deve essere opportunamente quantificato.

La valutazione del rischio sismico, in uno studio di microzonazione sismica, è effettuata con riferimento a due aspetti fondamentali: quello strutturale, ampiamente studiato e affrontato nell'ambito dell'Ingegneria Sismica, e quello relativo al sito, con riferimento ai fenomeni geotecnici connessi al moto sismico, quali l'amplificazione, l'instabilità dei pendii, la liquefazione, ecc. Quindi la microzonazione sismica consiste nell'analisi e nella rappresentazione della distribuzione spaziale della pericolosità sismica in un assegnato territorio e della sua vulnerabilità sismica, prescindendo quindi dalla vulnerabilità dell'ambiente costruito. Di conseguenza uno studio di microzonazione comprende la valutazione:

- Della risposta sismica locale, vale a dire del moto sismico, così come viene avvertito in superficie, una volta trasformato a causa dei caratteri locali del sito;
- Della vulnerabilità dell'ambiente fisico, vale a dire di quel complesso di fenomeni che rendono vulnerabile al terremoto lo stesso ambiente fisico;
- Della vulnerabilità del territorio, quindi della suscettibilità al danno di quelle infrastrutture e di quei servizi che trasformano un sistema di manufatti e di attività in un sistema sociale urbanizzato complesso.

La combinazione di tali studi con l'analisi di vulnerabilità dell'ambiente costruito e con valutazioni del valore esposto a rischio consente di delineare scenari utili per la pianificazione territoriale, la prevenzione, la gestione dell'emergenza e la programmazione del recupero e della ricostruzione di eventuali aree colpite.

Uno studio di microzonazione sismica può essere condotto con approcci più o meno sofisticati, ma comunque sempre adeguati al livello di approfondimento delle conoscenze del territorio di studio. In particolare, gli studi constano di tre livelli d'approfondimento delle analisi (ICMZS – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica). Il passaggio da un livello di analisi ad uno superiore avviene man mano che si manifesta la necessità di approfondimenti. In tale ottica un'analisi preliminare può, ed è opportuno che sia condotta con metodi di I livello. Se i risultati dovessero evidenziare un'elevata pericolosità o un'elevata vulnerabilità sismica sarà opportuno suggerire ulteriori approfondimenti e, quindi, l'impiego di metodi di livello superiore, specie se l'esposizione dell'area in esame è elevata. In altri termini i metodi di I livello servono a valutare l'incidenza della fenomenologia in esame sul territorio oggetto di studio. Se i risultati prefigurano la necessità di imporre restrizioni all'uso del territorio o prescrizioni costruttive gravose, è indispensabile procedere con metodi di II livello. Altrettanto può dirsi in relazione all'impiego dei risultati di analisi di II livello ed all'eventuale uso di metodi di III livello. Inoltre, in linea di massima, tutte le procedure di microzonazione sismica sono sviluppate in condizioni di campo libero (*free-field*) ovvero prescindendo dalla presenza di costruzioni ed infrastrutture che interagiscono in maniera più o meno marcata con il sottosuolo.

Riassumendo i risultati di uno studio di microzonazione sismica finalizzato alla valutazione del rischio sismico in termini di sito in una data area e comprensivo di tutti gli aspetti geotecnici del problema (amplificazione locale del moto sismico, instabilità dei depositi e dei pendii e fenomeni di liquefazione) deve articolarsi nelle seguenti fasi:

- una fase preliminare di analisi della sismicità regionale e delle leggi di attenuazione del moto sismico che consenta di ricavare un accelerogramma di riferimento su roccia, per la quale sono richieste competenze geologiche e sismologiche che consentano una corretta analisi dei dati sismici storici e strumentali e dei dati geologici di superficie;
- una fase centrale di identificazione degli scenari di pericolosità indotti a scala locale dal terremoto di progetto, che richiede competenze geotecniche per consentire una

corretta analisi dei dati geotecnici in sito e in laboratorio, e che consiste nell'identificazione delle aree sismicamente instabili, dove possono verificarsi fenomeni d'instabilità e rotture del terreno, e aree sismicamente stabili in cui la risposta sismica si possa considerare omogenea;

- una fase di maggior dettaglio di analisi della risposta sismica locale in ciascuna delle aree a comportamento omogeneo precedentemente identificate, che richiede la disponibilità di modelli numerici e competenze di ingegneria strutturale e i cui risultati si sintetizzano in un fattore di amplificazione del moto sismico da utilizzare ai fini della progettazione strutturale.

Il risultato consiste quindi in una mappa, d'uso ingegneristico delle aree sismicamente instabili e delle aree con risposta sismica omogenea con i relativi fattori di amplificazione a scala variabile con il livello di dettaglio richiesto, la cui utilità coinvolge aspetti relativi alla progettazione (modifica dei coefficienti sismici di progetto) e alla pianificazione urbanistica (modifiche del Piano Strutturale Comunale) e quindi fattori di ordine politico, culturale e sociale.

L'elemento centrale e più interessante da un punto di vista geotecnica-ingegneristico, di ogni studio di microzonazione sismica è senza dubbio quello della valutazione della risposta sismica locale, cioè lo studio della risposta del terreno ad una determinata sollecitazione sismica, finalizzato alla previsione del moto sismico atteso in superficie, in termini di ampiezza (picco massimo d'accelerazione, time history delle accelerazioni, ecc.), di contenuto in frequenza (periodo fondamentale, spettro di risposta, ecc.), tensioni e deformazioni (per problemi di liquefazione e di instabilità dei pendii e delle opere di sostegno). Lo scopo è dunque quello di determinare in un dato sito la variabilità dell'entità del moto sismico con la profondità rispetto ad un terreno rigido di riferimento (bedrock sismico), e di confrontarne i risultati, espressi ad esempio in termini di spettro di risposta, con quanto previsto dalla Normativa vigente.

Attualmente gli studi di microzonazione sismica constano di tre livelli di approfondimento: il livello I (approccio di tipo qualitativo), il livello II (approccio di tipo semiquantitativo) ed il Livello III (approccio di tipo quantitativo). Tralasciando il I° livello basato su considerazioni prettamente qualitative sulle conseguenze di danneggiamento di un eventuale sisma associato a conoscenze geologiche dell'area. I due livelli successivi sono basati, rispettivamente, su vari approcci semplificati tra cui quello attualmente vigente in Italia e

dettato dai contenuti del **D. M. del 14-01-2008** *“Norme tecniche per le costruzioni”*; **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del C. S. LL. PP.** – *Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni”* (i riferimenti successivi al testo integrato saranno citati come NTC2008); e sulla valutazione numerica a partire da condizioni semplici (monodimensionale 1D), o da condizioni più articolate (bidimensionale 2D, tridimensionale 3D). Nel presente studio saranno valutati gli effetti di sito secondo un approccio di secondo livello (semi-quantitativo).

L'Analisi di livello 2 - approccio di tipo semiquantitativo. Questa metodologia semplificata prevede l'impiego di parametri che quantificano la variazione del moto sismico in superficie che sono determinabili con metodi semplificati. Tali parametri sono organizzati in abachi riferiti alle singole condizioni stratigrafiche per le quali sono applicabili. In Italia l'abaco comunemente usato è quello riferito alle NTC2008. In tale analisi semplificata dell'azione sismica di progetto si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.II, Categorie di sottosuolo – NTC2008). La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità dal piano fondale. Ai terreni appartenenti a ciascuna categoria di sottosuolo (A, B, C, D, E) è associato uno spettro di risposta elastico, con l'eccezione dei siti di tipo S1 ed S2 (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.III, Categorie aggiuntive di sottosuolo – NTC2008) per i quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche. Per l'amplificazione dovuta alle condizioni topografiche semplici adotta la classificazione semplificata (T1, T2, T3, T4) (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.IV, Categorie topografiche – NTC2008). Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e vengono considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Analogamente per le zone instabili sismicamente saranno adottati criteri di valutazione semplificati.

2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, SISMOTETTONICHE E SISMICITA' STORICA

2.1. Caratteristiche geologico-strutturali.

Il contesto geologico in cui è inserito il sito in esame è la parte terminale dei bacini della Fiumara Novito a nord e della Fiumara Gerace a sud situati nel settore meridionale della Calabria, lungo il versante est della zona di raccordo tra il Massiccio delle Serre ed il Massiccio dell'Aspromonte. I bacini s'inquadrano nell'ambito geologico generale dell'edificio a falde che costituisce il nucleo della Catena Montuosa Calabra. L'arco calabro che comprende oltre alla Catena Costiera i rilievi della Sila e dell'Aspromonte, è costituito da una successione di coltri di ricoprimento di rocce prevalentemente cristalline, il cui trasporto e sollevamento appartiene a tempi geologici più antichi rispetto alla Catena appenninica. La geologia del versante ionico meridionale della Calabria è caratterizzata da affioramenti di terreni cristallini ignei e metamorfici, alloctoni, su cui poggiano lembi delle originali coperture sedimentarie, prevalentemente carbonatiche, passivamente trasportate insieme alle falde cristalline, seguiti, in sovrascorrimento tettonico, da terreni sedimentari alloctoni in facies di flysch più o meno caoticizzato e inglobante livelli arenacei. A questo complesso alloctono seguono in discordanza stratigrafica i terreni tardo-orogeni e quelli plio-pleistocenici, sedimentati dopo la messa in posto delle falde di ricoprimento del Corrugamento alpino. Le condizioni lito-meccaniche dei terreni discendono dalla loro storia tettonica e, pertanto, si inquadrano nella storia geologica della Calabria. La costruzione del territorio calabrese è relativamente recente, malgrado si ritrovino materiali antichi sradicati dalla loro sede di origine, dislocati tettonicamente per centinaia di chilometri ed impilati in falde di ricoprimento sulle quali si sono depositati, durante e dopo le fasi di impilamento, depositi sedimentari da relativamente recenti ad attuali. Durante l'ultima fase di costruzione della struttura della Calabria, si è avuto un sollevamento generalizzato, ma non uniforme, che ha conferito alla Calabria meridionale il suo aspetto attuale, significativamente modificato dall'erosione. Il sollevamento ha portato ad oltre 1200m sul livello del mare attuale un'antica superficie di sedimentazione e i rilievi che essa circondava: i Piani d'Aspromonte e la dorsale del Montalto. Il nucleo sollevato ha un'ossatura costituita dai terreni cristallini delle unità alloctone della Catena alpina. L'impilamento delle falde alloctone inizia nel Miocene medio, circa 16 milioni di anni fa, mentre risale a circa 1 milione di anni l'avvio della fase di intenso sollevamento tettonico di

cui abbiamo prima indicato. Tale sollevamento, testimoniato dall'attività sismica e dai molteplici indizi geologici e geomorfologici, continua ancora oggi ed è accompagnato da un'intensa azione dei processi di smantellamento (erosione e movimenti in massa). I terreni cristallini ignei e metamorfici alloctoni sono rappresentate dalle:

- *Unità Alpine dell'Aspromonte* costituite da unità metamorfiche di basso-medio-alto grado e dai complessi plutonici delle Serre e dell'Aspromonte. Si tratta di terreni di provenienza continentale, con alcuni elementi che indicano probabilmente le prime fasi di apertura di una fossa oceanica (lave basiche), metamorfici o intrusivi, a composizione acida, derivanti dalla deformazione e trasporto di segmenti crostali in parte già metamorfosati durante il Corrugamento Ercinico (fase Varisica o pre-Varisica), e rimetamorfosate durante il corrugamento alpino. Il Corrugamento alpino ha indotto in alcuni di questi complessi metamorfici un retrometamorfismo che ha reso queste rocce facilmente alterabili e, di conseguenza, franabili. Le Unità Metamorfiche di basso e medio grado costituiscono i termini stratigraficamente inferiori e sono costituiti da filladi e metareniti quarzose, micascisti a granato e tormalina, e marmi con uno spessore molto variabile, l'età va dal Cambiano al Devoniano (Paleozoico inferiore e medio);
- *Unità di Stilo* caratterizzata da: un Complesso di rocce metamorfiche di basso-medio-alto grado costituite da filladi, metacalcari a trilobiti devoniane, porfiroidi, metabasiti, micascisti a granato, gneiss a granato e gneiss occhialini; Il Batolite di Stilo (MESSINA et al., 1993) che costituisce il nucleo principale dell'Unità omonima è costituito da molte unità intruse in una fase post-tettonica. La sua composizione è variabile tra la tonalite ed il monzogranito, con prevalenza di granodiorite. Molto diffusi sono gli xenoliti (inclusioni) metamorfici e i dicchi aplitici e femici. Lo spessore può giungere fino a 2000m. L'età è tra il Carbonifero ed il Permiano (Paleozoico Superiore) ed è stata determinata radiometricamente (290-270 Ma). Il contatto con il Complesso metamorfico è caratterizzato da un'aureola di metamorfismo di contatto; La copertura sedimentaria è costituita da una successione discordante sul basamento cristallino di conglomerati, arenarie e argilliti rosse, continentali, del Triassico-Giurassico Inferiore seguite da dolomie e calcari del Giurassico Medio-Cretacico Inferiore e brecce calcaree a frammenti di rudiste (Cretacico Superiore); verso l'alto seguono un sottile livello lateritico continentale dell'Eocene-Oligocene Inferiore, un livello a breccia ad

elementi filladici (Oligocene Inferiore) e in discordanza biocalcareni e arenarie dell'Oligocene Miocene Inferiore (Aquitaniense).

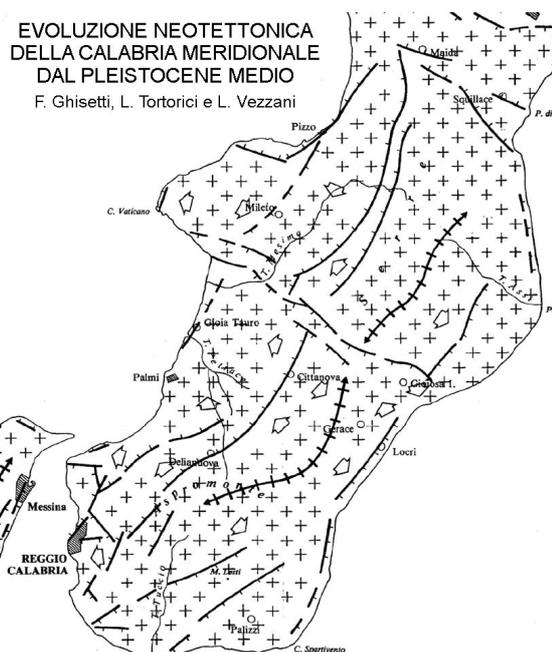
Alle unità cristalline seguono le unità sedimentarie tardorogene. Queste sono costituite da varie formazioni di età compresa tra l'Oligocene Superiore e l'Olocene:

- Conglomerati, arenarie ed argilliti della F.ne di Stilo-Capo d'Orlando (Oligocene sup. – burdigaliano);
- Calcareni di Floresta (Langhiano);
- Complesso antiscilide fortemente tettonizzato delle Argille Varicolori (Cretaceo) con la copertura di Quarzarenite numidiche (Oligocene) in falda sulla formazione precedente;
- Sabbie conglomerati ed arenarie a Clypeaster dell' Unità silicoclastica Serravalliano-Tortoniano;
- Siltiti, argille diatomitiche, calcari evaporitici gessi e gessarenite della F.ne Evaporitica (Messiniano);
- Conglomerati e sabbie dell'Unità silicoclastica tardo messiniana;
- Alternanze di marne calcaree e calcari marnosi della F.ne dei Trubi (Pliocene);
- Conglomerati, sabbie ed argille della F.ne di Monte Narbone (pliocene sup.);
- Depositi calcarenitici, sabbioso, conglomeratici di Terrazzi marini pleistocenici;
- Depositi recenti dei fiumi e delle piane costiere.



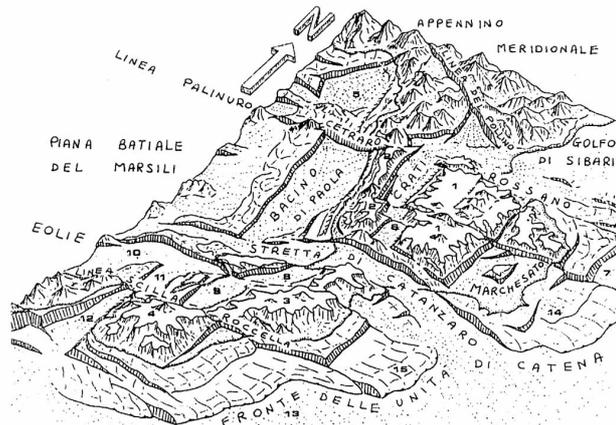
Nell'area oggetto d'intervento, il substrato locale è costituito da una sequenza formata da depositi marini di mare profondo di calcari-marnosi e marne-calcaree del ciclo sedimentario del Pliocene inferiore-medio della **F.ne dei Trubi (Tr)** sovrastata da una sequenza arenaceo poltica ascrivibile alla **F.ne di Monte Narbone (Nb)**. La F.ne dei Trubi (Tr) (Pliocene inf.-medio), nell'area, è costituita da un'alternanza ritmica di calcari-marnosi di colore bianco-giallastro e marne-calcaree di colore grigio grigio-azzurro. Dal punto di vista mineralogico, i ritmi dei trubi sono il risultato di variazioni del rapporto fra componenti carbonatici intrabacinali (perlopiù coccoliti e foraminiferi) e componenti silicoclastici extrabacinali, quindi strati più ricchi o meno ricchi in carbonato di calcio. Questa formazione presenta una evoluzione da elementi pelitici ad elementi siltoso-sabbiosi. In definitiva da alternanze di calcari marnosi e marne calcaree alla base si passa verso l'alto ad alternanze di marne più o meno calcaree con sporadiche intercalazioni siltoso sabbiose. Il loro spessore può superare i 100 metri, presentano una scarsa resistenza all'erosione ed una permeabilità bassa. Segue con debole discordanza angolare la F.ne di Monte Narbone (Pliocene sup. –Pleistocene inf. medio). Tale formazione nell'area è costituita prevalentemente da arenarie marnose stratificate con, a volte, alla base un livello conglomeratico, di colore bruno-rossastro a piccoli ciottoli metamorfici ben arrotondati immersi in abbondante matrice sabbioso siltosa. Verso l'alto questo litotipo passa a termini prettamente argillo-marnosi. Le arenarie marnose si presentano a grana medio-fine e si compongono in strati bianco-marrone potenti 0,30-1,00 m, spesso a composizione marnosa più marcata e colore biancastro simile alla F.ne dei Trubi sottostante. La giacitura degli strati varia da sub-orizzontale a 7–10° verso SE, sono privi di strutture interne, presentano un aspetto caotico. Solo negli strati più marnosi sono evidenti stratificazioni e laminazioni piano parallele a volte discontinue. Il grado di permeabilità è variabile da medio-elevato nei livelli sabbiosi a basso nei livelli marnoso-siltosi, lo spessore è dell'ordine dei 100-150 metri. Alla base dei versanti collinari cioè nelle piane alluvionali fluviali e costiere sui depositi precedenti troviamo i **Depositi eluvio-alluvionali recenti** (Olocene) fissati o mobili. Tali depositi, incisi dagli alvei attuali, sono costituiti da limi, sabbie e ghiaie eterometriche a clasti quasi esclusivamente granitici con subordinate filladi e rarissimi clasti carbonatici, appiattiti e/o arrotondati. Il litotipo presenta, in generale, una resistenza all'erosione ed uno stato di addensamento scarso, mentre la permeabilità è generalmente elevata, con valori massimi nei livelli ciottolosi. Nelle aree adiacenti la linea di riva possono essere presenti **dune costiere** costituite da sabbie fini mobilizzate dal vento frammiste a depositi di mareggiate per eventi di tempesta.

Dal punto di vista “strutturale” i bacini della Fiumara Novito a e della Fiumara Gerace ricadono lungo il bordo orientale della zona di raccordo tra il Massiccio delle Serre ed il Massiccio dell'Aspromente. Le caratteristiche geomorfologiche attuali del settore sono strettamente correlate a modificazioni a livello strutturale, rappresentate dall'evoluzione dell'arco calabro e dei bacini ad esso connessi, e da fenomeni regionali di sollevamento e di deformazione tettonica, registrati dai terrazzi marini quaternari e supportati dall'analisi delle successioni sedimentarie ivi presenti.

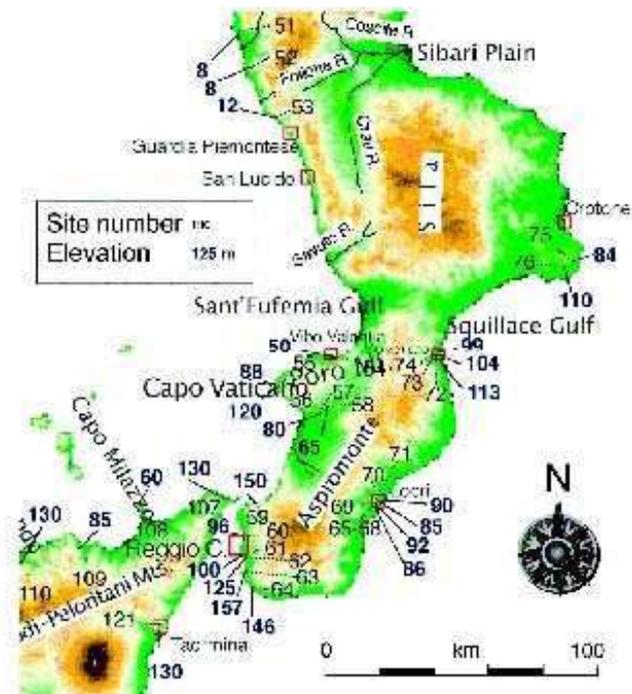


Il settore meridionale della Calabria, come accennato in precedenza, si differenzia dal settore settentrionale a partire dal Tortoniano superiore, con l'apertura del bacino tirrenico. In tale periodo l'Arco calabro, già completamente costituito nella sua struttura a falde, migra rapidamente verso l'area oceanica ionica che subduce sotto il margine esterno della catena (Finetti e Del Ben 1986, Patacca e Scandone 1989). I confini dell'Arco, inteso come elemento crostale neogenico cinematicamente indipendente, sono tradizionalmente identificati con i grandi binari trascorrenti, rispettivamente sinistro e destro, della linea del Pollino a NE e della linea di Taormina a SO. La dinamica superficiale mio-pleiocenica, registrata negli ampi bacini sedimentari che occupano le depressioni tettoniche assiali e trasversali alla catena, rivela la prevalenza di deformazioni estensionali con direzione di trasporto tettonico verso SO. L'assenza di forti deformazioni compressive sul fronte esterno e la geometria molto inclinata del piano di Benioff delineato dalla sismicità sub-crostante (Guerra et alii 1991) indicano fenomeni di subduzione passiva della placca ionica cui si correlano movimenti di roll-back della catena calabro peloritana (Malinverno e Ryan 1986; Anderson e Jackson 1987). L'ultima fase di costruzione dell'Arco Calabro-Peloritano inizia verso la fine del Pleistocene inferiore in concomitanza con il verificarsi di un insieme di fenomeni geologici di interesse regionale. In questo periodo iniziano a formarsi gli edifici vulcanici attuali dell'Etna e delle isole Eolie, si attivano i vulcani sottomarini Palinuro e Marsili, il centro di espansione del Tirreno si sposta dall'area centrale (edifici del Magnaghi e del Vavilov) all'area sud-orientale

(edificio del Marsili), come svincolo cinematico settentrionale della placca calabra la linea di Palinuro si sostituisce alla linea del Pollino mentre il trasporto tettonico passa dalla direzione NO-SE a O-E. In conseguenza di questi eventi l'Arco Calabro subisce una serie di fasi tettoniche distensive e trascorrenti che portano ad una sua segmentazione ad opera di importanti sistemi di faglie organizzate secondo sistemi longitudinali e trasversali rispetto alle direttrici strutturali della catena calabra. A seguito di tali deformazioni in Calabria e nei mari circostanti si chiudono buona parte dei bacini mio-pliocenici allungati in direzione SO-NE, e ad opera del nuovo schema strutturale si sviluppano nuovi bacini sedimentari continentali e marini, sia longitudinali (bacino del Crati, del Mesima, di Crotone-Capo Spartivento, di Paola-Gioia) sia trasversali (fossa del basso Crati-Sibari, fossa di Catanzaro, fossa di Siderno).



Il settore a partire dal Pleistocene medio-superiore ha assunto il carattere di area in sollevamento, con sviluppo di superfici continentali terrazzate. Come detto in tale ultimo periodo la quasi totalità della Calabria risulta emersa e tende al sollevamento generalizzato. Nei blocchi della catena già precedentemente sollevati si evidenziano numerosi indizi morfologici di una tendenza positiva, che persiste sino ad oggi e che è rappresentata da versanti ripidi tagliati nell'entroterra da faglie normali che corrono parallelamente alla costa, incisioni vallive profonde, da reticolati idrografici

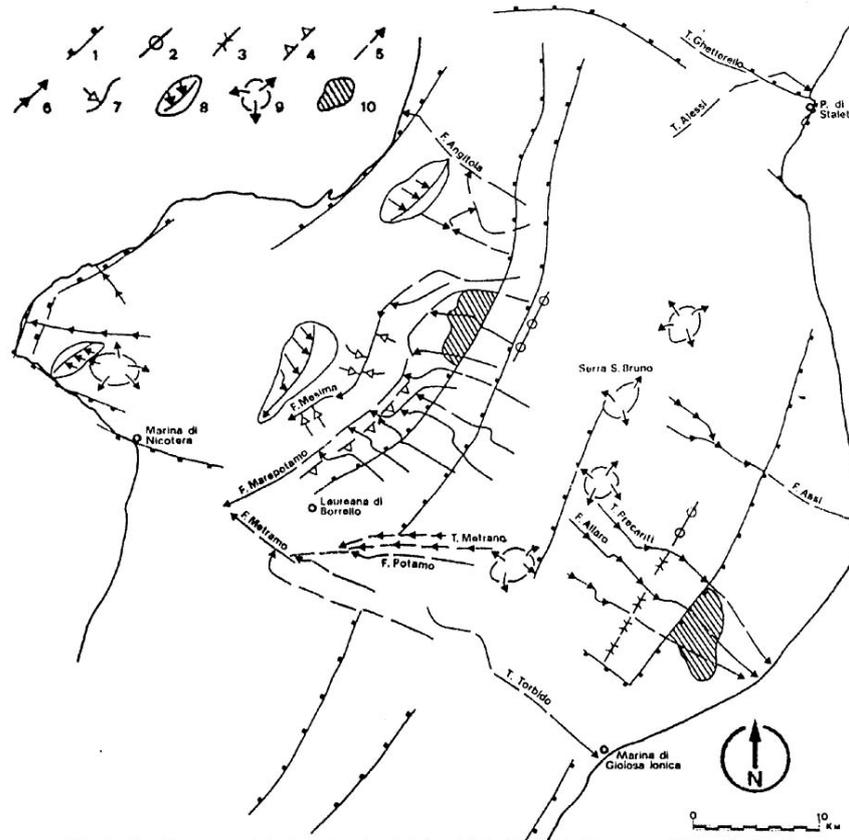


Quota attuale in metri (numeri in grassetto blu) della linea di riva del Tirreniano (125.000 anni) in Calabria (tratta da Bordini e Valensise, 1998).

a carattere centrifugo (Ghisetti, 1980, 1981) ed è interessato a mare da uno sviluppo contenuto della piattaforma, di dimensioni ristrette. I sistemi di faglie in direzione NE-SW e N-S che sino al Pleistocene inferiore controllavano la ripartizione tra aree del bacino e zone emerse, proseguono la loro attività con meccanismi normali, separando le aree in erosione da quelle in sedimentazione continentale. Esse assumono maggiore sviluppo nel margine ionico meridionale, che presentano rigetti di modesta entità, peraltro compatibili con una attivazione in tempi recenti. Particolare attività assumono le faglie, a direzione NW-SE e compresa tra E-W e WNW-ESE, del bordo ionico, quelle che delimitano a nord la Fossa di Catanzaro e le faglie normali attive sul bordo nord-orientale delle Serre, che sembrano controllare il sollevamento differenziale del Blocco delle Serre nei confronti della Fossa di Catanzaro. I principali sistemi di faglie ritenuti attivi, che delimitano i blocchi maggiormente sollevati nei confronti di settori soggetti a prevalenti alluvionamento continentale, dislocano livelli continentali medio-suprapleistocenici ed esercitano un netto controllo morfologico. Sono in particolare da segnalare le scarpate rettilinee, alte fino a 200-300 metri, che si accompagnano ai sistemi Maida-Laureana di Borrello, Sinopoli-Cosoleto e Marina di Nicotera-Gioiosa Ionica, ed il controllo operato da questi sullo sviluppo del reticolo idrografico.

