



**Provincia
di Pesaro e Urbino**

Servizio 11

Suolo - Attività estrattive
Acque pubbliche
Servizi pubblici locali
Tutela e gestione della fauna selvatica

I- 61121 Pesaro, viale Gramsci 7
tel. 0721.3591
fax 0721.31623

INTERVENTO 9

COMUNE DI PERGOLA (PU)

LOCALITA': Bellisio Solfare

PROGETTO DEFINITIVO

Piano degli interventi finanziabili con le risorse di cui al Comma 548 art 1 della legge
228/12 e DPCM del 23 marzo 2013 . Eventi alluvionali del novembre 2012

Consolidamento della sponda in sinistra idrografica del Fiume
Cesano in comune di Pergola (PU).

Importo € 60.000,00

TAVOLA N. 02

RELAZIONE GEOLOGICA

COORDINATORE DEL PROGETTO: Arch. Stefano Gattoni

COLLABORATORI E CONSULENTI

Dott. Roberto Gattoni

Dott. Marco Pensalfini

Geom. Nicola Lucciarini

PROGETTAZIONE D.L.

Geom. Vincenzo Petrillo

Geol. Massimo Del Prete

Ing. Massimiliano Magnani

Sig. Ivo Olivieri (Assistente D.L.)

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Biol. Roberto Gattoni

Marzo 2014

COMUNI DI PERGOLA
(Provincia di Pesaro-Urbino)

Studio geologico per il consolidamento della sponda in sinistra idrografica del Fiume Cesano in località Bellisio Solfare in comune di Pergola (PU).

PROGETTO DEFINITIVO

Piano degli interventi finanziabili con le risorse di cui al Comma 548 art 1 della legge
228/12 e DPCM del 23 marzo 2013 . Eventi alluvionali del novembre 2012

RELAZIONE GEOLOGICA

1. INTRODUZIONE:

Gli eventi meteorici verificatisi nel periodo autunnale del 2012, in particolare nella prima metà del mese di novembre, hanno causato numerosi fenomeni di esondazione e frane nel territorio provinciale, che hanno prodotto danni ad argini e sponde di alcuni tratti dei corsi d'acqua, nonché al alcuni tratti della rete stradale provinciale.

In località Bellisio Sofare in Comune di Pergola (PU), a seguito di eventi alluvionali di eccezionale gravità del novembre 2012, la piena del Fiume Cesano ha eroso principalmente la sponda sinistra arrivando a lambire le abitazioni poste a monte.

A seguito di tale evento è stata eseguita un'indagine geologica nell'area interessata dall'intervento di riduzione del rischio idrogeologico nella frazione di Bellisio Solfare, nel Comune di Pergola.

Tale indagine ha lo scopo di individuare le misure tecniche necessarie volte a ridurre le situazioni di rischio idrogeologico, mediante la determinazione di interventi volti alla mitigazione/riduzione dei fenomeni di erosione spondale in sinistra idrografica ed esondazione nel rispetto ambientale.

L'indagine è mirata alla caratterizzazione e/o modellazione geologica del sito di intervento, pertanto il presente studio si propone di:

- ricostruire la stratigrafia dell'area d'intervento;
- determinare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni investigati;
- individuare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche;

- indicare la conformità dal punto di vista geologico-geomorfologico delle opere in progetto;
- fornire i criteri costruttivi generali per la realizzazione dei manufatti previsti in progetto;
- verificare la stabilità globale dell'area;
- Individuazione delle categorie di sottosuolo come dettato dal D.M. 14/01/2008 per la definizione dell'effetto della risposta sismica locale (VS 30).

Inoltre, ai fini della definizione delle azioni sismiche di progetto, si individua la categoria di sottosuolo ai sensi dell'art. 3.2.2 delle NTC (DM 14.01.2008), mediante la definizione della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio.

Considerate le caratteristiche delle opere in progetto e tenuto conto delle indicazioni progettuali, le strutture previste possono essere classificate di Tipo 2 (Tab. 2.4.I NTC 2008), in Classe d'Uso II ai sensi del DM sopracitato art. 2.4.2 con un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$.

In relazione a quanto sopra premesso, tenendo conto delle condizioni generali del sito e considerate le caratteristiche delle opere in progetto, si sono eseguite le seguenti indagini:

- un rilievo diretto di campagna (geologico e geomorfologico);
 - analisi idrogeologica;
 - analisi litologica;
 - n. 1 prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH) eseguita dalla ditta Tecnogeo s.n.c., con apparecchio Pagani (TG63/200) nel mese di Aprile 2014;
 - dati geo-litologici in nostro possesso relativi a precedenti indagini condotte in aree limitrofe a quella d'interesse;
 - dati bibliografici reperiti da studi eseguiti precedentemente;
 - reperimento di altre fonti e verifica dei lavori svolti nell'intorno della zona di interesse e correlazioni con i terreni indagati;
- La planimetria con l'ubicazione dei sondaggi, il grafico della prova penetrometrica dinamica (DPSH), con i relativi tabulati sono allegati a fine relazione (report di indagini).

1.1 Normativa e raccomandazioni di riferimento:

D.M. LL.PP. del 11/03/1988

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione,

l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996

Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi.

D.M. 16 Gennaio 1996

Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996.

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996.

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

D.C.R. n.116, 21.01.04

«Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI)».

Norme tecniche per le Costruzioni 2008

Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008.

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

2. CARATTERIZZAZIONE-MODELLAZIONE GEOLOGICA:

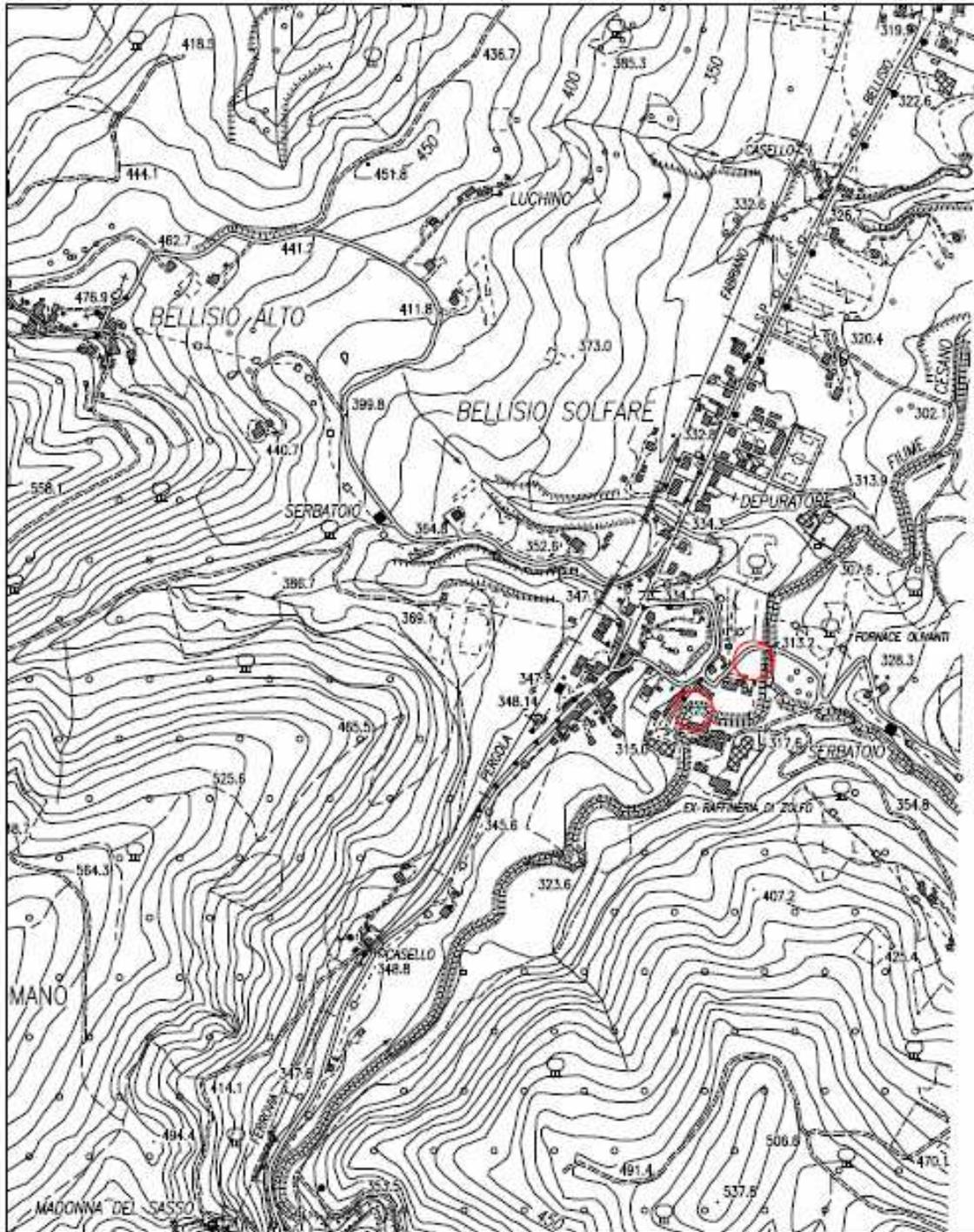
2.1 Ubicazione:

La zona di indagine è ubicata in Provincia di Pesaro Urbino, a Sud del Capoluogo di Pergola, a circa 4 km di distanza dall'abitato principale, in località Bellisio Solfare, nel Comune di Pergola.

Nella carta tecnica regionale, gli interventi sono inquadrabili al Foglio 291 alla sezione 291060, mentre alla carta I.G.M., scala 1:25.000 è rinvenibile al Foglio n. 116 Sezione I (vedi planimetrie nell'allegato 1). Catastralmente sono rintracciabili al F. 109 di Pergola.



RILIEVO AEROFOTOGRAMMETRICO SCALA 1:10.000
Foglio 291 Sezione 291060



○ Aree in esame

2.2 Aspetti geologici generali:

L'area di interesse si colloca nell'alta valle del fiume Cesano, al confine fra l'Umbria e le Marche e costituisce una delle aree che maggiormente esprimono la complessa storia geologica dell'Appennino settentrionale. Infatti, questa zona rappresenta in maniera speculare, l'orogenesi dell'Appennino e la traslazione di enormi placche di terreni miocenici elevate alle quote attuali dalle enormi forze endogene che hanno dato origine all'Appennino stesso.

L'Appennino settentrionale è una catena montuosa strutturalmente complessa formata a partire dal Cretaceo Superiore (90 milioni di anni fa),

E' nel Tortoniano Superiore (10 milioni di anni fa) che terminano le fasi principali di compressione, causate dallo scontro dei due blocchi. La conformazione attuale, si delinea in tempi ancora più moderni in seguito a fenomeni distensivi post-orogenici, che portarono alla formazione di dorsali montuose.

Per l'individuazione dei litotipi della formazione sono state consultate le cartografie Geologiche pubblicate dal servizio Geologico Nazionale e dalla Regione Marche, tra cui:

- 1) l'ambiente Fisico delle Marche e precisamente la cartografia geologica-geomorfologica-idrogeologica scala 1:100.000 del foglio n.1, rilevato nel 1990.

In prossimità della frazione Bellisio Solfare sul fiume Cesano, in Comune di Pergola, siamo in presenza di litotipi appartenenti alla simbologia "48" a cui corrisponde la formazione dello Schlier costituita da marne siltose e argille siltose grigiastre con intercalazioni calcarenitiche del Tortoniano – Langhiano p.p.

