Gabriele Cutini
Geologo
VIA A. GENTILI, 9 63837 FALERONE (FM)
TEL/FAX 0734-759672 CELL. 347-5585539
e-mail: gabrielecutini@alice.it - gabriele.cutini@libero.it

STUDIO GEOLOGICO

COMUNE DI RECANATI

Provincia di Macerata

COSTRUZIONE ACCESSORIO AGRICOLO E FIENILE

FOGLIO 76 - PART. 564 - 91

COMUNE DI RECANATI

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA CON ELEMENTI DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

COMMITTENTE

Società Agricola Cà di Luna
c.da S. Pietro
Recanati (MC)

Falerone, marzo 2016

Il geologo
Dr. Gabriele Cutini
Ordine dei Geologi delle Marche
Geologo Specialista n° 665

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE
Gabriele CUTINI
Geologo Specialista
N. 665
ALBO SEZIONE A

INDICE

1. *PREMESSA* 3
1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 3
2. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO –GEOMORFOLOGICO* 3
2.1. TOPOGRAFIA 3
2.2. GEOLOGIA 4
2.3. GEOMORFOLOGIA 5
3. *PROVE IN SITO* 6
4. *VALUTAZIONI GEOLOGICO TECNICHE* 8
4.1 VITA NOMINALE STRUTTURE – VN 8
4.2 CLASSE D'USO- CU 8
4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA – VR 9
5. AZIONE SISMICA 9
5.1 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO 9
5.2 TEMPO DI RITORNO 10
5.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO e VS30 10
5.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE 11
5.5 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA 12
5.6 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA 12
5.7 ZONE SISMICHE 12
6. *SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DEL SITO* 13
7. *POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE* 15
8. *CONSIDERAZIONI FONDALI* 15
8.1 SCHEMA GEOTECNICO DI SINTESI 16
9. CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA – DGR 53/2014 17
10. *CONCLUSIONI* 19

Il presente elaborato è composto da n° 19 pagine e dai seguenti elaborati:

Elaborati allegati al testo

- Estratto CTR
- Planimetria catastale
- Planimetria generale
- Planimetria intervento
- Sezioni litostratigraficche
- Stratigrafia prova DPSH
- Prova sismica HVSR
- Documentazione fotografica

1. *PREMESSA*

Il sottoscritto dott. Geologo Gabriele Cutini, su incarico della Committenza ha redatto la presente relazione geologica in riferimento al progetto "***COSTRUZIONE DI UNA ACCESSORIO AGRICOLO E DI UN FIENILE DA REALIZZARSI IN C.DA S. PIETRO NEL COMUNE DI RECANATI***"

Il presente studio ha come scopo quello di determinare i principali caratteri geologici, geomorfologici e sismici dei sedimenti che costituiscono l'immediato sottosuolo dell'area in modo tale da indirizzare il progettista verso idonee ed opportune scelte progettuali inerenti la tipologia di intervento fondale da adottare.

La fattibilità degli interventi sotto il profilo geologico, è stata valutata sulla base delle considerazioni emerse nel corso dei sopralluoghi in sito ed ha seguito del programma di lavoro svolto:

- esame della bibliografia geologica esistente;
- analisi geologica e geomorfologica dell'area in esame;
- esecuzione di n. 1 prova penetrometrica DPSH;
- esecuzione di n. 1 prova sismica HVSR;
- elaborazione di tavole e tabelle tecnico esplicative;
- stesura del rapporto conclusivo.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La fattibilità degli interventi sotto il profilo geologico e sismico, è stata valutata in base alla seguente normativa:

Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008

Testo Unitario - "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni";

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Circolare n. 617 del 02/02/2009

Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008;

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale;

P.A.I. Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche *approvato con Deliberazione di Consiglio regionale n. 116 del 21/01*

2. *INQUADRAMENTO GEOLOGICO –GEOMORFOLOGICO*

2.1. TOPOGRAFIA

Il territorio del Comune di Recanati rientra nel III° quadrante del foglio n. 118 - Macerata della Carta Topografica Regionale alla scala 1: 25.000 e nella tav. 293150 -293140 della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000. La zona in cui ricade la struttura in esame, fa parte della porzione orientale del

Bacino Marchigiano esterno. L'area in esame si ubica in prossimità di C.da San Pietro a mezza costa su di un versante collinare di esposizione Est. Il versante in esame presenta una pendenza media di circa 8-10 % e degrada a E verso l'impluvio del fossato sottostante. Sotto il profilo geologico l'area in oggetto risulta caratterizzata dalla presenza delle sotto elencate unità litostratigrafiche distinguibili in unità della copertura e unità del substrato.

2.2. GEOLOGIA

Unità della copertura

Riporti artificiali: terreni di riporto di qualsiasi natura di origine antropica. Includono anche i rilevati stradali.

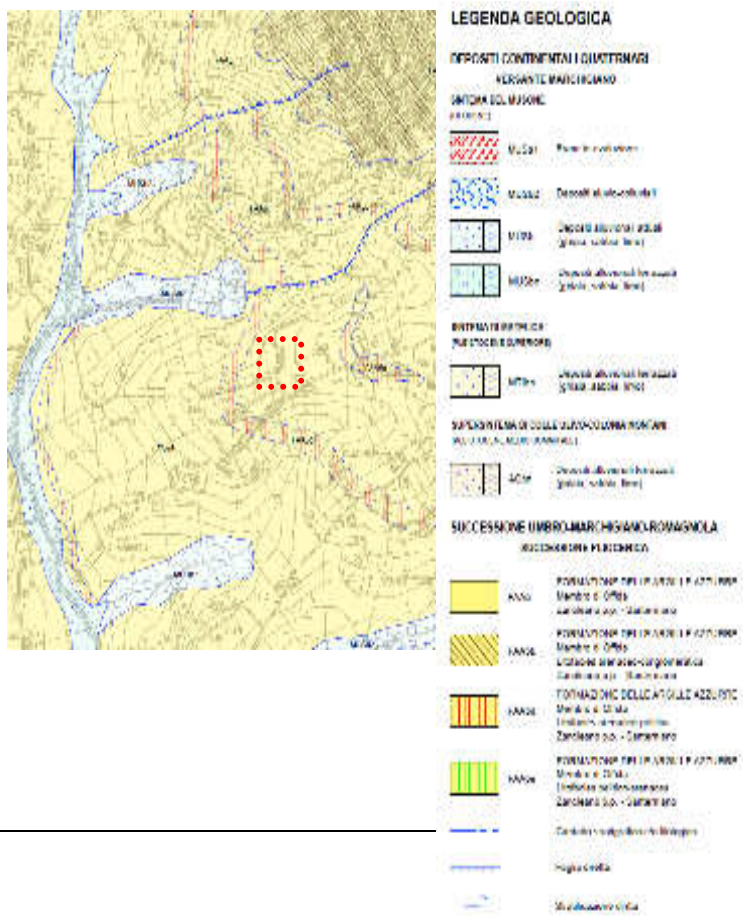
Depositi colluviali: costituiti da accumuli detritici e/o di frana prevalentemente limoso argillosi e sabbioso limosi. Si tratta di materiale prodotto dall'alterazione chimica e dalla disgregazione fisica ad opera degli agenti meteorici delle unità cronologicamente inferiori e ricoprono gran parte del territorio. Di norma si ritrovano nelle zone d'impluvio e frequentemente lungo i versanti meno acclivi; con spessori ridotti si rinvengono anche sulle sommità delle dorsali più ampie. Tuttavia trattandosi di depositi secondari di ambiente continentale, la litologia dipende da quella dei litotipi primari affioranti a quote altimetriche superiori.

Unità del substrato

Argilla marnosa stratificata a sabbia: E' rappresentata dall'alternanza di peliti marnose di colore grigio alternate a strati sabbiosi da fini a medi. Le superfici di stratificazione si presentano generalmente piano parallele o con delle ondulazioni nella parte superiore, mentre i passaggi con gli orizzonti più grossolani intercalati sono raramente netti.

La stratificazione delle unità del substrato risulta non difforme: gli strati immergono verso NE con inclinazione variabile da 4 -6°.

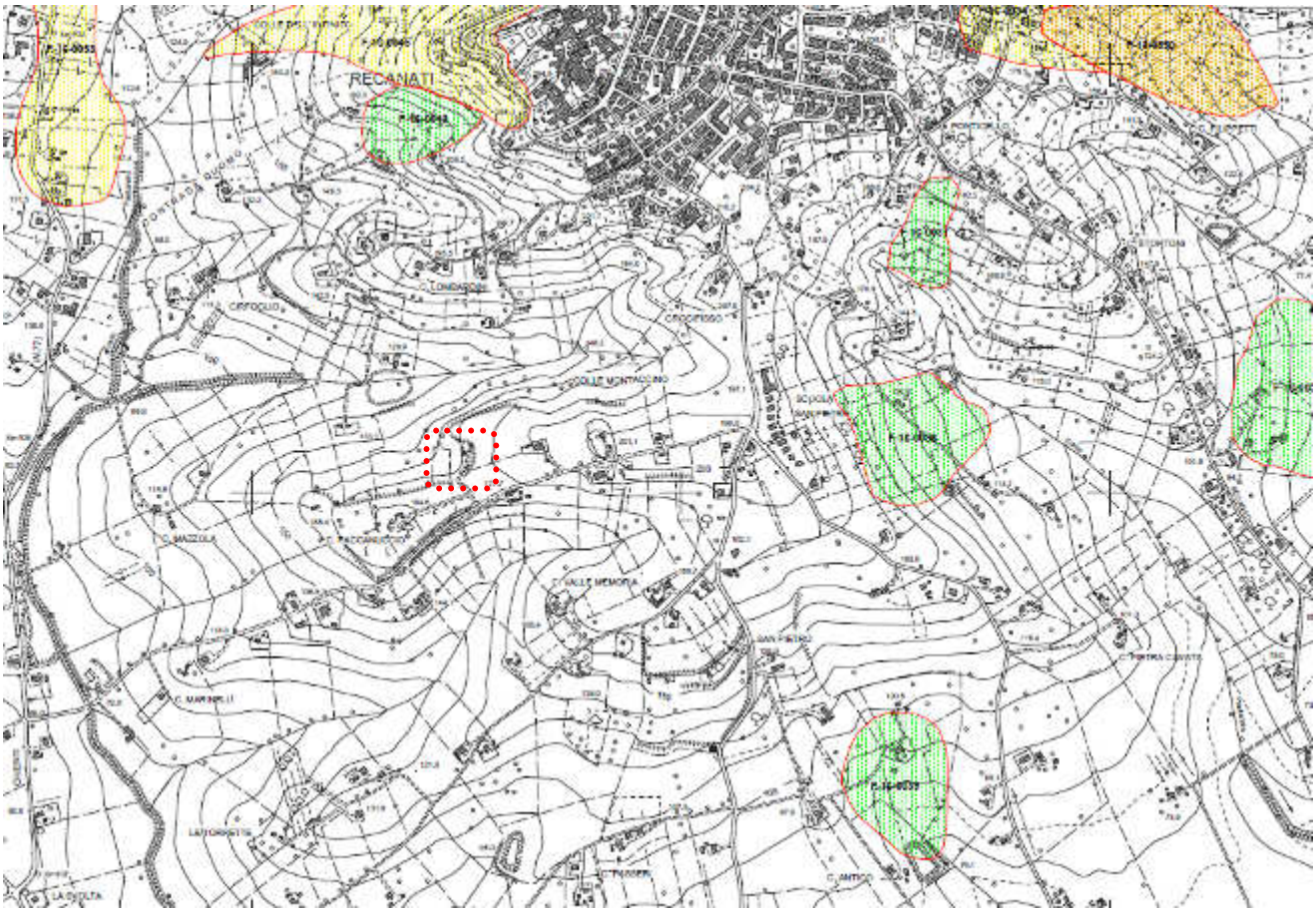
CARTA GEOLOGICA (fonte GARG)