Dalle Serre all'Aspromonte si individua un asse di sollevamento diretto da NE-SW a ENE-WSW. Nel tratto più meridionale esso viene a corrispondere con lo spartiacque attuale ed è inoltre messo in evidenza dai basculamenti dei terrazzi pleistocenici. Nelle Serre, invece, l'asse di massimo sollevamento è spostato verso est rispetto allo spartiacque attuale. L'analisi della geometria delle superfici basali dei terrazzi continentali pleistocenici ha permesso di indicare, nel complesso, la tendenza all'inarcamento dei blocchi più sollevati di Capo Vaticano, delle Serre e dell'Aspromonte nei confronti delle aree di alluvionamento attuale.

Il sollevamento indicato dai basculamenti è globalmente divergente rispetto all'attuale linea di spartiacque, mentre un'area di sollevamento minimo si può localizzare anche nella porzione assiale della Fossa del Mesima. Come già accennato l'area si trova nella fascia pedemontana del versante orientale delle Serre, che è identificata da un sistema di faglie normali con direzione NE-SW, legate alla fase distensiva e di sollevamento generalizzato dell'intero Arco Calabro sviluppatasi dal Pliocene inferiore-medio. L'assetto strutturale dell'area, quindi, risente dell'influenza di tale struttura che si sviluppano principalmente a NW dell'area di studio ed è identificata come Sistema di Stilo-Bovalino.

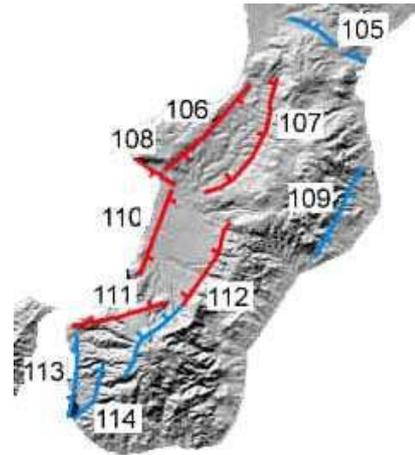


Principali evidenze morfologiche legate ai sistemi di faglia Maida-Laureana di Borrello, Maida-Punta di Staletti e Marina di Nicotera-Marina di Gioiosa Ionica. 1) scarpate rettilinee; 2) allineamenti di cime; 3) allineamenti di selle; 4) allineamenti di controtendenze sui versanti; 5) corsi d'acqua a sviluppo rettificato; 6) incisione vallive profonde; 7) confluenze controcorrente; 8) reticoli idrografici a sviluppo asimmetrico; 9) reticoli idrografici centrifughi; 10) aree ad erosione accelerata (da Ghisetti F., 1979, mod.).

2.2. Caratteristiche sismotettoniche.

La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio può essere verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA "ITaly HAZard from CAPable faults". L'adeguata conoscenza della cronologia dell'attività delle faglie è cruciale nella definizione di schemi strutturali per finalità sismotettoniche. Per le aree analizzate, l'intervallo cronologico scelto affinché si possa ritenere un elemento strutturale di sicuro interesse in ambito sismotettonico è il Pleistocene superiore-Olocene (a partire dall'ultimo massimo glaciale, ca. 18000-23000 anni BP). La scelta di questo intervallo cronologico "stretto" rende pressoché sicura la pertinenza dell'elemento strutturale rappresentato con il regime deformativo in atto.

Inoltre essa è direttamente legata alle caratteristiche geologico-geomorfologiche dei settori interessati dalle faglie rappresentate. La maggior parte di queste faglie, infatti, interessa versanti montuosi e spesso disloca depositi di versante. E' ormai ampiamente riconosciuto che la più cospicua produzione detritica recente nell'Italia peninsulare è da riferire a fasi deposizionali prossime all'ultimo massimo glaciale nel contesto di una dinamica periglaciale. Pertanto le successioni detritiche, talvolta assai spesse, riferibili al contesto cronologico citato costituiscono dei serbatoi di informazione sull'attività delle faglie negli ultimi millenni. In particolare, nei pressi dell'area di studio, il sistema sismogenetico considerato attivo e caratterizzato da una notevole "freschezza morfologica" è: il **Sistema 109 "Serre Est"** (Cat. ITHACA: Stilo-Bovalino) costituito da un sistema di faglie normali di direzione NE-SW, lungo circa 54 Km, con uno slip rate verticale minimo dell'ordine di 0,2 mm/a ed uno spessore dello strato sismogenetico di circa 5-15 Km. L'ultima attività nota del sistema risale al Quaternario.

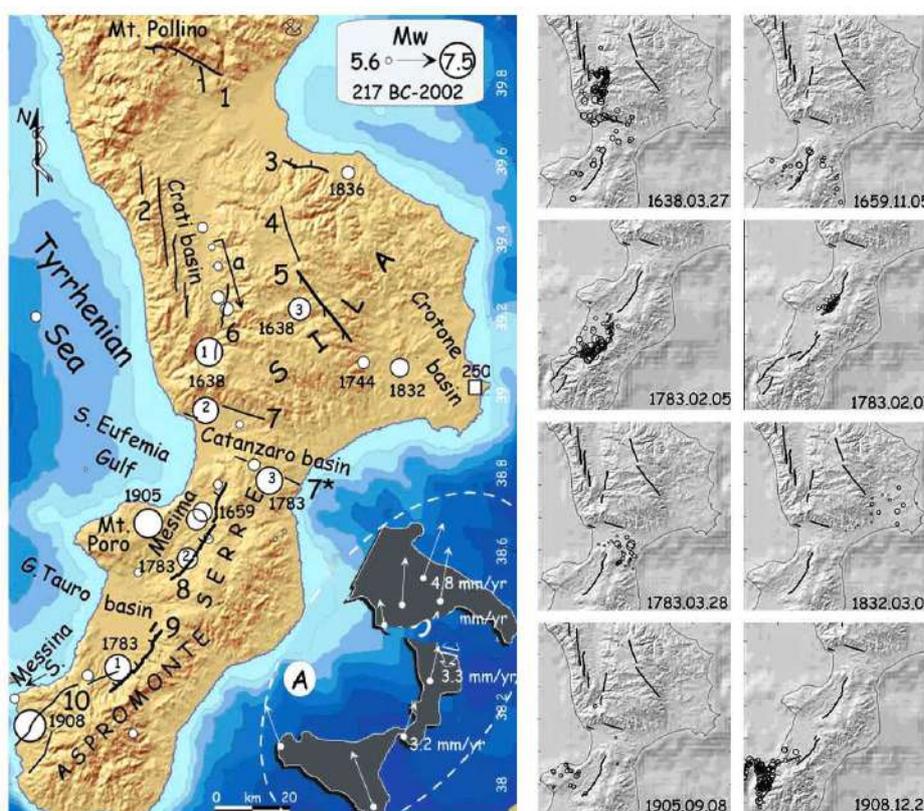


Nello specifico, l'area di studio afferisce alla **Faglia di Bovalino** (Sistema Stilo-Bovalino), individuata con il codice **38700**. Essa presenta: una lunghezza di circa 18 Km; una direzione circa N30; un cinematismo di tipo normale con inclinazione del piano di faglia verso ESE; ed ultima attività nota nel Quaternario.



2.3. Sismicità storica.

La Calabria è caratterizzata da un'intensa attività geodinamica testimoniata dagli alti livelli energetici raggiunti negli eventi sismici in epoca storica, infatti è la regione in Italia nella quale si sono verificati i terremoti tra i più catastrofici ed a più elevata intensità ed energia dell'area mediterranea. Anche la distribuzione degli epicentri strumentali conferma sostanzialmente l'attività di molti elementi tettonici individuati in superficie, quali: la Valle del Crati, la Stretta di Catanzaro, il Sistema Serre-Aspromonte (Moretti & Guerra 1997; Monaco & Tortorici 2000; Tansi et Alii 2006).



Distribuzione dei terremoti con $M_w > 5.5$ modificata da WORKING GROUP CPTI (2004) e delle principali strutture sismogenetiche note. In grassetto quelle certe, ovvero quelle per le quali siano state effettuate analisi paleosismologiche. La freccia (a) indica la sequenza sismica occorsa nel XVIII-XIX secolo da nord verso sud nella valle del Crati. I numeri 1-2-3 all'interno degli epicentri del 1638 e 1783 indicano le scosse del 27-28 Marzo e 9 Giugno 1638 e 5-7 Febbraio e 28 Marzo 1783. Il simbolo quadrato indica il terremoto dedotto da analisi archeosismologiche da GALLI et alii (2006a) e ivi datato intorno alla metà del III secolo d.C. -- (A) sono visualizzate le velocità GPS calcolate da D'AGOSTINO & SELVAGGI (2004). La differenza tra le velocità della Puglia e della Calabria centro-meridionale evidenziano un'estensione intermedia di $\sim 1,5$ mm/anno, di cui $\sim 2/3$ potrebbero essere accomodati dal sistema di faglie silane e del Pollino. -- Distribuzione degli effetti maggiori dell'8-9 grado MCS per i diversi terremoti della Calabria e principali faglie con attività quaternaria (mod. da GALLI & BOSI, 2002).

**Storia sismica di Locri [Gerace Marina]
[38.234, 16.264]**

Numero di eventi: 11

Effetti	In occasione del terremoto del:						
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw		
6-7	1894 11 16 17:52	Calabria meridionale	303	9	6.07	±0.10	
6-7	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04	±0.16	
7-8	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87	±0.25	
8	1908 12 28 04:20	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10	±0.15	
NF	1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8	5.66	±0.14	
3	1961 03 24 10:36	ASPROMONTE	59	5-6	4.79	±0.28	
3	1975 01 16 00:09	Stretto di Messina	346	7-8	5.20	±0.09	
5	1978 03 11 19:20	Calabria meridionale	126	8	5.24	±0.09	
4	1978 04 15 23:33	Golfo di Patti	332		6.06	±0.09	
5	1997 09 03 23:15	Calabria meridionale	83	5-6	4.55	±0.13	
4	1997 10 02 04:50	Calabria meridionale	31	5	4.18	±0.19	

3. LA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE (NTC2008) AI FINI PIANIFICATORI E RELATIVA DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Dalla bibliografia esistente il Comune di Locri per la normativa antisismica, *Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*, era classificato come *Zona sismica di prima categoria S=12 con k=0,10*. Con l'*Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 allegato 1 e successive modificazioni*, viene riclassificato come *Zona sismica I con a_g=0,35*. Di seguito viene riportato il record afferente al Comune di Locri (Elenco dei Comuni ad elevato rischio sismico ai sensi dell'art. 12 della Legge 27.12.1997, n. 449 contenuto nell'*Ordinanza del P.C.M. del 12-06-1998 "Individuazione delle zone ad elevato rischio sismico del territorio nazionale"*).

Codice ISTAT	Regione	Provincia	Comune	Popolazione residente (1991)	Abitazioni (1991)	Grado di Sismicità	Data di classificazione	Indice di rischio	Intensità massima osservata (MCS)
18080043	CALABRIA	REGGIO CALABRIA	LOCRI	12650	5478	12	06/09/12	0.0713	9

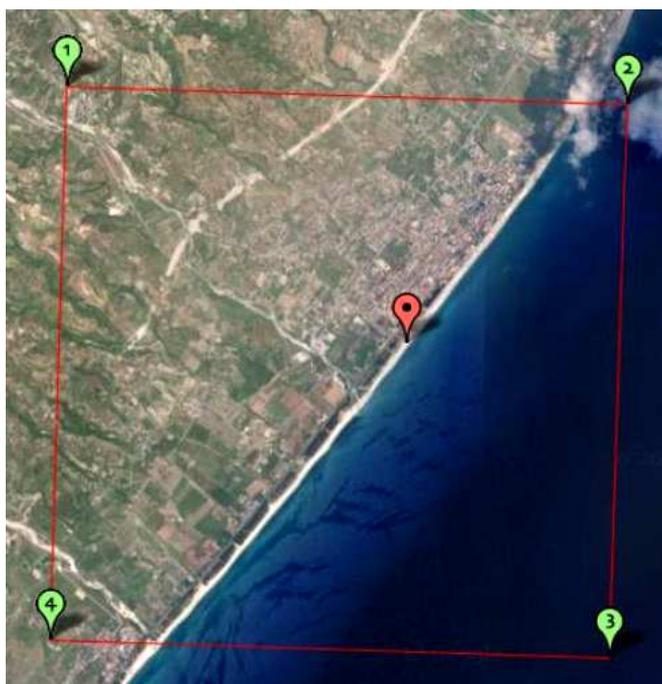
L'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006 *"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone"*, nell'Allegato 1B *"Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale"*, riporta in carta, per territorio nazionale, la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_s > 800$ m/s). In tale elaborato l'area di sedime è compresa nel tratto di territorio comunale di Locri ricadente nella fascia di accelerazione massima: **$0,175 < a_{max} < 0,200$** .

Il D.M. del 14 gennaio 2008 *"Norme Tecniche per le costruzioni"*, nell'Allegato B: *"Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica"*, la Tabella 1 fornisce, per 10.751 punti del reticolo di riferimento e per 9 valori del periodo di ritorno TR (30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni), i valori dei parametri a_g , F_0 , T^*c da utilizzare per definire l'azione sismica nei modi previsti dalle NTC.

Secondo l'NTC2008 l'area di studio (Datum ED50: lat. 38,2055°N, lon. 16,2374°E; lat. 38,2520°N, lon. 16,2815°E), ricade all'interno dei punti del reticolo di riferimento nazionale riportati in tab. 01.

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	44554	38.250690	16.222190
2	44555	38.249080	16.285640
3	44777	38.199110	16.283540
4	44776	38.200720	16.220140

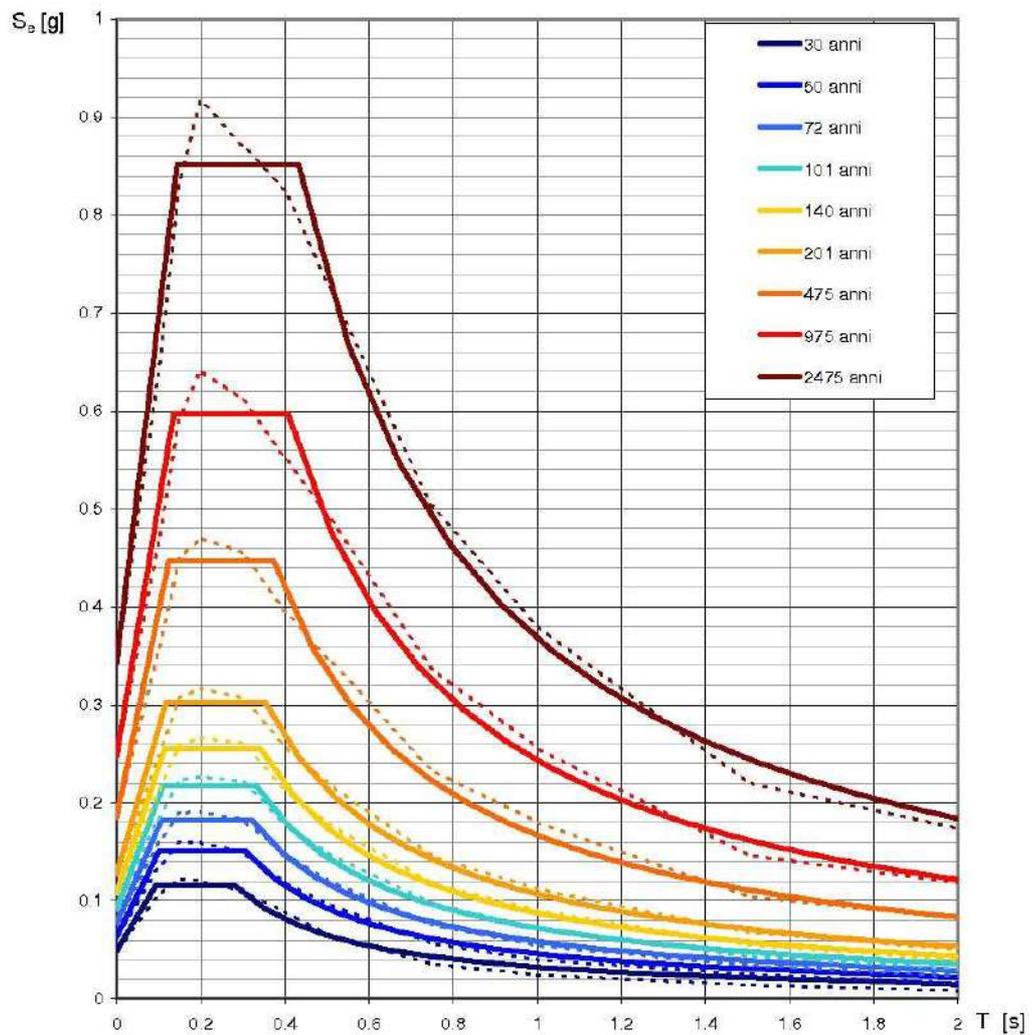
Visto che la differenza dei parametri sismici tra i due estremi dell'area di studio differisce di qualche millesimo per definire la pericolosità sismica di base si farà riferimento ad un punto medio dell'area di studio definito dalle seguenti coordinate espresse in ED50: lat. 38,2275°N, lon. 16,2605°E.



Da cui si hanno i parametri che definiscono l'azione sismica riportati in tab. 02, dove: **ag**=accelerazione orizzontale massima al sito; **F0**=valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; **Tc*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

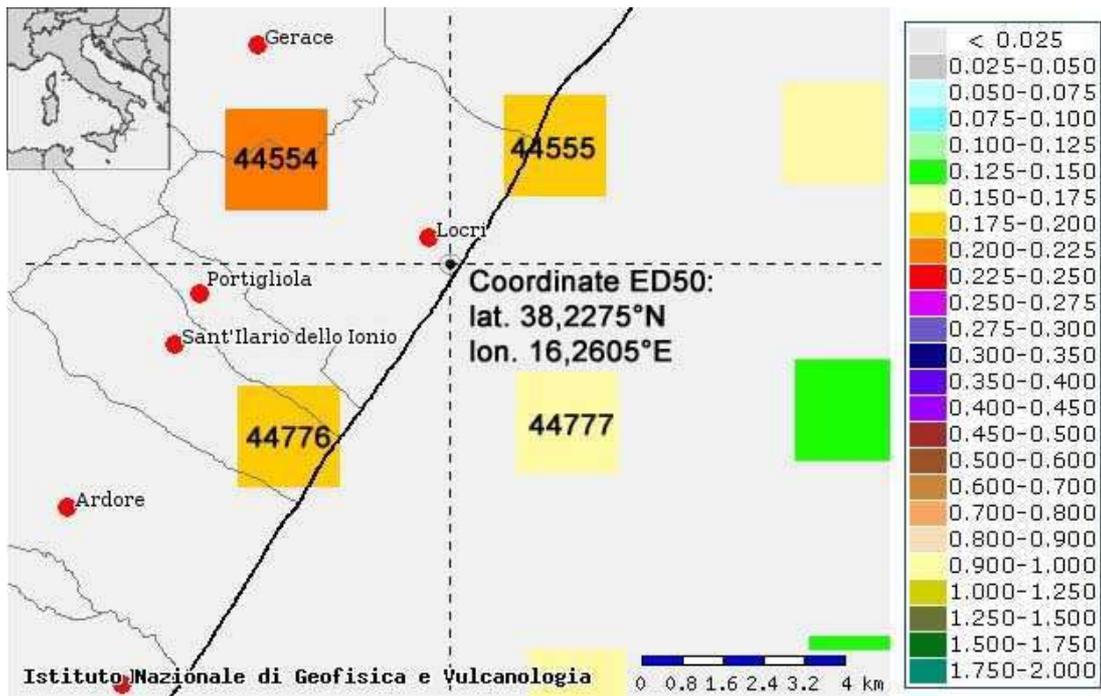
Tab. 02 -- Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR di riferimento

TR (anni)	a_g (g)	F_0 (---)	T_c^* (s)
30	0.049	2.352	0.280
50	0.064	2.366	0.305
72	0.077	2.370	0.321
101	0.092	2.374	0.332
140	0.107	2.375	0.343
201	0.127	2.380	0.353
475	0.186	2.410	0.373
975	0.248	2.410	0.407
2.475	0.343	2.481	0.432

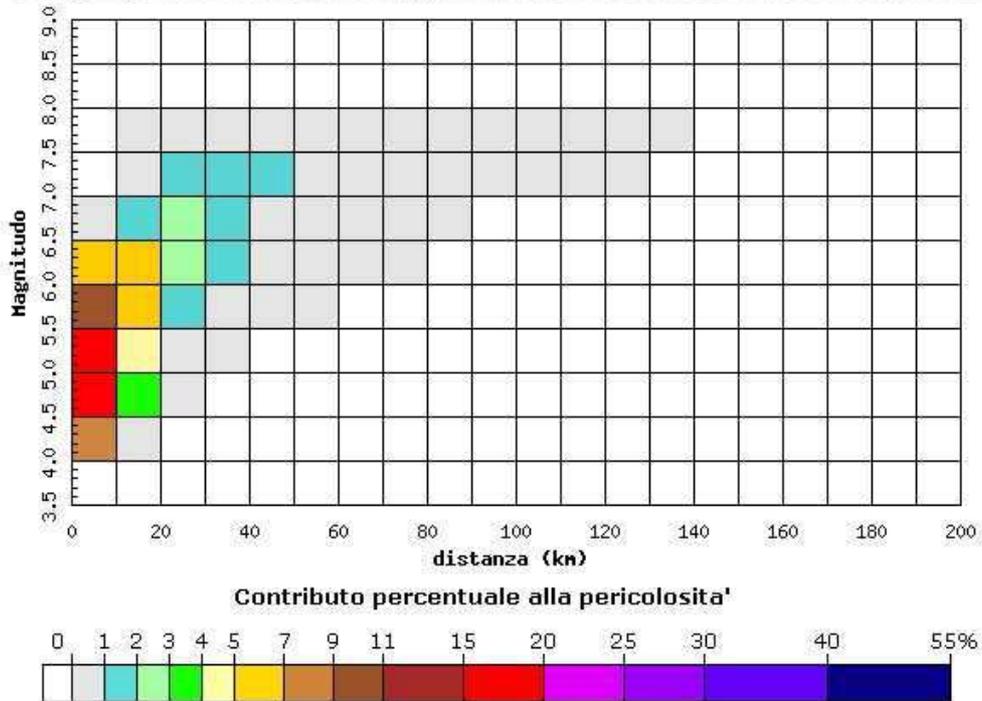


Ai fini degli studi di microzonazione sismica la pericolosità sismica di base è definita relativamente ad eventi sismici corrispondenti alle condizioni di progetto per costruzioni ordinarie (probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno del terremoto $TR=475$ anni). Per determinare la magnitudo attesa in un'area non esiste nella normativa un metodo univoco. Le Linee guida "Indirizzi e criteri per la zonazione sismica" (ICMS) della Protezione Civile (unico documento ufficiale in tema) indica due strade: La disaggregazione della pericolosità sismica: un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito; La zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo.

La disaggregazione della pericolosità sismica (es. McGuire, 1995; Bazzurro e Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. L'analisi di disaggregazione è stata condotta per 16852 siti corrispondenti ai nodi della griglia adottata per la redazione della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Gruppo di Lavoro MPS, 2004). In particolare, sono stati disaggregati i valori mediani di scuotimento (riferiti a suolo rigido), espresso in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA) corrispondenti a 9 periodi medi di ritorno (MRP) 30, 50, 72, 100, 140, 200, 475, 1000 e 2500 anni. Dall'elaborazione dei dati forniti dall'INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) secondo le procedure della Deliverable D14 "Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R- ϵ " (D. Spallarossa, S. Barani, 2007) e per come sopra brevemente riassunto, per il sito di studio (coordinate ED50 - latitudine: **38,2275°N**, longitudine: **16,2605°E**), sono stati ricavati i dati di disaggregazione della pericolosità sismica, in termini di M-R, dei valori mediani di PGA con probabilità di superamento del 10% in 50 anni corrispondenti ad un M.R.P. di 475 anni per come richiesto dagli studi. Da quanto detto precedentemente, in sintesi, i parametri per la definizione della pericolosità sismica di base dell'area di studio sono i seguenti:



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

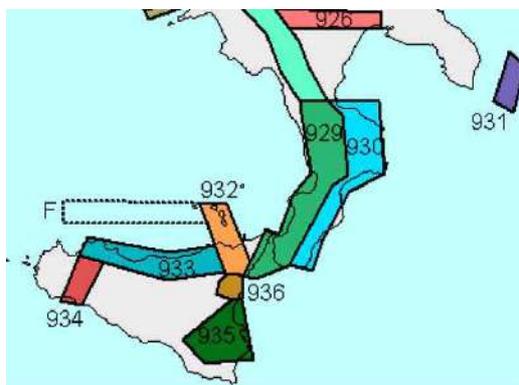


Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	7.820	18.600	15.100	10.400	6.260	0.860	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.686	3.080	4.830	5.750	5.490	1.300	0.345	0.056	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.096	0.778	1.900	2.900	2.230	1.940	0.352	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.028	0.432	1.180	1.430	1.680	0.347	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.036	0.385	0.742	1.110	0.256	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.262	0.506	0.129	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.091	0.252	0.070	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021	0.110	0.034	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.048	0.018	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.009	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

TR (anni)	Prob. Sup. (%)	Disaggregazione della pericolosità sismica in ag con Pvr in 50 anni		Parametri che definiscono l'azione sismica di base (NTC2008)		
		M	R (Km)	Ag (g)	F0 (---)	Tc* (s)
475	10%	5.570	12.30	0.186	2.410	0.373

La zonizzazione sismogenetica contenuta nell'Ordinanza n° 3274/03 denominata "ZS9" propone la suddivisione del territorio nazionale in fasce che presentano al loro interno requisiti di omogeneità in relazione alle caratteristiche geo-strutturali, cinematiche e sismiche. Una base essenziale per la zonazione del territorio è rappresentata dal modello

sismotettonico dell'area italiana, e contributi rilevanti per la definizione delle singole zone sono forniti dai cataloghi sismici disponibili. In particolare ZS9 è costruita facendo riferimento al modello sismotettonico di Meletti et al. (2000), rivisto ed integrato negli anni successivi alla sua formulazione. Inoltre ZS9 è definita sulla scorta delle informazioni disponibili dai cataloghi CPTI2 (catalogo parametrico dei terremoti italiani) e DISS (database delle sorgenti sismogenetiche). L'elemento di novità è rappresentato dall'impiego di un catalogo sismico più aggiornato (CPTI2) e dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (database DISS). Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene al loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. Tali conoscenze rappresentano uno degli elementi chiave per il tracciamento delle nuove zone. Nella nuova zonazione la Calabria è suddivisa in due zone sismogenetiche: una sul lato tirrenico della regione (zona 929) ed una sul versante ionico (zona 930). L'esistenza di queste due distinte zone rispecchia livelli di sismicità ben differenti. I terremoti con più elevata magnitudo (1783, 1905, 1908) hanno infatti interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina (zona 929). Sul versante ionico della Calabria solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte. Nella tabella seguente si riporta la magnitudo momento massima "Mwmax" rispettivamente per la Zona Sismogenetica denominata "Calabria Tirrenica 929" e "Calabria Ionica 930"



Valori della Magnitudo momento massima "Mwmax" per le Zone Sismogenetiche ZS9 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica"-2004)		
Zona Sismica - ZS9	Numero Zona Sismica	Mwmax
Calabria Tirrenica	929	7.29
Calabria Ionica	930	6.60

In particolare l'area oggetto di studio ricade nella ZS n°9301, che prevede una Mwmax= 6.60.