- 2) nella carta geologica del progetto CARG scala 1:50.000, rilevato alla scala 1:10.000 tra gli anni 1995 e il 2001, si riscontrano litotipi appartenenti alla Formazione dello Schlier contraddistinta in carta con la simbologia "18" costituita da marne siltose ed argille siltose con intercalazioni marnose appartenente al periodo Tortoniano – Langhiano p.p. L'area direttamente interessata dall'intervento è interessata dai depositi alluvionali ad altezze comprese tra 5 e 20 metri sugli attuali letti fluviali o torrentizi (3).

Nell'area di interesse, in corrispondenza dell'alveo del fiume Cesano sono visibili alcuni depositi di modesto spessore costituiti da alluvioni attuali e recenti in cui sono presenti ciottoli, ghiaia e sabbie.

2.3. Inquadramento geo-strutturale

Le strutture geologiche della zona sono caratterizzate dalla presenza di sinclinali, anticlinali orientati prevalentemente NO-SE talvolta dislocate da faglie, faglie probabili a dominante orientazione N-S. Queste strutture si sono prevalentemente enucleate nelle fasi deformative connesse con il regime compressivo Mio-Pliocenico.

L'area di interesse si colloca nel fianco sinistro di una sinclinale e nel fianco destro di una faglia, faglia probabile entrambe caratterizzate da direzione assiale NW-SE ed immersione verso NW.

Nell'area di interesse non sono segnalate evidenze tettoniche di rilievo sia nel foglio n. 109 "Pesaro" relativo alla Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 che nella carta geologica del CARG scala 1:50.000.

2.4. Inquadramento geomorfologico

La morfologia generale della zona si caratterizza per la presenza di rilievi montuosi e collinari con quote variabili da poche centinaia di metri fino a raggiungere quote prossime ai mille metri. Il fiume Cesano in tale contesto collinare montuoso taglia quasi ortogonalmente le pieghe e i thrust dell'edificio montuoso dell'appennino.

L'andamento dell'asta fluviale del Cesano oltre a presentare anomalie legate al condizionamento passivo delle strutture tettoniche e della litologia, è influenzata anche dalla mobilità tettonica recente dell'area. In particolare l'energia dei rilievi, la distribuzione altimetrica delle alluvioni terrazzate, mettono in risalto un sollevamento verticale generalizzato.

Nell'area di interesse, il fiume Cesano presenta un letto di magra ampio circa 10 m che scorre all'interno dei depositi alluvionali. Il letto di magra si raccorda con la sovrastante pianura alluvionale mediante scarpate a discreta acclività.

I depositi presenti nel letto di magra denotano una certa competenza del fiume Cesano che esercita in tale tratto fenomeni di erosione di fondo e di sponda accentuati, laddove la corrente è più veloce, nei tratti in cui si realizza convergenza idrica spondale si nota anche scalzamento al piede delle scarpate. Dove la corrente del corso d'acqua risulta in corrente lenta il fiume deposita.

In tutta la zona si è verificato un generale abbassamento del fondo dell'alveo a causa dell'erosione operata dal corso d'acqua nel corso del tempo e si sono prodotte scarpate pressoché verticali a ridosso di entrambe le sponde; la scarpata in sponda sinistra prosegue con una pendenza elevata fino a raggiungere le corti dei fabbricati esistenti, creando una situazione particolarmente preoccupante.

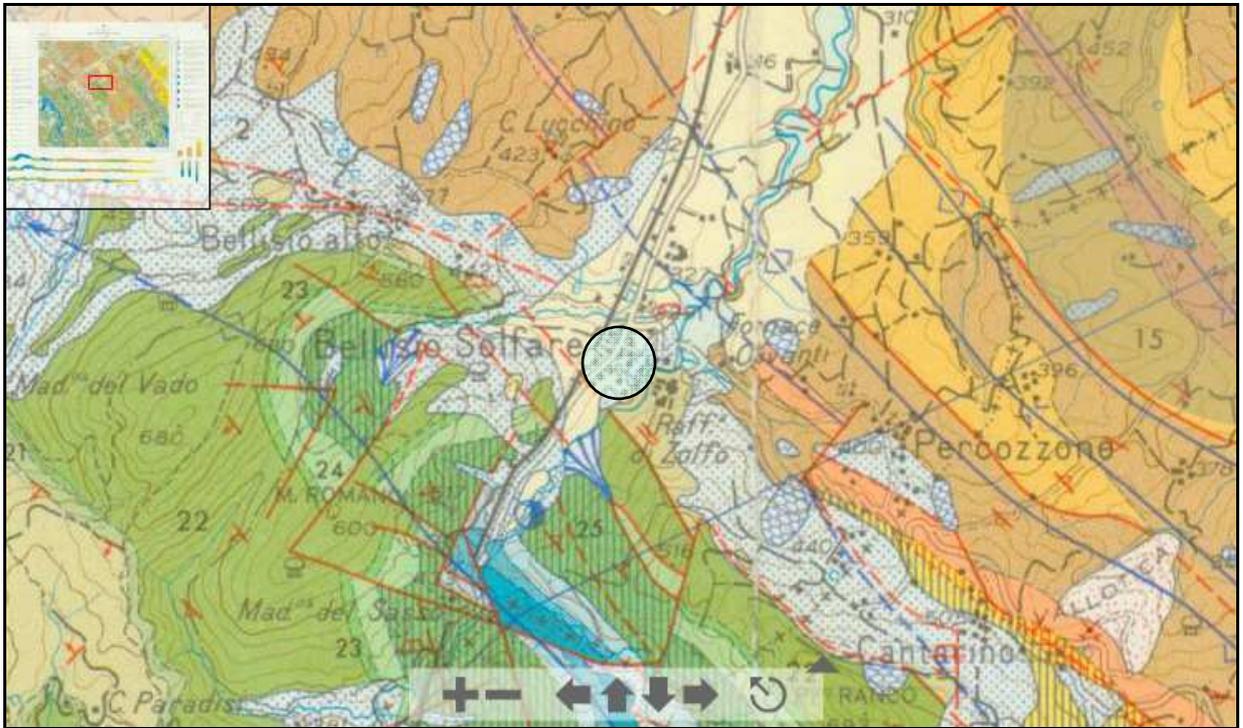
Tali scarpate, in tutto il tratto di interesse a causa della forte pendenza, delle scarse caratteristiche geomeccaniche dei litotipi presenti, dalla costante erosione al piede operata dal corso d'acqua e dall'infiltrazione delle acque di ruscellamento si presentano in alcuni tratti in dissesto, indipendentemente dai potenziali fenomeni di piena che si possono verificare. Il continuo scivolamento per colamento (frane da colamento) delle sponde provoca talvolta la caduta degli alberi, che si accumulano in alcuni punti, creando restringimenti della sezione idraulica, con innesco di fenomeni di esondazione locale e di processi erosivi.

In particolare si è constatata una evidente erosione spondale in sinistra idrografica del fiume Cesano, nei tratti tra i due muri di contenimento in c.a. posti a protezione di alcuni fabbricati di abitazione e in corrispondenza della spalla del ponte della strada comunale per Percozzone (vedi Tav. 05).

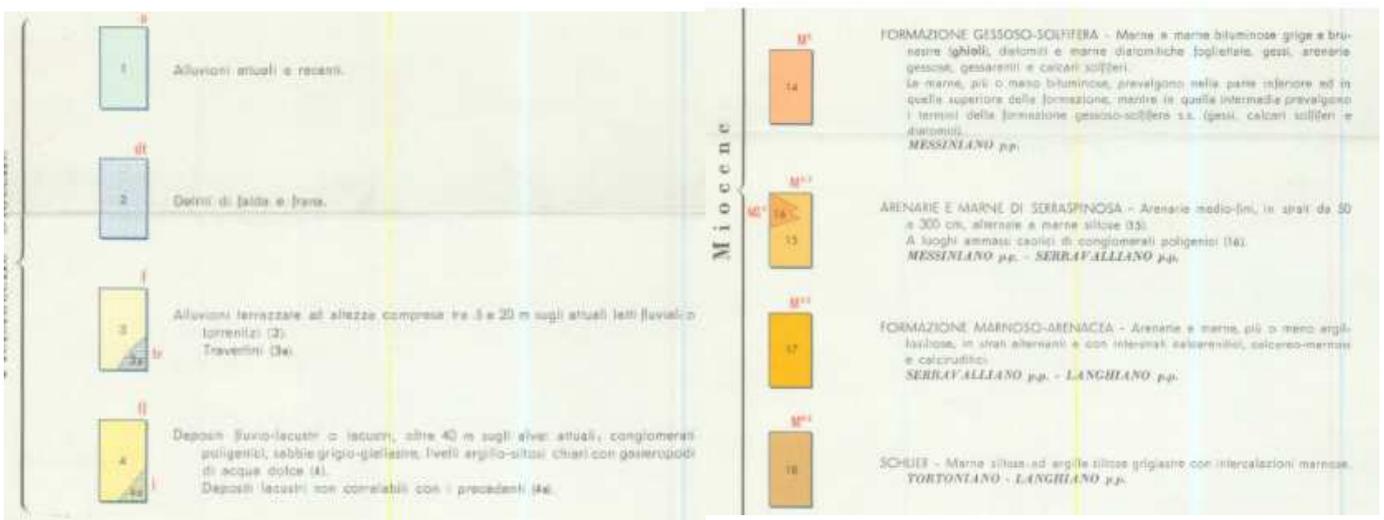
Il progredire dell'erosione comporterebbe la diretta esposizione dei fabbricati alla violenza delle acque, l'aggiramento della briglia radente posta poco più a valle e un'erosione di fondo dell'alveo che comporterebbe lo scalzamento delle fondazioni delle pile del ponte della strada per Percozzone e Cà Bernardi.

Il PAI Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Regione Marche individua la zona oggetto di intervento come area a Rischio Idraulico "R2" medio (cod.E-07-0016).

CARTA GEOLOGICA (CARG) SCALA 1:50.000



○ Area in esame



3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI:

Nell'immediato si riscontra quindi la necessità di gestire gli interventi indifferibili ed urgenti a tutela della pubblica incolumità, ovvero volti a ridurre il rischio con particolare riferimento alla sicurezza dell'abitato presente a monte.

Valutata attentamente la situazione di fatto e l'importo del finanziamento assegnato si è proceduto alla progettazione definitiva previa esecuzione di sondaggi geognostici (prova penetrometrica dinamica pesante DPSH), rilievo topografico di dettaglio e valutazioni specialistiche in sito.

L'esecuzione di tali opere è indifferibile ed i lavori devono essere realizzati nell'estate 2014, quando il livello dell'acqua nel Fiume Cesano si sarà abbassato, rendendo fattibili i lavori.