2.3. GEOMORFOLOGIA

Dal punto di vista morfologico, il territorio è divisibile in due fasce molto ben distinte tra loro: collinare e di fondovalle, piuttosto estesa e caratterizzata da pendenze molto basse in concomitanza della presenza dei depositi alluvionali. Nello specifico la zona in esame rientra nella fascia collinare con quota altimetrica di circa 170 metri s.l.m.; il lotto esaminato si pone su di un versante degradante a E con un profilo di superficie avente pendenza media di circa 8-10%. La morfologia del territorio è caratterizzata da un paesaggio tipicamente collinare con presenza di facies sedimentarie di tetto costituite da alternanze pelitiche ed arenacee, che determinano una netta differenza sul grado di erodibilità dei litotipi, da coltri di copertura eluvio-colluviali (costituite da aggregati limoso argillosi sabbiosi) che caratterizzano gran parte del territorio e che a luoghi danno origine a fenomeni morfologici legati alla gravità ed alle acque correnti superficiali. Un'analisi morfologica del sito in oggetto, ha permesso di verificare nel territorio in cui ricade l'area investigata, la totale assenza di problematiche legate a processi idrogeologici in atto perimetrale dal PAI.

CARTA RISCHIO IDROGEOLOGICO P.A.I.



3. *PROVE IN SITO*

La parametrizzazione e ricostruzione litostratigrafica dei terreni in sito, è stata desunta dall'analisi visiva dei terreni affioranti nel contorno in esame ed attraverso l'esecuzione di n. 1 prova penetrometrica pesante DPSH, nonché da correlazioni tratte da indagini geognostiche effettuate dal sottoscritto per conto di altre committenze nella zona (Fuselli Franco, Burini Franco, Clementi Gianfranco, ecc).

3.1. MODELLAZIONE GEOLOGICA

Si riportano di seguito i risultati di modellazione geologica ottenuti a seguito della campagna geognostica e le analisi eseguite durante i sopralluoghi.

UNITA' LITOTECNICA "A"

- ***T.V.*** argilloso-sabbioso, ecc., si rinviene dal p.c. attuale fino ad una quota di m. 0.40.

UNITA' LITOTECNICA "B"

- ***Colluvioni limoso sabbiose.*** Argille limose e sabbia, si rinviene dal p.c. attuale fino ad una quota di m. 8.40.

UNITA' LITOTECNICA "C"

- ***Argille alternate a sabbie:*** depositi di substrato, costituiti da sabbia ed argilla; si rinviene nel lotto a partire da una profondità di 8.40 m dal p.c (fino a fine prova – 10.80 m)

3.2. MODELLAZIONE GEOTECNICA E CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

La parametrizzazione dei terreni in sito è stata desunta dall'analisi geotecnica condotta in terreni adiacenti l'area in esame ed attraverso l'indagine condotta in sito attraverso le prove DPSH. La locale successione risulta essere costituita da (si riporta la stratigrafia di DPSH1):

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: PROPOSTA DI ELABORAZ. STRATIGRAFICA E CARATTERIZZ. GEOMECCANICA

profondità (m)		litologia	NC_m (-)	C (-)	$N_{spt\ equiv.}$ (-)	Dr (%)	ϕ (°)	E (Kg/cm²)	E_d (Kg/cm²)	V_s (m/s)	γ (g/cm3)	K_o (Kg/cm³)	C_u (Kg/cm²)	v
0,5	0,4	terreno vegetale												
1,0		limo sabbioso argilloso	3,01	1,5	4,51	19	28,3	47		112	1,88	0,87		0,34
1,5	1,6													
2,0			4,72	1,5	7,08	26	29,1	62		141	1,90	1,46		0,34
2,5														
3,0	3,0													
3,5			5,91	1,5	8,86	30	29,6	72		159	1,91	1,86		0,34
4,0														
4,5	4,8													
5,0			2,84	1,5	4,26	18	28,2	45		109	1,88	0,81		0,35
5,5														
6,0	6,0													
6,5			4,01	1,5	6,02	23	28,8	55		130	1,89	1,22		0,34
7,0	6,8													
7,5			7,40	1,5	11,10	35	30,3	85		178	1,92	2,34		0,33
8,0														
8,5	8,4													
9,0		sabbia deb. argillosa	11,36	1,5	17,04	46	32,1	119		222	1,96	3,51		0,32
9,5	9,6													
10,0			15,21	1,5	22,82	55	33,8	153		259	2,45	4,53		0,31
10,5														
11,0	10,8													

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

$N_{spt\ equiv.}$ = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

ϕ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann,Webb)

Ed = modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Bulman-Sanglerat)

γ = peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Ohsaki, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

v = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Terzaghi e Peck,Schmertmann 1975)

4. VALUTAZIONI GEOLOGICO TECNICHE

Il presente studio riporta, oltre la caratterizzazione sismica del sito, i risultati necessari alla verifica agli SLU (SLV). Su indicazione del progettista, la struttura oggetto del presente studio ha le seguenti tipologie del costruito:

4.1 VITA NOMINALE STRUTTURE – VN

La normativa (DM – NTC2008) definisce la vita nominale Vn delle strutture (art.2.4.1) a cui si associano tre tipi di costruzioni con diverso valore, espresso in anni, della loro durata come definito al variare della classe d'uso come mostrala tabella sottostante:

	Tipi di costruzione	Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie-Opere provvisionali- Strutture in fase costruttiva	<10
2	Opere ordinarie, pontiopere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	>50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	>100

In considerazione dell'utilizzo del fabbricato in oggetto l'edificio in oggetto riveste un'importanza normale, è stato assegnato allo stesso una **VN > 50 anni.**

4.2 CLASSE D'USO- CU

La normativa definisce l'azione sismica per 4 classi d'uso delle costruzioni (art.2.4.2.) a cui si associa un coefficiente d'uso Cu definito al variare della classe d'uso come mostra la seguente tabella.

Classe d'uso	Descrizione	C_U
I	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.	0,7
II	Costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza conseguenze pericolose 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.	1
III	Costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.	1,5
IV	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche non direttamente alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 05.11.01, n.6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ai itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non already serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferrovie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e impianti di produz. di energia elettrica.	2

Nel caso in esame il progetto rientra in **"Classe d'uso" II (coefficiente Cu=1).**

4.3 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA – VR

La normativa NTC 2008, inoltre, prevede la definizione di un periodo di riferimento VR per le azioni sismiche su ciascuna costruzione ottenibile dalla formula:

VR=VN x Cu

Dove VN è la vita nominale di un'opera strutturale intesa come il numero di anni nel quale la struttura purchè soggetta a manutenzione ordinaria,deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Nel nostro caso, il periodo di riferimento:

VR=50 x 1= 50

5. AZIONE SISMICA

5.1 STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

La normativa NTC 2008 nei confronti delle azioni (cap. 3.2.1.) definisce quattro stati limite, al fine di indicare il comportamento, in chiave sismica, che dovrà sopportare la struttura in progetto come mostra la tabella sottostante. Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento RVP, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.3.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{V_R} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

5.2 TEMPO DI RITORNO

Noti P_{V_R} e VR si ottiene il valore del tempo di ritorno (anni), attraverso la formula:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1-P_{V_R})}$$

Per la verifica dell'edificio in oggetto, considerando lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) si considera un tempo di ritorno TR = 475 anni.

5.3 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO e VS30

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

Nel presente elaborato è stata valutata la zonazione del sito in prospettiva sismica nonché la caratterizzazione delle Vs30 in virtù del DM 14/01/2008; nello specifico è stata eseguita una prova sismica HVSR nel sito in oggetto.