4. MODELLO GEOLOGICO-TECNICO AI FINI DELLA MICROZONAZIONE SISMICA

In base ad indagini geognostiche e geofisiche correlate con il rilevamento geologico dell'area e di un suo ampio intorno e con bibliografia d'indagini eseguite nelle aree adiacenti, è stato possibile individuare per l'area d'intervento un modello geologico-tecnico semplice che descrivesse spazialmente i litotipi presenti con le loro caratteristiche geotecniche e dinamiche.

In particolare partendo dal rilevamento geologico areale e con l'ausilio, nel dettaglio, di: n. 4 penetrometriche dinamiche super pesanti (Dpsh), n. 2 sondaggi a carotaggio continuo (S) con prove SPT in foro e prelievo di campione per analisi granulometriche, n. 1 trincea esplorativa (Tr), n. 5 prelievi di campioni per analisi granulometriche (C), n. 5 indagini sismiche superficiali con tecnica Multichannel Analysis of Surface Waves (Masw) e n. 2 indagini superficiali passive con tecnica Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Hvsr), è stato possibile raggruppare i terreni presenti in 5 litotipi fondamentali seguendo le indicazioni dello "Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati" per la Microzonazione Sismica predisposti dalla *Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM n. 3907 del 13/11/2010)*.

Tale approccio ha prodotto la schematizzazione dell'intera area di studio in tre colonne stratigrafiche tipo a cui sono stati associati i diversi parametri geotecnica e dinamici. La rappresentazione cartografica è stata riportata nell'elaborato **MS02 - Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica con Ubicazione Indagini**. I litotipi individuati sono:

Terreni di copertura – rappresentativi dei depositi dunari, fluviali e costieri.

- GMsp - Miscela di ghiaia, sabbia e limo di spiaggia, subordinatamente fluviale. Depositi da sciolti a poco addensati.
- GMdc - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di duna costiera con subordinati livelli si tempesta. Depositi da sciolti a poco addensati.
- GMtmf - Miscela di ghiaia, sabbia e limo di piana costiera subordinatamente fluviale. Depositi da poco a mediamente addensati.

Substrato geologico rigido.

- ALS - Substrato di alternanze di litotipi, stratificato. (F.ne di Monte Narbone membro pelitico-arenaceo stratificato da altamente consistente a debolmente cementato).

- COS - Substrato coesivo sovraconsolidato, stratificato. (F.ne dei Trubi, alternanze di livelli di marne calcaree e calcari marnosi).

Verticalmente tali litologie costituiscono, come già detto, tre colonne stratigrafiche tipo rappresentative dell'intera area di studio.

PARAMETRI GEOTECNICI E DINAMICI COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMsp)													
Litotipo	Spessore (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	c/cu (Kg/cm ²)	Densità Relativa (%)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo di Poisson (-)	Vs (m/s)	
GMsp	GMsp01	2.0-3.0	5-6	Incoerente	1.55-1.60	1.85-1.90	16-17	0.00	50-55	60-65	27-29	0.42-0.45	130-150
	GMsp02	2.0-3.0	14-19	Incoerente	1.80-1.85	1.90-1.95	30-32	0.00	60-65	180-235	90-140	0.41-0.42	230-250
	GMsp03	10.0-12.0	30-35	Incoerente	1.85-1.90	1.95-2.00	32-35	0.00	70-100	270-400	180-315	0.35-0.40	280-300
ALS	120.0-150.0	30-40	Incoerente Coesivo	1.90-2.10	2.00-2.30	32-35 ---	0.10-0.30 0.60-0.80	70-100	150-200	150-200	0.30-0.35	420-700	
COS	>100.0	40-50	Incoerente Coesivo.	2.00-2.20	2.10-2.30	22-24 ---	0.45-0.60 1.20-1.80	70-100	100-150	150-200	0.25-0.27	>800	

PARAMETRI GEOTECNICI E DINAMICI COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMdc)													
Litotipo	Spessore (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	c/cu (Kg/cm ²)	Densità Relativa (%)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo di Poisson (-)	Vs (m/s)	
GMdc	GMdc01	1.0-3.0	4-6	Incoerente	1.50-1.60	1.85-1.90	16-17	0.00	50-60	55-65	21-28	0.42-0.45	120-130
	GMdc02	2.0-3.0	13-19	Incoerente	1.80-1.85	1.90-1.95	30-32	0.00	60-70	130-180	90-100	0.41-0.42	250-260
	GMdc03	10.0-12.0	25-30	Incoerente	1.85-1.90	1.95-2.00	32-35	0.00	70-90	270-320	180-220	0.35-0.40	290-330
ALS	120.0-150.0	30-40	Incoerente Coesivo	1.90-2.10	2.00-2.30	32-35 ---	0.10-0.30 0.60-0.80	70-100	150-200	150-200	0.30-0.35	420-700	
COS	>100.0	40-50	Incoerente Coesivo.	2.00-2.20	2.10-2.30	22-24 ---	0.45-0.60 1.20-1.80	70-100	100-150	150-200	0.25-0.27	>800	

PARAMETRI GEOTECNICI E DINAMICI COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMtmf)													
Litotipo	Spessore (m)	Nspt	Tipo	Gamma (t/m ³)	Gamma Saturo (t/m ³)	Fi (°)	c/cu (Kg/cm ²)	Densità Relativa (%)	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Modulo Elastico (Kg/cm ²)	Modulo di Poisson (-)	Vs (m/s)	
GMtmf	GMtmf 01	0.0-2.0	5-9	Incoerente	1.65-1.70	1.85-1.90	16-18	0.00	60-70	55-75	20-40	0.42-0.45	110-130
	GMtmf 02	4.0-6.0	14-23	Incoerente	1.85-1.90	1.90-1.95	30-33	0.00	70-75	180-270	90-190	0.41-0.42	200-250
	GMtmf 03	5.0-10.0	27-32	Incoerente	1.90-1.95	1.95-2.00	33-35	0.00	75-100	310-370	225-280	0.35-0.40	300-330
ALS	120.0-150.0	30-40	Incoerente Coesivo	1.90-2.10	2.00-2.30	32-35 ---	0.10-0.30 0.60-0.80	70-100	150-200	150-200	0.30-0.35	420-700	
COS	>100.0	40-50	Incoerente Coesivo.	2.00-2.20	2.10-2.30	22-24 ---	0.45-0.60 1.20-1.80	70-100	100-150	150-200	0.25-0.27	>800	

5. CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

Sempre seguendo le indicazioni dello “*Standard di Rappresentazione ed Archiviazione dei Dati*” per la Microzonazione Sismica predisposti dalla *Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM n. 3907 del 13/11/2010)*. Dalle colonne stratigrafiche tipo si è passati alla risposta sismica che determinano in superficie in modo da potere determinare all’interno del territorio di studio delle microzone omogenee nei confronti della risposta sismica, **Elaborato MS03 – Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica**. In particolare sono state individuate delle **Zone stabili suscettibili di amplificazione locale** e **Zone suscettibili d’instabilità per effetti coosismici** quali: liquefazione, densificazione, rottura superficiale per fagliazione, cedimenti differenziali per contatto tra litotipi di caratteristiche diverse (incoerenti/coesivi), frane sismo indotte, ecc..

5.1. Caratterizzazione delle zone stabili suscettibili di amplificazione locale

Per la caratterizzazione delle Zone Stabili è stato adoperata l’Analisi semplificata (NTC2008) della risposta sismica locale (livello II di analisi). L’analisi semplificata dell’azione sismica si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.II, Categorie di sottosuolo – NTC2008). La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente **V_{s30}** di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Ai terreni appartenenti a ciascuna categoria di sottosuolo (**A, B, C, D, E**) è associato uno spettro di risposta elastico, con l’eccezione dei siti di tipo **S1** ed **S2** (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.III, Categorie aggiuntive di sottosuolo – NTC2008) per i quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche. Il parametro V_{s30} viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i / V_i}$$

dove **h_i** e **V_i** indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi

di risposta sismica locale mentre per quelle semplici si può adottare la classificazione semplificata (§ 3.2.2 – Tab. 3.2.IV, Categorie topografiche – NTC2008). Le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).</i>

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Come su indicato, nelle NTC2008, a ciascuna categoria di sottosuolo è associato uno spettro di risposta elastico, con l'eccezione dei siti di tipo **S1** ed **S2** che richiedono studi specifici. La classificazione dei siti nasce a livello normativo per definire in maniera

semplificata le azioni sismiche sui singoli edifici e, secondo la stessa norma, la costruzione dello spettro di risposta elastico dell'accelerazione, viene effettuata mediante espressioni matematiche in cui compaiono coefficienti tabellati legati alle diverse categorie di suolo. Le forme spettrali di una specificata area del territorio nazionale, su sottosuolo di categoria A, associate ai diversi tempi di ritorno (§ 4.3.4.2 NTC2008) vengono modificate attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_T e il coefficiente C_C che modifica il valore del periodo T_C , indicati nelle tabelle. Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_C valgono **1**. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni seguenti (Tab. 3.2.V Espressioni di S_s e C_C – NTC2008), nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo (T) è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati di seguito (Tab. 3.2.VI Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T – NTC2008), in funzione delle categorie topografiche (§ 3.2.2 – NTC2008) e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Le espressioni che definiscono lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale e verticale (§ 3.2.3.2.1 e § 3.2.3.2.2 – NTC2008) sono di seguito riportate

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

nelle quali: **T** ed **Se** sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale; **S** è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: **S = S_s × S_T**; **η** è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali **ξ** diversi dal 5%, mediante la relazione **η = 10/(5 + ξ)^{1/2} >= 0,55**, **ξ** (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione; **F_o** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2; **T_C** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da **T_C = C_C × T_C^{*}**, (**T_C^{*}** e **C_C** sono definiti in § 3.2 e Tab. 3.2.V – NTC2008); **T_B** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante ed è definito come **T_B = T_C/3**; **T_D** è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione: **T_D = 4,0 + (a_g/g) + 1,6**.

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

nelle quali: **T** ed **S_{ve}** sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale ed **F_v** è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno **ag** su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 * F_0 * \left(\frac{ag}{g} \right)^{0,5}$$

I valori di **ag**, **F₀**, **S**, **η** sono definiti nel § 3.2.3.2.1 per le componenti orizzontali; i valori di **S_s**, **T_B**, **T_C** e **T_D**, salvo più accurate determinazioni, sono riportati di seguito (Tab. 3.2.VII Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale- NTC2008).

Categoria di sottosuolo	S _s	T _B	T _C	T _D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Seguendo tale procedura per ogni colonna stratigrafica tipo è stato calcolato il parametro Vs30 adoperando alternativamente le coppie di parametri: Vs massimo e spessore H minimo per determinare la Vs30 maggiore; Vs minimo e spessore H massimo per determinare la Vs30 minore. I risultati e la relativa assegnazione ad una **Categoria di Sottosuolo** (NTC2008) sono di seguito riportati.

CALCOLO Vs30 COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMtmf) -- ZONA 1							
Litotipo	Spessore max (m)	Vs min (m/s)	Vs30 min (m/s)	Spessore min (m)	Vs max (m/s)	Vs30 max (m/s)	Categoria di sottosuolo Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC2008
GMtmf	GMtmf01	2.0	270	1.0	130	400	CLASSE B o CLASSE C
	GMtmf02	6.0		4.0	250		
	GMtmf03	10.0		5.0	330		
ALS	150.0	420	150.0	450			
COS	>100.0	800	>100	800			

CALCOLO Vs30 COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMdc) -- ZONA 2							
Litotipo	Spessore max (m)	Vs min (m/s)	Vs30 min (m/s)	Spessore min (m)	Vs max (m/s)	Vs30 max (m/s)	Categoria di sottosuolo Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC2008
GMsp	GMdc01	3.0	280	1.0	130	350	CLASSE C
	GMdc02	3.0		2.0	260		
	GMdc03	12.0		10.0	330		
ALS	150.0	420	150.0	450			
COS	>100.0	800	>100	800			

CALCOLO Vs30 COLONNA STRATIGRAFICA TIPO (GMsp) -- ZONA 3								
Litotipo	Spessore max (m)	Vs min (m/s)	Vs30 min (m/s)	Spessore min (m)	Vs max (m/s)	Vs30 max (m/s)	Categoria di sottosuolo Tab. 3.2.II e 3.2.III NTC2008	
GMsp	GMsp01	3.0	130	280	2.0	150	330	CLASSE C
	GMsp02	3.0	230		2.0	250		
	GMsp03	12.0	280		10.0	300		
ALS		150.0	420		150.0	450		
COS		>100.0	800		>100	800		

CLASSE B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

CLASSE C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero con valori di 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina).

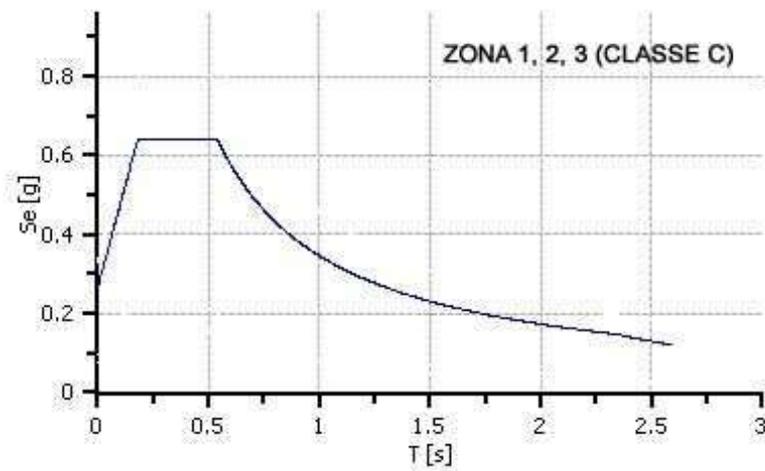
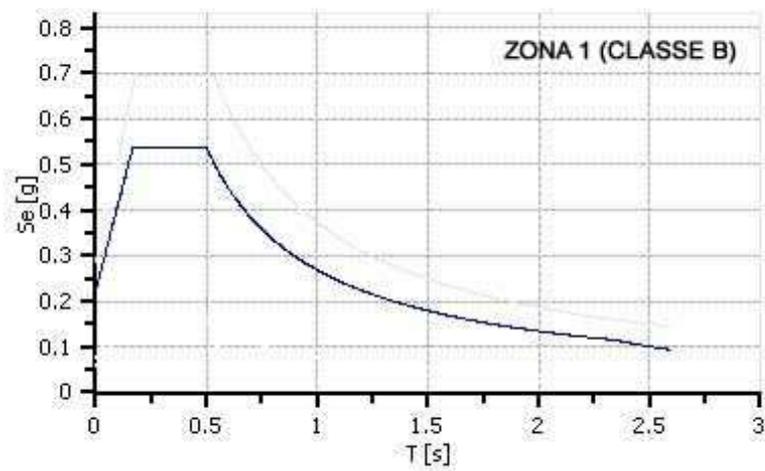
Dato che l'area d'intervento è situata su terreno pianeggiante alle varie microzone omogenee (zona 1, zona 2, zona 3) viene assegnata la **Categoria topografica T1** - "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ " (§ 3.2.2., Tab. 3.2.IV delle NTC2008).

L'assegnazione delle microzone omogenee alle categorie di sottosuolo ed alle categorie topografiche determina l'assegnazione di uno specifico valore di *amplificazione stratigrafica Ss*, e di *amplificazione topografica St*. In particolare si ha per uno scuotimento sismico con Probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tr=475 anni):

- **Zona 1** - fattore amplificativo **St = 1.0**, fattore amplificativo **Ss** variabile tra **1.20** per la **Classe B** ed **1.43** per la **Classe C**;
- **Zona 2** - fattore amplificativo **St = 1.0**, fattore amplificativo **Ss = 1.43 (Classe C)**;
- **Zona 3** - fattore amplificativo **St = 1.0**, fattore amplificativo **Ss = 1.43 (Classe C)**.

Per come prescrive la normativa NTC2008, in base ai dati di pericolosità sismica di base riferiti ad uno scuotimento sismico con Probabilità di superamento del 10% in 50 anni, (Tr=475 anni) ed alla classificazione stratigrafica e topografica del sito, sono stati ricavati gli spettri di risposta elastici, con coefficiente di smorzamento viscoso pari al 5%.

		ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
ZONA 1	B	0.186	2.410	0.373	1.200	1.340	1.000	1.200	1.000	0.167	0.500	2.342	0.223	0.537
	C	0.186	2.410	0.373	1.430	1.450	1.000	1.430	1.000	0.180	0.541	2.342	0.265	0.640
ZONA 2	C	0.186	2.410	0.373	1.430	1.450	1.000	1.430	1.000	0.180	0.541	2.342	0.265	0.640
ZONA 3	C	0.186	2.410	0.373	1.430	1.450	1.000	1.430	1.000	0.180	0.541	2.342	0.265	0.640



5.26. Caratterizzazione delle zone suscettibili d'instabilità per effetti coosismici

Come abbiamo già detto gli effetti indotti da un determinato terremoto sui terreni di un determinato sito sono di natura molto varia ma possono essere ricondotti in due grandi categorie: effetti d'instabilità che determinano terreni instabili ed effetti d'amplificazione che non determinano modificazioni permanenti nel suolo (terreni stabili). Alla prima categoria appartengono quei terreni nei quali, durante un determinato evento sismico, si possono avere fenomeni d'instabilità, locali o generalizzati, come: elevate deformazioni permanenti e cedimenti (causati ad esempio dalla presenza di cavità, da fenomeni di liquefazione dei terreni sabbiosi saturi, da cedimenti per densificazione di terreni granulari sopra falda, dalla dislocazioni di faglie attive, cedimenti differenziali nelle zone di contatto tra litotipi di caratteristiche molto diverse (incoerenti/coesivi), ecc.; o associati a grandi movimenti di massa (movimenti franosi, lateral spread, crolli di roccia, ecc.). Tali fenomeni causano immancabilmente il collasso delle sovrastanti strutture, anche se dimensionate con criteri antisismici. Di seguito determineremo e quantificheremo quali e quanti di tali fenomeni sono presenti nell'area di studio.

- **Zona FR** - aree suscettibili d'instabilità per effetti coosismici legati a movimenti di massa (frane, lateral spreading, ecc.) che possono essere riattivate per scuotimento sismico. Essendo l'area pianeggiante, non vi sono aree in frana nel territorio di studio;
- **Zona FA** - aree suscettibili d'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di faglie attive che possono dare, durante gli eventi sismici, dislocazioni tra l'area a monte ed a valle della faglia. Non vi sono faglie attive nel territorio di studio;
- **Zona LD** - aree suscettibili d'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di contatti laterali tra litotipi a comportamento geotecnico diverso (granulare/coesivo) e che possono subire comportamenti diversi durante lo scuotimento sismico. Essendo i litotipi presenti dello stesso tipo e con caratteristiche geotecniche e dinamiche simili non sono presenti aree di questa tipologia;
- **Zona D** - aree suscettibili d'instabilità per effetti coosismici legati alla presenza di terreni sopra falda che possono subire addensamenti tali da compromettere la stabilità strutturale dei manufatti. Dato il parametro di densità relativa dei litotipi presenti, compreso tra il 50-90%, si possono escludere tali fenomeni.

La liquefazione è un fenomeno che comporta la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche e dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa. Il fenomeno interessa i terreni incoerenti saturi, che nel corso di un evento sismico subiscono una forte riduzione della resistenza al taglio, a seguito del quale il terreno può scorrere o fluire, nel caso di un pendio, o assestarsi, nel caso di una giacitura orizzontale. Ciò avviene quando, sotto l'azione delle sollecitazioni cicliche indotte da un sisma, la pressione interstiziale dell'acqua aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè quando gli sforzi efficaci si riducono a zero. La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende dalle proprietà geotecniche, dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso, nonché dalle caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata. Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa), tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. Anche la distribuzione, la forma delle particelle ed il grado di uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso. Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche su un deposito si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di liquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità. In aree pianeggianti affinché abbia luogo il fenomeno della liquefazione occorre che gli strati saturi si trovino a profondità limitate cioè dove le tensioni efficaci non sono elevate (Seed & Idriss, 1971; Crespellani et alii, 1987). Infatti dalla letteratura disponibile risulta difficile, in aree pianeggianti, che le sovrappressioni indotte dall'evento sismico a profondità superiori a 15-25 metri possano dar luogo a fenomeni di liquefazione rilevabili in superficie. Può accadere, infatti, che la zona superficiale, non soggetta a liquefazione, possieda rigidità sufficiente ad evitare che le conseguenze della perdita di resistenza in profondità si risentano in superficie. Situazione differente si ha nel caso di un

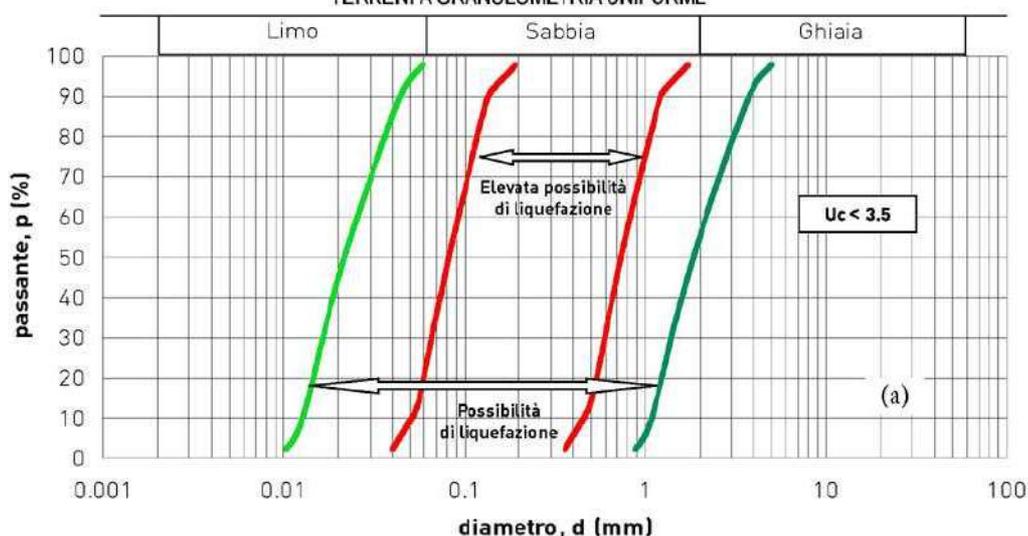
pendio. I terreni caratterizzati da elevate sollecitazioni di taglio statiche hanno una bassa suscettibilità ai fenomeni di liquefazione. Movimenti franosi indotti da liquefazione possono verificarsi soprattutto su pendii caratterizzati da basse pendenze o su pendii che costituiscono il bordo terminale di estesi pianori. I meccanismi d'innescio di frane connesse a fenomeni di liquefazione possono essere sostanzialmente di due tipi (Seed, 1968):

- **Meccanismo 1** - La liquefazione progressiva verso il basso è favorita dalla possibilità di decompressione laterale del versante. La liquefazione si propaga verso il basso e l'intero versante si espande perdendo completamente consistenza. Questa è la situazione che si verifica in pendii saturi caratterizzati da modeste pendenze, possono aversi movimenti franosi, anche profondi, con movimenti orizzontali anche di diverse centinaia di metri. L'intera massa instabile tende a fluidificarsi lasciando una zona pressochè pianeggiante.
- **Meccanismo 2** - Interessa i versanti caratterizzati dalla presenza di strati liquefacibili confinati in profondità. La liquefazione avviene a distanza dalla pendice, dove sono basse le azioni di taglio statiche. Per effetto delle presenza di un bordo non confinato e delle azioni inerziali del sisma può verificarsi una specie di fenomeno di espansione laterale nella direzione di propagazione delle onde sismiche, governato dai livelli di materiale liquefatto, confinato, posto in profondità. Il movimento avviene anche se lo strato liquefatto presenta un andamento sub-orizzontale. La perdita di resistenza del materiale di base e la possibilità di espansione laterale consentita dal bordo libero, rende possibili movimenti orizzontali anche con pendenze nulle. L'aspetto morfologico conseguente a fenomeni di questo tipo è caratterizzato da una successione di modesti rilievi e depressioni (tipo horst e graben) costituiti dal materiale superiore allo strato liquefacibile, che mantiene gran parte della sua struttura originaria pur fratturandosi in più blocchi. Stessa situazione si ha se è presente uno spessore non trascurabile di terreno non in falda sovrastante strati in falda liquefacibili.