In base ai dati acquisiti nei sopralluoghi effettuati lungo il tratto d'interesse dell'asta fluviale, tenuto conto del limitato importo destinato, si è ritenuto necessario nell'immediato progettare la realizzazione dei seguenti lavori da eseguirsi all'interno del corso d'acqua, che hanno lo scopo di migliorare il regolare deflusso delle acque verso valle:

- 1) Creazione di pista per l'accesso al cantiere, stante la vicinanza dei fabbricati è stata individuata nella sponda opposta già impiegata per realizzare la briglia poco più a valle pertanto si provvederà alla riapertura iniziale e al ripristino finale.
- 2) deviazione del corso d'acqua e spostamento dell'alveo fluviale in destra idrografica, mediante scavi di sbancamento dei depositi alluvionali recenti;
- 3) Verifica sullo stato conservativo delle sottofondazioni dei muri esistenti e laddove necessario ripristino delle parti ammalorate.
- 4) Scavo ed eventuale rinterro se necessario alla posa in opera dei gabbioni e del loro raccordo col terreno di monte.
- 5) Realizzazione della platea in gabbioni dell'altezza di 0.50 m, riempita con materiale arido di pezzatura 7/15 opportunamente ammorsata per almeno 1.0 metro all'interno dello strato ghiaioso-sabbioso di media pezzatura e comunque al di sotto del livello di magra.
- 6) Posizionamento al di sopra della sopra citata platea di n. 3 ordini di gabbioni metallici riempiti con materiale arido di pezzatura 7/15.
- 7) Movimentazione mirata di modesti quantitativi di materiale (ghiaie e sabbie) per riequilibrare la sezione del fiume in corrispondenza del tratto d'argine di progetto e del tratto a monte del ponte strada per Percozzone e Cà Bernardi.
- 8) Protezione delle pile del ponte e del materiale movimentato con massi ciclopici di 3^a categoria opportunamente ammorsati per almeno 1.0 metro all'interno dello strato ghiaioso-sabbioso in posto, per circa 10 metri di lunghezza, con altezza circa 1,00 mt. fuori dal pelo libero dell'acqua; la

sceita dei massi naturali è dovuta alla necessità di garantire una maggiore naturalità dell'intervento per favorirne l'inserimento ambientale;

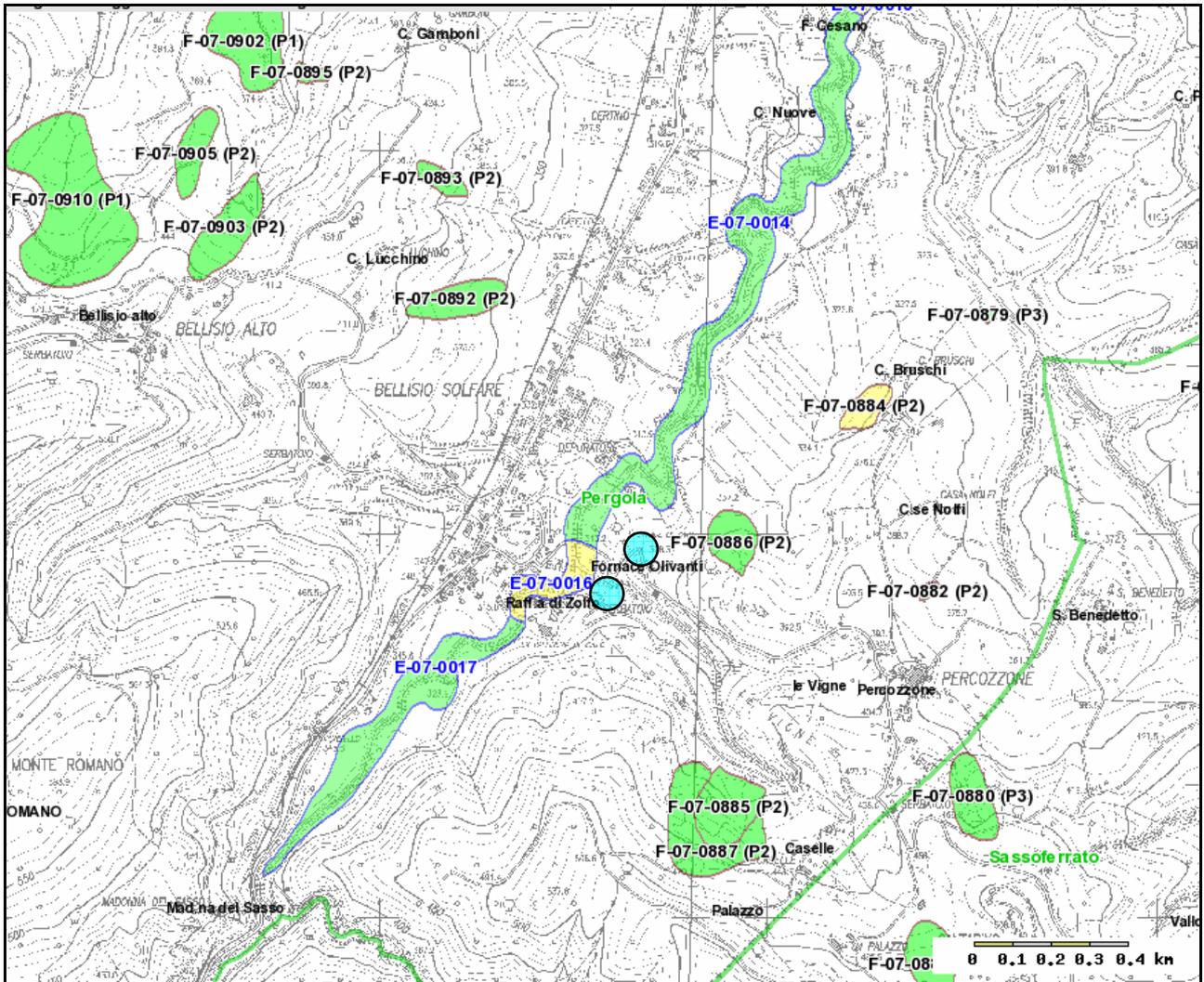
- 9) Sistemazione di uno scarico di acque bianche mediante la realizzazione di un pozzetto in calcestruzzo a tergo della gabbionata prevista in progetto e inserimento all'interno del gabbione del tubo di scarico in PVC corrugato Ø 500 mm

3.1 Compatibilità dell'intervento con il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionale (PAI) - approvato con deliberazione del Consiglio Regionale Marche n.116 del 21.01.2004:

Si pone in evidenza che l'intera zona in cui ricadono le opere da realizzare, rientrano all'interno di una zona esondabile classificata nel Piano di Assetto Idrogeologico Regionale con codice E-07-0016, con livello di rischio medio R2 (vedi allegato1).

L'intervento in progetto, teso alla riduzione/mitigazione della pericolosità dell'area a rischio, rientra nelle finalità del piano stralcio con riferimento al comma 6, art. 7, fascia di territorio inondabile assimilabile a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni delle aree inondabili delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Carta del Piano di Assetto Idrogeologico
REGIONE MARCHE
 AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE



LEGENDA

aree oggetto d'intervento

- Aree a rischio frana
 (Codice F-xx-yyyy)
- Rischio moderato (R1)
 - Rischio medio (R2)
 - Rischio elevato (R3)
 - Rischio molto elevato (R4)

- Aree a rischio esondazione
 (Codice E-xx-yyyy)
- Rischio moderato (R1)
 - Rischio medio (R2)
 - Rischio elevato (R3)
 - Rischio molto elevato (R4)

- Aree a rischio valanga
 (Codice V-xx-yyyy)
- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino Idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

Z - XX - YYYY

— numero identificativo di bacino
 — numero progressivo fenomeno
 — iniziale tipo di rischio

3.2 Idrografia e Piezometria:

L'area interessata dal progetto si colloca nella parte sinistra dell'alveo di magra del Fiume Cesano, che scorre incassato, ai piedi del versante/scarpatata acclive.

L'idrografia superficiale è rappresentata da una serie di impluvi ortogonali al fiume Cesano che si sono creati, nel corso degli anni, a causa dell'elevata erosione che raccolgono le acque di precipitazione convogliandole dalle pendici verso valle.

In particolare nell'area d'intervento ed immediatamente a monte e a valle sono presenti una serie di fossi caratterizzati da modesti bacini. Dai sondaggi eseguiti e dalle osservazioni effettuate durante la fase di sopralluogo, risulta che la falda idrica non è stata rilevata sino alle profondità investigate ma per la chiusura del foro; come è noto, la falda è in stretta connessione è coincidente con livello idrico del corso d'acqua sottostante.

4. CARATTERI PLUVIOMETRICI:

Considerato che sono presenti condizioni di rischio e pericolosità idrauliche, per la progettazione delle opere di difesa in progetto, sarà necessario tenere in debito conto delle precipitazioni massime.

4.1 Elaborazione statistica delle piogge:

Al fine di un idoneo dimensionamento delle opere di drenaggio per la raccolta delle acque di precipitazione, si deve valutare l'entità delle precipitazioni per l'area in esame con un dato "tempo di ritorno".

Il "tempo di ritorno" è un indicatore di rischio, definito come durata media in anni del periodo in cui il valore della variabile idrologica considerata viene superato una sola volta.

Le informazioni sulla pluviometria dell'area di interesse, sono riassunte nei parametri "a" ed "n" della curva segnalatrice di possibilità climatica, che relaziona le altezze di pioggia con le durate di pioggia per un dato tempo di ritorno, attraverso la nota formula:

$$h = a t^n$$

dove:

h é l'altezza di pioggia espressa in mm;

t é la durata dell'evento in ore;

a (mm/ora) ed *n* sono i parametri caratteristici della curva.

Per curva di possibilità climatica si intende quella curva che rappresenta l'insieme dei punti con la stessa probabilità di non essere superati.

Per la determinazione della *curva segnalatrice di possibilità climatica* relativa all'area d'interesse, si é eseguita un'elaborazione statistica dei dati pluviometrici della stazione più rappresentativa.

Sono stati considerati i dati pluviometrici editi dalla Protezione Civile della Regione Servizio Meteorologico Regionale per la stazione pluviografica di Pergola, che risulta essere la più vicina al bacino imbrifero in studio tra quelle dotate di pluviometro registratore (Pr), necessario per l'estrapolazione probabilistica delle curve di possibilità climatica.

Per le calcolazioni idrologiche ed idrauliche che seguiranno si sono ricercate, per la stazione di Pergola, le serie storiche delle altezze di pioggia conseguenti alle precipitazioni di massima intensità registrate al pluviografo per tempi di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Le serie storiche analizzate constano di 21 anni di osservazione, dal 1991 al 2011.

STAZIONE DI PERGOLA					
Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1991	16	37.8	64.6	69	70.6
1992	38	39.2	39.2	41.8	41.8
1993	22.4	30.4	30.8	36.6	50.4
1994	35.6	45.2	54.2	60.6	61.4
1995	33.6	40.2	48	49.4	52.4
1996	17.6	28.2	32.8	49.8	53.8
1997	16.8	31.2	41.8	48.2	55.6
1998	30.4	30.4	31	51.8	82
1999	38.2	48.6	49.8	58	70.2
2000	44.2	48.4	51	51.8	51.8
2001	17.4	25.8	43.6	63.4	82.4
2002	46.6	65	65	65	76.8
2003	16.4	33.4	47.6	54.2	54.4
2004	22.4	38.6	42	42	42
2005	25	34	42	52.2	82
2006	21.8	38.2	50.8	61.6	64.2
2007	19.4	25.2	26.2	37.2	41.2
2008	64.2	70.6	70.8	71	73
2009	21.8	22.2	22.6	33.8	41
2010	60.2	68.4	69.6	70.2	71
2011	27	27	32	45.2	68.2

Tab.1 – Precipitazioni in mm di massima intensità con durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore rilevate alla stazione pluviografica di Pergola.