La prova HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica passiva e misura il "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, allo scopo di fornire dati sulle caratteristiche geofisiche del sito investigato. L'acquisizione del segnale, per un intervallo che può andare dai dodici ai venti minuti, avviene, ponendo sul terreno un tomografo digitale (tromino) al cui interno ci sono tre sensori elettrodinamici (velocimetri) ad alto guadagno disposti nelle tre direzioni dello spazio. I segnali acquisiti a loro volta sono sottoposti ad una fase di processing che porta alla individuazione della curva dalla media dei rapporti delle componenti H/V, per mezzo della quale è possibile individuare le frequenze di risonanza del sito, correlabili ai cambi sismostratigrafici. Dallo spettro così ottenuto si hanno immediatamente informazioni sulle frequenze caratteristiche del sito e da queste, avendo un vincolo, è possibile risalire a una stima delle Vs30. La modellazione sintetica dello spettro H/V, che avviene utilizzando un'apposita tabella di imput e correlando i picchi spettrali significativi, permette di ricavare spessore, profondità e le relative velocità. Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume

significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente Vs,30 di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	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
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine 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 fine)
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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 fine)
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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 fine)
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 30 m, posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/s)

<u>Nel caso specifico, da dati acquisiti in sito nell'area attraverso prove penetrometriche e prova sismica HVSR, il sito può essere caratterizzato per la definizione dell'azione sismica, con una categoria di sottosuolo di riferimento di tipo C in quanto si ha una Vs30= 297 m/s ed una frequenza caratteristica del sito di 7.28 +/- 0.62 Hz.</u>

5.4 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Tali 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 a 30 m. Per quanto attiene all'amplificazione determinata dalle condizioni morfologiche del sito:

- il manufatto si trova su di un pianoro;
- il profilo di superficie risulta avere una pendenza media <15°

Si attribuisce pertanto al sito una **<u>categoria topografica</u>** **T1**

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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

5.5 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano valori del coefficiente topografico ST, riportati nella tabella seguente, in funzione delle categorie topografiche precedentemente riportate e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

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

Si attribuisce pertanto al sito un **coefficiente d'amplificazione topografica** S_T**=1,0**

5.6 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti SS e CC valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti SS e CC possono essere calcolati, in funzione dei valori di Fo e Tc* relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – *Espressioni di* S_S *e di* C_C

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

5.7 ZONE SISMICHE

La classificazione sismica delle MARCHE inserisce il territorio del Comune di RECANATI in **Zona 2**

Ordinanza 3519	Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2006	Valore a_g
1	S=12	Prima categoria	Zona 1	0,35 g
2	**S=9**	**Seconda categoria**	**Zona 2**	**0,25 g**
3	S=6	Terza categoria	Zona 3	0,15 g
4	non classificato	N.C.	Zona 4	0,05 g

Con l'entrata in vigore del DM 14.01.08 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido (Vs30 > 800 m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio di "zona dipendente". Infatti, secondo quanto riportato nel'allegato A del D.M. 2008, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra 4 punti della griglia di accelerazioni (Allegato B – NTC 2008), tramite media pesata utilizzando la formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^{4} \frac{Pi}{di}}{\sum_{i=1}^{4} \frac{1}{di}}$$

In cui:

p= valore parametro di interesse nel punto in esame;

pi= valore parametrodi interessenell'isimo p.to della maglia elementare contenente il p.to in esame;

di= distanza del punto in esame dall'iesimo punto della maglia suddetta.

Si otterranno così i Parametri Spettrali P (ag, Fo, TC*).

Ag= accelerazione massima al sito;

Fo= 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.

6. *SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DEL SITO*

I valori dei parametri caratteristici per il calcolo delle azioni sismiche , relativi all'area di verifica, riferiti al suolo **categoria C**, sono quelli di seguito indicati:

Sito in esame.

latitudine: 43,3903534308255
longitudine: 13,550025297001
Classe: 2
Vita nominale:50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 21867	Lat: 43,3850Lon: 13,4900	Distanza: 4887,588
Sito 2	ID: 21868	Lat: 43,3849Lon: 13,5588	Distanza: 930,114
Sito 3	ID: 21646	Lat: 43,4349Lon: 13,5588	Distanza: 5008,551
Sito 4	ID: 21645	Lat: 43,4350Lon: 13,4900	Distanza: 6935,004

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):
Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,049 g
Fo: 2,399
Tc*: 0,281 [s]

Danno (SLD):
Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 50 [anni]
ag: 0,063 g
Fo: 2,532
Tc*: 0,282 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,183 g
Fo: 2,482
Tc*: 0,300 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,238 g
Fo: 2,530
Tc*: 0,316 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:
Ss: 1,500
Cc: 1,600
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,724
Beta: 0,200

SLD:
Ss: 1,500
Cc: 1,590
St: 1,000
Kh: 0,019
Kv: 0,009
Amax: 0,927
Beta: 0,200

SLV:
Ss: 1,430
Cc: 1,560
St: 1,000
Kh: 0,063
Kv: 0,031
Amax: 2,568
Beta: 0,240

SLC:
Ss: 1,340
Cc: 1,540
St: 1,000
Kh: 0,089

Kv: 0,045
Amax: 3,124
Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru software - www.geostru.com
Coordinate WGS84
latitudine: 43.389406
longitudine: 13.549101

7. POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Come riportato nel par. 7.11.3.4.2 del DM 14-01-2008 la verifica alla 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 0,1*g*;

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 (*N*1)60 >30 oppure *q*c1N > 180 dove (*N*1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e *q*c1N 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.

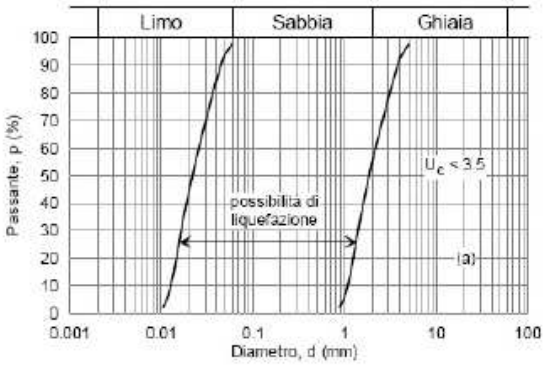


Figura 7.11.1(a) DM 14-01-2008

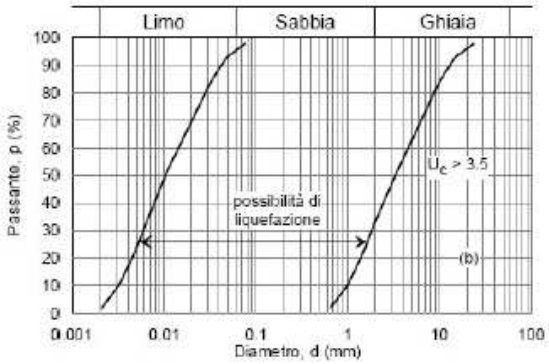


Figura 7.11.1(b) DM 14-01-2008

Nel caso specifico, è possibile affermare che la situazione oggetto non comporta l'esecuzione delle verifiche a liquefazione.

8. CONSIDERAZIONI FONDALI

L'intervento da eseguirsi riguarda la posa in opera della nuova fondazione a sostegno delle due nuove strutture:

- Accessorio agricolo destinato a vendita prodotti
- fienile.

La scelta del tipo fondale più idoneo da eseguire, dovrà essere scelto in funzione delle sollecitazioni trasmesse dall'insieme terreno-strutture alla fondazione dal tecnico strutturista incaricato. Sarà quindi opportuno da parte del progettista effettuare una relazione geotecnica agli stati limite ultimi e di esercizio (SLU e SLE) attraverso una attenta valutazione circa la verifica utilizzando il tipo di approccio 1 (A1+M1+R1) e approccio 2 (A2+M2+R2)- DM. 14-01-2008 in considerazione delle effettive azioni progettuali e dei carichi agenti.

8.1 SCHEMA GEOTECNICO DI SINTESI

Al fine di ottimizzare le scelte progettuali si riporta di seguito uno schema di sintesi, sulla base delle caratteristiche geologiche geomorfologiche e geotecniche descritte nei capitoli precedenti:

Volume significativo:
"Il volume significativo è quello nel quale si osserva una influenza non trascurabile delle sollecitazioni meccaniche o idrauliche provocate dall'opera".

Pertanto considerando le ipotesi progettuali, il volume significativo dell'opera interessa le unità litotecniche B),C) .

Superficie topografica:
La superficie topografica di insieme della zona, comprendente l'area oggetto di studio si presenta pianeggiante al culmine e degrada blandamente verso valle con pendenza di circa 10°.

Profondità della falda:
Nei sondaggi geognostici non si riscontra la presenza di una falda fino alla profondità investigata.

Terreno di fondazione:
Il terreno di fondazione finalizzato all'intervento è costituito dall'unità **litotecnica B**).

Verifica di stabilità del pendio:
In considerazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, e dell'andamento della superficie topografica, non si ritiene necessario eseguire le verifiche di stabilità del pendio.

Verifica a liquefazione dei terreni:
Come espresso nel capitolo 7.11.3.4.2 delle NTC 2009, può essere omessa la verifica a liquefazione in quanto la profondità media stagionale della falda non andrà ad interessare i terreni di fondazione delle opere previste in progetto.

Verifiche degli stati limite ultimi:
Per le verifiche degli stati limite ultimi delle fondazioni poggianti sull'unità litotecnica B), possono essere utilizzati come **valori caratteristici (Vm), i parametri geotecnici medi riportati nel paragrafo 3.2.**

9. CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA – DGR 53/2014

L'intervento in progetto oggetto d'invarianza riguarda il calcolo per una sup. impermeabile di circa 260 mq in considerazione all'igombro delle superfici da edificare nell'area di proprietà contraddistinta al F. 76 partt. 564-91-92 del comune di Recanati.

Nel rispetto degli obiettivi dell'invarianza idraulica, che impone a chi effettua trasformazioni di uso del suolo l'onere di realizzare azioni compensative al fine di mantenere inalterata la capacità di un bacino di regolare le piene, si è considerata come superficie territoriale quella oggetto d'intervento pari a circa 110 mq (accessorio agricolo)oltre a quella di proprietà di circa 33360 mq di superficie fondiaria.