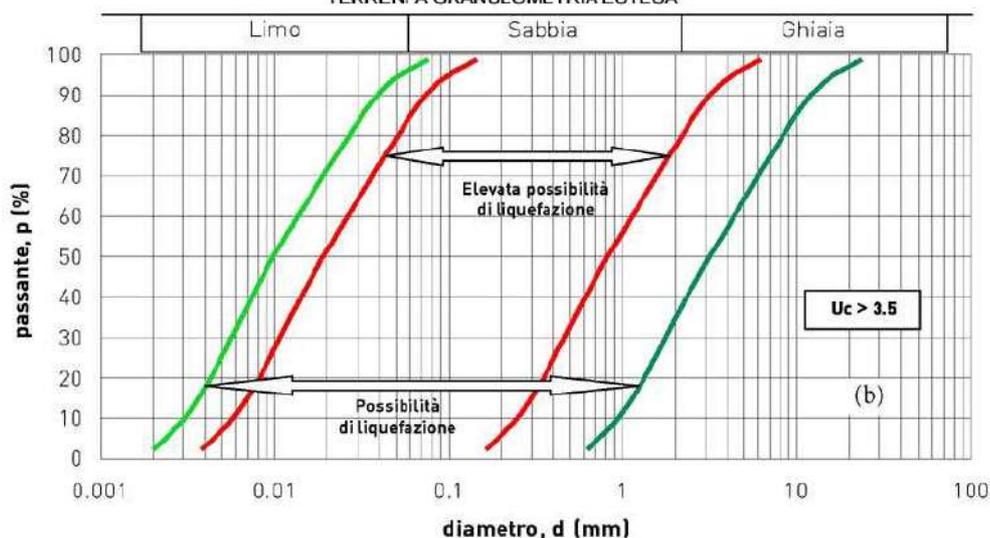
L'NTC2008, al § 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione", contiene le linee guida per valutare la suscettibilità alla liquefazione sismica dei terreni. Una valutazione semplificata di tale suscettibilità può essere ottenuta, con il diagramma seguente. La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- a) Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5. Dalla zonazione sismica ZS9 e dalla disaggregazione della pericolosità sismica si evince che l'area è soggetta a terremoti di magnitudo pari, rispettivamente a: 5.57 e 6.6, **quindi tale condizione non è verificata**;
- b) Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g. Per l'area di studio e cautelativamente per suoli di Classe C, come abbiamo visto, si ha un'accelerazione di picco in superficie pari a 0.265 g, **quindi tale condizione non è verificata**;
- c) Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal p.c., per p. c. sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali. Da rilievi del livello piezometrico si evince che nell'area la falda è posizionata generalmente a circa 0.0-1.5 metri s.l.m. tranne che nelle aree fluviali e loro delta in cui il livello oscilla tra 1.0-1.5 metri s.l.m. **quindi tale condizione non è verificata**;
- d) Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa; Dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite risulta che i litotipi presenti hanno valori più bassi o quasi al limite, **quindi tale condizione non è verificata**;
- e) Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nei grafici seguenti, nel caso di terreni a granulometria uniforme (coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$) e di terreni a granulometria estesa (coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$). Dalle analisi granulometriche è emerso che: i campioni prelevati nella zona di spiaggia (C01s, C02s, C03s) presentano un coefficiente di uniformità $3.13 < U_c < 3.23$; i campioni prelevati nella zona dunare (C01ds, C03d) presentano un coefficiente di uniformità $U_c = 5$; mentre il campione prelevato nel sondaggio eseguito per il porto presenta un coefficiente di uniformità $U_c = 21.5$. Dal confronto con i relativi grafici forniti dall'NTC2008 si evince che tutti i campioni rientrano nella fascia di elevata possibilità di liquefazione tranne il campione prelevato nel sondaggio per il porto, **quindi tale condizione non è verificata**;

FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
TERRENI A GRANULOMETRIA UNIFORME



FASCE GRANULOMETRICHE PER LA VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE
TERRENI A GRANULOMETRIA ESTESA



Visto che la procedura riportata al § 7.11.3.4.2 “Esclusione della verifica a liquefazione”, dell’NTC2008, non ha portato all’esclusione della verifica a liquefazione di tutto il territorio di studio si è provveduto a fare tale verifica con i metodi semplificati presenti in letteratura e di cui le metodologie ed i risultati completi sono riportati in **Appendice (Verifica Liquefazione Terreni - Metodi Semplificati)** alla presente relazione. La verifica è stata condotta sulle colonne stratigrafiche tipo ed adottando gli spessori massimi dei terreni, i parametri geotecnica e dinamici medi, la magnitudo e l’accelerazione di picco in superficie massima.

Inoltre è stata posizionata la falda al piano campagna in modo che non potesse essere esclusa nessuna litologia dall'analisi. I risultati dimostrano che i seguenti litotipi: GMsp1 (spessore 2.0-3.0 m), GMdc (spessore 01-03 m), GMtmf (spessore 0.0-0.2 m) risultano a probabilità di liquefazione PL da moderata a molto elevata (PL=30-90%). Le altre litologie risultano a probabilità di liquefazione PL da nullo a molto basso (PL=0-8%).

Come si è visto dato che le litologie con elevata probabilità di liquefazione costituiscono al massimo i primi 3 metri superficiali del territorio di studio, la possibilità di liquefazione è legata alla profondità della falda. Dall'incrocio dei dati stratigrafici e del livello di falda sono stati ritenuti a probabilità elevata di liquefazione le aree in cui nei primi 3 metri è presente la falda acquifera. Tali aree sono state riportate in carta come:

- **Zona L1 - Zone con potenziale di liquefazione da moderato a molto alto.** Probabilità di liquefazione (PL) da moderata a molto alta (PL = 30-90%). Classificabili secondo NTC2008 come **categoria di sottosuolo di CLASSE S2**, quindi soggetta a quanto dettato nel § 3.2.2 - Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche e § 7.11.3.1 - Risposta sismica locale delle NTC2008.

Le altre zone del territorio sono state classificate come:

- **Zona L0 - Zone con potenziale di liquefazione da molto basso a nullo.** Probabilità di liquefazione (PL) da nullo a molto basso (PL = 0-8%). Secondo NTC2008 **non rientrano nella categoria di sottosuolo di CLASSE S2.**

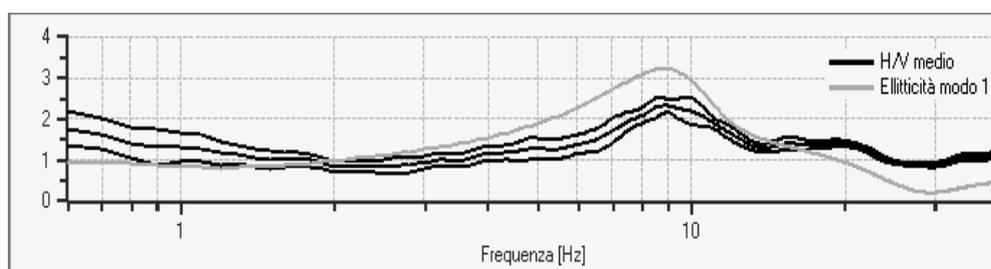
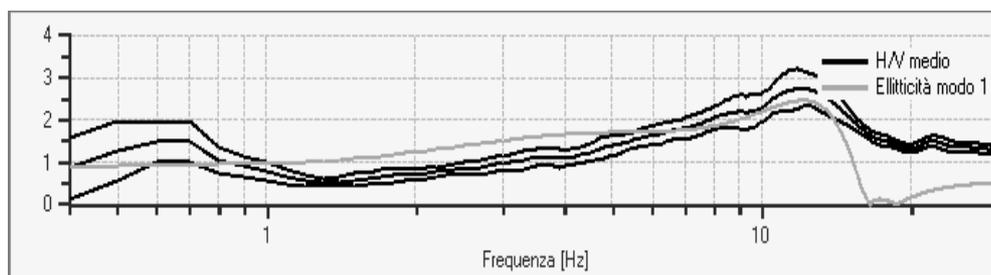
5. VALUTAZIONI CONCLUSIVE

Dallo studio è emerso che il territorio è classificabile come Zone suscettibili di amplificazione locale ascrivibili alle classi B (Zona 1) e C (Zona 1, Zona 2, Zona3) delle categorie di sottosuolo dell'NTC2008. Presentano un fattore di amplificazione F_a pari a: 1.20-1.43 (Zona 1), 1.43 (Zona 2, Zona 3). Delle zone suscettibili d'instabilità per effetti coosismici è presente la sola Zona L1 rappresentativa delle aree a probabilità di liquefazione PL da moderata a molto elevata. (PL=30-90%).

Le zone 1, 2, 3 non hanno particolari prescrizioni sono solo soggette a quanto previsto dall'NTC2008.

La Zona L1 invece è soggetta da quanto dettato nel § 3.2.2 - Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche e § 7.11.3.1 - Risposta sismica locale delle NTC2008. Ed in particolare, in base alle opere da realizzare, deve essere eseguito uno studio di dettaglio per determinare puntualmente la possibilità che possano innescarsi fenomeni di liquefazione a causa di eventi sismici attesi per la zona.

A completezza delle risultanze delle indagini svolte con particolare riferimento alle indagini di sismica superficiale passiva con tecnica Horizontal to Vertical Spectral Ratio (Hvsr), si è evidenziato che la frequenza fondamentale del sito varia dagli **11.95-12.25 Hz (0.082-0.084 s)** della zona spiaggia-dune agli **8.83-8.97 Hz (0.111-0.113 s)** della zona retrostante la spiaggia e/o le dune costiere.



Da cui si evince che per frequenze/periodi compresi, cautelativamente, tra **8.80-12.30 Hz (0.081-0.114 s)** si potrebbero avere effetti di doppia risonanza terreno-strutture, quindi forti risentimenti per amplificazione locale dell'input sismico.

Locri lì, ottobre 2013

Il Geologo

Dott. Geol. Angelo Alberto STAMILE

Dott. Geol. Nicola Gallo

VERIFICA LIQUEFAZIONE TERRENI - METODI SEMPLIFICATI

INTRODUZIONE

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ. La resistenza del deposito alla liquefazione viene quindi valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione. Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove statiche (CPT) o prove di misurazione delle onde di taglio Vs. Questi metodi sono in genere utilizzati per la progettazione di opere di media importanza.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione utilizzati sono:

- 1) Metodo di Seed e Idriss (1982);
- 2) Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);
- 3) Metodo di Andrus e Stokoe (1998);
- 4) Metodo basato sull'NTC 2008.

Seed e Idriss (1971b) per poter determinare gli sforzi di taglio indotti dal sisma propongono una semplice procedura basata sull'ipotesi di terreno omogeneo. Ipotizzando la propagazione verticale di onde sismiche di taglio, una colonna di terreno di altezza z (Fig. 1) si muove rigidamente in direzione orizzontale e pertanto lo sforzo di taglio massimo alla profondità z è dato da:

$$(1.1)\tau_{max} = \frac{a_g}{g} \times \gamma z$$

dove a_g è l'accelerazione massima in superficie, g l'accelerazione di gravità e γ il peso di volume secco del terreno.

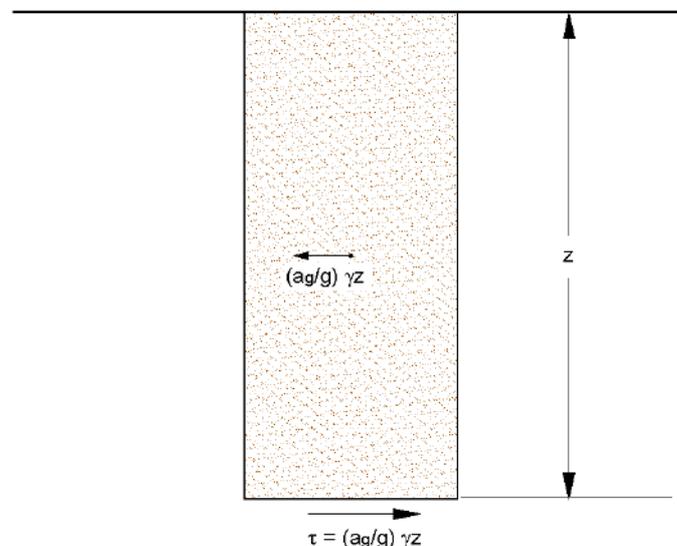


Figura 1 – Sforzo di taglio indotto dal terremoto ad una determinata quota

Poiché nella realtà il terreno è deformabile, lo sforzo di taglio è minore che nell'ipotesi di corpo rigido e quindi bisogna introdurre un coefficiente riduttivo r_d . Normalizzando con la pressione verticale effettiva e riferendosi ad un valore medio τ_{av} anziché ad un valore massimo τ_{max} si ottiene:

$$(1.2) \frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d$$

espressione valida per sismi di magnitudo 7.5. Per magnitudo diverse bisogna dividere per il fattore correttivo **MSF** (Magnitudo Scaling Factor):

$$(1.3) CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF}$$

Il 'metodo di Seed e Idriss' (1982) è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume. Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$(1.4) r_d = 1 - 0,015z$$

mentre per il fattore correttivo **MSF** si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)	Ambraseys N. N. (1988)	NCEER (Seed R. B. et al.) (1997; 2003)
5.5	1.43	2.86	2,21
6.0	1.32	2.20	1,77
6.5	1.19	1.69	1,44
7.0	1.08	1.30	1,19
7.5	1.00	1.00	1,00
8.0	0.94	0.67	0,84
8.5	0.89	0.44	0,73

Il termine a numeratore della (1.0), cioè la resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolato in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa. Si ottiene un grafico (Fig. 2) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(1.5) (N_{1,60}) = C_N N_m$$

dove N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT e C_N un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$(1.6) C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

dove σ'_{vo} è la pressione verticale effettiva, Pa la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{vo} ed n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 3).

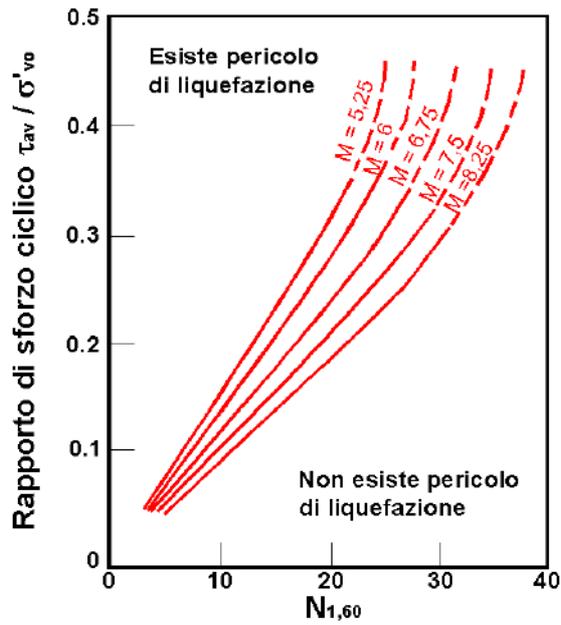


Figura 2 – Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$

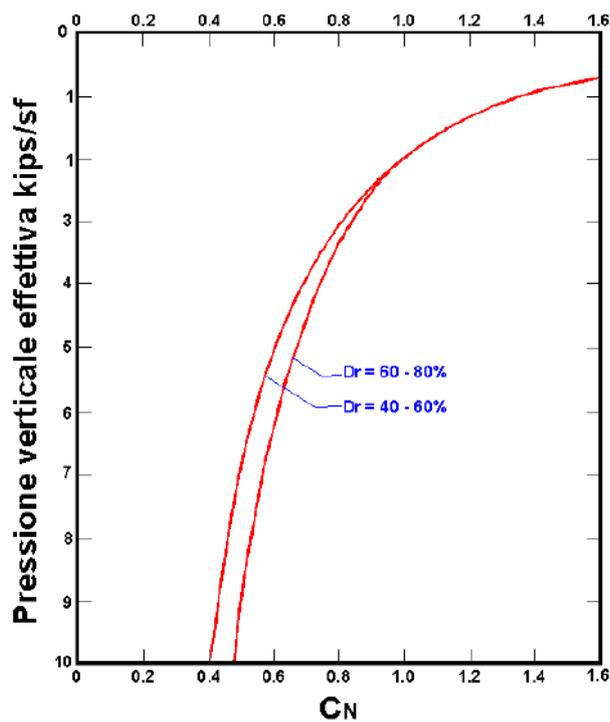


Figura 3 – Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$(1.7) CRR \approx \frac{N_{1,60}}{90}$$

Si applica quindi la (1.0); se $F_s > 1,3$ il deposito non è liquefacibile.

Gli Autori hanno precisato che questa procedura è valida per sabbie con $D_{50} > 0,25$ mm; per sabbie limose e limi suggeriscono di correggere ulteriormente il valore di $N_{1,60}$:

$$(1.8) (N_{1,60})_{CS} = N_{1,60} + 7,5$$

Il metodo di Iwasaki et al. (1978, 1984) è stato proposto basandosi sulla osservazione che la severità dei danni prodotti dalla liquefazione ai manufatti è legata al volume di terreno liquefatto all'interno del deposito.

Il metodo si basa su due quantità: il **fattore di resistenza (F_S)** e l'**indice di liquefazione (I_L)**. F_S si ottiene mediante la (1.0) e quando $F_S \leq 1$ lo strato di terreno è liquefacibile; mentre I_L , indicativo dell'estensione che il fenomeno della liquefazione può avere nel deposito, è ottenuto dalla espressione

$$(1.9) I_L = \int_0^{20} F W(z) dz$$

dove

$$F = 1 - F_S \quad \text{per } F_S \leq 1$$

$$F = 0 \quad \text{per } F_S > 1$$

$$W(z) = 10 - 0,5z$$

Per poter valutare la severità degli effetti viene proposta la scala della Tabella 2.

Il fattore correttivo r_d viene calcolato mediante la (1.4) e **MSF** come nel caso precedente.

Invece per la valutazione di CRR vengono proposte le seguenti espressioni ricavate da numerose prove di resistenza ciclica non drenata:

- per terreni con $0,04 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 0,6$

$$(2.0) CRR = 0,0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} + 0,225 \log_{10} \left(\frac{0,35}{D_{50}} \right)$$

- per terreni con $0,6 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 1,5$

$$(2.1) CRR = 0,0882 \sqrt{\frac{N_m}{\sigma'_{vo} + 0,7}} - 0,05$$

dove D_{50} è il diametro dei granuli al 50% (in mm).

Tabella 2

Valori di I_L	Rischio di liquefazione
$I_L = 0$	Molto basso
$0 < I_L \leq 5$	Basso
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$15 < I_L$	Molto alto

Il 'metodo di Andrus e Stokoe' è basato su dati provenienti da prove sismiche a rifrazione (**V_S**).

La velocità delle onde di taglio viene corretta con la formula (Robertson et al., 1992):

$$(3.7) V_{S1} = V_S \left(\frac{100}{\sigma_{vo}} \right)^{0,25}$$

La resistenza alla liquefazione è valutata mediante la formula di Andrus e Stokoe (1998):

$$(3.8) CRR = 0,03 \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{S1})_{CS} - V_{S1}} - \frac{1}{(V_{S1})_{CS}} \right]$$

dove la presenza di fini FC (%) è tenuta in conto mediante la seguente procedura:

$(V_{S1})_{CS} = 220$	per $FC \leq 5\%$
$220 < (V_{S1})_{CS} \leq 200$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$(V_{S1})_{CS} = 200$	per $FC > 35\%$

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** viene valutato come raccomandato dal NCEER (Tabella 1), il fattore di sicurezza alla liquefazione con la (1.0), mentre l'indice e il rischio di liquefazione vengono valutati con il metodo di Iwasaki et alii.

Le indicazioni della normativa europea sono contenute al punto 4.1.3 a cui si aggiungono ulteriori indicazioni che si possono trovare nell'appendice B della parte 5 dell'**Eurocodice 8 (ENV 1998-5)**.

Secondo tale normativa si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$(3.9) CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 3

Categoria suolo	Spettri di Tipo 1 S ($M > 5,5$)	Spettri di Tipo 2 S ($M \leq 5,5$)
A	1,00	1,00
B	1,20	1,35
C	1,15	1,50
D	1,35	1,80
E	1,40	1,60

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys (Tabella 1).

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

$$(4.0) \text{CRR} = \frac{0,04844 - 0,004721 (N_{1,60})_{cs} + 0,0006136 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673 [(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248 (N_{1,60})_{cs} + 0,009578 [(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285 [(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714 [(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove $(N_{1,60})_{cs}$ viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(4.1) (N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$(4.2a) N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$(4.2b) C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$(4.2c) C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al (rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico) x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato (Tabella 4).

Tabella 4

Attrezzatura	C_E
Safety Hammer	0,7 – 1,2
Donut Hammer (USA)	0,5 – 1,0
Donut Hammer (Giappone)	1,1 – 1,4
Automatic-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety)	0,8 – 1,4

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine FC:

$\alpha = 0$	per $FC \leq 5\%$
$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\alpha = 5$	per $FC > 35\%$
$\beta = 1,0$	per $FC \leq 5\%$
$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)]$	per $5\% < FC \leq 35\%$
$\beta = 1,2$	per $FC > 35\%$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (**CPT**), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la (3.0). Per poter tenere conto della eventuale presenza di fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.

Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$(4.3) \frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato $(N_{1,60})_{cs}$ dalla (4.2a), si utilizza la (4.0) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche di rifrazione, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la (3.7) e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe (3.8):

La normativa italiana (NTC 2008) richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa. La normativa esclude il pericolo di liquefazione se il terreno saturo si trova ad una profondità superiore a 15 m o se $a_g S < 0,15g$ e, contemporaneamente, si verifica una delle seguenti condizioni:

- contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_{1,60} > 20$;
- frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$.

Come la normativa europea, quella italiana ritiene che *la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.*

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$(4.4) \text{CSR} = 0,65 S \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{\text{MSF}} \frac{1}{K_\sigma}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

Tabella 5

Categoria suolo	S
A	1,00
B, C, E	1,25
D	1,35

Il coefficiente riduttivo r_d viene valutato secondo quanto proposto da Idriss (1999):

$$(4.5a) r_d = \exp[\alpha(z) + \beta(z)M]$$

$$(4.5b) \alpha(z) = -1,012 - 1,126 \operatorname{sen} \left[\left(\frac{z}{11,73} \right) + 5,133 \right]$$

$$(4.5c) \beta(z) = 0,106 + 0,118 \operatorname{sen} \left[\left(\frac{z}{11,28} \right) + 5,142 \right]$$

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** utilizzato dal programma è quello raccomandato dal NCEER (Tabella 1).

K_σ è un fattore di correzione della tensione litostatica compreso fra 1 e 1,5 (Olsen, 1984):

$$K_\sigma = 1 \quad \text{per } \sigma'_{vo} < 100$$

$$K_\sigma = (\sigma'_{vo}/100)^f - 1 \quad \text{per } \sigma'_{vo} \geq 100$$

dove f è un parametro funzione di $(N_{1,60})$ e σ'_{vo} .

La resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente espressione:

$$(4.6) \text{CRR} = \frac{1}{[34 - (N_{1,60})_{cs}]} \frac{(N_{1,60})_{cs}}{135} + \frac{50}{[10 (N_{1,60})_{cs} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

dove $(N_{1,60})_{CS}$ viene calcolato mediante la (4.1), nella quale però $N_{1,60}$ è valutato nel seguente modo:

$$(4.7) N_{1,60} = C_N C_E C_R C_S C_B N_m$$

dove C_N e C_E sono calcolati mediante la (4.2b) e la (4.2c).

C_R è un fattore di correzione per la lunghezza L delle aste della prova pari a:

Tabella 6

L	C_R
≤ 3	0,75
$3 < L \leq 4$	0,80
$4 < L \leq 6$	0,85
$6 < L \leq 10$	0,95
> 10	1,00

C_S è un fattore di correzione per il tipo di campionatore:

per campionatori di tipo standard C_S è sempre uguale a 1,0

per campionatori di tipo non-standard C_S è compreso fra 1,1 e 1,3

C_B è un fattore di correzione per il diametro del foro di sondaggio ed è pari a:

Tabella 7

Diametro foro	C_B
65 – 115 mm	1,00
115 – 150 mm	1,05
150 – 200 mm	1,15

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati e quindi deve essere $F_S \leq 1,25$.