4.2 Elaborazione statistica delle precipitazioni e curve di possibilità climatica:

L'analisi dei dati è stata effettuata mediante *la prima legge asintotica del massimo valore di Gumbel* con la quale, data una serie di valori sufficientemente grande della variabile idrologica considerata (x), si determina la probabilità di non superamento legata al tempo di ritorno: $P(x) = e^{-e^{-y}}$,

dove:

$P(x)$: probabilità di non superamento della variabile idrologica x;

$y = \alpha(x - N)$: variabile ridotta associata alla variabile idrologica x ;

$\alpha = \frac{1.283}{\sigma}$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti¹;

$N = \bar{x} - 0.450\sigma$: parametro della distribuzione stimato con il metodo dei momenti¹;

$\bar{x} = \frac{\sum_i x_i}{n}$: media delle osservazioni x_i , in numero pari ad n ;

$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i x_i^2}{n-1} - \frac{(\sum_i x_i)^2}{n(n-1)}}$: scarto quadratico medio del campo osservato.

Mediante la relazione: $P(x) = \frac{T_r - 1}{T_r}$, si lega il tempo di ritorno con la probabilità di non superamento.

Tale legge é stata applicata per le piogge della durata di 10, 15, 20, 30, minuti e 1, 3, 6, 12 e 24 ore, ottenendo le rispettive altezze di pioggia massima con tempi di ritorno pari a 20, 50, 100 e 200 anni, per la stazione pluviografica considerata.

oni massime secondo Gumbel (in mm)					
Tempo di ritorno	Durata di pioggia				
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h
Tr = 10 anni	48,67	57,71	63,65	67,66	79,66
Tr = 30 anni	61,17	70,10	75,96	77,60	92,14
Tr = 50 anni	66,87	75,75	81,58	82,14	97,84
Tr = 100 anni	74,57	83,38	89,15	88,26	105,53
Tr = 200 anni	82,23	90,98	96,70	94,36	113,18

¹"Elementi di statistica per l'idrologia" Ugo Maione e Ugo Moisello

Tab. 2 – Estrapolazione probabilistica con il metodo di Gumbel delle precipitazioni massime (mm) con diversa durata in ore e per diversi tempi di ritorno

Nel campo bilogaritmico la curva segnalatrice di possibilità climatica ha una forma lineare, con coefficiente angolare pari ad “n” ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad “a”.

E’ possibile ora procedere al calcolo di tali curve, per i diversi tempi di ritorno, stimando i parametri “a” ed “n” tramite regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati.

I risultati delle interpolazioni e le curve segnalatrici di possibilità climatica per la stazione considerata e per i diversi tempi di ritorno sono di seguito riportate (Tab. 3 - Fig. 6).

Parametri della curva di possibilità climatica		
Tempo di ritorno	a	n
Tr = 10 anni	46.642	0.1478
Tr = 30 anni	60.983	0.1187
Tr = 50 anni	66.629	0.1085
Tr = 100 anni	74.253	0.0967
Tr = 200 anni	81.857	0.0869

Tab. 3 – Parametri della curva di possibilità climatica per la stazione pluviografica di Pergola, per i tempi di ritorno indicati e per tempi di pioggia $10 \text{ m} < t < p < 24$ ore.

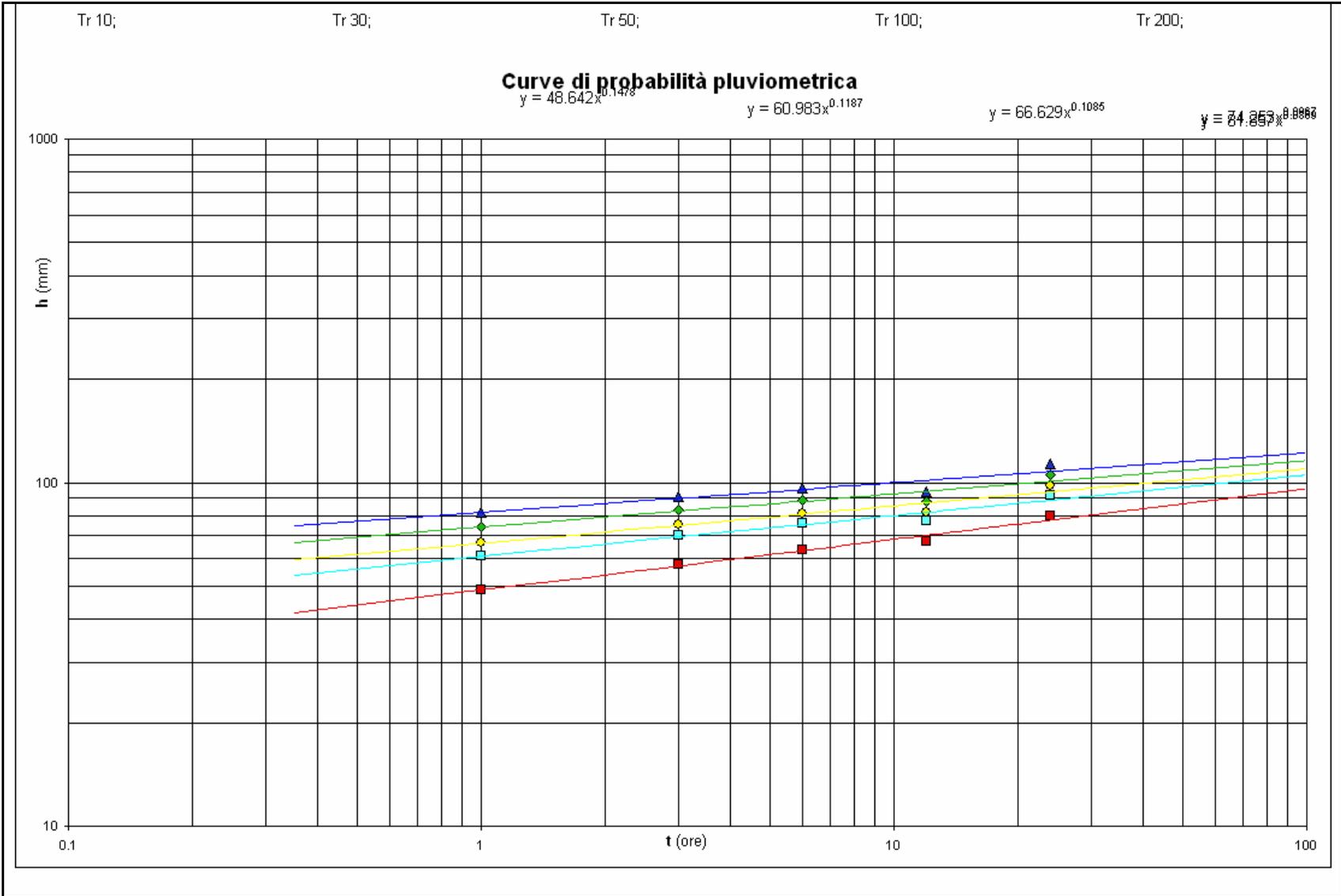


Fig.6

5. INDAGINI:

Per quanto attiene alle indagini geognostiche e sismiche eseguite ed utilizzate a supporto del presente studio, si è tenuto conto del contesto geologico del sito in oggetto, conosciuto dallo scrivente e della tipologia di intervento previsto.

5.1 STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO:

Pertanto alla luce di quanto emerso dal rilievo di campagna eseguito e dati ottenuti dall'indagine dalla prova penetrometrica dinamica pesante (DPSH) spinta fino alla massima profondità di – 6.60 dal p.c. e per correlazione con quelli a disposizione dallo scrivente, che hanno permesso di ricostruire il modello stratigrafico interpretativo.

I terreni indagati hanno permesso di ricostruire la seguente stratigrafia di seguito schematizzata :

UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA

Livello a: Terreno agrario dal p.c. a -0.40 m

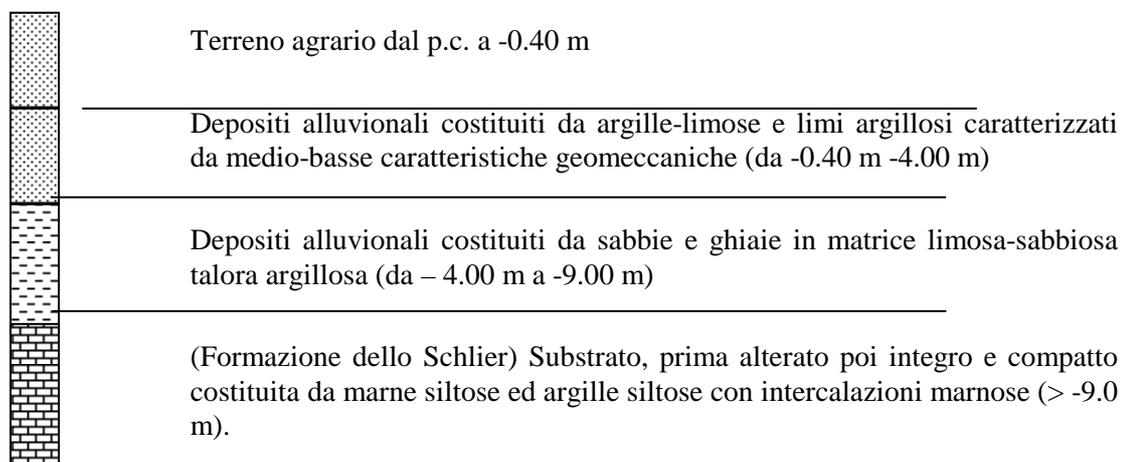
Livello 1: Depositi alluvionali costituiti da argille-limose e limi argillosi caratterizzati da medio-basse caratteristiche geomeccaniche (da -0.40 m -4.00 m)

Livello 2: Depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie in matrice limosa-sabbiosa talora argillosa (da – 4.00 m a -9.00 m)

UNITA' DEL SUBSTRATO

Livello 3: (Formazione dello Schlier) Substrato, prima alterato poi integro e compatto costituita da marne siltose ed argille siltose con intercalazioni marnose (> -9.0 m).

Stratigrafia:



LIVELLO 1 UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA	dal p.c.	a -4.00 m
LIVELLO N. 2 UNITA' DELLE TERRE DI COPERTURA	da -4.00 m	a -9,00 m
LIVELLO N. 3 UNITA' DEL SUBSTRATO	da - 9,00 m	in poi

5.2 Parametri Geotecnici (valori medi F_m):

Per quanto riguarda la definizione dei parametri geotecnici medi (F_m) dei livelli di terreno considerati, si fa riferimento al sondaggio eseguito, dai dati bibliografici presenti in letteratura e da sondaggi eseguiti in zone limitrofe, messi a confronto in modo obiettivo con terreni simili sottoposti a prove di laboratorio.

Nella seguente Tab. 4 sono riportati i valori dei parametri geotecnici medi (F_m):

Livello n	γ_{nm} (KN/mc)	$\gamma_{sat m}$ (KN/mc)	ϕ'_m ° gradi	C'_m (t/mq)
1	18:20	19:21	20:23	0.8:1.5
2	19,5:20,5	20,5:21,5	26:34	
3	20:22	21:23	24:28	>>5

Tab. 4

I parametri descritti, relativi agli “strati da 1 a 3” sono da ritenersi mediamente significativi per l'intero strato. Naturalmente, non si sono prese in considerazione variazioni localizzate della litologia, non interessanti per lo scopo del presente lavoro.

La definizione dei valori caratteristici dei parametri di resistenza del terreno da assumere nelle verifiche agli SLU e SLE, considerato il tipo di opera in progetto ed in relazione a quanto previsto dalle NTC 2008 ed a quanto suggerito dalle “Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC”, tiene conto del tipo di prove effettuate e delle correlazioni eseguite con valori ricavati da analisi di laboratorio su terreni simili.