SITUAZIONE IDRAULICA ESISTENTE		
Superf. Fondiaria totale mq	**Superf. Impermeabile esistente mq**	**Superf. Permeabile esistente mq**
33360	**0**	**33360**

SITUAZIONE IDRAULICA PROGETTO		
Superf. Fondiaria totale mq	**Superf. Impermeabile progetto mq**	**Superf. Permeabile restante mq**
33360	**110**	**33250**

Classe di intervento	Definizione
Trascurabile impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha
Modesta impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici compresa fra 0.1 e 1 ha
Significativa impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici compresa fra 1 e 10 ha; Interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con imp<0,3
Marcata impermeabilizzazione potenziale	Intervento su superfici superiori a 10 ha con imp>0,3

Tabella 1 - classificazione degli interventi di trasformazione delle superfici ai fini dell'invarianza idraulica

CALCOLO INVARIANZA IDRAULICA AI SENSI DELLA FORMULA (1) AI SENSI DEL TITOLO III DELLA DGR 53 DEL 27/01/2014

Requisiti richiesti per ogni classe sulla base del volume minimo di laminazione determinato:

$$w = w^* (\phi / \phi^*)^{(1/(1-n))} - 15\, I - w^* P$$

$\phi^* = 0.9\, Imp^* + 0.2\, Per^*$ $\phi = 0.9\, Imp + 0.2\, Per$

w^*=50 mc/ha volume "convenzionale" d'invaso prima della trasformazione

ϕ = coefficiente di deflusso post trasformazione ϕ^* = coefficiente di deflusso ante trasformazione

n = 0.48 I e P espressi come frazione dell'area trasformata

Imp e Per espressi come frazione totale dell'area impermeabile e permeabile prima della trasformazione (se connotati dall'apice*) o dopo (se non c'è l'apice)

VOLUME RICAVATO dalla formula va moltiplicato per la Superficie territoriale dell'intervento

Oggetto:

(INSERIRE I DATI ESCLUSIVAMENTE NEI CAMPI CONTORNATI)

Superficie fondiaria-lotto (mq)	=	33360,00	mq	Inserire la superfice totale dell'intervento
ANTE OPERAM				
Superfice impermeabile esistente	=	0,00	mq	Inserire il 100% della superficie impermeabile più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp*	=	0,00		
Superfice permeabile esistente (mq)	=	33360,00	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per*	=	1,00		
Imp* + Per*	=	1,00		
POST OPERAM				
Superfice impermeabile trasformata o di progetto	=	110,00	mq	Inserire il 100% della supeficie impermeabile più l'eventuale % della superfice trasformata con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Imp	=	0,00		
Superfice permeabile di progetto	=	33250,00	mq	Inserire il 100% della superficie permeabile (verde o agricola) più l'eventuale % della superficie presente con materiali semipermeabili (es. betonelle, grigliati)
Per	=	1,00		
Imp + Per	=	1,00		
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA				
Superfice trasformata/livellata	=	110,00	mq	superfice impermeabile più superfice permeabile trasformata rispetto all'agricola
I	=	0,00		
Superfice agricola inalterata	=	33250,00	mq	superfice inalterata
P	=	1,00		
I + P	=	1,00		

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPER

ϕ^*	*0,9 x Imp* + 0,2 x Per**	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20							
ϕ	*0,9 x Imp + 0,2 x Per*	=	0,9	x	0,00	+	0,2	x	1,00	=	0,20							
W	*w=w*(φ/φ*)^(1/(1-n)) - 15 I – w*P*	=	50	x	1,02	-	15	x	0,00	-	50	x	1,00	=	*1,23*	*mc/ha*		
W*	*50 mc/ha*																	
(φ/φ)*	*1,01*																	
1/(1-n)	*1,92*																	
VOLUME MINIMO DI INVASO			1,23	:	10.000,00	x	33.360,00	=	***4,11***		***mc***							
Q	Portata ammissibile sul corpo ricettore 20 l/s/ha	66,72	l/sec															

Da tutte le valutazioni sopra riportate, al fine di garantire l'invarianza idraulica dell'intervento in progetto, il volume della vasca atto alla laminazione delle piene avrà un volume di 4.11 mc.

OSSERVAZIONI SUL CONTENITORE PER GARANTIRE L'INVARIANZA IDRAULICA

Il contenitore d'invaso per la laminazione delle piene deve avere un Volume = 4.11 mc

La vasca verrà dotata di uno scarico calibrato a stramazzo di ø =120 mm posto circa 10 cm sotto lo scarico di troppo pieno; lo scarico calibrato assicura un volume di laminazione molto maggiore di quello necessario. Lo scarico del troppo pieno della vasca , lo scarico calibrato di laminazione confluiscono nel fosso di confine presente sul lato Est della proprietà che a sua volta scarica direttamente nel recettore principale.

10. CONCLUSIONI

Si ritiene che non sussistano impedimenti di natura geologica e sismica per l'esecuzione dell'intervento in oggetto. Si segnala comunque che dall'analisi comparativa della cartografia PAI (Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 "Carta del rischio idrogeologico")e dai rilievi effettuati, l'area non risulta interessata da nessun tipo di perimetrazione segnalata dal PAI.

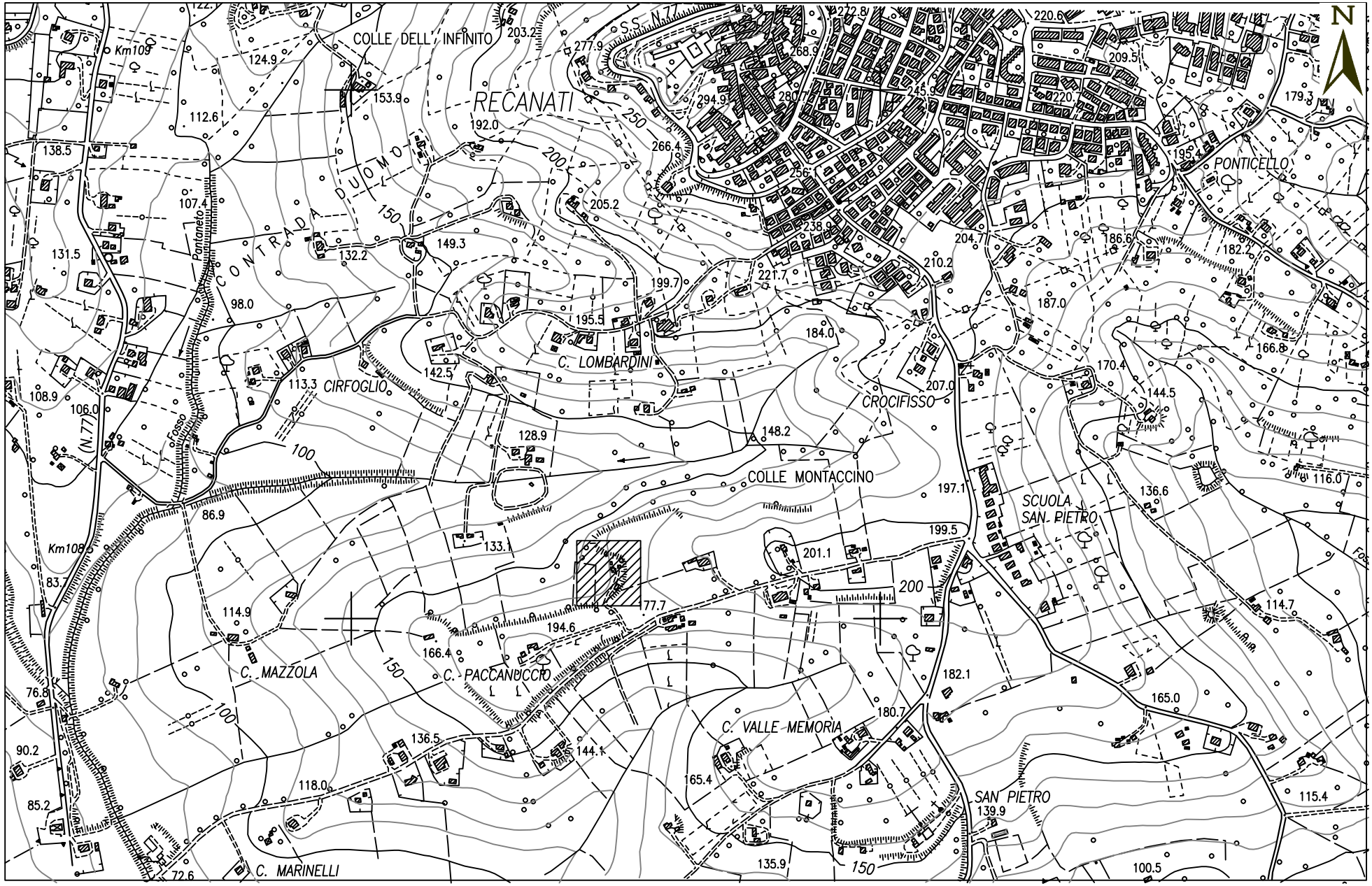
Per quanto detto sopra si consiglia:

1. Adottare tutte le prescrizioni previste nella normativa sulla sicurezza nei cantieri;
2. Prevedere adeguate opere per l'intercettazione e lo smaltimento delle acque di circolazione superficiale nonché delle acque piovane;
3. Prevedere l'allontanamento di apparati di smaltimento fognario (fosse Imhoff) dalle strutture fondali.
4. Prevedere l'allontanamento di apparati radicali dalle fondazioni.
5. Ai fini delle verifiche sismiche, sulla base dell'assetto morfologico e topografico del sito in oggetto, si ritiene opportuno associare lo stesso ad **una categoria topografica di tipo T1** con **coefficiente d'amplificazione topografica ST=1,0**. In virtù della presa visione dei dati specifici circa le velocità caratteristiche dei terreni investigati nell'area in oggetto si attribuisce una **Categoria di suolo C** *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT30 < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu30 < 250 kPa nei terreni a grana fina)."*
6. <u>In riferimento all'intervento fondale da eseguirsi si suggerisce la sua valutazione supportata da specifici calcoli geotecnici dal progettista strutturale in relazione e considerazione degli interventi puntuali da realizzare e in virtù delle effettive azioni progettuali e dei carichi agenti; sarà quindi opportuno effettuare una attenta valutazione circa la verifica utilizzando il tipo di approccio 1 (A1+M1+R1) e approccio 2 (A2+M2+R2)- DM. 14-01-2008.</u>
7. Si ritiene necessaria nel corso dell'esecuzione delle opere fondali, la direzione dei lavori di carattere geologico al fine di valutare immediatamente e correttamente gli eventuali difformi scenari geologici che dovessero emergere nel corso dell'esecuzione dei lavori.