La probabilità di liquefazione P_L , invece, è data dall'espressione di Juang et al. (2001):

$$(4.8) P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_S}{0,72} \right)^{3,1}}$$

CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE PER IL TIPO LITOLOGICO (GMsp)

Dati generali

Numero di strati = 3

Profondità della falda = 0 m

Magnitudo del sisma = 6.5

Accelerazione massima al suolo = 0.27

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	GMsp01	0	3	15.5	18.5	5	0.62	0	0	140
2	GMsp02	3	6	18	19	17	0.85	0	0	240
3	GMsp03	6	18	18.5	19.5	32	0.85	0	0	290

Metodo di Seed H. B. e Idriss I. M. (1982)

Input dati

Strato Nr.	Dr (%)
1	50
2	60
3	70

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.19

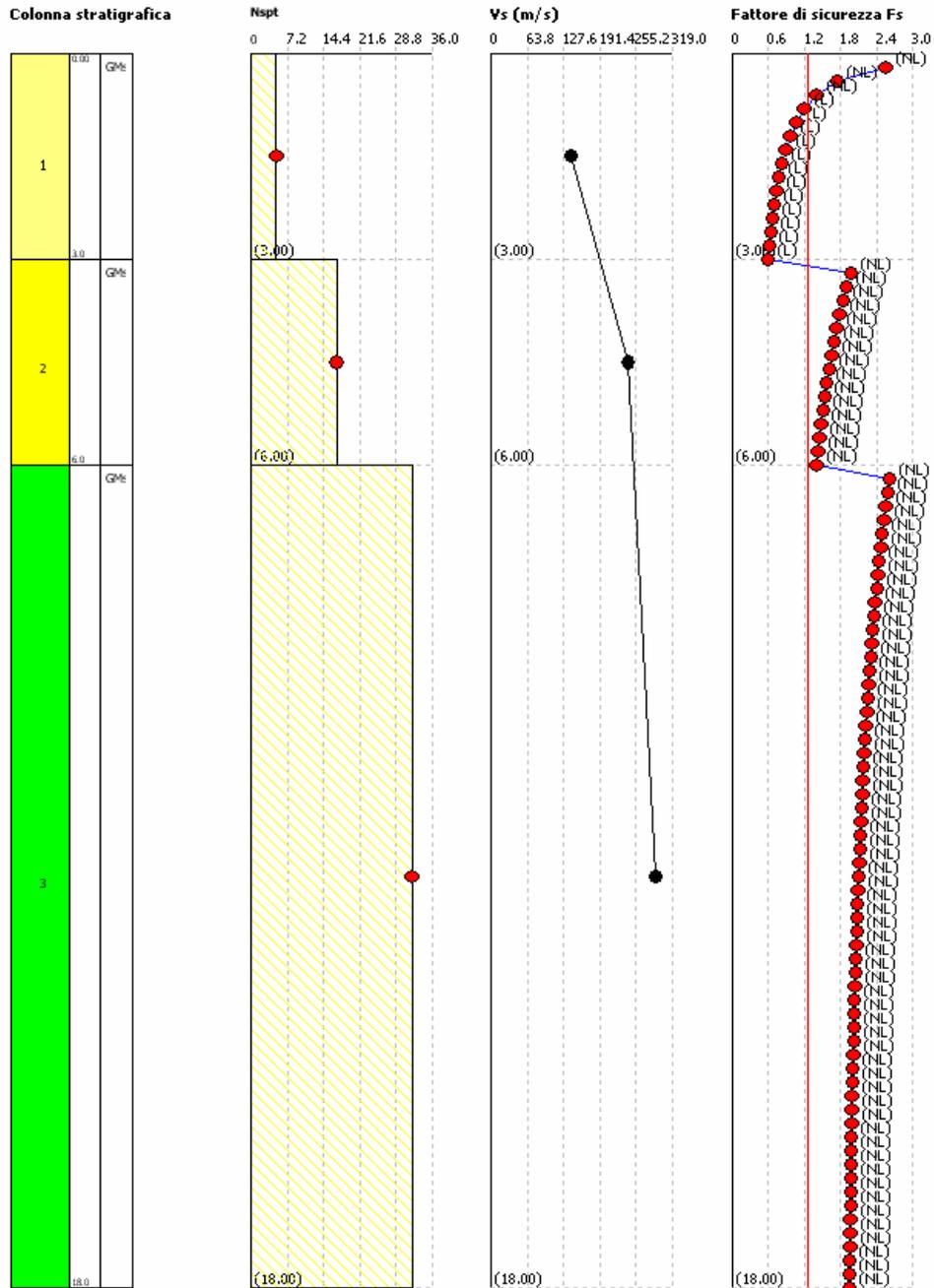
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione
1	0.20	3.10	3.10	1.60	33.78	1.00	0.38	0.15	2.55	NL
2	0.40	6.20	6.20	1.60	23.08	0.99	0.26	0.15	1.75	NL
3	0.60	9.30	9.30	1.60	18.46	0.99	0.21	0.15	1.40	NL
4	0.80	12.40	12.40	1.60	15.76	0.99	0.18	0.15	1.20	L
5	1.00	15.50	15.50	1.60	13.94	0.99	0.15	0.15	1.07	L
6	1.20	18.60	18.60	1.60	12.61	0.98	0.14	0.14	0.97	L
7	1.40	21.70	21.70	1.60	11.59	0.98	0.13	0.14	0.89	L
8	1.60	24.80	24.80	1.60	10.77	0.98	0.12	0.14	0.83	L
9	1.80	27.90	27.90	1.60	10.09	0.97	0.11	0.14	0.78	L
10	2.00	31.00	31.00	1.60	9.52	0.97	0.11	0.14	0.74	L
11	2.20	34.10	34.10	1.60	9.04	0.97	0.10	0.14	0.70	L
12	2.40	37.20	37.20	1.60	8.61	0.96	0.10	0.14	0.67	L
13	2.60	40.30	40.30	1.60	8.24	0.96	0.09	0.14	0.65	L
14	2.80	43.40	43.40	1.58	7.91	0.96	0.09	0.14	0.62	L
15	3.00	46.50	46.50	1.52	7.62	0.96	0.08	0.14	0.60	L
16	3.20	50.10	50.10	1.46	24.86	0.95	0.28	0.14	1.97	NL
17	3.40	53.70	53.70	1.41	23.93	0.95	0.27	0.14	1.90	NL
18	3.60	57.30	57.30	1.36	23.09	0.95	0.26	0.14	1.84	NL
19	3.80	60.90	60.90	1.31	22.33	0.94	0.25	0.14	1.78	NL
20	4.00	64.50	64.50	1.27	21.64	0.94	0.24	0.14	1.73	NL
21	4.20	68.10	68.10	1.24	21.00	0.94	0.23	0.14	1.69	NL
22	4.40	71.70	71.70	1.20	20.41	0.93	0.23	0.14	1.65	NL
23	4.60	75.30	75.30	1.17	19.87	0.93	0.22	0.14	1.61	NL
24	4.80	78.90	78.90	1.14	19.37	0.93	0.22	0.14	1.57	NL
25	5.00	82.50	82.50	1.11	18.90	0.93	0.21	0.14	1.54	NL
26	5.20	86.10	86.10	1.09	18.46	0.92	0.21	0.14	1.51	NL
27	5.40	89.70	89.70	1.06	18.05	0.92	0.20	0.14	1.48	NL
28	5.60	93.30	93.30	1.04	17.66	0.92	0.20	0.14	1.45	NL
29	5.80	96.90	96.90	1.02	17.30	0.91	0.19	0.13	1.43	NL
30	6.00	100.50	100.50	1.00	16.95	0.91	0.19	0.13	1.40	NL
31	6.20	104.20	104.20	0.98	31.41	0.91	0.35	0.13	2.61	NL
32	6.40	107.90	107.90	0.97	30.92	0.90	0.34	0.13	2.58	NL
33	6.60	111.60	111.60	0.95	30.46	0.90	0.34	0.13	2.55	NL
34	6.80	115.30	115.30	0.94	30.01	0.90	0.33	0.13	2.52	NL
35	7.00	119.00	119.00	0.92	29.59	0.90	0.33	0.13	2.49	NL
36	7.20	122.70	122.70	0.91	29.19	0.89	0.32	0.13	2.47	NL
37	7.40	126.40	126.40	0.90	28.80	0.89	0.32	0.13	2.44	NL
38	7.60	130.10	130.10	0.89	28.43	0.89	0.32	0.13	2.42	NL
39	7.80	133.80	133.80	0.88	28.07	0.88	0.31	0.13	2.40	NL
40	8.00	137.50	137.50	0.87	27.73	0.88	0.31	0.13	2.37	NL
41	8.20	141.20	141.20	0.86	27.40	0.88	0.30	0.13	2.35	NL
42	8.40	144.90	144.90	0.85	27.08	0.87	0.30	0.13	2.33	NL
43	8.60	148.60	148.60	0.84	26.78	0.87	0.30	0.13	2.32	NL
44	8.80	152.30	152.30	0.83	26.48	0.87	0.29	0.13	2.30	NL
45	9.00	156.00	156.00	0.82	26.20	0.87	0.29	0.13	2.28	NL
46	9.20	159.70	159.70	0.81	25.92	0.86	0.29	0.13	2.27	NL

47	9.40	163.40	163.40	0.80	25.66	0.86	0.29	0.13	2.25	NL
48	9.60	167.10	167.10	0.79	25.40	0.86	0.28	0.13	2.24	NL
49	9.80	170.80	170.80	0.79	25.15	0.85	0.28	0.13	2.22	NL
50	10.00	174.50	174.50	0.78	24.91	0.85	0.28	0.13	2.21	NL
51	10.20	178.20	178.20	0.77	24.67	0.85	0.27	0.12	2.19	NL
52	10.40	181.90	181.90	0.76	24.45	0.84	0.27	0.12	2.18	NL
53	10.60	185.60	185.60	0.76	24.23	0.84	0.27	0.12	2.17	NL
54	10.80	189.30	189.30	0.75	24.01	0.84	0.27	0.12	2.16	NL
55	11.00	193.00	193.00	0.74	23.80	0.84	0.26	0.12	2.15	NL
56	11.20	196.70	196.70	0.74	23.60	0.83	0.26	0.12	2.14	NL
57	11.40	200.40	200.40	0.73	23.40	0.83	0.26	0.12	2.13	NL
58	11.60	204.10	204.10	0.73	23.21	0.83	0.26	0.12	2.12	NL
59	11.80	207.80	207.80	0.72	23.03	0.82	0.26	0.12	2.11	NL
60	12.00	211.50	211.50	0.71	22.84	0.82	0.25	0.12	2.10	NL
61	12.20	215.20	215.20	0.71	22.67	0.82	0.25	0.12	2.09	NL
62	12.40	218.90	218.90	0.70	22.49	0.81	0.25	0.12	2.08	NL
63	12.60	222.60	222.60	0.70	22.32	0.81	0.25	0.12	2.07	NL
64	12.80	226.30	226.30	0.69	22.16	0.81	0.25	0.12	2.07	NL
65	13.00	230.00	230.00	0.69	22.00	0.81	0.24	0.12	2.06	NL
66	13.20	233.70	233.70	0.68	21.84	0.80	0.24	0.12	2.05	NL
67	13.40	237.40	237.40	0.68	21.69	0.80	0.24	0.12	2.05	NL
68	13.60	241.10	241.10	0.67	21.54	0.80	0.24	0.12	2.04	NL
69	13.80	244.80	244.80	0.67	21.39	0.79	0.24	0.12	2.03	NL
70	14.00	248.50	248.50	0.66	21.24	0.79	0.24	0.12	2.03	NL
71	14.20	252.20	252.20	0.66	21.10	0.79	0.23	0.12	2.02	NL
72	14.40	255.90	255.90	0.66	20.97	0.78	0.23	0.12	2.02	NL
73	14.60	259.60	259.60	0.65	20.83	0.78	0.23	0.12	2.01	NL
74	14.80	263.30	263.30	0.65	20.70	0.78	0.23	0.11	2.00	NL
75	15.00	267.00	267.00	0.64	20.57	0.78	0.23	0.11	2.00	NL
76	15.20	270.70	270.70	0.64	20.44	0.77	0.23	0.11	1.99	NL
77	15.40	274.40	274.40	0.63	20.32	0.77	0.23	0.11	1.99	NL
78	15.60	278.10	278.10	0.63	20.20	0.77	0.22	0.11	1.99	NL
79	15.80	281.80	281.80	0.63	20.08	0.76	0.22	0.11	1.98	NL
80	16.00	285.50	285.50	0.62	19.96	0.76	0.22	0.11	1.98	NL
81	16.20	289.20	289.20	0.62	19.84	0.76	0.22	0.11	1.97	NL
82	16.40	292.90	292.90	0.62	19.73	0.75	0.22	0.11	1.97	NL
83	16.60	296.60	296.60	0.61	19.62	0.75	0.22	0.11	1.97	NL
84	16.80	300.30	300.30	0.61	19.51	0.75	0.22	0.11	1.97	NL
85	17.00	304.00	304.00	0.61	19.40	0.75	0.22	0.11	1.96	NL
86	17.20	307.70	307.70	0.60	19.30	0.74	0.21	0.11	1.96	NL
87	17.40	311.40	311.40	0.60	19.19	0.74	0.21	0.11	1.96	NL
88	17.60	315.10	315.10	0.60	19.09	0.74	0.21	0.11	1.95	NL
89	17.80	318.80	318.80	0.59	18.99	0.73	0.21	0.11	1.95	NL
90	18.00	322.50	322.50	0.59	18.89	0.73	0.21	0.11	1.95	NL

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Seed Idriss
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale Comune di Locri

Data:



EC8 (SPT) (1998)

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.75

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1.3

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.69

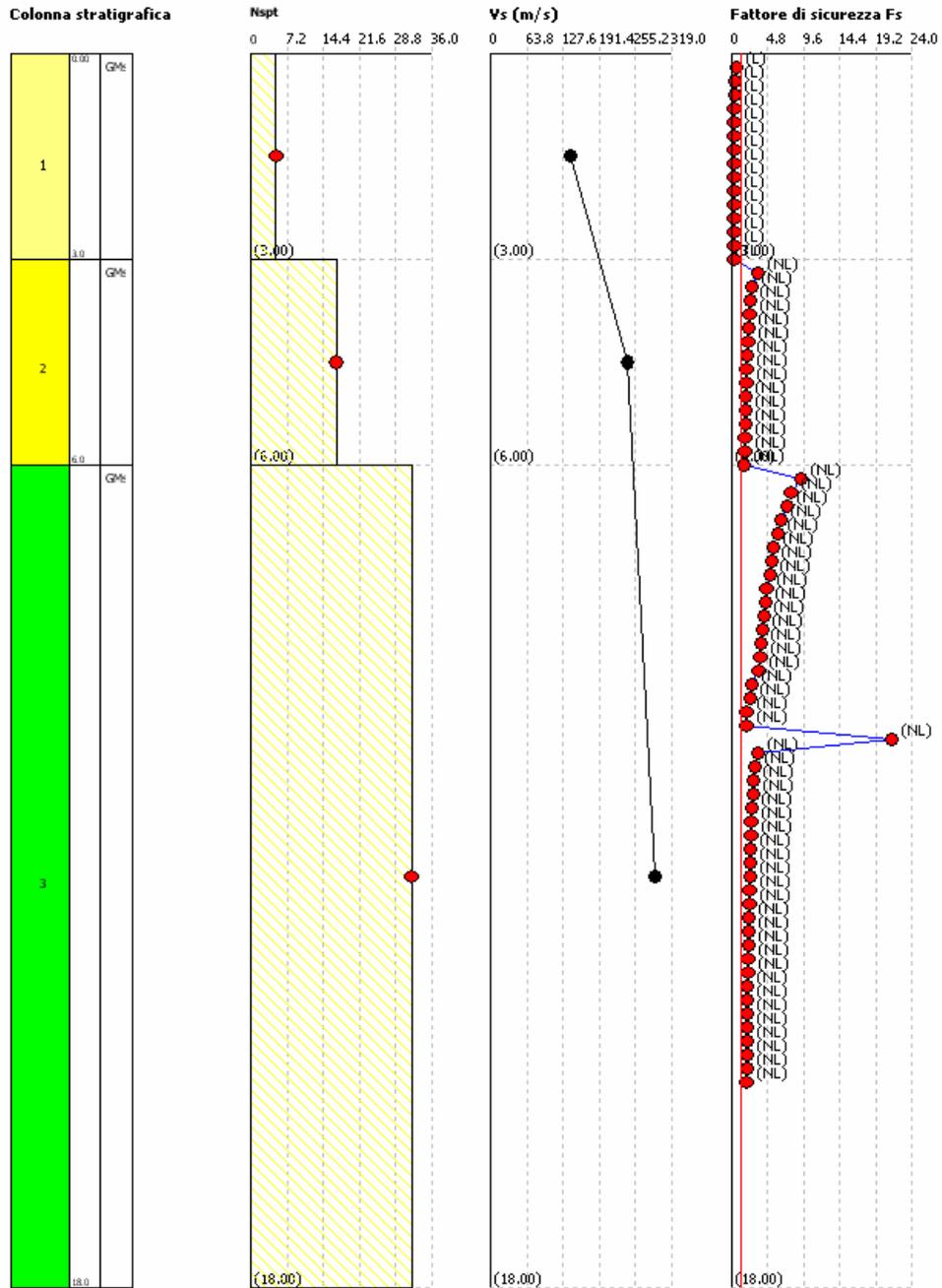
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.10	3.10	1.70	7.97	1.00	0.09	0.14	0.64	L	59.03
2	0.40	6.20	6.20	1.70	5.98	1.00	0.07	0.14	0.52	L	73.28
3	0.60	9.30	9.30	1.70	4.48	1.00	0.06	0.14	0.45	L	81.11
4	0.80	12.40	12.40	1.70	3.36	0.99	0.06	0.14	0.41	L	85.14
5	1.00	15.50	15.50	1.70	2.52	0.99	0.05	0.14	0.39	L	87.00
6	1.20	18.60	18.60	1.70	1.89	0.99	0.05	0.14	0.38	L	87.88
7	1.40	21.70	21.70	1.70	1.42	0.99	0.05	0.14	0.37	L	88.73
8	1.60	24.80	24.80	1.70	1.06	0.99	0.05	0.14	0.36	L	89.56
9	1.80	27.90	27.90	1.70	0.80	0.99	0.05	0.14	0.36	L	89.56
10	2.00	31.00	31.00	1.70	0.60	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
11	2.20	34.10	34.10	1.70	0.45	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
12	2.40	37.20	37.20	1.64	0.32	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
13	2.60	40.30	40.30	1.58	0.23	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
14	2.80	43.40	43.40	1.52	0.17	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
15	3.00	46.50	46.50	1.47	0.12	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
16	3.20	50.10	50.10	1.41	29.96	0.98	0.48	0.14	3.49	NL	0.74
17	3.40	53.70	53.70	1.36	28.90	0.97	0.38	0.14	2.78	NL	1.50
18	3.60	57.30	57.30	1.32	28.05	0.97	0.35	0.14	2.56	NL	1.92
19	3.80	60.90	60.90	1.28	27.20	0.97	0.33	0.14	2.41	NL	2.31
20	4.00	64.50	64.50	1.25	26.56	0.97	0.31	0.14	2.31	NL	2.62
21	4.20	68.10	68.10	1.21	25.71	0.97	0.30	0.14	2.19	NL	3.08
22	4.40	71.70	71.70	1.18	25.08	0.97	0.29	0.14	2.11	NL	3.45
23	4.60	75.30	75.30	1.15	24.44	0.96	0.28	0.14	2.04	NL	3.81
24	4.80	78.90	78.90	1.13	24.01	0.96	0.27	0.14	2.00	NL	4.04
25	5.00	82.50	82.50	1.10	23.38	0.96	0.26	0.13	1.93	NL	4.49
26	5.20	86.10	86.10	1.08	22.95	0.96	0.25	0.13	1.89	NL	4.78
27	5.40	89.70	89.70	1.06	22.53	0.96	0.25	0.13	1.85	NL	5.09
28	5.60	93.30	93.30	1.04	22.10	0.96	0.24	0.13	1.81	NL	5.43
29	5.80	96.90	96.90	1.02	21.68	0.96	0.24	0.13	1.77	NL	5.80
30	6.00	100.50	100.50	1.00	21.25	0.95	0.23	0.13	1.74	NL	6.09
31	6.20	104.20	104.20	0.98	39.20	0.95	1.05	0.11	9.22	NL	0.04
32	6.40	107.90	107.90	0.96	38.40	0.95	0.90	0.11	7.95	NL	0.06
33	6.60	111.60	111.60	0.95	38.00	0.95	0.84	0.11	7.44	NL	0.07
34	6.80	115.30	115.30	0.93	37.20	0.95	0.75	0.11	6.59	NL	0.10
35	7.00	119.00	119.00	0.92	36.80	0.95	0.71	0.11	6.24	NL	0.12
36	7.20	122.70	122.70	0.90	36.00	0.94	0.64	0.11	5.63	NL	0.17
37	7.40	126.40	126.40	0.89	35.60	0.94	0.61	0.11	5.37	NL	0.20

38	7.60	130.10	130.10	0.88	35.20	0.94	0.58	0.11	5.13	NL	0.23
39	7.80	133.80	133.80	0.86	34.40	0.94	0.53	0.11	4.70	NL	0.30
40	8.00	137.50	137.50	0.85	34.00	0.94	0.51	0.11	4.51	NL	0.34
41	8.20	141.20	141.20	0.84	33.60	0.94	0.48	0.11	4.33	NL	0.38
42	8.40	144.90	144.90	0.83	33.20	0.94	0.46	0.11	4.16	NL	0.43
43	8.60	148.60	148.60	0.82	32.80	0.93	0.45	0.11	3.99	NL	0.49
44	8.80	152.30	152.30	0.81	32.40	0.93	0.43	0.11	3.82	NL	0.56
45	9.00	156.00	156.00	0.80	32.00	0.93	0.40	0.11	3.64	NL	0.65
46	9.20	159.70	159.70	0.79	31.60	1.15	0.38	0.14	2.78	NL	1.50
47	9.40	163.40	163.40	0.78	31.20	1.15	0.35	0.14	2.53	NL	1.99
48	9.60	167.10	167.10	0.77	30.80	1.15	0.27	0.14	1.98	NL	4.16
49	9.80	170.80	170.80	0.77	30.80	1.15	0.27	0.14	1.98	NL	4.16
50	10.00	174.50	174.50	0.76	30.40	1.15	2.91	0.14	21.24	NL	0.00
51	10.20	178.20	178.20	0.75	30.00	1.15	0.49	0.14	3.56	NL	0.70
52	10.40	181.90	181.90	0.74	29.60	1.15	0.42	0.14	3.09	NL	1.08
53	10.60	185.60	185.60	0.73	29.20	1.15	0.39	0.14	2.88	NL	1.34
54	10.80	189.30	189.30	0.73	29.20	1.15	0.39	0.14	2.88	NL	1.34
55	11.00	193.00	193.00	0.72	28.80	1.14	0.37	0.14	2.74	NL	1.56
56	11.20	196.70	196.70	0.71	28.40	1.14	0.36	0.14	2.64	NL	1.75
57	11.40	200.40	200.40	0.71	28.40	1.14	0.36	0.14	2.64	NL	1.75
58	11.60	204.10	204.10	0.70	28.00	1.14	0.35	0.14	2.55	NL	1.95
59	11.80	207.80	207.80	0.69	27.60	1.14	0.34	0.14	2.47	NL	2.14
60	12.00	211.50	211.50	0.69	27.60	1.14	0.34	0.14	2.47	NL	2.14
61	12.20	215.20	215.20	0.68	27.20	1.14	0.33	0.14	2.40	NL	2.34
62	12.40	218.90	218.90	0.68	27.20	1.14	0.33	0.14	2.40	NL	2.34
63	12.60	222.60	222.60	0.67	26.80	1.14	0.32	0.14	2.34	NL	2.52
64	12.80	226.30	226.30	0.66	26.40	1.14	0.31	0.14	2.28	NL	2.73
65	13.00	230.00	230.00	0.66	26.40	1.14	0.31	0.14	2.28	NL	2.73
66	13.20	233.70	233.70	0.65	26.00	1.14	0.30	0.14	2.23	NL	2.92
67	13.40	237.40	237.40	0.65	26.00	1.14	0.30	0.14	2.23	NL	2.92
68	13.60	241.10	241.10	0.64	25.60	1.14	0.30	0.14	2.17	NL	3.17
69	13.80	244.80	244.80	0.64	25.60	1.14	0.30	0.14	2.17	NL	3.17
70	14.00	248.50	248.50	0.63	25.20	1.14	0.29	0.14	2.12	NL	3.40
71	14.20	252.20	252.20	0.63	25.20	1.14	0.29	0.14	2.13	NL	3.35
72	14.40	255.90	255.90	0.63	25.20	1.14	0.29	0.14	2.13	NL	3.35
73	14.60	259.60	259.60	0.62	24.80	1.14	0.28	0.14	2.08	NL	3.60
74	14.80	263.30	263.30	0.62	24.80	1.13	0.28	0.14	2.08	NL	3.60
75	15.00	267.00	267.00	0.61	24.40	1.13	0.28	0.14	2.03	NL	3.87

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: ECB (SPT)
Diagrammi: N_{spt} - V_s - F_s

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale Comune di Locri

Data:



NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.6
 Diametro del foro di sondaggio (mm) = 50.48
 Tipo di campionatore non-standard

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1
 Correzione per il diametro del foro (CB) = 1
 Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.44

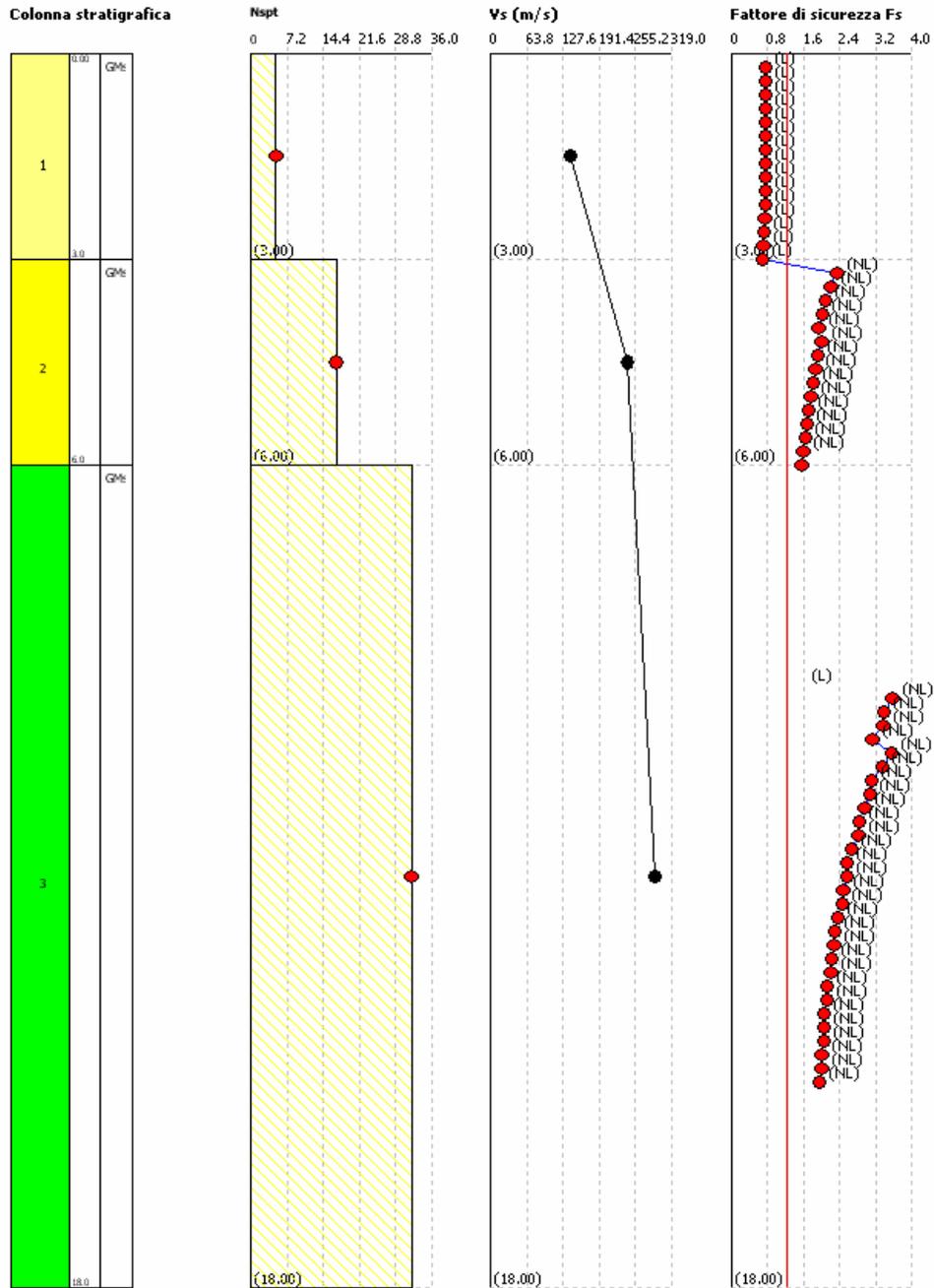
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Correzione per il tipo di campionatore (CS)	Correzione per la prof. raggiunta dalle aste (CR)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Correzione per il sovraccarico (Ks)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.10	3.10	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
2	0.40	6.20	6.20	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
3	0.60	9.30	9.30	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
4	0.80	12.40	12.40	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
5	1.00	15.50	15.50	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
6	1.20	18.60	18.60	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
7	1.40	21.70	21.70	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
8	1.60	24.80	24.80	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
9	1.80	27.90	27.90	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
10	2.00	31.00	31.00	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
11	2.20	34.10	34.10	1.70	1.10	0.75	7.01	0.70	1.00	0.09	0.12	0.76	L	45.82
12	2.40	37.20	37.20	1.64	1.10	0.75	6.77	0.70	1.00	0.09	0.12	0.75	L	46.84
13	2.60	40.30	40.30	1.58	1.10	0.75	6.52	0.70	1.00	0.08	0.12	0.73	L	48.93
14	2.80	43.40	43.40	1.52	1.10	0.75	6.27	0.70	1.00	0.08	0.12	0.71	L	51.08
15	3.00	46.50	46.50	1.47	1.10	0.75	6.06	0.70	1.00	0.08	0.12	0.70	L	52.18
16	3.20	50.10	50.10	1.41	1.24	0.80	23.78	0.70	1.00	0.27	0.12	2.34	NL	2.52
17	3.40	53.70	53.70	1.36	1.23	0.80	22.75	0.70	1.00	0.25	0.12	2.20	NL	3.04
18	3.60	57.30	57.30	1.32	1.22	0.80	21.90	0.70	1.00	0.24	0.12	2.09	NL	3.54
19	3.80	60.90	60.90	1.28	1.22	0.80	21.24	0.70	1.00	0.23	0.11	2.01	NL	3.98
20	4.00	64.50	64.50	1.25	1.21	0.80	20.57	0.70	1.00	0.22	0.11	1.94	NL	4.42
21	4.20	68.10	68.10	1.21	1.21	0.85	21.16	0.70	1.00	0.23	0.11	2.00	NL	4.04
22	4.40	71.70	71.70	1.18	1.20	0.85	20.46	0.70	1.00	0.22	0.11	1.92	NL	4.56
23	4.60	75.30	75.30	1.15	1.20	0.85	19.94	0.70	1.00	0.21	0.11	1.87	NL	4.93
24	4.80	78.90	78.90	1.13	1.19	0.85	19.43	0.70	1.00	0.21	0.11	1.81	NL	5.43
25	5.00	82.50	82.50	1.10	1.19	0.85	18.92	0.70	1.00	0.20	0.11	1.76	NL	5.89
26	5.20	86.10	86.10	1.08	1.18	0.85	18.42	0.70	1.00	0.20	0.11	1.71	NL	6.41
27	5.40	89.70	89.70	1.06	1.18	0.85	18.07	0.70	1.00	0.19	0.11	1.68	NL	6.74
28	5.60	93.30	93.30	1.04	1.18	0.85	17.73	0.70	1.00	0.19	0.11	1.64	NL	7.23
29	5.80	96.90	96.90	1.02	1.17	0.85	17.24	0.70	1.00	0.18	0.11	1.60	NL	7.76
30	6.00	100.50	100.50	1.00	1.17	0.85	16.91	0.70	1.00	0.18	0.12	1.56	NL	8.34
31	6.20	104.20	104.20	0.98	1.30	0.95	38.73	0.70					NL	0.00