I valori riportati nella seguente Tabella 5 sono scaturiti da una stima ragionata e cautelativa.

Pertanto, vista la natura disaggregata dei dati a disposizione, il valore caratteristico è stato ricavato dal 5° percentile della distribuzione dei campioni, utilizzando la seguente formula che fornisce un valore più prossimo ai valori minimi della distribuzione dei campioni presi in considerazione.

$$Z' k = Z' m (1 + X \cdot Vz)$$

dove:

$Z' k$ = valore caratteristico del parametro considerato;

$Z' m$ = valore medio del parametro considerato;

Vz = coefficiente di variazione (COV) di Z' , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori del parametro considerato;

X = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di X uguale a $\pm 1,645$.

Frattile %	50	25	10	5
X	0	0,674	1,282	1,645

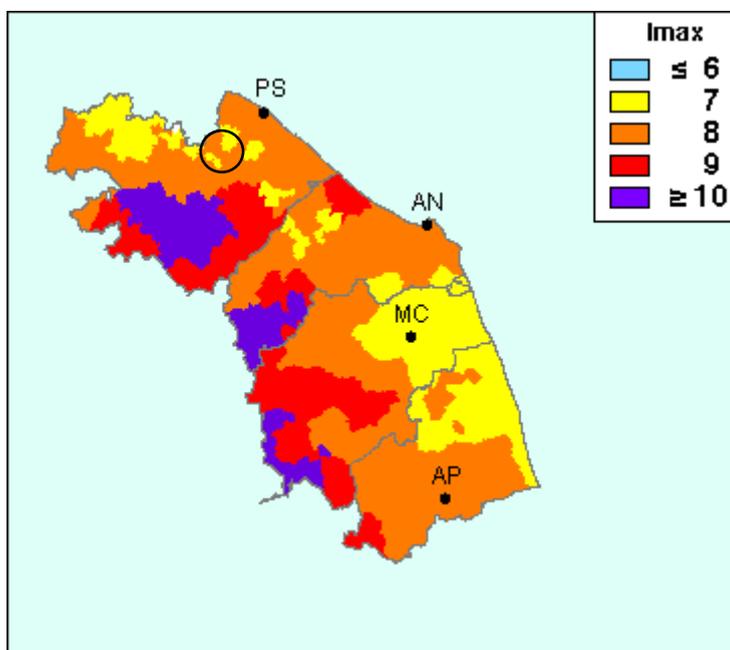
Livello n	ϕ'_k °gradi	C'_m (t/mq)
1	21,5	0.75
2	29,5	
3	26	2.4

Tab. 5 (valori caratteristici F_k)

6. SISMICITA':

6.1 Zone sismiche:

Per la valutazione della sismicità storica dell'area e per una prima valutazione della sua pericolosità sismica, è stata utilizzata la banca dati del GNDT (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti – cataloghi NT4.1.1 – DOM.4.1.) Come si può vedere dalla mappa allegata il sito in esame viene identificato come un'area a medio rischio sismico.



○ **Area in esame**

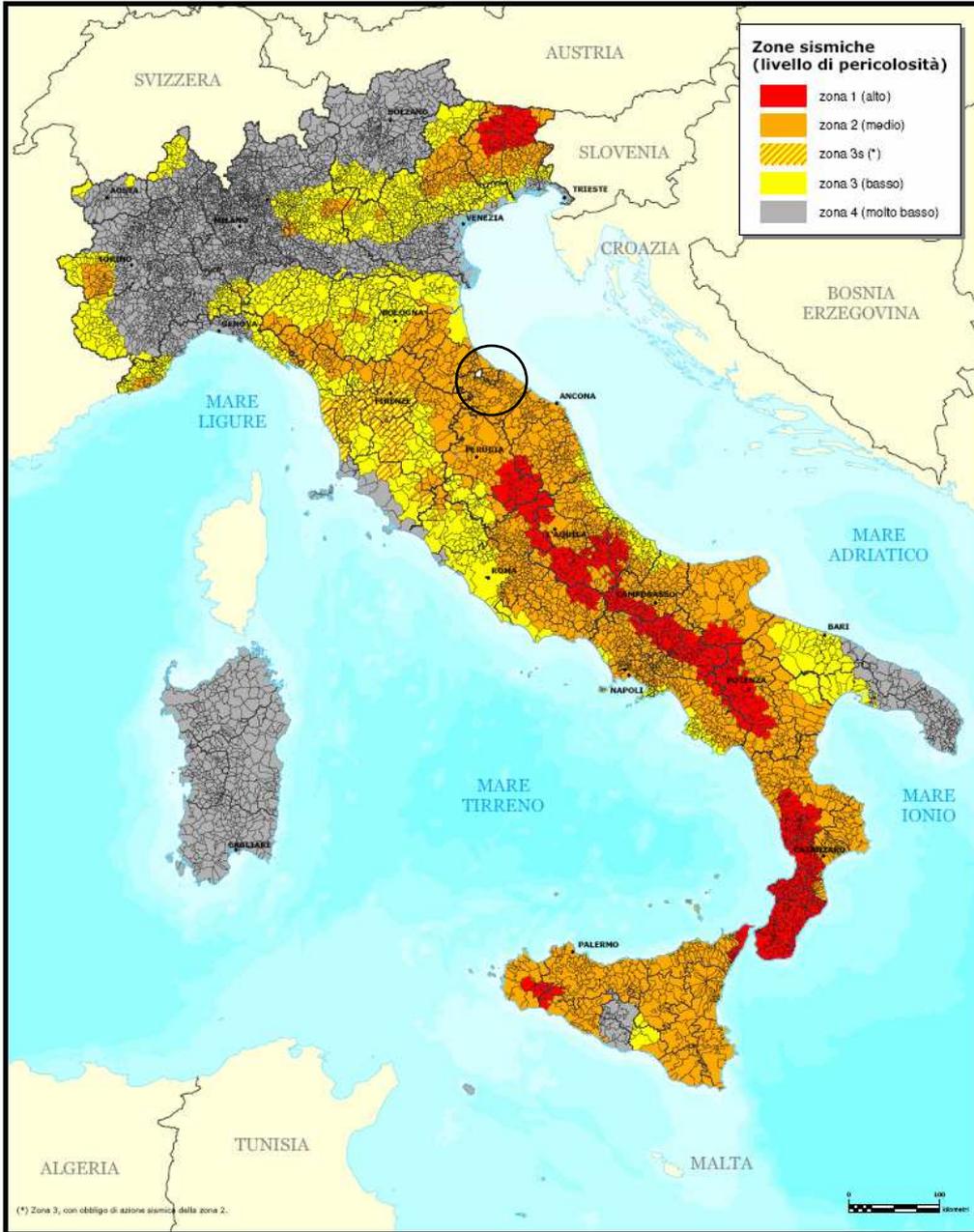
Con riferimento alla classificazione sismica nell'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003 e le norme tecniche vigenti, che disciplinano le costruzioni in zone sismiche, il territorio comunale di Pergola, sono classificati come zona 2 con livello di pericolosità sismico medio (Vedi figura nella pagina seguente).



Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della protezione civile
Ufficio prevenzione, valutazione e mitigazione del rischio sismico e attività ed opere post-emergenza

Classificazione sismica al 2006

Recepimento da parte delle Regioni e delle Province autonome dell'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274.
Atti di recepimento al 31 dicembre 2007. Abruzzo: DGR 29/3/03, n. 438. Basilicata: DCR 19/11/03, n. 731. Calabria: DGR 10/2/04, n. 47. Campania: DGR 7/11/02, n. 5447.
Emilia Romagna: DGR 21/7/03, n. 1435. Friuli Venezia Giulia: DGR 1/8/03, n. 2325. Lazio: DGR 1/8/03, n. 766. Liguria: DGR 15/5/03, n. 530. Lombardia: DGR 7/11/03, n. 14964.
Marche: DGR 29/7/03, n. 1046. Molise: LR 20/5/04, n. 13. Piemonte: DGR 17/11/03, n. 61/11017. Puglia: DGR 2/3/04, n. 153. Sardegna: DGR 30/3/04, n. 15/31.
Sicilia: DGR 19/12/03, n. 408. Toscana: DGR 16/6/03, n. 604. Trentino Alto Adige: Bolzano, DGP 6/11/06, n. 4047; Trento, DGP 23/10/03, n. 2813. Umbria: DGR 18/6/03, n. 852.
Veneto: DCR 3/12/03, n. 67. Valle d'Aosta: DGR 30/12/03, n. 5130.



PR/SP 2007

6.2 Azione sismica:

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “**sito dipendente**” e non più tramite un criterio “zona dipendente”.

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è quindi l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica di progetto.

La “pericolosità di base” è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” *VR* espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la *probabilità* è denominata “Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento” *PVR*.

La “pericolosità sismica di base” è definita in termini di:

- *accelerazione orizzontale massima attesa **ag** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (suolo di categoria C, v. Tab III), con superficie topografica orizzontale (categoria T IV; v. Tab. 3.2.IV delle NTC 2008),*
- *ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $Se(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **PVR** nel periodo di riferimento **VR**.,*

Le nuove norme definiscono *le forme spettrali*, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento *PVR*, a partire dai valori dei seguenti parametri *su sito di riferimento rigido orizzontale*:

- ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le **NTC 2008** stimano la pericolosità sismica di base su una griglia di 10.751 punti, per ognuno dei quali viene fornita la terna di valori **ag**, **Fo** e **T*C** per nove distinti periodi di ritorno **TR**.

6.2.1 *Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:*

Le condizioni del sito di riferimento rigido, di cui al paragrafo precedente, non corrispondono in generale a quelle effettive. Risulta pertanto necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera (categoria di sottosuolo) ed anche delle condizioni topografiche, in quanto questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie (risposta sismica locale) rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

La categoria di sottosuolo e le condizioni topografiche incidono sullo spettro elastico di risposta, in particolare, l'accelerazione spettrale massima dipende dal coefficiente $S = S_S * S_T$ che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica S_S e topografica S_T . Per le componenti orizzontali dell'azione sismica, il periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro è invece funzione del coefficiente C_C , dipendente anch'esso dalla categoria di sottosuolo, coefficienti definiti nelle tabelle 3.2.IV, 3.2.V e 3.2.VI delle NTC.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (condizioni stratigrafiche)

In relazione a quanto sopra indicato, per la definizione della *azione sismica di progetto* si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale o mediante analisi specifiche (indagini sismiche ecc..) oppure si può fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di diverse categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (v. Tab 6, le profondità si riferiscono al piano di posa della fondazione).

Il parametro V_{s30} , che unitamente alla litostratigrafia caratterizza la diversa categoria di appartenenza, rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente 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 metri superiori.

Tab. 6

Categoria	Descrizione
A	formazione litoide o terreni omogenei caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ KPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ KPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s (NSPT < 15, $c_u < 70$ KPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.
S1*	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PL > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < C_u < 20$ KPa).
S2*	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

* In aggiunta alle prime cinque categorie ne sono state definite altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Nello specifico, dalla prova penetrometrica dinamica DPSH eseguita, tramite il valore del numero equivalente di colpi $NSPT_{30}$ e dalla resistenza non drenata Cu_{30} , che ha permesso di ricostruire il modello sismo-stratigrafico interpretativo sull'area di intervento, affermando che il sito è caratterizzato da una velocità delle onde di taglio V_{s30} compreso tra 180-360 m/sec., pertanto il suolo indagato può essere classificato come segue:

Tipo C = Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < c_u < 250$ KPa).