Falerone, marzo 2016

Il geologo
Dr. Gabriele Cutini
Ordine dei Geologi delle Marche
Geologo Specialista n° 665

ORDINE DEI GEOLOGI DELLE MARCHE
Gabriele CUTINI
Geologo Specialista
N. 665
ALBO SEZIONE A



CARTA TECNICA REGIONE MARCHE SCALA 1:10000 – TAV. 293140–293150

Ufficio Provinciale di Macerata - Territorio Servizi Catastali - Direttore ANGELO ANTONIO IAPALUCCI

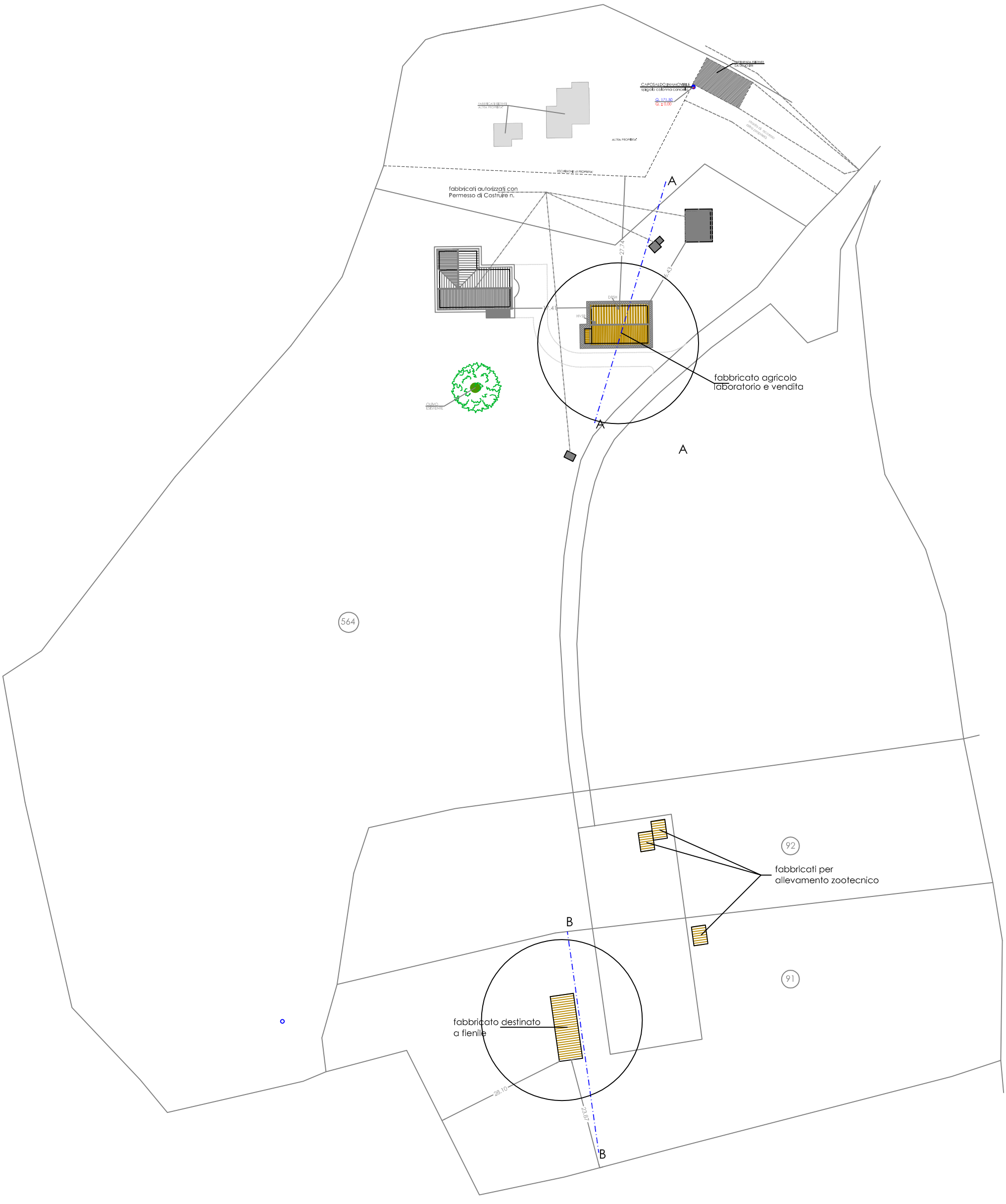
Visura telematica(0.90 euro)

26-Set-2013 11:23
Prot. n. T100084/2013

Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 534.000 x 378.000 metri

Comune: RECANATI
Foglio: 76

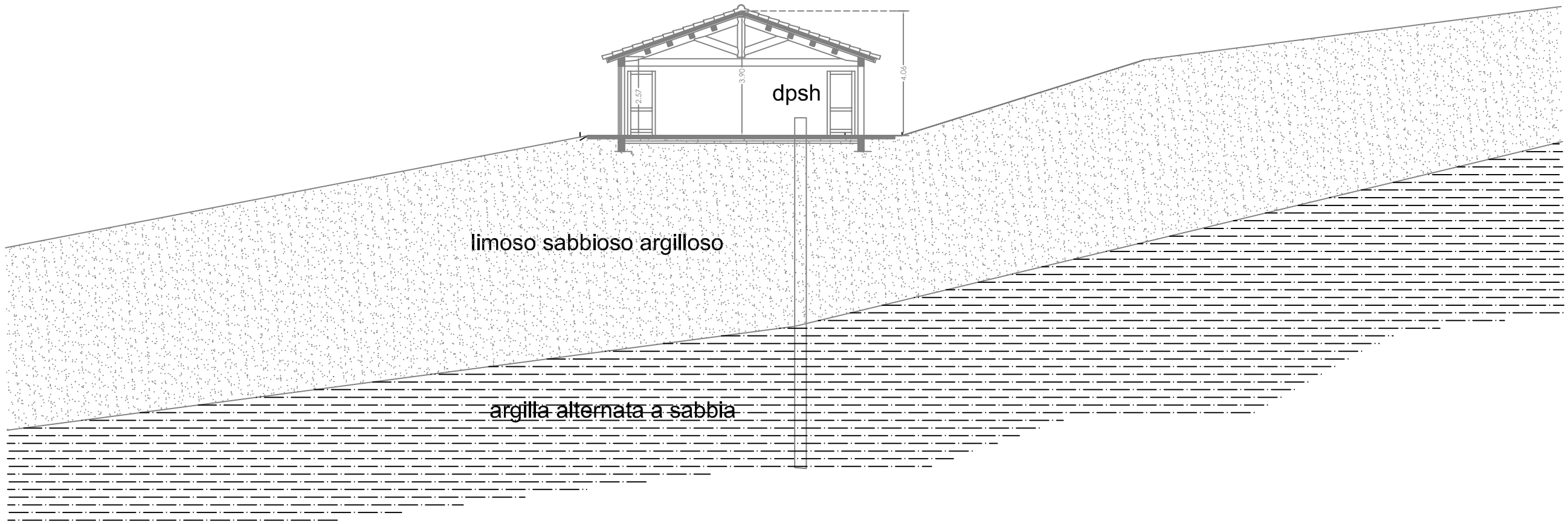
1 Particella: 564



UBICAZIONE GENERALE

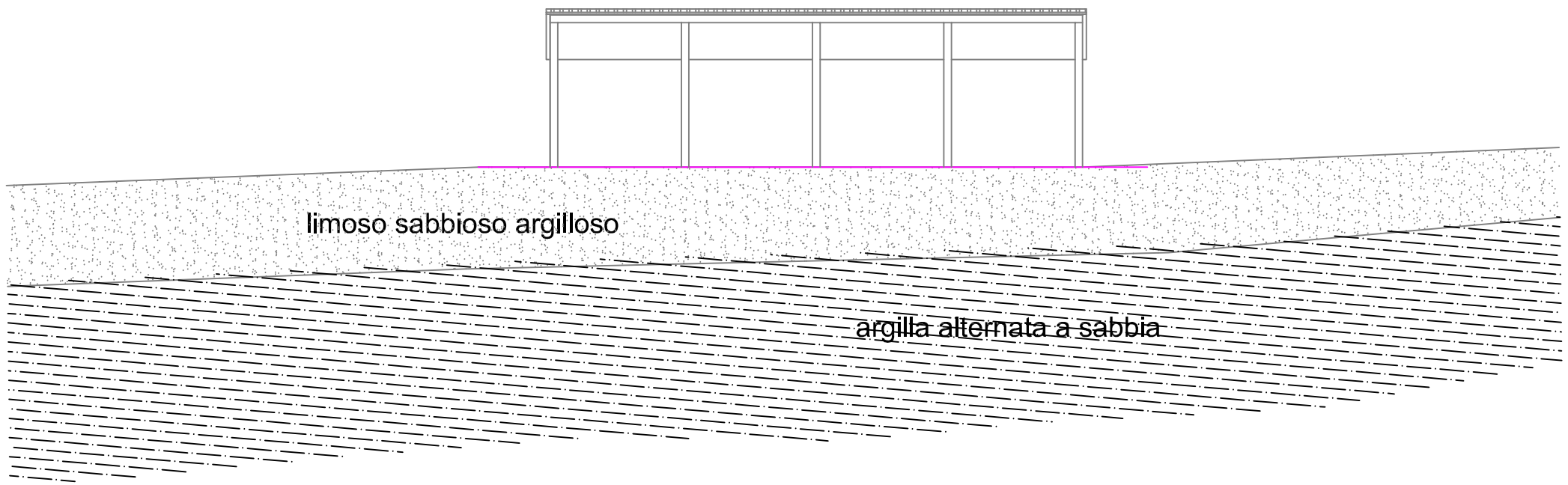
SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA A-A

FABBRICATO AGRICOLO



SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA B-B

FIENILE



Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 22 marzo 2014

COMMITTENTE:Sig.ra Michela Torresi

CANTIERE:C.da San Pietro - Recanati

PROVA DPSH: SCHEDA TECNICA E LEGENDA

caratteristiche tecniche del penetrometro

Tipo di attrezzatura: DPSH penetrometro dinamico super pesante

Peso del maglio: 63,5 Kg

Altezza di caduta: 75 cm

Penetrazione standard: 20 cm

Dimensioni punta: area = 20 cm^2 angolo = 90°

Dimensioni aste: diametro = 32 mm lunghezza = 1,00 m

Peso aste: 6,15 Kg Peso massa passiva: 4,2 Kg

legenda per la rappresentazione grafica

H = profondità

NC = numero di colpi

q_d = resistenza alla penetrazione dinamica

legenda per la caratterizzazione geomeccanica

NC_m = numero di colpi medio per quel determinato strato

C = coefficiente di correlazione fra il numero di colpi dello SPT e quelli del DPSH

$N_{spt\ equiv}$ = numero di colpi dello SPT equivalenti ricavati per correlazione

Dr = densità relativa (Skempton, 1986)