32	6.40	107.90	107.90	0.96	1.30	0.95	37.94	0.70					NL	0.00
33	6.60	111.60	111.60	0.95	1.30	0.95	37.54	0.70					NL	0.00
34	6.80	115.30	115.30	0.93	1.30	0.95	36.75	0.70					NL	0.00
35	7.00	119.00	119.00	0.92	1.29	0.95	36.08	0.70					NL	0.00
36	7.20	122.70	122.70	0.90	1.29	0.95	35.29	0.70					NL	0.00
37	7.40	126.40	126.40	0.89	1.28	0.95	34.63	0.70					NL	0.00
38	7.60	130.10	130.10	0.88	1.28	0.95	34.24	0.70					NL	0.00
39	7.80	133.80	133.80	0.86	1.28	0.95	33.46	0.70					NL	0.00
40	8.00	137.50	137.50	0.85	1.27	0.95	32.82	0.70					NL	0.00
41	8.20	141.20	141.20	0.84	1.27	0.95	32.43	0.70					NL	0.00
42	8.40	144.90	144.90	0.83	1.27	0.95	32.04	0.70					NL	0.00
43	8.60	148.60	148.60	0.82	1.26	0.95	31.41	0.70					NL	0.00
44	8.80	152.30	152.30	0.81	1.26	0.95	31.03	0.70					NL	0.00
45	9.00	156.00	156.00	0.80	1.26	0.95	30.64	0.70					NL	0.00
46	9.20	159.70	159.70	0.79	1.25	0.95	30.02	0.70					NL	0.00
47	9.40	163.40	163.40	0.78	1.25	0.95	29.64	0.70	0.85	0.44	0.12	3.57	NL	0.69
48	9.60	167.10	167.10	0.77	1.25	0.95	29.26	0.70	0.85	0.42	0.13	3.38	NL	0.82
49	9.80	170.80	170.80	0.77	1.25	0.95	29.26	0.70	0.84	0.42	0.13	3.36	NL	0.84
50	10.00	174.50	174.50	0.76	1.24	0.95	28.65	0.70	0.84	0.39	0.13	3.12	NL	1.05
51	10.20	178.20	178.20	0.75	1.24	1.00	29.76	0.70	0.83	0.45	0.13	3.54	NL	0.71
52	10.40	181.90	181.90	0.74	1.24	1.00	29.36	0.70	0.83	0.43	0.13	3.34	NL	0.85
53	10.60	185.60	185.60	0.73	1.23	1.00	28.73	0.70	0.83	0.40	0.13	3.10	NL	1.07
54	10.80	189.30	189.30	0.73	1.23	1.00	28.73	0.70	0.82	0.40	0.13	3.08	NL	1.09
55	11.00	193.00	193.00	0.72	1.23	1.00	28.34	0.70	0.82	0.38	0.13	2.95	NL	1.25
56	11.20	196.70	196.70	0.71	1.23	1.00	27.95	0.70	0.82	0.37	0.13	2.83	NL	1.42
57	11.40	200.40	200.40	0.71	1.23	1.00	27.95	0.70	0.81	0.37	0.13	2.82	NL	1.43
58	11.60	204.10	204.10	0.70	1.22	1.00	27.33	0.70	0.81	0.35	0.13	2.66	NL	1.71
59	11.80	207.80	207.80	0.69	1.22	1.00	26.94	0.70	0.81	0.34	0.13	2.57	NL	1.90
60	12.00	211.50	211.50	0.69	1.22	1.00	26.94	0.70	0.81	0.34	0.13	2.56	NL	1.92
61	12.20	215.20	215.20	0.68	1.22	1.00	26.55	0.70	0.80	0.33	0.13	2.48	NL	2.12
62	12.40	218.90	218.90	0.68	1.22	1.00	26.55	0.70	0.80	0.33	0.13	2.47	NL	2.14
63	12.60	222.60	222.60	0.67	1.21	1.00	25.94	0.70	0.80	0.31	0.13	2.35	NL	2.49
64	12.80	226.30	226.30	0.66	1.21	1.00	25.56	0.70	0.80	0.30	0.13	2.29	NL	2.69
65	13.00	230.00	230.00	0.66	1.21	1.00	25.56	0.70	0.80	0.30	0.13	2.28	NL	2.73
66	13.20	233.70	233.70	0.65	1.21	1.00	25.17	0.70	0.80	0.30	0.13	2.22	NL	2.96
67	13.40	237.40	237.40	0.65	1.21	1.00	25.17	0.70	0.79	0.30	0.13	2.21	NL	3.00
68	13.60	241.10	241.10	0.64	1.20	1.00	24.58	0.70	0.79	0.28	0.13	2.12	NL	3.40
69	13.80	244.80	244.80	0.64	1.20	1.00	24.58	0.70	0.79	0.28	0.13	2.12	NL	3.40
70	14.00	248.50	248.50	0.63	1.20	1.00	24.19	0.70	0.79	0.28	0.13	2.06	NL	3.70
71	14.20	252.20	252.20	0.63	1.20	1.00	24.19	0.70	0.79	0.28	0.13	2.06	NL	3.70
72	14.40	255.90	255.90	0.63	1.20	1.00	24.19	0.70	0.79	0.28	0.13	2.05	NL	3.76
73	14.60	259.60	259.60	0.62	1.20	1.00	23.81	0.70	0.78	0.27	0.13	2.00	NL	4.04
74	14.80	263.30	263.30	0.62	1.20	1.00	23.81	0.70	0.78	0.27	0.14	2.00	NL	4.04
75	15.00	267.00	267.00	0.61	1.20	1.00	23.42	0.70	0.78	0.26	0.14	1.95	NL	4.36

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: NTC 2008
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
 Località: Litorale Comune di Locri

Data:



CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE PER IL TIPO LITOLOGICO (GMdc)

Dati generali

Numero di strati = 3

Profondità della falda = 0 m

Magnitudo del sisma = 6.5

Accelerazione massima al suolo = 0.27

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	GMdc01	0	3	15	18.5	5	0.41	0	0	125
2	GMdc02	3	6	18	19	16	0.85	0	0	255
3	GMdc03	6	18	18.5	19.5	28	0.85	0	0	310

Metodo di Seed H. B. e Idriss I. M. (1982)

Input dati

Strato Nr.	Dr (%)
1	50
2	60
3	70

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.19

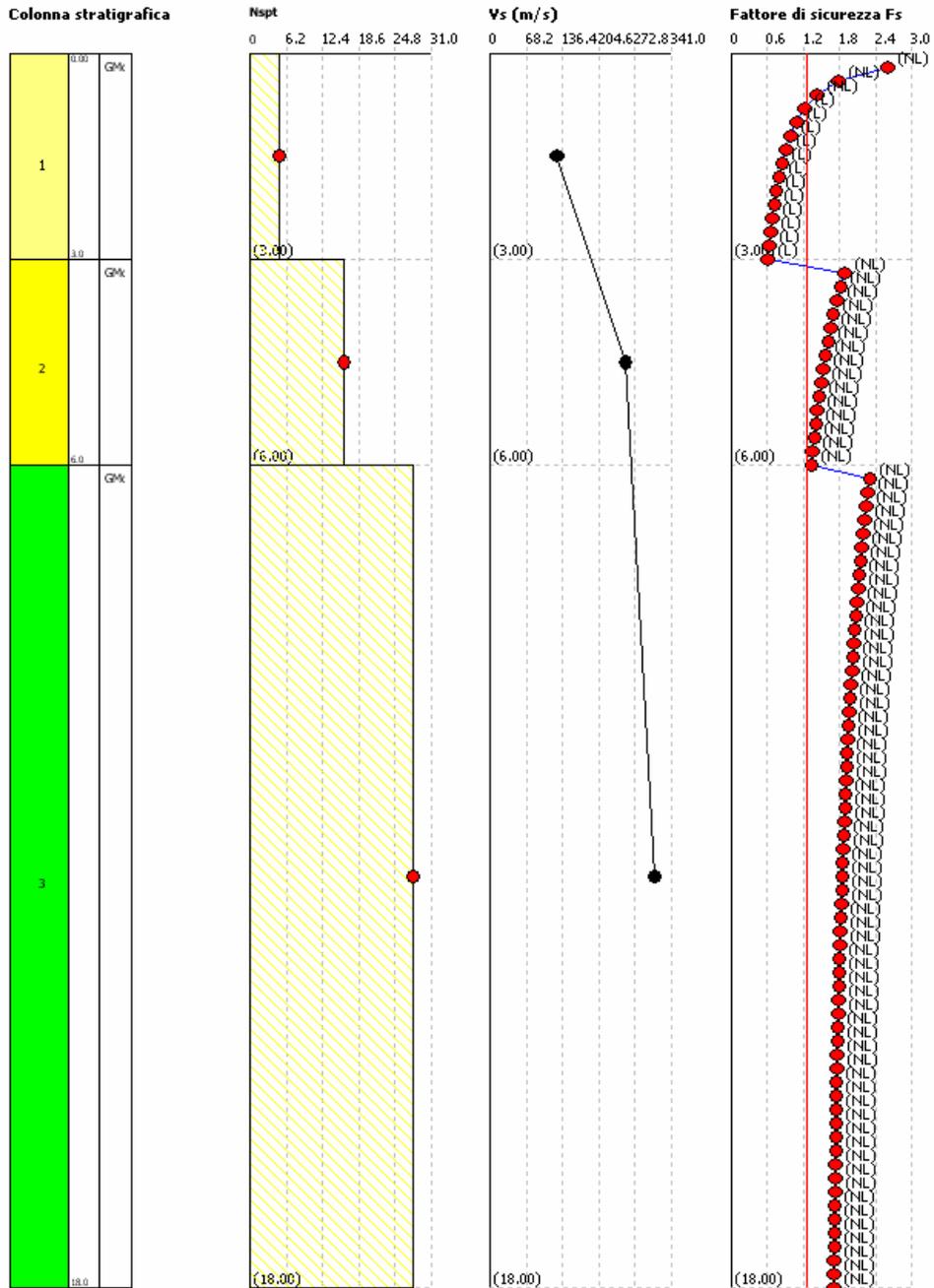
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione
1	0.20	3.00	3.00	1.60	34.40	1.00	0.38	0.15	2.60	NL
2	0.40	6.00	6.00	1.60	23.50	0.99	0.26	0.15	1.78	NL
3	0.60	9.00	9.00	1.60	18.80	0.99	0.21	0.15	1.43	NL
4	0.80	12.00	12.00	1.60	16.05	0.99	0.18	0.15	1.22	L
5	1.00	15.00	15.00	1.60	14.19	0.99	0.16	0.15	1.09	L
6	1.20	18.00	18.00	1.60	12.84	0.98	0.14	0.14	0.99	L
7	1.40	21.00	21.00	1.60	11.80	0.98	0.13	0.14	0.91	L
8	1.60	24.00	24.00	1.60	10.96	0.98	0.12	0.14	0.85	L
9	1.80	27.00	27.00	1.60	10.27	0.97	0.11	0.14	0.80	L
10	2.00	30.00	30.00	1.60	9.70	0.97	0.11	0.14	0.75	L
11	2.20	33.00	33.00	1.60	9.20	0.97	0.10	0.14	0.72	L
12	2.40	36.00	36.00	1.60	8.77	0.96	0.10	0.14	0.69	L
13	2.60	39.00	39.00	1.60	8.39	0.96	0.09	0.14	0.66	L
14	2.80	42.00	42.00	1.60	8.06	0.96	0.09	0.14	0.63	L
15	3.00	45.00	45.00	1.55	7.76	0.96	0.09	0.14	0.61	L
16	3.20	48.60	48.60	1.49	23.79	0.95	0.26	0.14	1.88	NL
17	3.40	52.20	52.20	1.43	22.88	0.95	0.25	0.14	1.82	NL
18	3.60	55.80	55.80	1.38	22.05	0.95	0.25	0.14	1.76	NL
19	3.80	59.40	59.40	1.33	21.31	0.94	0.24	0.14	1.70	NL
20	4.00	63.00	63.00	1.29	20.63	0.94	0.23	0.14	1.65	NL
21	4.20	66.60	66.60	1.25	20.01	0.94	0.22	0.14	1.61	NL
22	4.40	70.20	70.20	1.21	19.44	0.93	0.22	0.14	1.57	NL
23	4.60	73.80	73.80	1.18	18.91	0.93	0.21	0.14	1.53	NL
24	4.80	77.40	77.40	1.15	18.42	0.93	0.20	0.14	1.50	NL
25	5.00	81.00	81.00	1.12	17.97	0.93	0.20	0.14	1.46	NL
26	5.20	84.60	84.60	1.10	17.54	0.92	0.19	0.14	1.43	NL
27	5.40	88.20	88.20	1.07	17.14	0.92	0.19	0.14	1.41	NL
28	5.60	91.80	91.80	1.05	16.77	0.92	0.19	0.14	1.38	NL
29	5.80	95.40	95.40	1.03	16.42	0.91	0.18	0.13	1.35	NL
30	6.00	99.00	99.00	1.01	16.09	0.91	0.18	0.13	1.33	NL
31	6.20	102.70	102.70	0.99	27.67	0.91	0.31	0.13	2.30	NL
32	6.40	106.40	106.40	0.97	27.23	0.90	0.30	0.13	2.27	NL
33	6.60	110.10	110.10	0.96	26.81	0.90	0.30	0.13	2.24	NL
34	6.80	113.80	113.80	0.94	26.42	0.90	0.29	0.13	2.22	NL
35	7.00	117.50	117.50	0.93	26.04	0.90	0.29	0.13	2.19	NL
36	7.20	121.20	121.20	0.92	25.68	0.89	0.29	0.13	2.17	NL
37	7.40	124.90	124.90	0.90	25.33	0.89	0.28	0.13	2.15	NL
38	7.60	128.60	128.60	0.89	25.00	0.89	0.28	0.13	2.13	NL
39	7.80	132.30	132.30	0.88	24.69	0.88	0.27	0.13	2.11	NL
40	8.00	136.00	136.00	0.87	24.38	0.88	0.27	0.13	2.09	NL
41	8.20	139.70	139.70	0.86	24.09	0.88	0.27	0.13	2.07	NL
42	8.40	143.40	143.40	0.85	23.81	0.87	0.26	0.13	2.05	NL
43	8.60	147.10	147.10	0.84	23.54	0.87	0.26	0.13	2.04	NL
44	8.80	150.80	150.80	0.83	23.27	0.87	0.26	0.13	2.02	NL
45	9.00	154.50	154.50	0.82	23.02	0.87	0.26	0.13	2.01	NL
46	9.20	158.20	158.20	0.81	22.78	0.86	0.25	0.13	1.99	NL

47	9.40	161.90	161.90	0.81	22.54	0.86	0.25	0.13	1.98	NL
48	9.60	165.60	165.60	0.80	22.31	0.86	0.25	0.13	1.96	NL
49	9.80	169.30	169.30	0.79	22.09	0.85	0.25	0.13	1.95	NL
50	10.00	173.00	173.00	0.78	21.88	0.85	0.24	0.13	1.94	NL
51	10.20	176.70	176.70	0.77	21.67	0.85	0.24	0.12	1.93	NL
52	10.40	180.40	180.40	0.77	21.47	0.84	0.24	0.12	1.92	NL
53	10.60	184.10	184.10	0.76	21.28	0.84	0.24	0.12	1.91	NL
54	10.80	187.80	187.80	0.75	21.09	0.84	0.23	0.12	1.90	NL
55	11.00	191.50	191.50	0.75	20.90	0.84	0.23	0.12	1.89	NL
56	11.20	195.20	195.20	0.74	20.72	0.83	0.23	0.12	1.88	NL
57	11.40	198.90	198.90	0.73	20.55	0.83	0.23	0.12	1.87	NL
58	11.60	202.60	202.60	0.73	20.38	0.83	0.23	0.12	1.86	NL
59	11.80	206.30	206.30	0.72	20.21	0.82	0.22	0.12	1.85	NL
60	12.00	210.00	210.00	0.72	20.05	0.82	0.22	0.12	1.84	NL
61	12.20	213.70	213.70	0.71	19.90	0.82	0.22	0.12	1.84	NL
62	12.40	217.40	217.40	0.71	19.74	0.81	0.22	0.12	1.83	NL
63	12.60	221.10	221.10	0.70	19.59	0.81	0.22	0.12	1.82	NL
64	12.80	224.80	224.80	0.69	19.45	0.81	0.22	0.12	1.81	NL
65	13.00	228.50	228.50	0.69	19.30	0.81	0.21	0.12	1.81	NL
66	13.20	232.20	232.20	0.68	19.17	0.80	0.21	0.12	1.80	NL
67	13.40	235.90	235.90	0.68	19.03	0.80	0.21	0.12	1.79	NL
68	13.60	239.60	239.60	0.67	18.90	0.80	0.21	0.12	1.79	NL
69	13.80	243.30	243.30	0.67	18.77	0.79	0.21	0.12	1.78	NL
70	14.00	247.00	247.00	0.67	18.64	0.79	0.21	0.12	1.78	NL
71	14.20	250.70	250.70	0.66	18.52	0.79	0.21	0.12	1.77	NL
72	14.40	254.40	254.40	0.66	18.39	0.78	0.20	0.12	1.77	NL
73	14.60	258.10	258.10	0.65	18.27	0.78	0.20	0.12	1.76	NL
74	14.80	261.80	261.80	0.65	18.16	0.78	0.20	0.11	1.76	NL
75	15.00	265.50	265.50	0.64	18.04	0.78	0.20	0.11	1.75	NL
76	15.20	269.20	269.20	0.64	17.93	0.77	0.20	0.11	1.75	NL
77	15.40	272.90	272.90	0.64	17.82	0.77	0.20	0.11	1.75	NL
78	15.60	276.60	276.60	0.63	17.71	0.77	0.20	0.11	1.74	NL
79	15.80	280.30	280.30	0.63	17.61	0.76	0.20	0.11	1.74	NL
80	16.00	284.00	284.00	0.63	17.51	0.76	0.19	0.11	1.74	NL
81	16.20	287.70	287.70	0.62	17.40	0.76	0.19	0.11	1.73	NL
82	16.40	291.40	291.40	0.62	17.30	0.75	0.19	0.11	1.73	NL
83	16.60	295.10	295.10	0.61	17.21	0.75	0.19	0.11	1.73	NL
84	16.80	298.80	298.80	0.61	17.11	0.75	0.19	0.11	1.72	NL
85	17.00	302.50	302.50	0.61	17.01	0.75	0.19	0.11	1.72	NL
86	17.20	306.20	306.20	0.60	16.92	0.74	0.19	0.11	1.72	NL
87	17.40	309.90	309.90	0.60	16.83	0.74	0.19	0.11	1.72	NL
88	17.60	313.60	313.60	0.60	16.74	0.74	0.19	0.11	1.71	NL
89	17.80	317.30	317.30	0.59	16.65	0.73	0.19	0.11	1.71	NL
90	18.00	321.00	321.00	0.59	16.57	0.73	0.18	0.11	1.71	NL

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Seed Idriss
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale del Comune di Locri

Data:



EC8 (SPT) (1998)

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.75

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1.3

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.69

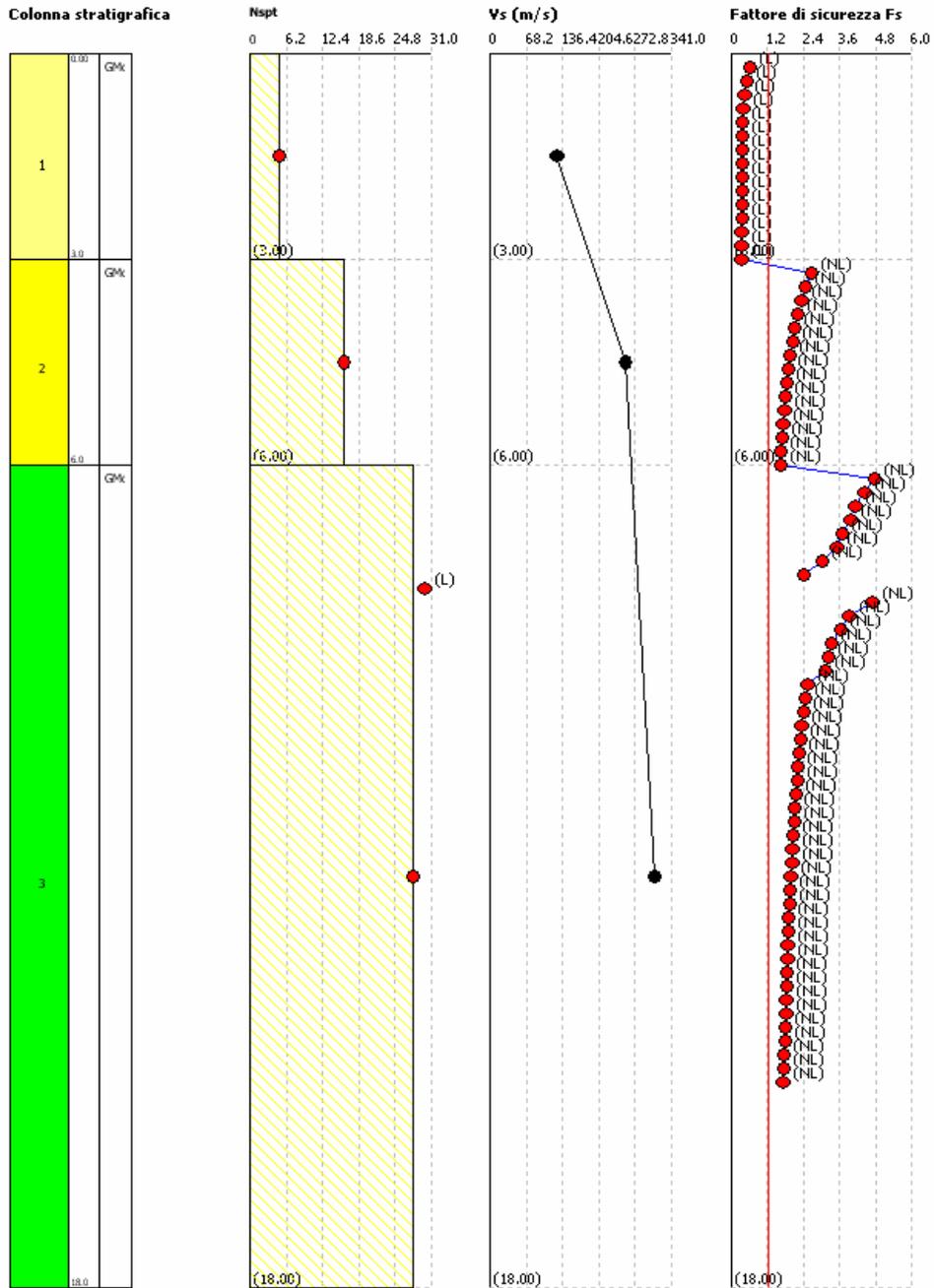
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.00	3.00	1.70	7.97	1.00	0.09	0.14	0.64	L	59.03
2	0.40	6.00	6.00	1.70	5.98	1.00	0.07	0.14	0.52	L	73.28
3	0.60	9.00	9.00	1.70	4.48	1.00	0.06	0.14	0.45	L	81.11
4	0.80	12.00	12.00	1.70	3.36	0.99	0.06	0.14	0.41	L	85.14
5	1.00	15.00	15.00	1.70	2.52	0.99	0.05	0.14	0.39	L	87.00
6	1.20	18.00	18.00	1.70	1.89	0.99	0.05	0.14	0.38	L	87.88
7	1.40	21.00	21.00	1.70	1.42	0.99	0.05	0.14	0.37	L	88.73
8	1.60	24.00	24.00	1.70	1.06	0.99	0.05	0.14	0.36	L	89.56
9	1.80	27.00	27.00	1.70	0.80	0.99	0.05	0.14	0.36	L	89.56
10	2.00	30.00	30.00	1.70	0.60	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
11	2.20	33.00	33.00	1.70	0.45	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
12	2.40	36.00	36.00	1.67	0.33	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
13	2.60	39.00	39.00	1.60	0.24	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
14	2.80	42.00	42.00	1.54	0.17	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
15	3.00	45.00	45.00	1.49	0.12	0.98	0.05	0.14	0.35	L	90.34
16	3.20	48.60	48.60	1.43	28.60	0.98	0.37	0.14	2.68	NL	1.67
17	3.40	52.20	52.20	1.38	27.60	0.97	0.34	0.14	2.47	NL	2.14
18	3.60	55.80	55.80	1.34	26.80	0.97	0.32	0.14	2.34	NL	2.52
19	3.80	59.40	59.40	1.30	26.00	0.97	0.30	0.14	2.22	NL	2.96
20	4.00	63.00	63.00	1.26	25.20	0.97	0.29	0.14	2.12	NL	3.40
21	4.20	66.60	66.60	1.23	24.60	0.97	0.28	0.14	2.05	NL	3.76
22	4.40	70.20	70.20	1.19	23.80	0.97	0.27	0.14	1.97	NL	4.23
23	4.60	73.80	73.80	1.16	23.20	0.96	0.26	0.14	1.91	NL	4.63
24	4.80	77.40	77.40	1.14	22.80	0.96	0.25	0.14	1.87	NL	4.93
25	5.00	81.00	81.00	1.11	22.20	0.96	0.24	0.13	1.81	NL	5.43
26	5.20	84.60	84.60	1.09	21.80	0.96	0.24	0.13	1.78	NL	5.70
27	5.40	88.20	88.20	1.06	21.20	0.96	0.23	0.13	1.72	NL	6.30
28	5.60	91.80	91.80	1.04	20.80	0.96	0.23	0.13	1.69	NL	6.63
29	5.80	95.40	95.40	1.02	20.40	0.96	0.22	0.13	1.66	NL	6.98
30	6.00	99.00	99.00	1.01	20.20	0.95	0.22	0.13	1.64	NL	7.23
31	6.20	102.70	102.70	0.99	34.65	0.95	0.54	0.11	4.77	NL	0.28
32	6.40	106.40	106.40	0.97	33.95	0.95	0.50	0.11	4.43	NL	0.36
33	6.60	110.10	110.10	0.95	33.25	0.95	0.47	0.11	4.12	NL	0.45
34	6.80	113.80	113.80	0.94	32.90	0.95	0.45	0.11	3.97	NL	0.50
35	7.00	117.50	117.50	0.92	32.20	0.95	0.42	0.11	3.68	NL	0.63
36	7.20	121.20	121.20	0.91	31.85	0.94	0.40	0.11	3.51	NL	0.73
37	7.40	124.90	124.90	0.89	31.15	0.94	0.34	0.11	3.04	NL	1.14