CATEGORE TOPOGRAFICHE (condizioni topografiche)

Per configurazioni superficiali semplici, si può adottare la seguente tab. 3.2.IV riportata nelle NTC, evidenziando che le categorie riportate si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate se di altezza maggiore di 30 mt.

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 $i > 30^\circ$

Il valore del coefficiente topografico S_T è riportato nella sottostante Tabella e la sua variazione spaziale è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità fino alla base dove S_T assume valore unitario.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

Nel nostro caso, visto che ci troviamo in condizioni di morfologia con superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, si assume T1 come categoria topografica con $S_T = 1,0$

6.2.2 Azione sismica di progetto - Parametri sismici:

Mediante l'utilizzo del software "GeoStru PS Parametri sismici" si sono individuate le coordinate sessa decimali del sito di indagine e sulla base della maglia di punti interessata, si ottengono i parametri spettrali su sito di riferimento rigido forniti dal Ministero; conseguentemente vengono definiti i parametri dell'azione sismica relativi al sito interessato dall'opera che sono di seguito riportati, per i rispettivi stati limite.

Tenuto conto delle opere in progetto, indicativamente le strutture previste nell'area d'intervento possono essere classificate di Tipo 2 (Tab. 2.4.I NTC 2008), in Classe d'Uso II ai sensi del DM sopracitato art. 2.4.2 con un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a $V_r = V_n \times C_u = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$

Cerca Posizione

Via n°

Comune Cap

Provincia

Coordinate WGS84

Latitudine °

Longitudine °

Isole

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84

Lat. Long.

(1)* Coordinate ED50

Lat. Long.

Classe dell'edificio

Vita nominale

(Opere protettive <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)

Interpolazione

43.520172, 12.826972

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

(1)* Il software converte i dati dal sistema WGS84 al sistema ED50, prima di elaborare i risultati è comunque possibile inserire direttamente le coordinate nel sistema ED50. I punti sulla mappa sono da considerarsi esclusivamente in coordinate WGS84.

(2)* Il file creato con "Salva file" può essere importato automaticamente negli applicativi GeoStru.

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie

Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)

us (m)

Categoria sottosuolo

Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss *				
Amplificazione stratigrafica	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,50"/>	<input type="text" value="1,44"/>	<input type="text" value="1,36"/>
Cc *				
Coeff. funz categoria	<input type="text" value="1,61"/>	<input type="text" value="1,58"/>	<input type="text" value="1,51"/>	<input type="text" value="1,51"/>
St *				
Amplificazione topografica	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>	<input type="text" value="1,00"/>
<input type="checkbox"/> Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]	<input type="text" value="0.6"/>			

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,017	0,021	0,060	0,086
kv	0,009	0,011	0,030	0,043
Amax [m/s²]	0,838	1,052	2,455	3,005
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 43,521122 [°]

longitudine: 12,827916 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	21191	43,532880	12,800430	2572,9
Sito 2	21192	43,533260	12,869380	3605,1
Sito 3	21414	43,483270	12,869920	5403,0
Sito 4	21413	43,482880	12,800990	4774,8

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente c_u : 1

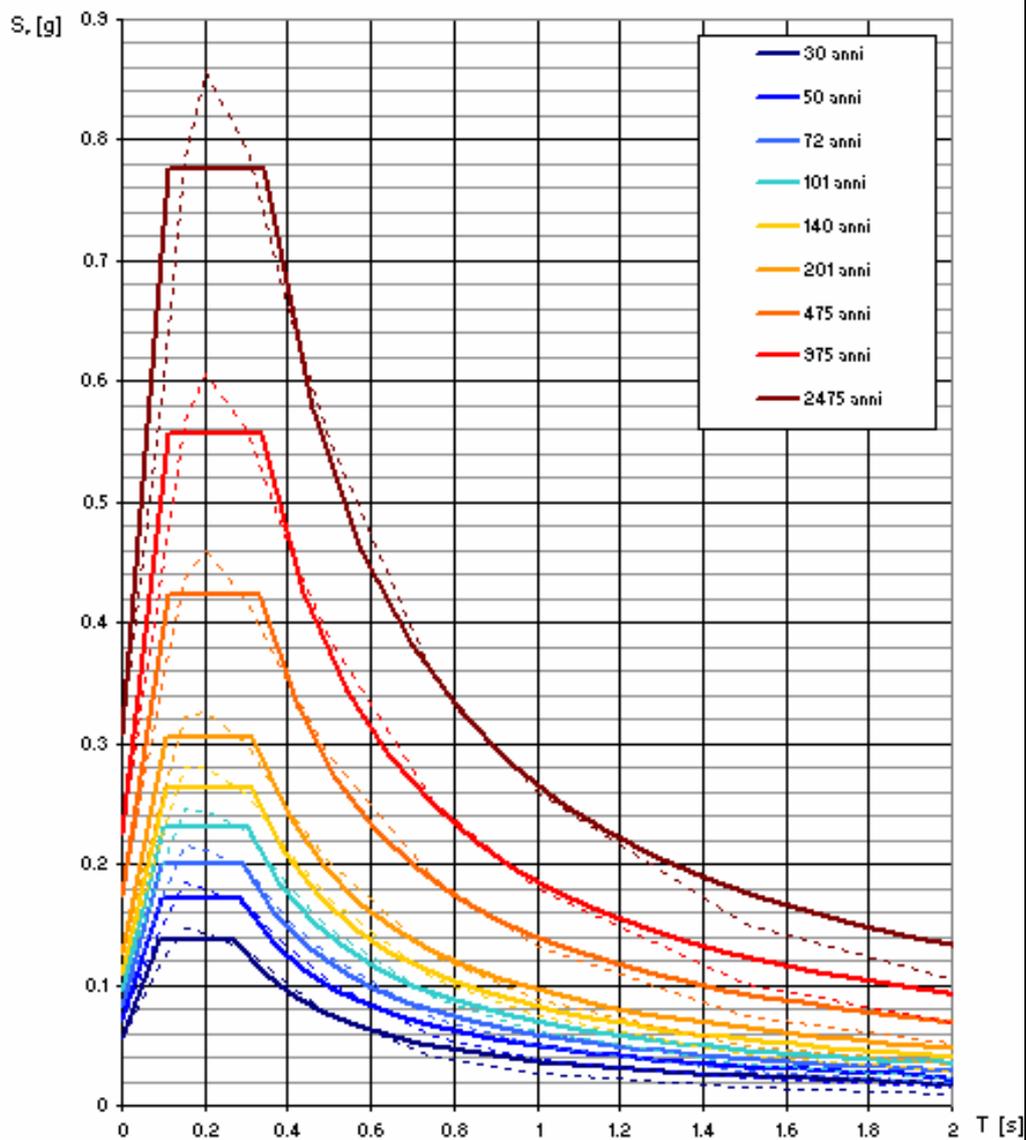
	Prob. superament o [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,057	2,459	0,272

Danno (SLD)	63	50	0,071	2,446	0,288
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,174	2,456	0,330
Prevenzione e dal collasso (SLC)	5	975	0,225	2,485	0,334

Coefficienti Sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,610	1,000	0,017	0,009	0,838	0,200
SLD	1,500	1,580	1,000	0,021	0,011	1,052	0,200
SLV	1,440	1,510	1,000	0,060	0,030	2,455	0,240
SLC	1,360	1,510	1,000	0,086	0,043	3,005	0,280

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

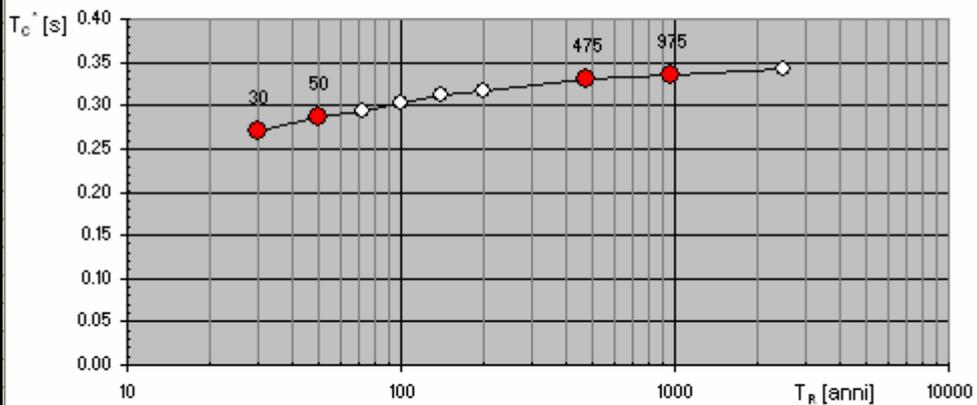
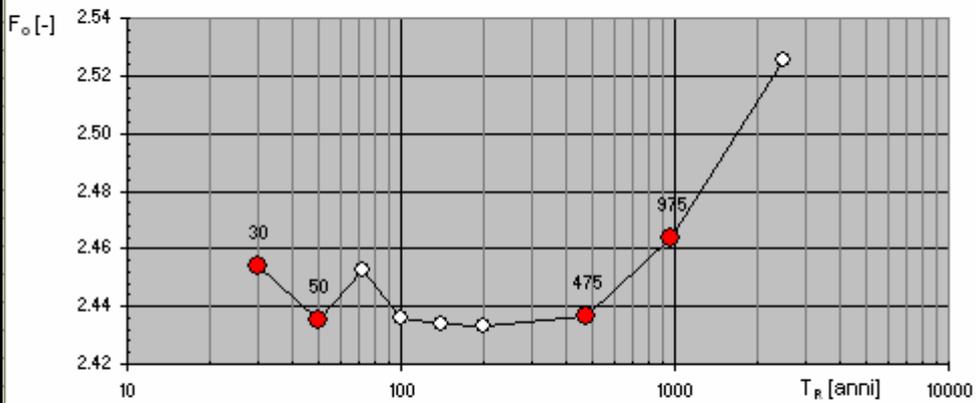
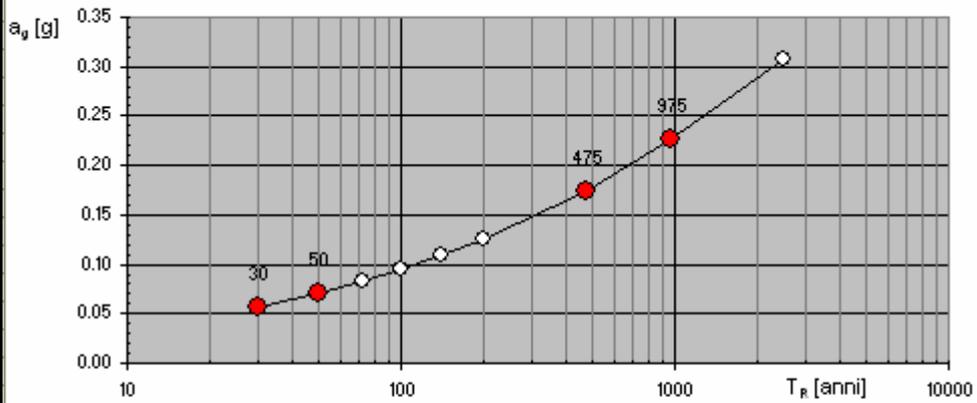