ϕ = angolo di attrito interno (De Mello - Japanese National Railway)

E = modulo di elasticità (Schmertmann,Webb)

Ed= modulo edometrico (Stroud e Butler 1975, Buisman-Sanglerat)

γ= peso unità di volume

V_s = velocità delle onde di taglio (Iyisan, 1996)

Ko = modulo di reazione (Navfac)

ν = modulo di Poisson

C_u = coesione non drenata (Terzaghi e Peck,Schmertmann 1975)

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 22 marzo 2014

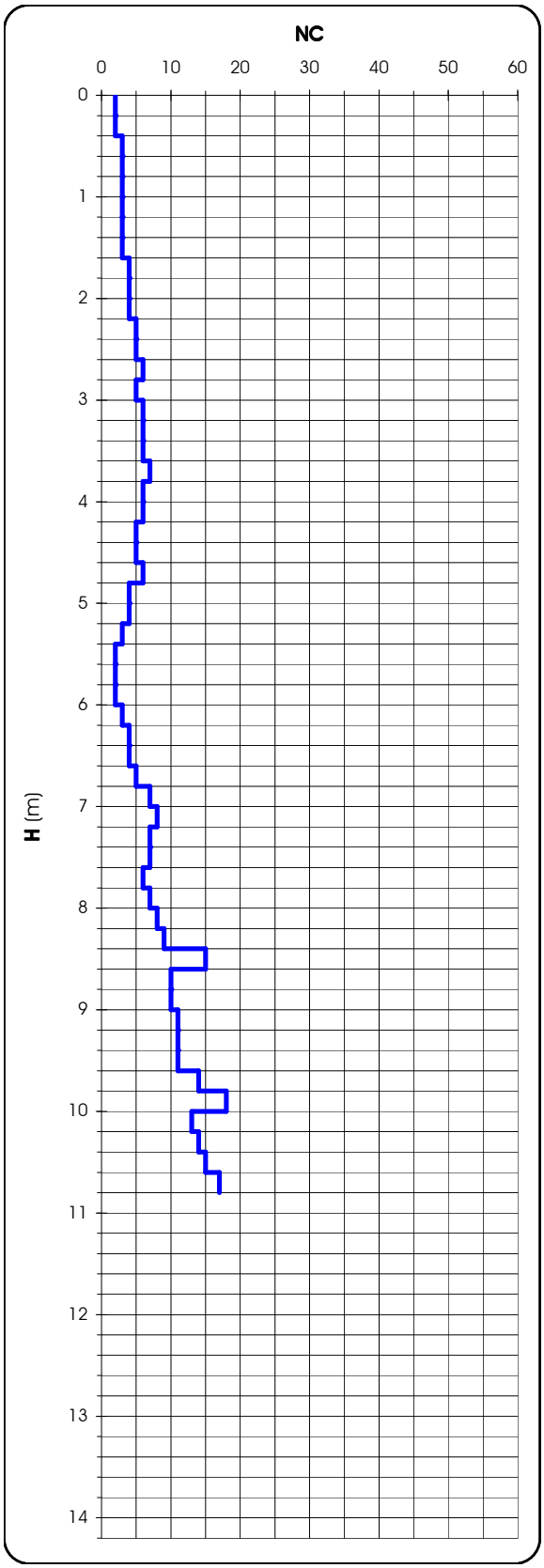
COMMITTENTE:Sig.ra Michela Torresi

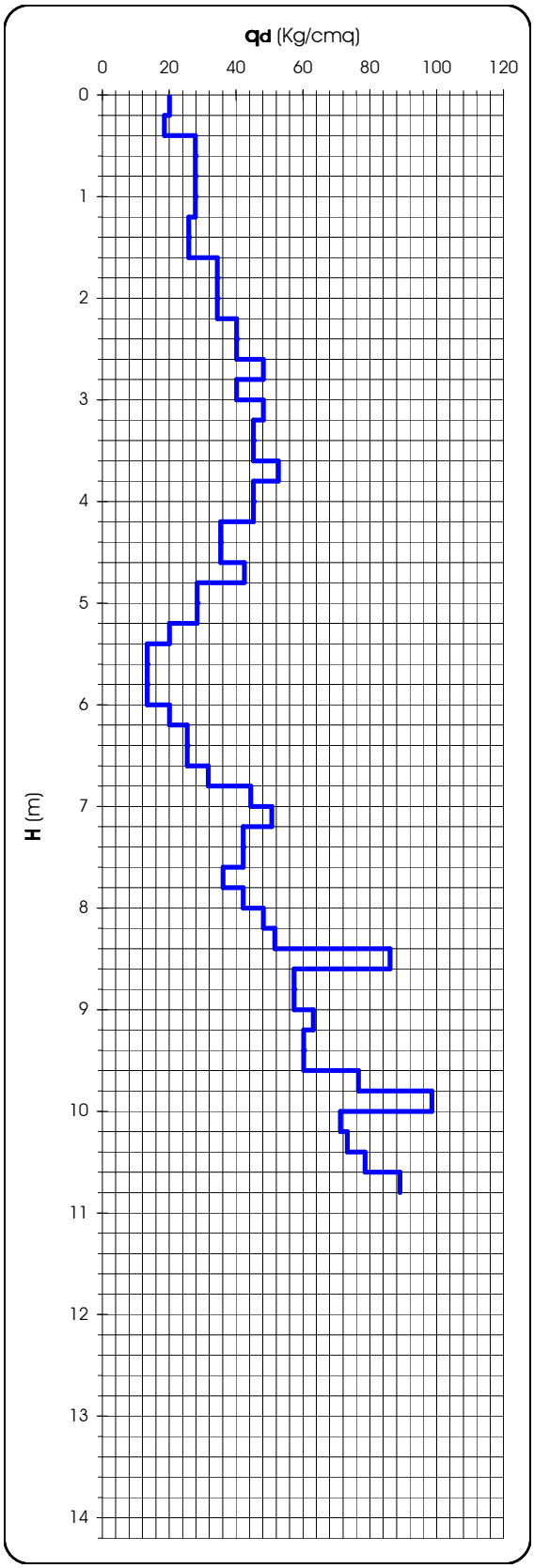
CANTIERE:C.da San Pietro - Recanati

PROVA N.1 del 19/03/14 PROF.:10,80 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: RAPPRESENTAZIONE GRAFICA

H (m)	NC	q_d (Kg/cm²)
0,2	2	20,07
0,4	2	18,53
0,6	3	27,79
0,8	3	27,79
1,0	3	27,79
1,2	3	27,79
1,4	3	25,80
1,6	3	25,80
1,8	4	34,41
2,0	4	34,41
2,2	4	34,41
2,4	5	40,14
2,6	5	40,14
2,8	6	48,17
3,0	5	40,14
3,2	6	48,17
3,4	6	45,16
3,6	6	45,16
3,8	7	52,69
4,0	6	45,16
4,2	6	45,16
4,4	5	35,42
4,6	5	35,42
4,8	6	42,50
5,0	4	28,34
5,2	4	28,34
5,4	3	20,07
5,6	2	13,38
5,8	2	13,38
6,0	2	13,38
6,2	3	20,07
6,4	4	25,36
6,6	4	25,36
6,8	5	31,69
7,0	7	44,37
7,2	8	50,71
7,4	7	42,15
7,6	7	42,15
7,8	6	36,13
8,0	7	42,15
8,2	8	48,18
8,4	9	51,62
8,6	15	86,03
8,8	10	57,35
9,0	10	57,35
9,2	11	63,09
9,4	11	60,22
9,6	11	60,22
9,8	14	76,65
10,0	18	98,54
10,2	13	71,17
10,4	14	73,31
10,6	15	78,55
10,8	17	89,02
11,0		
11,2		
11,4		
11,6		
11,8		
12,0		
12,2		
12,4		
12,6		
12,8		
13,0		
13,2		
13,4		
13,6		
13,8		
14,0		
14,2		





Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 22 marzo 2014

COMMITTENTE:Sig.ra Michela Torresi

CANTIERE:C.da San Pietro - Recanati

PROVA N.1 del 19/03/14 PROF.:10,80 m

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH: PROPOSTA DI ELABORAZ. STRATIGRAFICA E CARATTERIZZ. GEOMECCANICA

profondità (m)	litologia	NC_m (-)	C (-)	$N_{spt\ equiv.}$ (-)	Dr (%)	ϕ (°)	E (Kg/cm²)	E_d (Kg/cm²)	V_s (m/s)	γ (g/cm3)	K_o (Kg/cm³)	C_u (Kg/cm²)	ν
0,4	terreno vegetale												
1,6	limo sabbioso argilloso	3,01	1,5	4,51	**19**	**28,3**	**47**		**112**	**1,88**	**0,87**		**0,34**
3,0		4,72	1,5	7,08	**26**	**29,1**	**62**		**141**	**1,90**	**1,46**		**0,34**
4,8		5,91	1,5	8,86	**30**	**29,6**	**72**		**159**	**1,91**	**1,86**		**0,34**
6,0		2,84	1,5	4,26	**18**	**28,2**	**45**		**109**	**1,88**	**0,81**		**0,35**
6,8		4,01	1,5	6,02	**23**	**28,8**	**55**		**130**	**1,89**	**1,22**		**0,34**
8,4		7,40	1,5	11,10	**35**	**30,3**	**85**		**178**	**1,92**	**2,34**		**0,33**
9,6	sabbia deb. argillosa	11,36	1,5	17,04	**46**	**32,1**	**119**		**222**	**1,96**	**3,51**		**0,32**
10,8		15,21	1,5	22,82	**55**	**33,8**	**153**		**259**	**2,45**	**4,53**		**0,31**

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi, 22 marzo 2014

COMMITTENTE:Sig.ra Michela Torresi
CANTIERE:C.da San Pietro - Recanati
PROVA N.1 del 19/03/14

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014

Introduzione e riferimenti normativi

Scopo dell'indagine HVSR, eseguita mediante tromografo digitale, è la determinazione della categoria sismica del suolo per il calcolo dell'azione sismica di progetto in funzione del parametro Vs30 (velocità di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità) nel rispetto di:

O.P.C.M. 3274/03 e successive modifiche ed integrazioni; e *D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).*

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche individuate dal valore ag dell'accelerazione di picco al suolo, normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità. I valori di ag (convenzionali), si riferiscono all'accelerazione di picco in superficie per suolo di tipo A (Tab.:1), in cui il moto sismico non subisce variazioni sostanziali, contrariamente a ciò che accade nei suoli di tipo B,C,D,E,S1 e S2. I fattori che influenzano questo fenomeno sono l'intensità e la frequenza del moto stesso, le caratteristiche geotecniche, sismiche e lo spessore di suolo attraversato dal treno di onde per giungere in superficie.