38	7.60	128.60	128.60	0.88	30.80	0.94	0.27	0.11	2.42	NL	2.28
39	7.80	132.30	132.30	0.87	30.45	0.94	-1.14	0.11	-10.16	L	2.28
40	8.00	136.00	136.00	0.86	30.10	0.94	0.53	0.11	4.69	NL	0.30
41	8.20	139.70	139.70	0.85	29.75	0.94	0.44	0.11	3.92	NL	0.52
42	8.40	143.40	143.40	0.84	29.40	0.94	0.41	0.11	3.63	NL	0.66
43	8.60	147.10	147.10	0.82	28.70	0.93	0.37	0.11	3.32	NL	0.87
44	8.80	150.80	150.80	0.81	28.35	0.93	0.36	0.11	3.22	NL	0.95
45	9.00	154.50	154.50	0.80	28.00	0.93	0.35	0.11	3.13	NL	1.04
46	9.20	158.20	158.20	0.80	28.00	1.15	0.35	0.14	2.54	NL	1.97
47	9.40	161.90	161.90	0.79	27.65	1.15	0.34	0.14	2.47	NL	2.14
48	9.60	165.60	165.60	0.78	27.30	1.15	0.33	0.14	2.41	NL	2.31
49	9.80	169.30	169.30	0.77	26.95	1.15	0.32	0.14	2.35	NL	2.49
50	10.00	173.00	173.00	0.76	26.60	1.15	0.31	0.14	2.30	NL	2.66
51	10.20	176.70	176.70	0.75	26.25	1.15	0.31	0.14	2.25	NL	2.84
52	10.40	180.40	180.40	0.74	25.90	1.15	0.30	0.14	2.20	NL	3.04
53	10.60	184.10	184.10	0.74	25.90	1.15	0.30	0.14	2.20	NL	3.04
54	10.80	187.80	187.80	0.73	25.55	1.15	0.29	0.14	2.15	NL	3.26
55	11.00	191.50	191.50	0.72	25.20	1.14	0.29	0.14	2.11	NL	3.45
56	11.20	195.20	195.20	0.72	25.20	1.14	0.29	0.14	2.11	NL	3.45
57	11.40	198.90	198.90	0.71	24.85	1.14	0.28	0.14	2.07	NL	3.65
58	11.60	202.60	202.60	0.70	24.50	1.14	0.28	0.14	2.03	NL	3.87
59	11.80	206.30	206.30	0.70	24.50	1.14	0.28	0.14	2.03	NL	3.87
60	12.00	210.00	210.00	0.69	24.15	1.14	0.27	0.14	1.99	NL	4.10
61	12.20	213.70	213.70	0.68	23.80	1.14	0.27	0.14	1.95	NL	4.36
62	12.40	217.40	217.40	0.68	23.80	1.14	0.27	0.14	1.95	NL	4.36
63	12.60	221.10	221.10	0.67	23.45	1.14	0.26	0.14	1.92	NL	4.56
64	12.80	224.80	224.80	0.67	23.45	1.14	0.26	0.14	1.92	NL	4.56
65	13.00	228.50	228.50	0.66	23.10	1.14	0.26	0.14	1.88	NL	4.86
66	13.20	232.20	232.20	0.66	23.10	1.14	0.26	0.14	1.89	NL	4.78
67	13.40	235.90	235.90	0.65	22.75	1.14	0.25	0.14	1.85	NL	5.09
68	13.60	239.60	239.60	0.65	22.75	1.14	0.25	0.14	1.85	NL	5.09
69	13.80	243.30	243.30	0.64	22.40	1.14	0.25	0.14	1.82	NL	5.34
70	14.00	247.00	247.00	0.64	22.40	1.14	0.25	0.14	1.82	NL	5.34
71	14.20	250.70	250.70	0.63	22.05	1.14	0.24	0.14	1.79	NL	5.61
72	14.40	254.40	254.40	0.63	22.05	1.14	0.24	0.14	1.79	NL	5.61
73	14.60	258.10	258.10	0.62	21.70	1.14	0.24	0.14	1.76	NL	5.89
74	14.80	261.80	261.80	0.62	21.70	1.13	0.24	0.14	1.76	NL	5.89
75	15.00	265.50	265.50	0.61	21.35	1.13	0.23	0.14	1.73	NL	6.19

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: EC8 (SPT)
Diagrammi: N_{spt} - V_s - F_s

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale del Comune di Locri

Data:



NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.6
 Diametro del foro di sondaggio (mm) = 50.48
 Tipo di campionatore non-standard

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1.3
 Correzione per il diametro del foro (CB) = 1
 Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.44

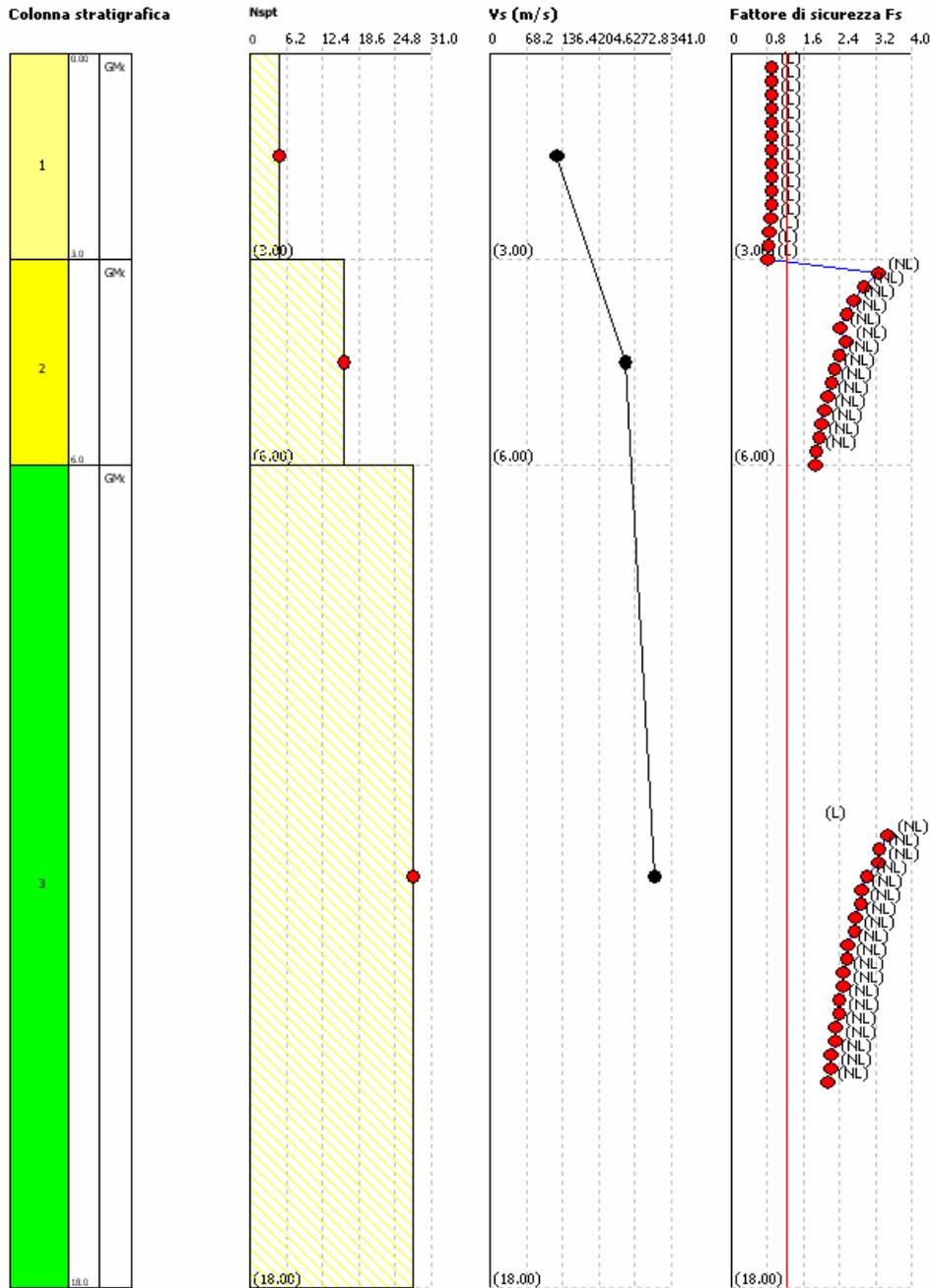
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Correzione per il tipo di campionatore (CS)	Correzione per la prof. raggiunta dalle aste (CR)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Correzione per il sovraccarico (Ks)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.00	3.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
2	0.40	6.00	6.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
3	0.60	9.00	9.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
4	0.80	12.00	12.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
5	1.00	15.00	15.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
6	1.20	18.00	18.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
7	1.40	21.00	21.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
8	1.60	24.00	24.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
9	1.80	27.00	27.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
10	2.00	30.00	30.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
11	2.20	33.00	33.00	1.70	1.10	0.75	8.77	0.70	1.00	0.10	0.12	0.89	L	34.14
12	2.40	36.00	36.00	1.67	1.10	0.75	8.61	0.70	1.00	0.10	0.12	0.88	L	34.93
13	2.60	39.00	39.00	1.60	1.10	0.75	8.25	0.70	1.00	0.10	0.12	0.85	L	37.41
14	2.80	42.00	42.00	1.54	1.10	0.75	7.94	0.70	1.00	0.10	0.12	0.83	L	39.16
15	3.00	45.00	45.00	1.49	1.10	0.75	7.68	0.70	1.00	0.09	0.12	0.81	L	40.97
16	3.20	48.60	48.60	1.43	1.23	0.80	28.14	0.70	1.00	0.37	0.12	3.26	NL	0.92
17	3.40	52.20	52.20	1.38	1.22	0.80	26.94	0.70	1.00	0.34	0.12	2.93	NL	1.27
18	3.60	55.80	55.80	1.34	1.21	0.80	25.94	0.70	1.00	0.31	0.12	2.71	NL	1.62
19	3.80	59.40	59.40	1.30	1.21	0.80	25.17	0.70	1.00	0.30	0.11	2.57	NL	1.90
20	4.00	63.00	63.00	1.26	1.20	0.80	24.19	0.70	1.00	0.28	0.11	2.41	NL	2.31
21	4.20	66.60	66.60	1.23	1.20	0.85	25.09	0.70	1.00	0.29	0.11	2.55	NL	1.95
22	4.40	70.20	70.20	1.19	1.19	0.85	24.07	0.70	1.00	0.27	0.11	2.39	NL	2.37
23	4.60	73.80	73.80	1.16	1.19	0.85	23.47	0.70	1.00	0.26	0.11	2.30	NL	2.66
24	4.80	77.40	77.40	1.14	1.18	0.85	22.87	0.70	1.00	0.25	0.11	2.22	NL	2.96
25	5.00	81.00	81.00	1.11	1.18	0.85	22.27	0.70	1.00	0.25	0.11	2.14	NL	3.30
26	5.20	84.60	84.60	1.09	1.17	0.85	21.68	0.70	1.00	0.24	0.11	2.07	NL	3.65
27	5.40	88.20	88.20	1.06	1.17	0.85	21.08	0.70	1.00	0.23	0.11	2.00	NL	4.04
28	5.60	91.80	91.80	1.04	1.17	0.85	20.69	0.70	1.00	0.22	0.11	1.95	NL	4.36
29	5.80	95.40	95.40	1.02	1.16	0.85	20.11	0.70	1.00	0.22	0.11	1.89	NL	4.78
30	6.00	99.00	99.00	1.01	1.16	0.85	19.92	0.70	1.00	0.21	0.11	1.87	NL	4.93
31	6.20	102.70	102.70	0.99	1.28	0.95	42.13	0.70					NL	0.00

32	6.40	106.40	106.40	0.97	1.27	0.95	40.96	0.70					NL	0.00
33	6.60	110.10	110.10	0.95	1.27	0.95	40.12	0.70					NL	0.00
34	6.80	113.80	113.80	0.94	1.26	0.95	39.38	0.70					NL	0.00
35	7.00	117.50	117.50	0.92	1.26	0.95	38.54	0.70					NL	0.00
36	7.20	121.20	121.20	0.91	1.25	0.95	37.82	0.70					NL	0.00
37	7.40	124.90	124.90	0.89	1.25	0.95	36.99	0.70					NL	0.00
38	7.60	128.60	128.60	0.88	1.25	0.95	36.58	0.70					NL	0.00
39	7.80	132.30	132.30	0.87	1.24	0.95	35.87	0.70					NL	0.00
40	8.00	136.00	136.00	0.86	1.24	0.95	35.46	0.70					NL	0.00
41	8.20	139.70	139.70	0.85	1.24	0.95	35.05	0.70					NL	0.00
42	8.40	143.40	143.40	0.84	1.24	0.95	34.63	0.70					NL	0.00
43	8.60	147.10	147.10	0.82	1.23	0.95	33.54	0.70					NL	0.00
44	8.80	150.80	150.80	0.81	1.23	0.95	33.13	0.70					NL	0.00
45	9.00	154.50	154.50	0.80	1.22	0.95	32.45	0.70					NL	0.00
46	9.20	158.20	158.20	0.80	1.22	0.95	32.45	0.70					NL	0.00
47	9.40	161.90	161.90	0.79	1.22	0.95	32.05	0.70					NL	0.00
48	9.60	165.60	165.60	0.78	1.22	0.95	31.64	0.70					NL	0.00
49	9.80	169.30	169.30	0.77	1.22	0.95	31.24	0.70					NL	0.00
50	10.00	173.00	173.00	0.76	1.21	0.95	30.58	0.70					NL	0.00
51	10.20	176.70	176.70	0.75	1.21	1.00	31.76	0.70					NL	0.00
52	10.40	180.40	180.40	0.74	1.21	1.00	31.34	0.70					NL	0.00
53	10.60	184.10	184.10	0.74	1.21	1.00	31.34	0.70					NL	0.00
54	10.80	187.80	187.80	0.73	1.20	1.00	30.66	0.70					NL	0.00
55	11.00	191.50	191.50	0.72	1.20	1.00	30.24	0.70					NL	0.00
56	11.20	195.20	195.20	0.72	1.20	1.00	30.24	0.70					NL	0.00
57	11.40	198.90	198.90	0.71	1.20	1.00	29.82	0.70	0.81	0.46	0.13	3.47	NL	0.76
58	11.60	202.60	202.60	0.70	1.20	1.00	29.40	0.70	0.81	0.43	0.13	3.27	NL	0.91
59	11.80	206.30	206.30	0.70	1.20	1.00	29.40	0.70	0.80	0.43	0.13	3.26	NL	0.92
60	12.00	210.00	210.00	0.69	1.19	1.00	28.74	0.70	0.80	0.40	0.13	3.01	NL	1.17
61	12.20	213.70	213.70	0.68	1.19	1.00	28.32	0.70	0.80	0.38	0.13	2.88	NL	1.34
62	12.40	217.40	217.40	0.68	1.19	1.00	28.32	0.70	0.80	0.38	0.13	2.86	NL	1.37
63	12.60	221.10	221.10	0.67	1.19	1.00	27.91	0.70	0.80	0.37	0.13	2.75	NL	1.55
64	12.80	224.80	224.80	0.67	1.19	1.00	27.91	0.70	0.79	0.37	0.13	2.74	NL	1.56
65	13.00	228.50	228.50	0.66	1.18	1.00	27.26	0.70	0.79	0.35	0.13	2.58	NL	1.88
66	13.20	232.20	232.20	0.66	1.18	1.00	27.26	0.70	0.79	0.35	0.13	2.57	NL	1.90
67	13.40	235.90	235.90	0.65	1.18	1.00	26.85	0.70	0.79	0.33	0.13	2.48	NL	2.12
68	13.60	239.60	239.60	0.65	1.18	1.00	26.85	0.70	0.79	0.33	0.13	2.48	NL	2.12
69	13.80	243.30	243.30	0.64	1.18	1.00	26.43	0.70	0.78	0.32	0.14	2.39	NL	2.37
70	14.00	247.00	247.00	0.64	1.18	1.00	26.43	0.70	0.78	0.32	0.14	2.39	NL	2.37
71	14.20	250.70	250.70	0.63	1.18	1.00	26.02	0.70	0.78	0.31	0.14	2.31	NL	2.62
72	14.40	254.40	254.40	0.63	1.18	1.00	26.02	0.70	0.78	0.31	0.14	2.31	NL	2.62
73	14.60	258.10	258.10	0.62	1.17	1.00	25.39	0.70	0.78	0.30	0.14	2.21	NL	3.00
74	14.80	261.80	261.80	0.62	1.17	1.00	25.39	0.70	0.78	0.30	0.14	2.20	NL	3.04
75	15.00	265.50	265.50	0.61	1.17	1.00	24.98	0.70	0.78	0.29	0.14	2.14	NL	3.30

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: NTC 2008
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
 Località: Litorale del Comune di Locri

Data:



CALCOLO DELLA SUSCETTIBILITA' DI LIQUEFAZIONE PER IL TIPO LITOLOGICO (GMtmf)

Dati generali

Numero di strati = 3

Profondità della falda = 0 m

Magnitudo del sisma = 6.5

Accelerazione massima al suolo = 0.27

Strato Nr.	Descrizione (-)	Quota iniziale (m)	Quota finale (m)	Peso di volume secco (KN/mc)	Peso di volume saturo (KN/mc)	Nr. colpi medio (Nspt)	D50 dei granuli (mm)	Resistenza qc (KPa)	Resistenza all'attrito laterale fs (KPa)	Velocità Vs (m/s)
1	GMtmf01	0	3	16.5	18.5	7	0.41	0	0	120
2	GMtmf02	3	8	18.5	19.0	19	0.85	0	0	225
3	GMtmf03	8	18	19.0	19.5	30	0.85	0	0	315

Metodo di Seed H. B. e Idriss I. M. (1982)

Input dati

Strato Nr.	Dr (%)
1	60
2	70
3	75

Risultati

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.19

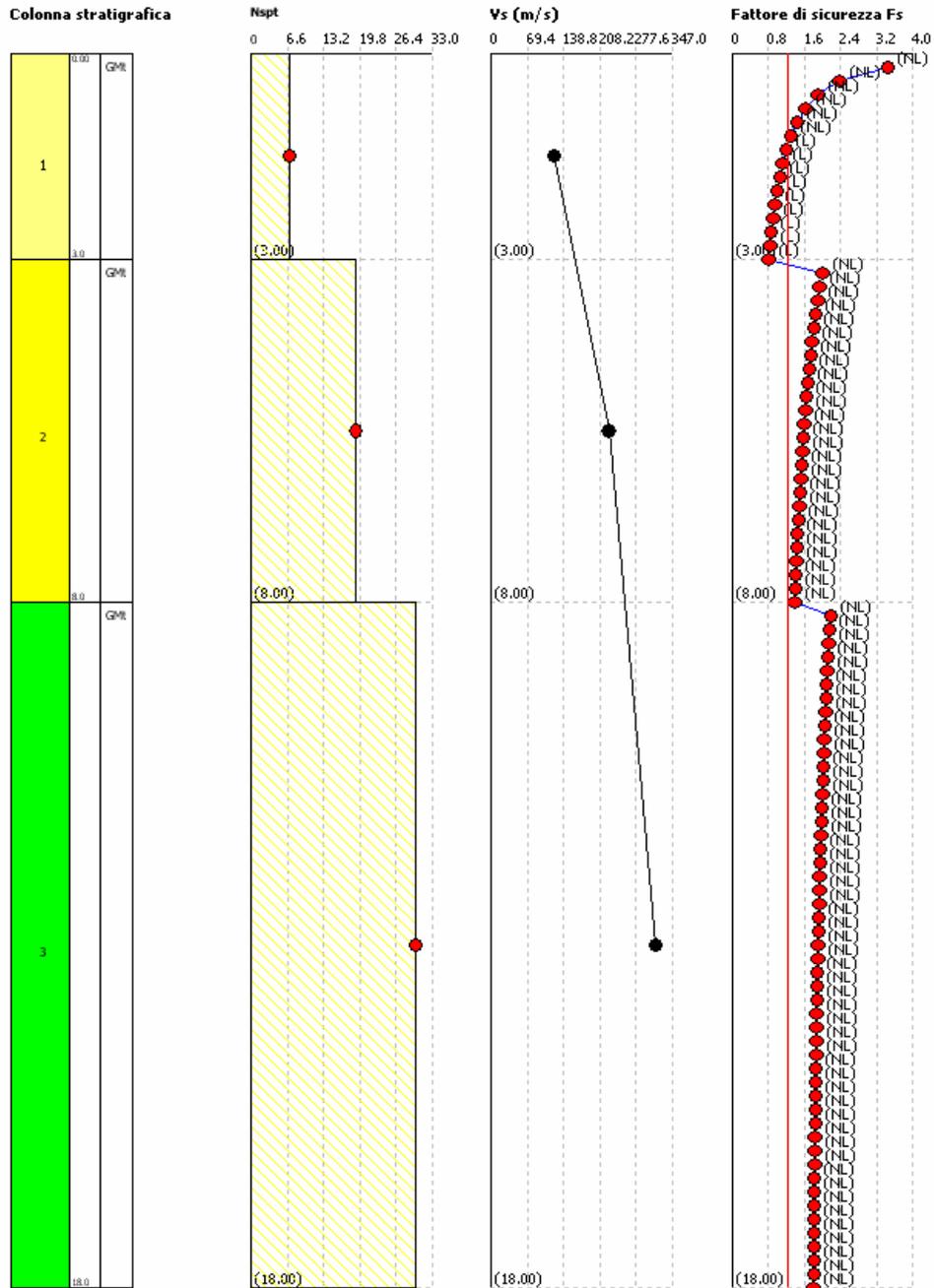
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione
1	0.20	3.30	3.30	1.60	45.70	1.00	0.51	0.15	3.45	NL
2	0.40	6.60	6.60	1.60	31.21	0.99	0.35	0.15	2.37	NL
3	0.60	9.90	9.90	1.60	24.97	0.99	0.28	0.15	1.90	NL
4	0.80	13.20	13.20	1.60	21.32	0.99	0.24	0.15	1.63	NL
5	1.00	16.50	16.50	1.60	18.86	0.99	0.21	0.15	1.44	NL
6	1.20	19.80	19.80	1.60	17.06	0.98	0.19	0.14	1.31	NL
7	1.40	23.10	23.10	1.60	15.67	0.98	0.17	0.14	1.21	L
8	1.60	26.40	26.40	1.60	14.56	0.98	0.16	0.14	1.12	L
9	1.80	29.70	29.70	1.60	13.65	0.97	0.15	0.14	1.06	L
10	2.00	33.00	33.00	1.60	12.88	0.97	0.14	0.14	1.00	L
11	2.20	36.30	36.30	1.60	12.22	0.97	0.14	0.14	0.95	L
12	2.40	39.60	39.60	1.60	11.65	0.96	0.13	0.14	0.91	L
13	2.60	42.90	42.90	1.59	11.15	0.96	0.12	0.14	0.87	L
14	2.80	46.20	46.20	1.53	10.70	0.96	0.12	0.14	0.84	L
15	3.00	49.50	49.50	1.47	10.31	0.96	0.11	0.14	0.81	L
16	3.20	53.20	53.20	1.33	25.24	0.95	0.28	0.14	2.00	NL
17	3.40	56.90	56.90	1.29	24.49	0.95	0.27	0.14	1.94	NL
18	3.60	60.60	60.60	1.25	23.80	0.95	0.26	0.14	1.90	NL
19	3.80	64.30	64.30	1.22	23.18	0.94	0.26	0.14	1.85	NL
20	4.00	68.00	68.00	1.19	22.60	0.94	0.25	0.14	1.81	NL
21	4.20	71.70	71.70	1.16	22.07	0.94	0.25	0.14	1.77	NL
22	4.40	75.40	75.40	1.14	21.57	0.93	0.24	0.14	1.74	NL
23	4.60	79.10	79.10	1.11	21.11	0.93	0.23	0.14	1.71	NL
24	4.80	82.80	82.80	1.09	20.68	0.93	0.23	0.14	1.68	NL
25	5.00	86.50	86.50	1.07	20.28	0.93	0.23	0.14	1.65	NL
26	5.20	90.20	90.20	1.05	19.90	0.92	0.22	0.14	1.63	NL
27	5.40	93.90	93.90	1.03	19.55	0.92	0.22	0.14	1.60	NL
28	5.60	97.60	97.60	1.01	19.21	0.92	0.21	0.14	1.58	NL
29	5.80	101.30	101.30	0.99	18.89	0.91	0.21	0.13	1.56	NL
30	6.00	105.00	105.00	0.98	18.59	0.91	0.21	0.13	1.54	NL
31	6.20	108.70	108.70	0.96	18.30	0.91	0.20	0.13	1.52	NL
32	6.40	112.40	112.40	0.95	18.03	0.90	0.20	0.13	1.50	NL
33	6.60	116.10	116.10	0.94	17.77	0.90	0.20	0.13	1.49	NL
34	6.80	119.80	119.80	0.92	17.52	0.90	0.19	0.13	1.47	NL
35	7.00	123.50	123.50	0.91	17.28	0.90	0.19	0.13	1.45	NL
36	7.20	127.20	127.20	0.90	17.05	0.89	0.19	0.13	1.44	NL
37	7.40	130.90	130.90	0.89	16.83	0.89	0.19	0.13	1.43	NL
38	7.60	134.60	134.60	0.87	16.62	0.89	0.18	0.13	1.41	NL
39	7.80	138.30	138.30	0.86	16.42	0.88	0.18	0.13	1.40	NL
40	8.00	142.00	142.00	0.85	16.23	0.88	0.18	0.13	1.39	NL
41	8.20	145.80	145.80	0.84	25.32	0.88	0.28	0.13	2.18	NL
42	8.40	149.60	149.60	0.83	25.03	0.87	0.28	0.13	2.16	NL
43	8.60	153.40	153.40	0.82	24.75	0.87	0.28	0.13	2.14	NL
44	8.80	157.20	157.20	0.82	24.47	0.87	0.27	0.13	2.12	NL
45	9.00	161.00	161.00	0.81	24.21	0.87	0.27	0.13	2.11	NL
46	9.20	164.80	164.80	0.80	23.96	0.86	0.27	0.13	2.09	NL