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

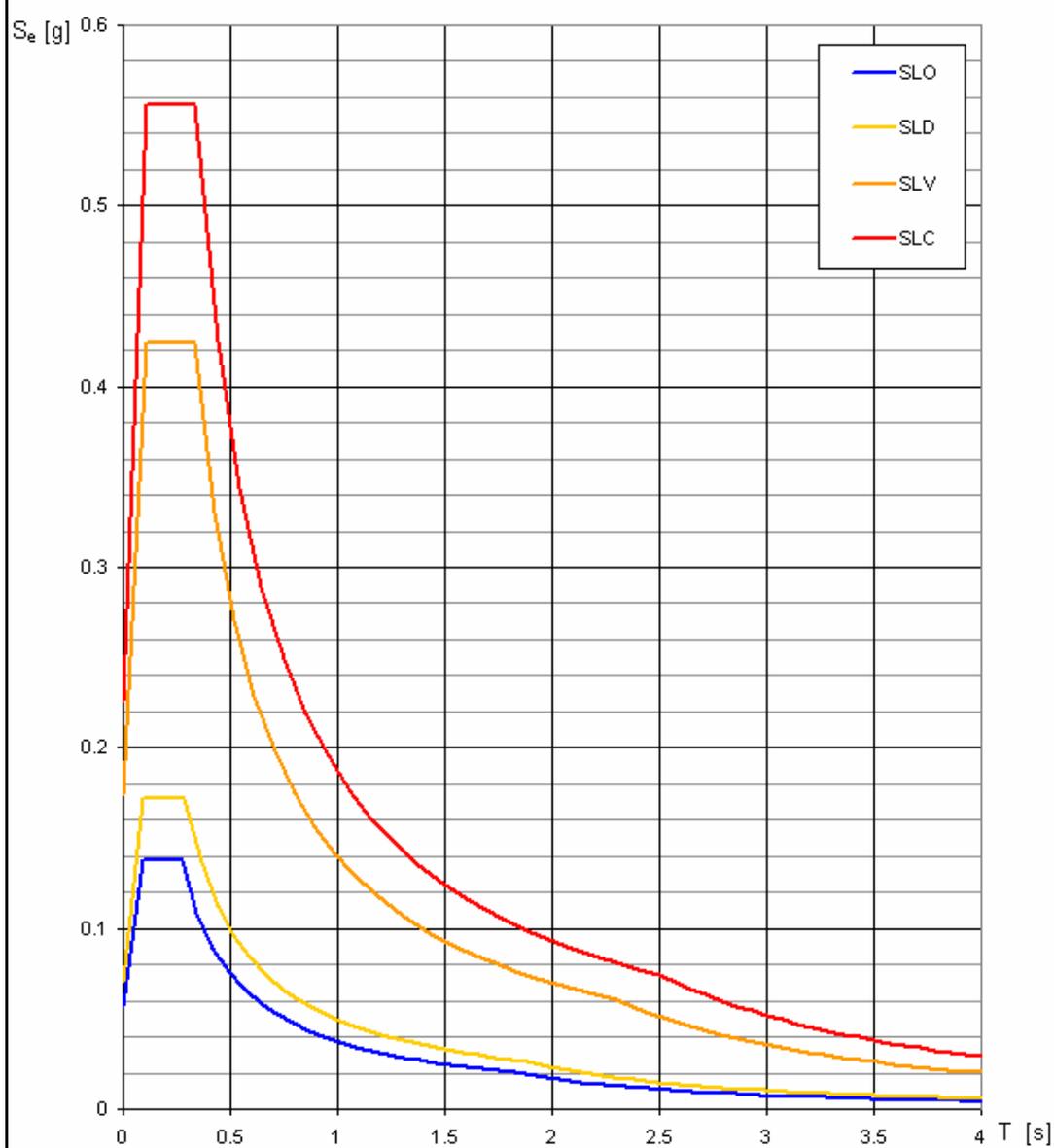
La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno



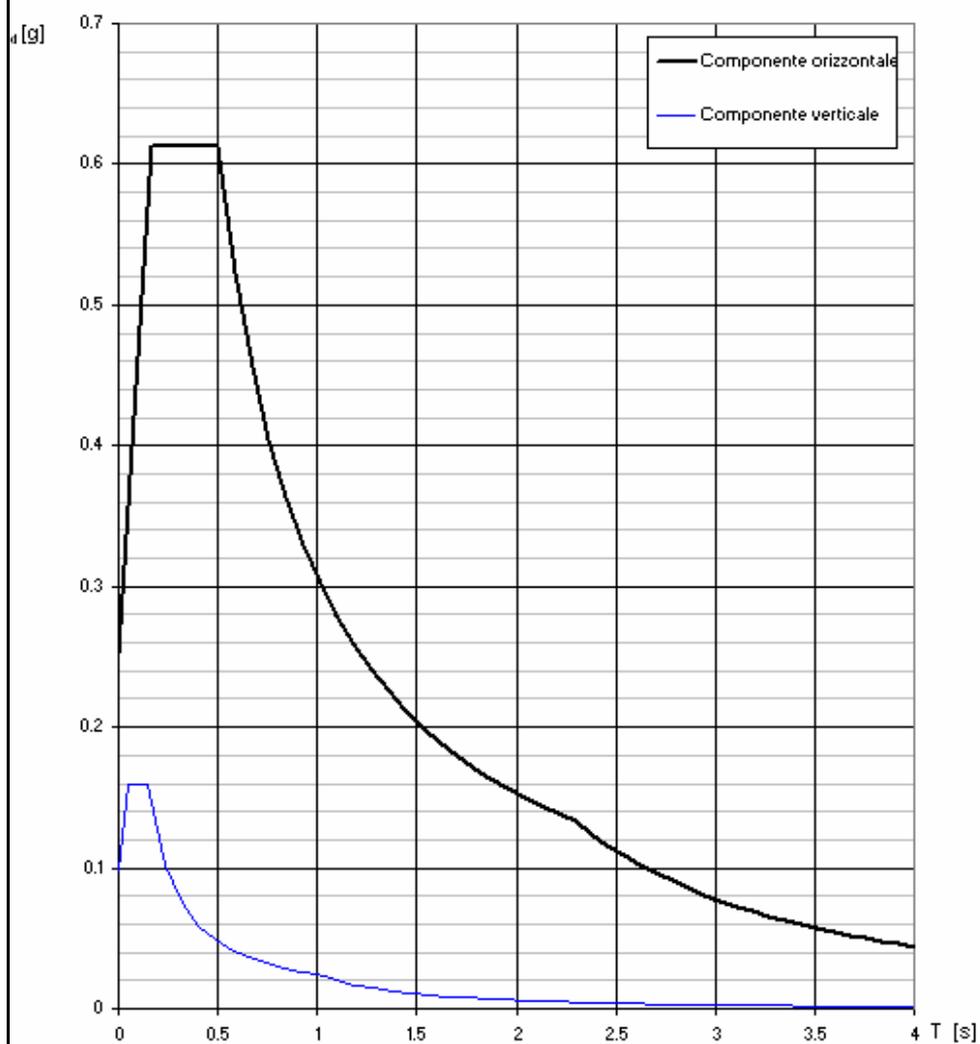
La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato li SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato \$LV\$

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.174 g
F_{D0}	2.437
T_c	0.330 s
S_D	1.446
C_c	1.514
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.446
η	1.000
T_B	0.166 s
T_c	0.499 s
T_D	2.296 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_0 \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_c \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_s(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.252
T_B	0.166	0.613
T_c	0.499	0.613
	0.585	0.523
	0.670	0.456
	0.756	0.405
	0.842	0.364
	0.927	0.330
	1.013	0.302
	1.098	0.279
	1.184	0.259
	1.269	0.241
	1.355	0.226
	1.440	0.212
	1.526	0.201
	1.612	0.190
	1.697	0.180
	1.783	0.172
	1.868	0.164
	1.954	0.157
	2.039	0.150
	2.125	0.144
	2.210	0.138
T_D	2.296	0.133
	2.377	0.124
	2.458	0.116
	2.539	0.109
	2.621	0.102
	2.702	0.096
	2.783	0.091
	2.864	0.086
	2.945	0.081
	3.026	0.077
	3.107	0.073
	3.189	0.069
	3.270	0.066
	3.351	0.063
	3.432	0.060
	3.513	0.057
	3.594	0.054
	3.675	0.052
	3.757	0.050
	3.838	0.048
	3.919	0.046
	4.000	0.044

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.098 g
S_D	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.372
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_D \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_v}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$\begin{array}{l|l}
 0 \leq T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.098
$T_B \leftarrow$	0.050	0.159
$T_C \leftarrow$	0.150	0.159
	0.235	0.102
	0.320	0.075
	0.405	0.059
	0.490	0.049
	0.575	0.042
	0.660	0.036
	0.745	0.032
	0.830	0.029
	0.915	0.026
$T_D \leftarrow$	1.000	0.024
	1.094	0.020
	1.188	0.017
	1.281	0.015
	1.375	0.013
	1.469	0.011
	1.563	0.010
	1.656	0.009
	1.750	0.008
	1.844	0.007
	1.938	0.006
	2.031	0.006
	2.125	0.005
	2.219	0.005
	2.313	0.004
	2.406	0.004
	2.500	0.004
	2.594	0.004
	2.688	0.003
	2.781	0.003
	2.875	0.003
	2.969	0.003
	3.063	0.003
	3.156	0.002
	3.250	0.002
	3.344	0.002
	3.438	0.002
	3.531	0.002
	3.625	0.002
	3.719	0.002
	3.813	0.002
	3.906	0.002
	4.000	0.001

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

6.3 Liquefazione:

L'analisi sul rischio di liquefazione viene condotta sulla base di quanto riportato nel paragrafo 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008.

La norma specifica che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. 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 e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1 (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

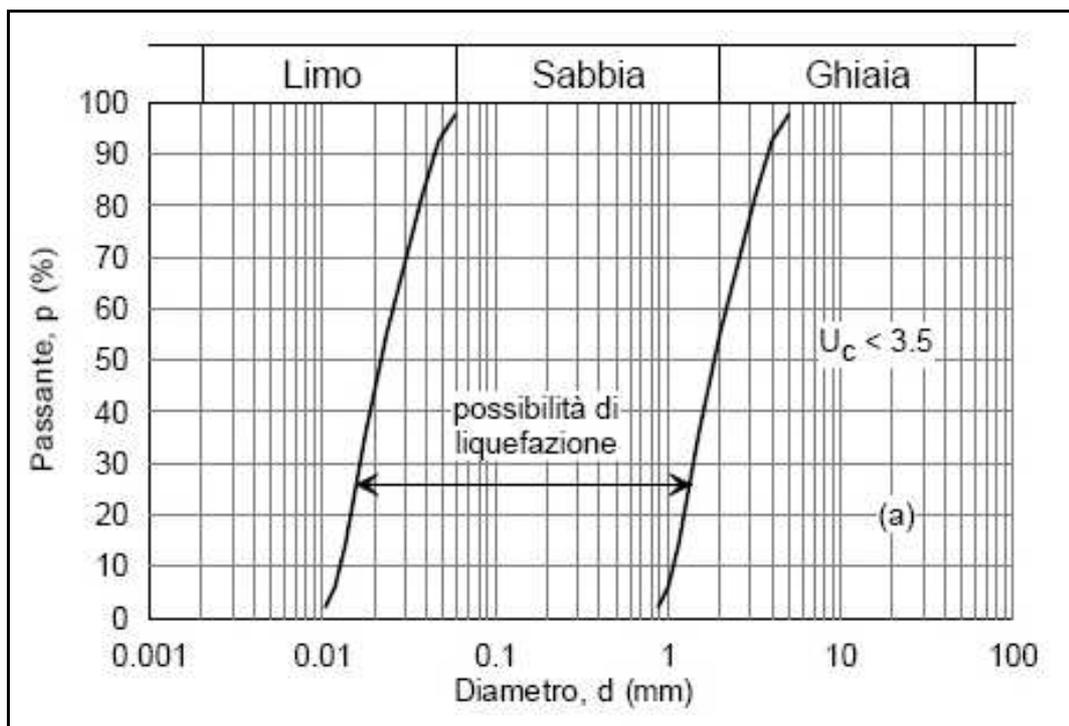


Figura 7.11.1 (a)

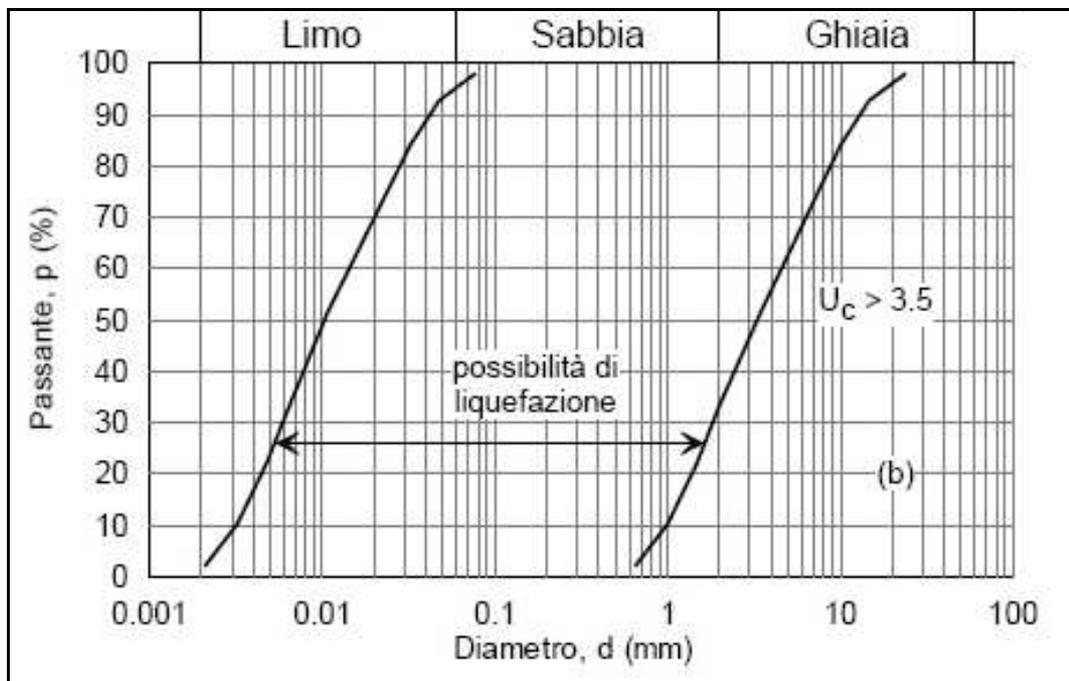


figura 7.11.1(b)

Pertanto, considerata la stratigrafia presente, in relazione all'art. 7.11.3.4.2. delle NTC 2008, si può ritenere soddisfatta la condizione di cui al punto 5), per cui può essere omessa la verifica a liquefazione.

7. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO:

7.1 Opere di fondazione - sbancamenti – riporti e sistemazione generale:

In base ai dati acquisiti nei sopralluoghi effettuati lungo il tratto d'interesse dell'asta fluviale, tenuto conto del limitato importo destinato, si è ritenuto necessario nell'immediato progettare la realizzazione dei seguenti lavori da eseguirsi all'interno del corso d'acqua, che hanno lo scopo di migliorare il regolare deflusso delle acque verso valle:

1. Creazione di pista per l'accesso al cantiere, stante la vicinanza dei fabbricati è stata individuata nella sponda opposta già impiegata per realizzare la briglia poco più a valle pertanto si provvederà alla riapertura iniziale e al ripristino finale.
2. Deviazione del corso d'acqua e spostamento dell'alveo fluviale in destra idrografica, mediante scavi di sbancamento dei depositi alluvionali recenti;
3. Verifica sullo stato conservativo delle sottofondazioni dei muri esistenti e laddove necessario ripristino delle parti ammalorate.
4. Scavo ed eventuale rinterro se necessario alla posa in opera dei gabbioni e del loro raccordo col terreno di monte.
5. Realizzazione della platea in gabbioni dell'altezza di 0.50 m, riempita con materiale arido di pezzatura 7/15 opportunamente ammorsata per almeno 1.0 metro all'interno dello strato ghiaioso-sabbioso di media pezzatura e comunque al di sotto del livello di magra.
6. Posizionamento al di sopra della sopra citata platea di n. 3 ordini di gabbioni metallici riempiti con materiale arido di pezzatura 7/15.
7. Movimentazione mirata di modesti quantitativi di materiale (ghiaie e sabbie) per riequilibrare la sezione del fiume in corrispondenza del tratto d'argine di progetto e del tratto a monte del ponte strada per Percozzone e Cà Bernardi.
8. Protezione delle pile del ponte e del materiale movimentato con massi ciclopici di 3a categoria opportunamente ammorsati per almeno 1.0 metro all'interno dello strato ghiaioso-sabbioso in posto, per circa 10 metri di lunghezza, con altezza circa 1,00 mt. fuori dal pelo libero dell'acqua; la scelta dei massi naturali è dovuta alla necessità di garantire una maggiore naturalità dell'intervento per favorirne l'inserimento ambientale;
9. Sistemazione di uno scarico di acque bianche mediante la realizzazione di un pozzetto in calcestruzzo a tergo della gabbionata prevista in

progetto e inserimento all'interno del gabbione del tubo di scarico in PVC corrugato Ø 500 mm.

8. CONCLUSIONI:

Dalle risultanze del rilievo geologico, geomorfologico, effettuato e per quanto emerso dall'indagine eseguita e reperite, si evince che l'area è idonea alla realizzazione dell'intervento in progetto.

Gli interventi previsti, in particolare, realizzazione di tre ordini di gabbioni metallici su platea anch'essa in gabbioni, ripristino e sistemazioni delle sottofondazioni dei muri esistenti, movimentazioni di modesti quantitativi di materiale, difesa delle pile del ponte con massi ciclopici e sistemazioni scarico di acque bianche che si andranno ad eseguire in località Bellisio Solfare, ricadono all'interno dell'area esondabile classificata nel P.A.I. con codice E-07-0016 a cui viene associato un livello di rischio medio (R2). L'intervento in progetto, teso alla riduzione/mitigazione della pericolosità dell'area a rischio, rientra nelle finalità del piano stralcio con riferimento al comma 6, art. 7, fascia di territorio inondabile assimilabile a piene con tempi di ritorno fino a 200 anni delle aree inondabili delle Norme di Attuazione del P.A.I.

Le tipologie e le caratteristiche degli interventi di progetto previsti sono descritti al capitolo 3.0.

Le modalità di intervento sono descritte in dettaglio al capitolo 7.

Tutte le opere future previste nel progetto (platea in gabbioni, massi ciclopici e sistemazione/ripristino delle sottofondazioni dei muri), dovranno essere ammorsate per almeno un metro all'interno delle alluvioni ghiaiose-sabbiose appartenenti al litotipo "2".

In relazione alla litologia dei terreni ed alla configurazione morfologica dell'area, sono stati definiti i valori dei parametri sismici allo Stato Limite di Esercizio (SLO-SLD) e allo Stato Limite Ultimo (SLV-SLC) di seguito riportati.

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	Beta [-]	kh [-]	Kv [sec]
S.L.O.	0,838	0,2	0,017	0,009
S.L.D.	1,052	0,2	0,021	0,011
S.L.V.	2,455	0,24	0,060	0,030
S.L.C.	3,005	0,280	0,086	0,043

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,610	1,000	0,017	0,009	0,838	0,200
SLD	1,500	1,580	1,000	0,021	0,011	1,052	0,200
SLV	1,440	1,510	1,000	0,060	0,030	2,455	0,240
SLC	1,360	1,510	1,000	0,086	0,043	3,005	0,280

I terreni di fondazione ricadono in Categoria C (Tab. 3.2.II e 3.2.III delle N.T.C.), mentre la categoria topografica è T1 (vedi capitolo 6.2.1).

In relazione all'art. 7.11.3.4.2. delle NTC 2008, si può ritenere soddisfatta la condizione di cui al punto 5), per cui può essere omessa la verifica a liquefazione, in quanto i terreni sono da ritenersi non liquefacibili.

Lo scrivente resta a disposizione per ulteriori chiarimentiche si dovessero rendere necessari per istruire la presente pratica.

Pesaro, Maggio 2014

Dott. Geol. Massimo Del Prete

ALLEGATO 1

- *Corografia* *scala 1:25.000*
- *Rilievo aerofotogrammetrico* *scala 1:10.000*
- *Rilievo aerofotogrammetrico* *scala 1:2.000*
- *Planimetria catastale* *scala 1:2.000*
- *Carta geologica- geomorfologica-idrogeologica dell'Ambiente Fisico della Regione Marche del 1991* *scala 1:25.000*
- *Carta geologica (CARG)* *scala 1:50.000*
- *Planimetria Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)* *fuori scala*

ALLEGATO 2

- *Report indagini*

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE:	- 1 -
1.1 NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO:	- 2 -
2. CARATTERIZZAZIONE-MODELLAZIONE GEOLOGICA:	- 4 -
2.1 UBICAZIONE:	- 4 -
2.2 ASPETTI GEOLOGICI GENERALI:	- 6 -
2.3 INQUADRAMENTO GEO-STRUTTURALE.....	- 7 -
2.4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	- 7 -
3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI:	- 10 -
3.1 COMPATIBILITÀ DELL'INTERVENTO CON IL PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEI BACINI DI RILIEVO REGIONALE (PAI) - APPROVATO CON DELIBERAZIONE DEL CONSIGLIO REGIONALE MARCHE N.116 DEL 21.01.2004:	- 11 -
AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE.....	- 12 -
3.2 IDROGRAFIA E PIEZOMETRIA:	- 13 -
4. CARATTERI PLUVIOMETRICI:	- 13 -
4.1 ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PIOGGE:	- 13 -
4.2 ELABORAZIONE STATISTICA DELLE PRECIPITAZIONI E CURVE DI POSSIBILITÀ CLIMATICA: ..	- 15 -
5. INDAGINI:	18
5.1 STRATIGRAFIA MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO:	18
5.2 PARAMETRI GEOTECNICI (VALORI MEDI FM):	19
6. SISMICITA':	22
6.1 ZONE SISMICHE:.....	22
6.2 AZIONE SISMICA:	24
6.2.1 <i>Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche:</i>	25
6.2.2 <i>Azione sismica di progetto - Parametri sismici:</i>	28
6.3 LIQUEFAZIONE:.....	38
7. CRITERI GENERALI D'INTERVENTO:	40
7.1 OPERE DI FONDAZIONE - SBANCAMENTI – RIPORTI E SISTEMAZIONE GENERALE:	40
8. CONCLUSIONI:	41
ALLEGATO 1.....	43

ALLEGATO 2..... 44