L'indagine eseguita con tale metodologia MISURA DIRETTAMENTE le frequenze caratteristiche di sito permettendo così di effettuare un'analisi di amplificazione sismica locale al fine di ottenere una valutazione reale e diretta dello spettro di risposta del terreno, elemento di fondamentale importanza nello studio del fenomeno di doppia risonanza edificio-struttura descritto più avanti.

La Normativa, infatti, in assenza di una specifica *analisi di amplificazione sismica locale* introduce un fattore di amplificazione S e periodi T che definiscono lo spettro di risposta di un oscillatore semplice con smorzamento pari al 5%, per ricavare indirettamente quello stesso *parametro che con la presente tecnica andiamo a misurare direttamente.*

Cenni sulla tecnica utilizzata (tecnica dei rapporti spettrali)

La tecnica HVSR, (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o tecnica di Nakamura), è una prospezione geofisica non invasiva che attraverso la misura del "rumore sismico", ovunque presente sulla superficie terrestre, fornisce dati sulle frequenze caratteristiche del sito investigato. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte da terremoti nel campo prossimo all'epicentro. Tale tecnica, essendo una misurazione sismica passiva, non richiede la produzione di impulsi generati ad hoc come nel caso di sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Fig.1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo di riferimento, mentre la curva verde rappresenta il massimo di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono prodotti dalle onde oceaniche sulle coste.

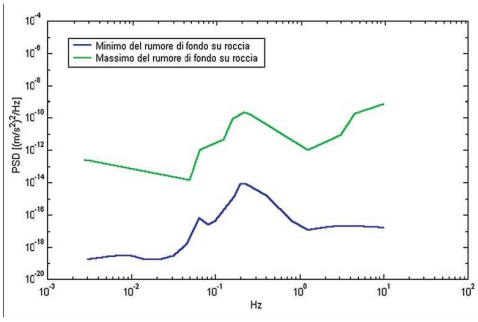


Fig.1: **Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra**

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Strumentazione impiegata

Le misure di microtremore ambientale, della durata minima di 12 minuti, sono effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di *contrasto di impedenza*. Per *strato* si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Inizialmente, alcuni ricercatori, proposero di utilizzare anche l'ampiezza del picco come indicatore sintetico dell'amplificazione sismica locale, direttamente utilizzabile per la microzonazione.

Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema di Fig. 2 in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (r1 er2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V1 e V2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.

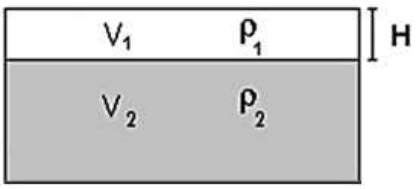


Fig. 2: **Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V**

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore *H* del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (*fr*) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(fr) = Vs1/4H \quad (fr) = Vp1/4H \qquad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1]. L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana. L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli 'sintetici', cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini. In questo lavoro i segnali sono stati analizzati non solo attraverso i rapporti spettrali H/V ma anche attraverso gli spettri delle singole componenti, e nei casi più significativi, le curve HVSR sono state invertite secondo la procedura descritta da Arai e Tokimatsu (2004).

Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:

⇒ larghezza delle finestre d'analisi 20 s,

⇒ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,

⇒ rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine / media a lungo termine) superiore a 2,

⇒ rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.

- le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto precedente.

Nei casi particolarmente semplici (copertura + bedrock o bedrock like) le profondità *h* delle discontinuità sismiche sono state ricavate tramite la formula seguente:

$$H = \left[\frac{V_0(1-a)}{4\nu_1} + 1\right]^{1/(1-a)} - 1$$

in cui V_0 è la velocità al tetto dello strato, *a* un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione ecc.) e ν la frequenza fondamentale di risonanza. Nei casi più complessi (la maggioranza) si sono invertite le

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

curve HVSR creando una serie di modelli teorici da confrontare con quello sperimentale, fino a considerare per buono il modello teorico più vicino alle curve sperimentali. In questo lavoro per l'inversione delle curve HVSR si sono seguite le procedure descritte in Arai e Tokimatsu (2004), usando il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e Love. Si fa notare che ai fini di questi modelli le V_P e la densità ρ dei mezzi sono quasi ininfluenti pertanto i valori di V_P e ρ che si sono impiegati vanno considerati come puramente indicativi.

La stima della frequenza di risonanza degli edifici

L'applicabilità pratica della semplice formula [1] per il calcolo delle frequenze fondamentali di risonanza dei suoli è stata dimostrata in molti studi sia nell'ambito della prospezione geofisica che nell'ambito ingegneristico. Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula seguente:

$$freq.\ naturale\ edificio \approx 10\ Hz\ /\ numero\ \ piani. \qquad [2]$$

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura, espressa dalla relazione seguente:

$$freq.\ naturale\ edificio \approx freq.\ naturale\ coperture \qquad [3]$$

ad essere particolarmente pericolosa, perché dà luogo alla massima amplificazione. La combinazione della [1], [2] e della [3] porta alla

$$10\ Hz\ /\ numero\ piani\ \approx V_s\ /\ (4H), \qquad [4]$$

da cui si può ricavare una relazione di prima approssimazione tra il numero di piani dell'edificio e lo spessore delle coperture nel sito dell'edificio stesso che possono determinare situazioni pericolose e devono quindi essere oggetto di studi approfonditi. Se consideriamo, ad esempio, una fascia di velocità delle onde di taglio tipica dei terreni alluvionali medio-fini (200-300 m/s), possiamo riscrivere la [4] come:

$$10\ Hz\ /\ numero\ piani\ \approx 200\text{-}300\ m/s\ /\ (4H). \qquad [5]$$

Recenti studi Italiani di Masi et al. (2007) cfr. Figura 3, effettuati su un gran numero di edifici in c.a. mettendo in relazione le frequenze di oscillazione caratteristiche con le altezze, hanno evidenziato alcune deviazioni rispetto alla [5].

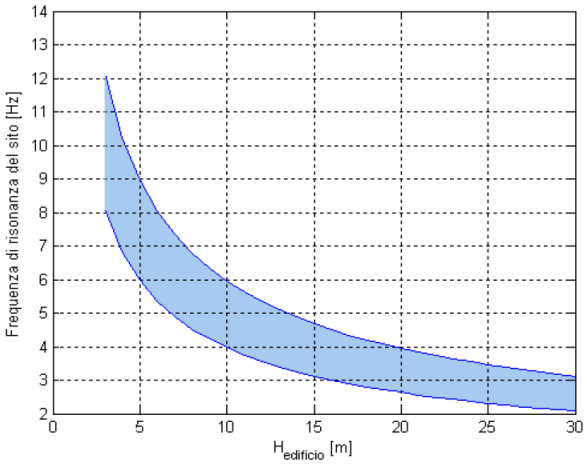


Fig 3: **Relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza del sito investigato:la zona in blu indica l'area più vulnerabile dal punto di vista dei fenomeni di doppia risonanza.**

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

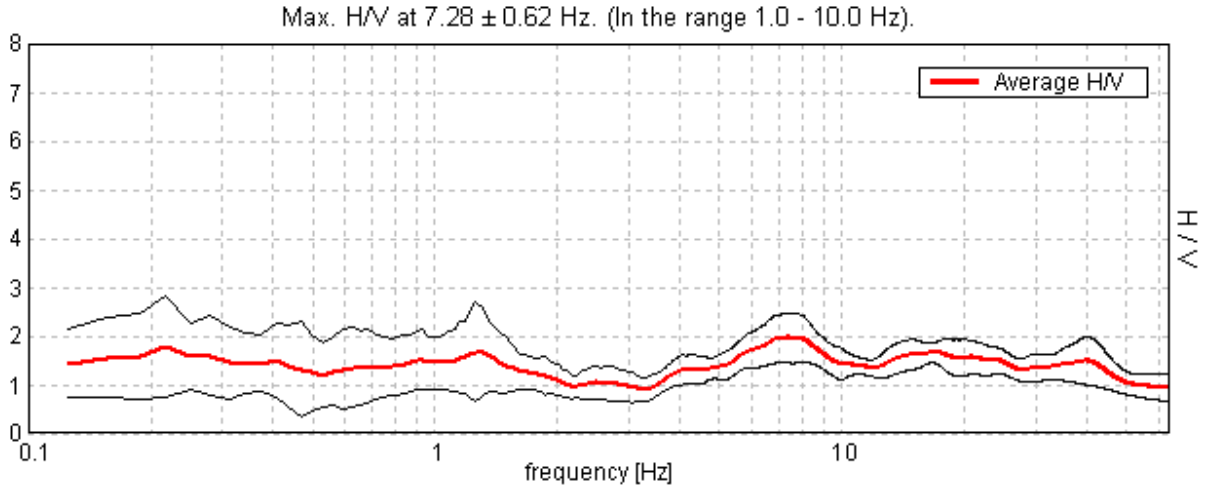
Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014

Comm: Sig.ra Michela Torresi - Cant.: C.da San Pietro - Recanati

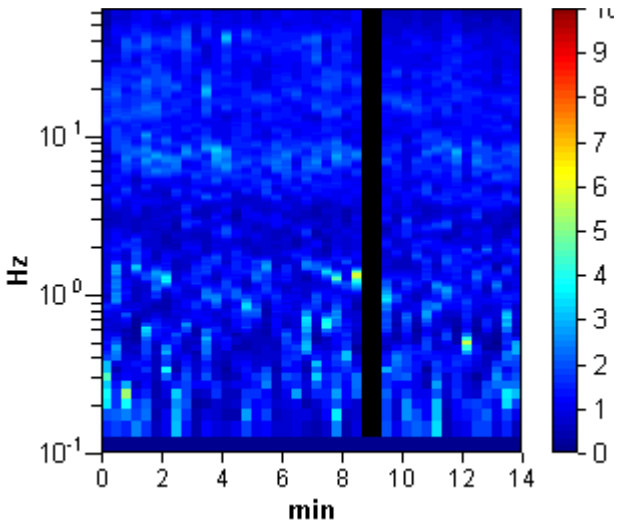
Cielo	*Sereno*	**Vento**	*Moderato*	**Precipitazioni**	*Assenti*	**Orientamento**	0°N

Instrument: TEP-0040/01-09
Start recording: 19/03/14 12:41:14 End recording: 19/03/14 12:55:15
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS location: 013°32.9133 E, 43°23.3585 N (176.8 m)
(UTC time synchronized to the first recording sample): not available in this acquisition mode + 0 samples
Satellite no.: 05
Trace length: 0h14'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

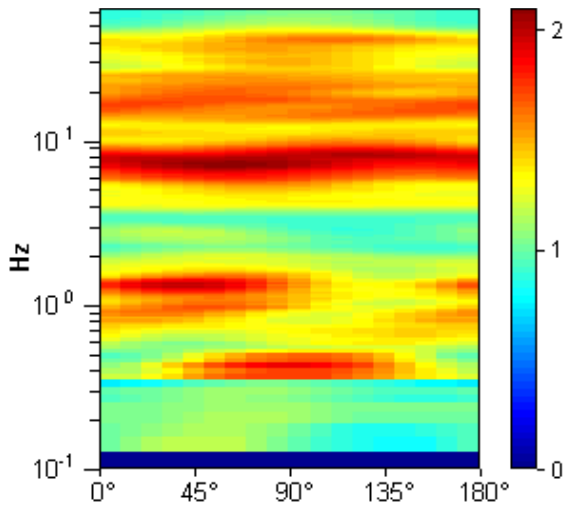
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V

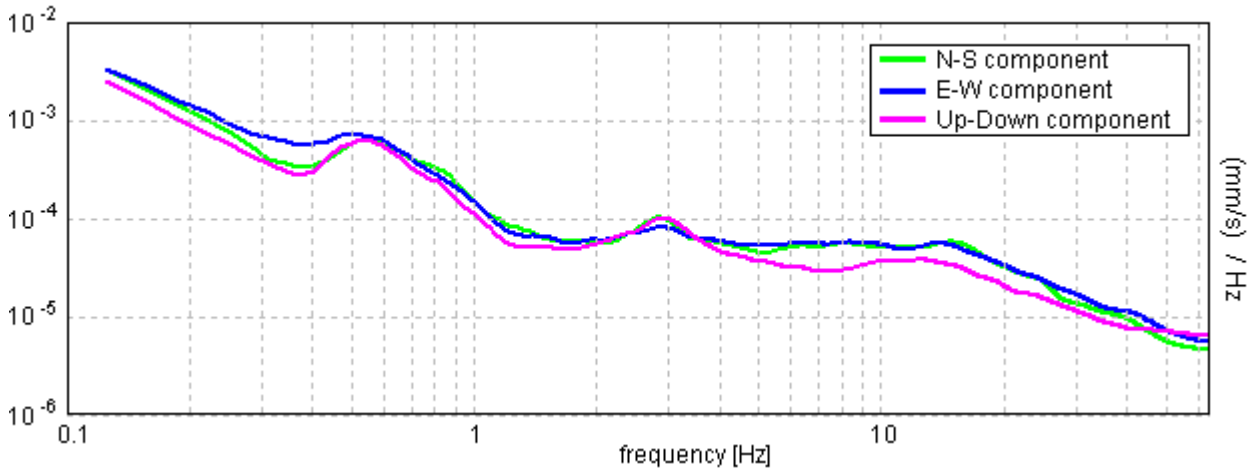


* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

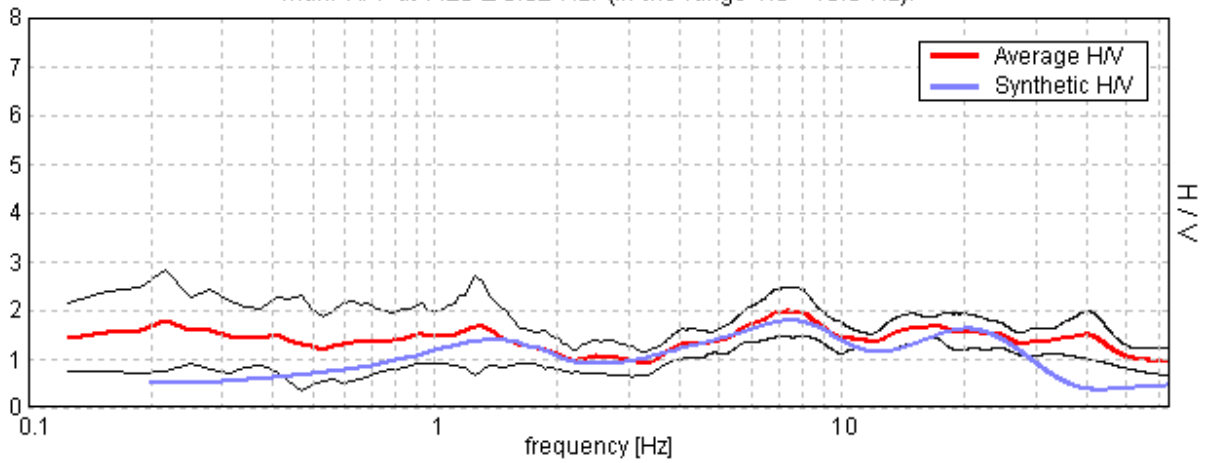
Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014

SINGLE COMPONENT SPECTRA



EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V

Max. H/V at 7.28 ± 0.62 Hz. (In the range 1.0 - 10.0 Hz).



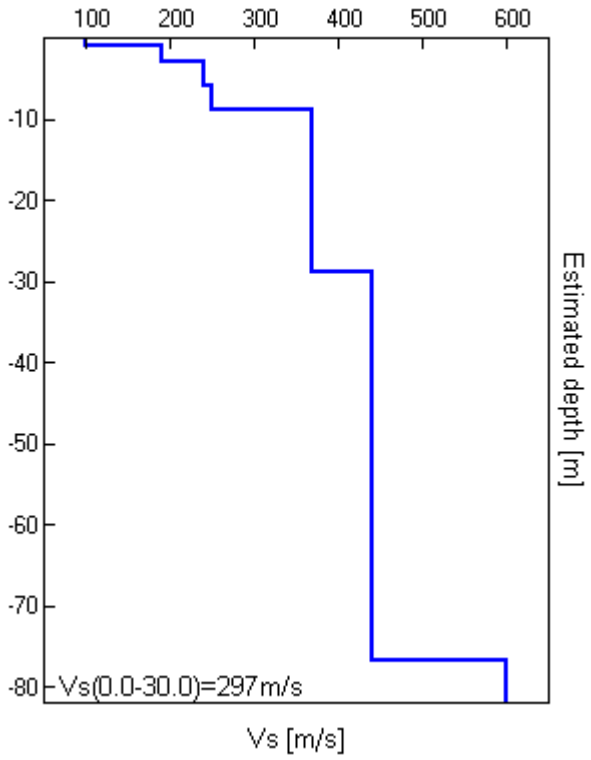
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.00	1.00	100	0.40
3.00	2.00	190	0.40
5.80	2.80	240	0.40
8.80	3.00	250	0.40
28.80	20.00	370	0.42
76.80	48.00	440	0.45
inf.	inf.	600	0.48

Vs(0.0-30.0)=297m/s

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014



Categoria	Descrizione
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15< N_{spt30}< 50 nei terreni a grana grossa e 70< C_{u30}< 250 kPa nei terreni a grana fina)

NOTA:la categoria di sottosuolo viene stabilita in funzione del valore di Vs30 calcolato a partire dalla quota del Piano Campagna

Commento sul profilo delle velocità.
L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da:
sismostrato 1: ha uno spessore complessivo di m.8,80 probabilmente riconducibile in alla copertura eluvio-colluviale.
sismostrato 2 :da m. 8,80 correlabile alla formazione caratterizzata da velocità delle onde progressivamente crescenti con la profondità fino ad un valore stimato di Vs pari a m/s 600.

Frequenza fondamentale di sito e frequenza di risonanza ai fini progettuali
Ogni sito è caratterizzato da una propria frequenza di risonanza fondamentale che può andare da millesimi di Hz a decine di Hz, in particolare in questo caso si è misurata una frequenza massima di picco pari a Hz 7,28 ± 0,62.
L'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico standard è invece 0,5 - 10 Hz (corrispondenti alle frequenze principali di strutture approssimativamente da 30 a 1 piano). Essendo dunque l'intervallo di frequenze del sottosuolo più esteso di quello possibile per le strutture, alcune frequenze del sottosuolo possono essere trascurate ai fini della progettazione in zona sismica in quanto non comportano aggravi particolari per le strutture standard. In quest'ottica ad esempio non verranno segnalate le frequenze superiori a 20 Hz. Nel caso in esame si evidenzia che l'area sollecitata da input sismico amplifica le onde di superficie ad una ***frequenza di risonanza prossima a 7,28 ± 0,62 Hz.*** Poiché la coincidenza di risonanze tra suolo e struttura comporta un aggravio nell'ampiezza dell'input sismico, la condizione ideale è che la frequenza della struttura sia inferiore rispetto a quella del sottosuolo, tuttavia quando questa condizione non può essere rispettata, è raccomandabile che la struttura venga progettata con frequenze proprie principali maggiori almeno il 40% dei valori segnalati per il sottosuolo.

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 7.28 ± 0.62 Hz (in the range 1.0 - 10.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	7.28 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5825.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 350 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.469 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.96 > 2		NO
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.04181| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.30443 < 0.36406	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.2465 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso

Geodrill s.a.s.
Dr.Geol.Valeriano Bassani & C.
SERVIZI GEOLOGICI
Via Roma,14 Tel/Fax 0732678888
60043 Cerreto d'Esi(AN)
P.IVA: 02334920424
E-Mail: a_geodrill@libero.it

Cerreto d'Esi il 22 marzo 2014
Comm.: Sig.ra Michela Torresi
Cant.:C.da San Pietro - Recanati
Indagine HVSR - N°: 1 del: 19/03/2014

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

* documento soggetto a diritti di autore (artt.2575 e seg. C.C.). Vietata la riproduzione senza il preventivo consenso