47	9.40	168.60	168.60	0.79	23.72	0.86	0.26	0.13	2.08	NL
48	9.60	172.40	172.40	0.78	23.48	0.86	0.26	0.13	2.07	NL
49	9.80	176.20	176.20	0.77	23.25	0.85	0.26	0.13	2.05	NL
50	10.00	180.00	180.00	0.77	23.03	0.85	0.26	0.13	2.04	NL
51	10.20	183.80	183.80	0.76	22.81	0.85	0.25	0.12	2.03	NL
52	10.40	187.60	187.60	0.75	22.60	0.84	0.25	0.12	2.02	NL
53	10.60	191.40	191.40	0.75	22.40	0.84	0.25	0.12	2.01	NL
54	10.80	195.20	195.20	0.74	22.20	0.84	0.25	0.12	2.00	NL
55	11.00	199.00	199.00	0.73	22.01	0.84	0.24	0.12	1.99	NL
56	11.20	202.80	202.80	0.73	21.82	0.83	0.24	0.12	1.98	NL
57	11.40	206.60	206.60	0.72	21.64	0.83	0.24	0.12	1.97	NL
58	11.60	210.40	210.40	0.72	21.47	0.83	0.24	0.12	1.96	NL
59	11.80	214.20	214.20	0.71	21.29	0.82	0.24	0.12	1.95	NL
60	12.00	218.00	218.00	0.70	21.13	0.82	0.23	0.12	1.94	NL
61	12.20	221.80	221.80	0.70	20.96	0.82	0.23	0.12	1.93	NL
62	12.40	225.60	225.60	0.69	20.80	0.81	0.23	0.12	1.93	NL
63	12.60	229.40	229.40	0.69	20.65	0.81	0.23	0.12	1.92	NL
64	12.80	233.20	233.20	0.68	20.49	0.81	0.23	0.12	1.91	NL
65	13.00	237.00	237.00	0.68	20.35	0.81	0.23	0.12	1.90	NL
66	13.20	240.80	240.80	0.67	20.20	0.80	0.22	0.12	1.90	NL
67	13.40	244.60	244.60	0.67	20.06	0.80	0.22	0.12	1.89	NL
68	13.60	248.40	248.40	0.66	19.92	0.80	0.22	0.12	1.89	NL
69	13.80	252.20	252.20	0.66	19.78	0.79	0.22	0.12	1.88	NL
70	14.00	256.00	256.00	0.66	19.65	0.79	0.22	0.12	1.87	NL
71	14.20	259.80	259.80	0.65	19.52	0.79	0.22	0.12	1.87	NL
72	14.40	263.60	263.60	0.65	19.40	0.78	0.22	0.12	1.86	NL
73	14.60	267.40	267.40	0.64	19.27	0.78	0.21	0.12	1.86	NL
74	14.80	271.20	271.20	0.64	19.15	0.78	0.21	0.11	1.85	NL
75	15.00	275.00	275.00	0.63	19.03	0.78	0.21	0.11	1.85	NL
76	15.20	278.80	278.80	0.63	18.91	0.77	0.21	0.11	1.85	NL
77	15.40	282.60	282.60	0.63	18.80	0.77	0.21	0.11	1.84	NL
78	15.60	286.40	286.40	0.62	18.68	0.77	0.21	0.11	1.84	NL
79	15.80	290.20	290.20	0.62	18.57	0.76	0.21	0.11	1.83	NL
80	16.00	294.00	294.00	0.62	18.47	0.76	0.21	0.11	1.83	NL
81	16.20	297.80	297.80	0.61	18.36	0.76	0.20	0.11	1.83	NL
82	16.40	301.60	301.60	0.61	18.25	0.75	0.20	0.11	1.82	NL
83	16.60	305.40	305.40	0.61	18.15	0.75	0.20	0.11	1.82	NL
84	16.80	309.20	309.20	0.60	18.05	0.75	0.20	0.11	1.82	NL
85	17.00	313.00	313.00	0.60	17.95	0.75	0.20	0.11	1.82	NL
86	17.20	316.80	316.80	0.60	17.86	0.74	0.20	0.11	1.81	NL
87	17.40	320.60	320.60	0.59	17.76	0.74	0.20	0.11	1.81	NL
88	17.60	324.40	324.40	0.59	17.67	0.74	0.20	0.11	1.81	NL
89	17.80	328.20	328.20	0.59	17.57	0.73	0.20	0.11	1.81	NL
90	18.00	332.00	332.00	0.58	17.48	0.73	0.19	0.11	1.80	NL

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: Seed Idriss
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale del Comune di Locri

Data:



EC8 (SPT) (1998)

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.75

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1.3

Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.69

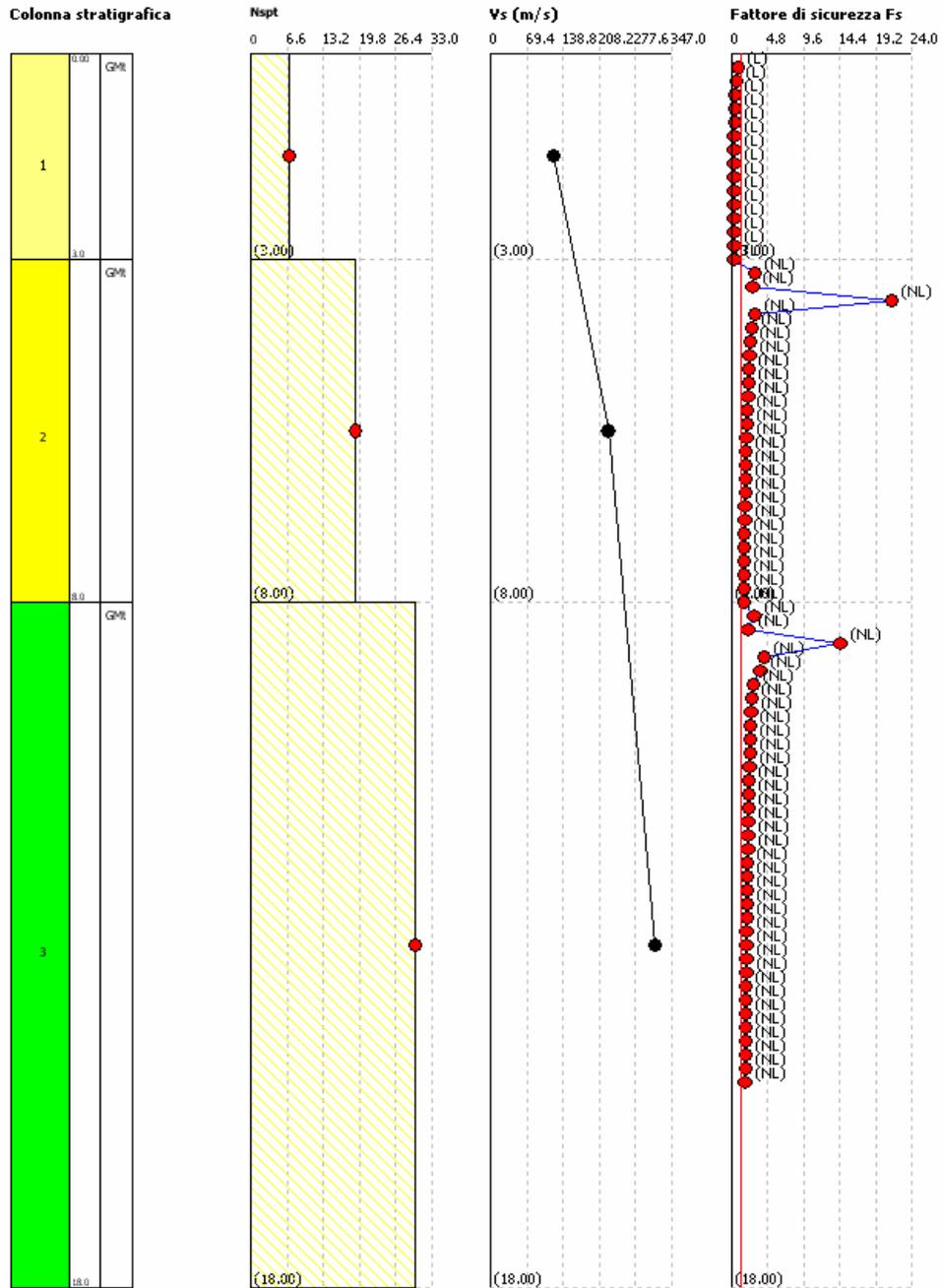
Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.30	3.30	1.70	11.16	1.00	0.12	0.14	0.87	L	35.74
2	0.40	6.60	6.60	1.70	8.37	1.00	0.09	0.14	0.67	L	55.55
3	0.60	9.90	9.90	1.70	6.28	1.00	0.07	0.14	0.54	L	70.93
4	0.80	13.20	13.20	1.70	4.71	0.99	0.06	0.14	0.46	L	80.04
5	1.00	16.50	16.50	1.70	3.53	0.99	0.06	0.14	0.42	L	84.17
6	1.20	19.80	19.80	1.70	2.65	0.99	0.05	0.14	0.39	L	87.00
7	1.40	23.10	23.10	1.70	1.99	0.99	0.05	0.14	0.38	L	87.88
8	1.60	26.40	26.40	1.70	1.49	0.99	0.05	0.14	0.37	L	88.73
9	1.80	29.70	29.70	1.70	1.12	0.99	0.05	0.14	0.36	L	89.56
10	2.00	33.00	33.00	1.70	0.84	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
11	2.20	36.30	36.30	1.66	0.61	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
12	2.40	39.60	39.60	1.59	0.44	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
13	2.60	42.90	42.90	1.53	0.32	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
14	2.80	46.20	46.20	1.47	0.23	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
15	3.00	49.50	49.50	1.42	0.17	0.98	0.05	0.14	0.36	L	89.56
16	3.20	53.20	53.20	1.37	32.54	0.98	0.43	0.14	3.16	NL	1.01
17	3.40	56.90	56.90	1.33	31.59	0.97	0.38	0.14	2.79	NL	1.48
18	3.60	60.60	60.60	1.28	30.40	0.97	2.91	0.14	21.35	NL	0.00
19	3.80	64.30	64.30	1.25	29.69	0.97	0.43	0.14	3.17	NL	1.00
20	4.00	68.00	68.00	1.21	28.74	0.97	0.37	0.14	2.74	NL	1.56
21	4.20	71.70	71.70	1.18	28.03	0.97	0.35	0.14	2.57	NL	1.90
22	4.40	75.40	75.40	1.15	27.31	0.97	0.33	0.14	2.44	NL	2.22
23	4.60	79.10	79.10	1.12	26.60	0.96	0.31	0.14	2.33	NL	2.56
24	4.80	82.80	82.80	1.10	26.13	0.96	0.31	0.14	2.26	NL	2.80
25	5.00	86.50	86.50	1.08	25.65	0.96	0.30	0.13	2.20	NL	3.04
26	5.20	90.20	90.20	1.05	24.94	0.96	0.28	0.13	2.11	NL	3.45
27	5.40	93.90	93.90	1.03	24.46	0.96	0.28	0.13	2.06	NL	3.70
28	5.60	97.60	97.60	1.01	23.99	0.96	0.27	0.13	2.01	NL	3.98
29	5.80	101.30	101.30	0.99	23.51	0.96	0.26	0.13	1.96	NL	4.29
30	6.00	105.00	105.00	0.98	23.28	0.95	0.26	0.13	1.94	NL	4.42
31	6.20	108.70	108.70	0.96	22.80	0.95	0.25	0.13	1.89	NL	4.78
32	6.40	112.40	112.40	0.94	22.33	0.95	0.25	0.13	1.85	NL	5.09
33	6.60	116.10	116.10	0.93	22.09	0.95	0.24	0.13	1.82	NL	5.34
34	6.80	119.80	119.80	0.91	21.61	0.95	0.24	0.13	1.78	NL	5.70
35	7.00	123.50	123.50	0.90	21.38	0.95	0.23	0.13	1.76	NL	5.89
36	7.20	127.20	127.20	0.89	21.14	0.94	0.23	0.13	1.74	NL	6.09
37	7.40	130.90	130.90	0.87	20.66	0.94	0.23	0.13	1.70	NL	6.52

38	7.60	134.60	134.60	0.86	20.43	0.94	0.22	0.13	1.69	NL	6.63
39	7.80	138.30	138.30	0.85	20.19	0.94	0.22	0.13	1.67	NL	6.86
40	8.00	142.00	142.00	0.84	19.95	0.94	0.22	0.13	1.65	NL	7.10
41	8.20	145.80	145.80	0.83	31.13	0.94	0.34	0.11	3.03	NL	1.15
42	8.40	149.60	149.60	0.82	30.75	0.94	0.25	0.11	2.25	NL	2.84
43	8.60	153.40	153.40	0.81	30.38	0.93	1.61	0.11	14.43	NL	0.01
44	8.80	157.20	157.20	0.80	30.00	0.93	0.49	0.11	4.38	NL	0.37
45	9.00	161.00	161.00	0.79	29.63	0.93	0.43	0.11	3.82	NL	0.56
46	9.20	164.80	164.80	0.78	29.25	1.15	0.40	0.14	2.89	NL	1.33
47	9.40	168.60	168.60	0.77	28.88	1.15	0.38	0.14	2.76	NL	1.53
48	9.60	172.40	172.40	0.76	28.50	1.15	0.36	0.14	2.65	NL	1.73
49	9.80	176.20	176.20	0.75	28.13	1.15	0.35	0.14	2.57	NL	1.90
50	10.00	180.00	180.00	0.75	28.13	1.15	0.35	0.14	2.57	NL	1.90
51	10.20	183.80	183.80	0.74	27.75	1.15	0.34	0.14	2.49	NL	2.09
52	10.40	187.60	187.60	0.73	27.38	1.15	0.33	0.14	2.42	NL	2.28
53	10.60	191.40	191.40	0.72	27.00	1.15	0.32	0.14	2.36	NL	2.46
54	10.80	195.20	195.20	0.72	27.00	1.15	0.32	0.14	2.36	NL	2.46
55	11.00	199.00	199.00	0.71	26.63	1.14	0.32	0.14	2.31	NL	2.62
56	11.20	202.80	202.80	0.70	26.25	1.14	0.31	0.14	2.25	NL	2.84
57	11.40	206.60	206.60	0.70	26.25	1.14	0.31	0.14	2.25	NL	2.84
58	11.60	210.40	210.40	0.69	25.88	1.14	0.30	0.14	2.20	NL	3.04
59	11.80	214.20	214.20	0.68	25.50	1.14	0.29	0.14	2.15	NL	3.26
60	12.00	218.00	218.00	0.68	25.50	1.14	0.29	0.14	2.15	NL	3.26
61	12.20	221.80	221.80	0.67	25.13	1.14	0.29	0.14	2.11	NL	3.45
62	12.40	225.60	225.60	0.67	25.13	1.14	0.29	0.14	2.11	NL	3.45
63	12.60	229.40	229.40	0.66	24.75	1.14	0.28	0.14	2.06	NL	3.70
64	12.80	233.20	233.20	0.65	24.38	1.14	0.28	0.14	2.02	NL	3.92
65	13.00	237.00	237.00	0.65	24.38	1.14	0.28	0.14	2.02	NL	3.92
66	13.20	240.80	240.80	0.64	24.00	1.14	0.27	0.14	1.98	NL	4.16
67	13.40	244.60	244.60	0.64	24.00	1.14	0.27	0.14	1.98	NL	4.16
68	13.60	248.40	248.40	0.63	23.63	1.14	0.26	0.14	1.94	NL	4.42
69	13.80	252.20	252.20	0.63	23.63	1.14	0.26	0.14	1.94	NL	4.42
70	14.00	256.00	256.00	0.63	23.63	1.14	0.26	0.14	1.94	NL	4.42
71	14.20	259.80	259.80	0.62	23.25	1.14	0.26	0.14	1.90	NL	4.71
72	14.40	263.60	263.60	0.62	23.25	1.14	0.26	0.14	1.91	NL	4.63
73	14.60	267.40	267.40	0.61	22.88	1.14	0.25	0.14	1.87	NL	4.93
74	14.80	271.20	271.20	0.61	22.88	1.13	0.25	0.14	1.87	NL	4.93
75	15.00	275.00	275.00	0.60	22.50	1.13	0.25	0.14	1.83	NL	5.26

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: EC8 (SPT)
Diagrammi: N_{spt} - V_s - F_s

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale del Comune di Locri

Data:



NTC2008 - Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 14 Gennaio 2008

Input dati

Energy Ratio (ER) = 0.6
 Diametro del foro di sondaggio (mm) = 50.48
 Tipo di campionatore non-standard

Strato Nr.	Frazione limosa (%)	Frazione argillosa (%)	Indice di plasticità (%)	Tipo di suolo
1	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
2	2	0		D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti
3	2	0		C - Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza

Risultati

Correzione per ER (CE) = 1.3
 Correzione per il diametro del foro (CB) = 1
 Correzione per la magnitudo (MSF) = 1.44

Verifica Nr.	Profondità dal p. c. (m)	Pressione litostatica totale (KPa)	Pressione verticale efficace (KPa)	Correzione per la press. litostatica efficace (CN)	Correzione per il tipo di campionatore (CS)	Correzione per la prof. raggiunta dalle aste (CR)	Numero dei colpi corretto (N1,60)	Coefficiente riduttivo (rd)	Correzione per il sovraccarico (Ks)	Resistenza alla liquefazione (CRR)	Sforzo di taglio normalizzato (CSR)	Coefficiente di sicurezza (Fs)	Suscettibilità di liquefazione	Probabilità di liquefazione (%)
1	0.20	3.30	3.30	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
2	0.40	6.60	6.60	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
3	0.60	9.90	9.90	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
4	0.80	13.20	13.20	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
5	1.00	16.50	16.50	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
6	1.20	19.80	19.80	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
7	1.40	23.10	23.10	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
8	1.60	26.40	26.40	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
9	1.80	29.70	29.70	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
10	2.00	33.00	33.00	1.70	1.12	0.75	12.50	0.70	1.00	0.14	0.12	1.18	L	17.78
11	2.20	36.30	36.30	1.66	1.12	0.75	12.20	0.70	1.00	0.13	0.12	1.16	L	18.57
12	2.40	39.60	39.60	1.59	1.11	0.75	11.58	0.70	1.00	0.13	0.12	1.11	L	20.72
13	2.60	42.90	42.90	1.53	1.11	0.75	11.15	0.70	1.00	0.12	0.12	1.07	L	22.65
14	2.80	46.20	46.20	1.47	1.10	0.75	10.61	0.70	1.00	0.12	0.12	1.03	L	24.79
15	3.00	49.50	49.50	1.42	1.10	0.75	10.25	0.70	1.00	0.12	0.12	1.00	L	26.53
16	3.20	53.20	53.20	1.37	1.26	0.80	32.80	0.70					NL	0.00
17	3.40	56.90	56.90	1.33	1.25	0.80	31.59	0.70					NL	0.00
18	3.60	60.60	60.60	1.28	1.24	0.80	30.16	0.70					NL	0.00
19	3.80	64.30	64.30	1.25	1.24	0.80	29.45	0.70	1.00	0.43	0.11	3.77	NL	0.59
20	4.00	68.00	68.00	1.21	1.23	0.80	28.28	0.70	1.00	0.38	0.11	3.30	NL	0.88
21	4.20	71.70	71.70	1.18	1.22	0.85	29.06	0.70	1.00	0.41	0.11	3.59	NL	0.68
22	4.40	75.40	75.40	1.15	1.22	0.85	28.32	0.70	1.00	0.38	0.11	3.32	NL	0.87
23	4.60	79.10	79.10	1.12	1.21	0.85	27.36	0.70	1.00	0.35	0.11	3.03	NL	1.15
24	4.80	82.80	82.80	1.10	1.21	0.85	26.87	0.70	1.00	0.33	0.11	2.91	NL	1.30
25	5.00	86.50	86.50	1.08	1.21	0.85	26.38	0.70	1.00	0.32	0.11	2.80	NL	1.46
26	5.20	90.20	90.20	1.05	1.20	0.85	25.44	0.70	1.00	0.30	0.11	2.62	NL	1.79
27	5.40	93.90	93.90	1.03	1.20	0.85	24.95	0.70	1.00	0.29	0.11	2.53	NL	1.99
28	5.60	97.60	97.60	1.01	1.19	0.85	24.26	0.70	1.00	0.28	0.11	2.42	NL	2.28
29	5.80	101.30	101.30	0.99	1.19	0.85	23.78	0.70	1.00	0.27	0.12	2.34	NL	2.52
30	6.00	105.00	105.00	0.98	1.19	0.85	23.54	0.70	0.98	0.27	0.12	2.28	NL	2.73
31	6.20	108.70	108.70	0.96	1.18	0.95	25.56	0.70	0.97	0.30	0.12	2.57	NL	1.90

32	6.40	112.40	112.40	0.94	1.18	0.95	25.03	0.70	0.96	0.29	0.12	2.45	NL	2.20
33	6.60	116.10	116.10	0.93	1.18	0.95	24.76	0.70	0.95	0.29	0.12	2.38	NL	2.40
34	6.80	119.80	119.80	0.91	1.17	0.95	24.02	0.70	0.94	0.27	0.12	2.25	NL	2.84
35	7.00	123.50	123.50	0.90	1.17	0.95	23.76	0.70	0.94	0.27	0.12	2.20	NL	3.04
36	7.20	127.20	127.20	0.89	1.17	0.95	23.49	0.70	0.93	0.26	0.12	2.14	NL	3.30
37	7.40	130.90	130.90	0.87	1.17	0.95	22.97	0.70	0.92	0.26	0.12	2.06	NL	3.70
38	7.60	134.60	134.60	0.86	1.16	0.95	22.51	0.70	0.92	0.25	0.13	1.99	NL	4.10
39	7.80	138.30	138.30	0.85	1.16	0.95	22.25	0.70	0.91	0.25	0.13	1.95	NL	4.36
40	8.00	142.00	142.00	0.84	1.16	0.95	21.98	0.70	0.90	0.24	0.13	1.90	NL	4.71
41	8.20	145.80	145.80	0.83	1.25	0.95	36.96	0.70					NL	0.00
42	8.40	149.60	149.60	0.82	1.25	0.95	36.52	0.70					NL	0.00
43	8.60	153.40	153.40	0.81	1.24	0.95	35.78	0.70					NL	0.00
44	8.80	157.20	157.20	0.80	1.24	0.95	35.34	0.70					NL	0.00
45	9.00	161.00	161.00	0.79	1.24	0.95	34.90	0.70					NL	0.00
46	9.20	164.80	164.80	0.78	1.23	0.95	34.18	0.70					NL	0.00
47	9.40	168.60	168.60	0.77	1.23	0.95	33.74	0.70					NL	0.00
48	9.60	172.40	172.40	0.76	1.23	0.95	33.30	0.70					NL	0.00
49	9.80	176.20	176.20	0.75	1.23	0.95	32.86	0.70					NL	0.00
50	10.00	180.00	180.00	0.75	1.23	0.95	32.86	0.70					NL	0.00
51	10.20	183.80	183.80	0.74	1.22	1.00	33.86	0.70					NL	0.00
52	10.40	187.60	187.60	0.73	1.22	1.00	33.40	0.70					NL	0.00
53	10.60	191.40	191.40	0.72	1.22	1.00	32.94	0.70					NL	0.00
54	10.80	195.20	195.20	0.72	1.22	1.00	32.94	0.70					NL	0.00
55	11.00	199.00	199.00	0.71	1.21	1.00	32.22	0.70					NL	0.00
56	11.20	202.80	202.80	0.70	1.21	1.00	31.76	0.70					NL	0.00
57	11.40	206.60	206.60	0.70	1.21	1.00	31.76	0.70					NL	0.00
58	11.60	210.40	210.40	0.69	1.21	1.00	31.31	0.70					NL	0.00
59	11.80	214.20	214.20	0.68	1.20	1.00	30.60	0.70					NL	0.00
60	12.00	218.00	218.00	0.68	1.20	1.00	30.60	0.70					NL	0.00
61	12.20	221.80	221.80	0.67	1.20	1.00	30.15	0.70					NL	0.00
62	12.40	225.60	225.60	0.67	1.20	1.00	30.15	0.70					NL	0.00
63	12.60	229.40	229.40	0.66	1.20	1.00	29.70	0.70	0.78	0.45	0.14	3.31	NL	0.88
64	12.80	233.20	233.20	0.65	1.20	1.00	29.25	0.70	0.78	0.42	0.14	3.12	NL	1.05
65	13.00	237.00	237.00	0.65	1.20	1.00	29.25	0.70	0.78	0.42	0.14	3.11	NL	1.06
66	13.20	240.80	240.80	0.64	1.19	1.00	28.56	0.70	0.78	0.39	0.14	2.87	NL	1.36
67	13.40	244.60	244.60	0.64	1.19	1.00	28.56	0.70	0.78	0.39	0.14	2.86	NL	1.37
68	13.60	248.40	248.40	0.63	1.19	1.00	28.11	0.70	0.78	0.37	0.14	2.73	NL	1.58
69	13.80	252.20	252.20	0.63	1.19	1.00	28.11	0.70	0.77	0.37	0.14	2.72	NL	1.60
70	14.00	256.00	256.00	0.63	1.19	1.00	28.11	0.70	0.77	0.37	0.14	2.72	NL	1.60
71	14.20	259.80	259.80	0.62	1.19	1.00	27.67	0.70	0.77	0.36	0.14	2.61	NL	1.81
72	14.40	263.60	263.60	0.62	1.19	1.00	27.67	0.70	0.77	0.36	0.14	2.60	NL	1.83
73	14.60	267.40	267.40	0.61	1.18	1.00	26.99	0.70	0.77	0.34	0.14	2.45	NL	2.20
74	14.80	271.20	271.20	0.61	1.18	1.00	26.99	0.70	0.77	0.34	0.14	2.45	NL	2.20
75	15.00	275.00	275.00	0.60	1.18	1.00	26.55	0.70	0.77	0.33	0.14	2.36	NL	2.46

Valutazione del rischio di liquefazione
Metodo di verifica: NTC 2008
Diagrammi: Nspt - Vs - Fs

Committente: Comune di Locri
Località: Litorale del Comune di Locri

Data:

