

GEO-PROBE

– *Studio Geologico Associato* –

2013.067/RG

Comune di Casalecchio di Reno (BO)

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO DEI TERRENI DEL
PRIMO SOTTOSUOLO DI UN'AREA SITA IN VIA DELLA
BASTIA N. 19-21, PER LA QUALE È RICHIESTO UN
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO.

Luglio 2013



Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

INDICE

1. PREMESSA	1
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE	4
4. INDAGINE GEOGNOSTICA.....	7
5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI ...	10
6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO.....	11
7. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE.....	12
8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	13
9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	14
10. MODELLAZIONE SISMICA	16
10.1. Vita nominale	16
10.2. Classi d'uso.....	16
10.3. Periodo di riferimento.....	17
10.4. Azione sismica	17
10.5. Categoria di sottosuolo.....	18
10.6. Condizioni topografiche	19
10.7. Amplificazione stratigrafica.....	20
10.8. Accelerazione massima al sito	20
10.9. Coefficiente sismico orizzontale e verticale	20
11. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	22
12. INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI.....	23
13. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	24
14. CONSIDERAZIONI FINALI	26

ALLEGATI:

- stratigrafie sondaggi a carotaggio continuo;
- documentazione fotografica;
- indagine sismica.

* * *

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dalla Società Oikos Ricerche S.r.l., si trasmette, in conformità con le normative vigenti, la seguente relazione geologico-tecnica riguardante lo studio dei terreni del primo sottosuolo di un'area per la quale è richiesto un piano urbanistico attuativo.

L'area in esame si ubica in via della Bastia n. 19-21, in Comune di Casalecchio di Reno (BO) (TAV. 1: estratto C.T.R. Scala 1:5.000; elemento n. 220124 – Casalecchio di Reno).

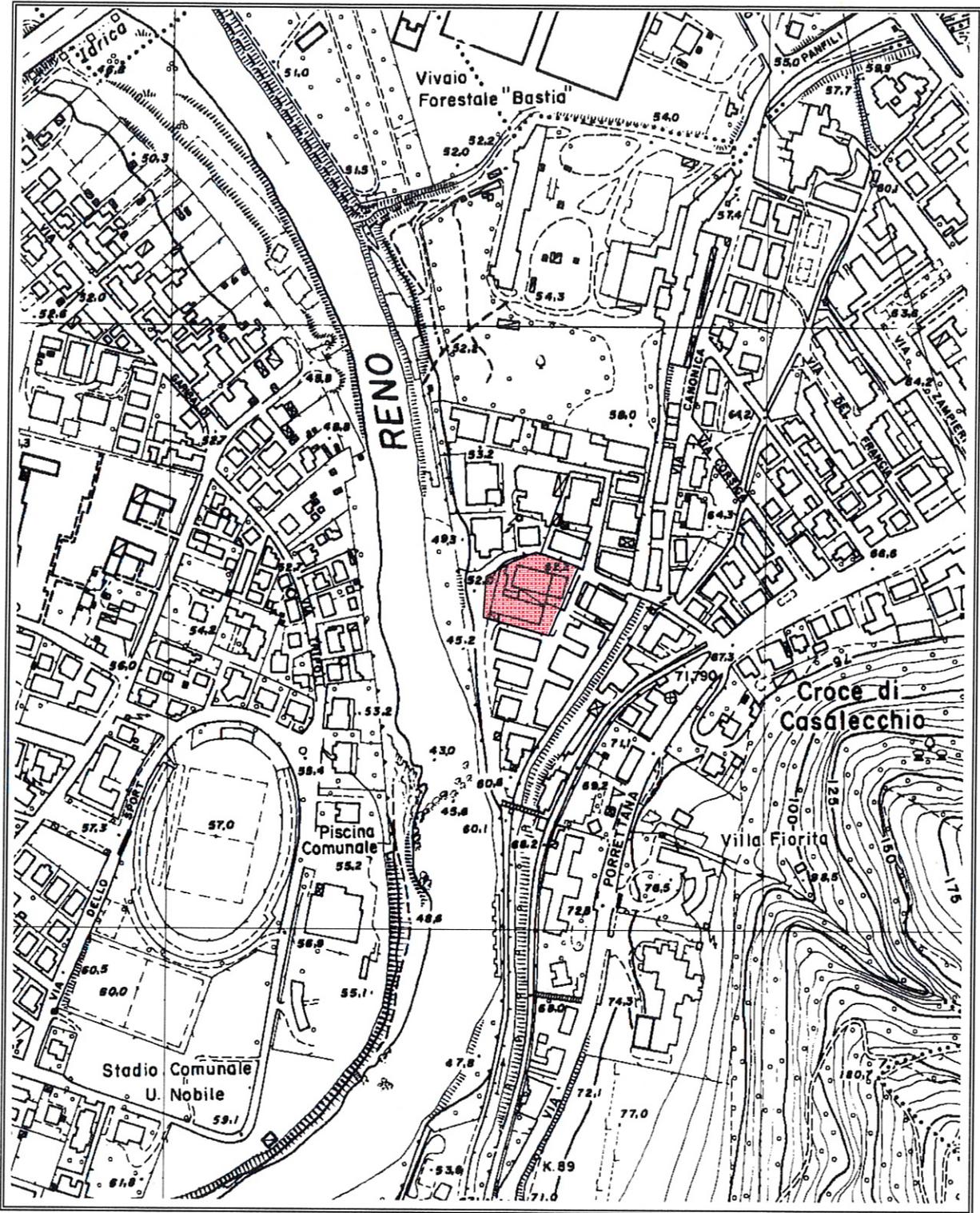
Il presente studio è stato articolato nei seguenti punti:

- a) analisi e descrizione della situazione morfologica e geo-litologica generale;
- b) determinazione della natura dei terreni costituenti il primo sottosuolo;
- c) determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi;
- d) caratterizzazione e modellazione geologica del sito;
- e) modellazione sismica dei terreni di fondazione;
- f) analisi della risposta sismica locale;
- g) valutazione della resistenza di progetto dei terreni di fondazione in condizioni statiche.

TAV. 1 - UBICAZIONE AREA IN ESAME

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE



 Area in esame

Scala 1:5.000

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La stesura della seguente relazione è stata compiuta in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento di seguito elencate:

- "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. 11 Marzo 1988.
- Istruzioni relative alle "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". Circ. Min. LL. PP. n. 30483, 24 Settembre 1988.
- AGI: raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Giugno 1977.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, Maggio 1990 (edizione provvisoria).
- Eurocodice Ec7 per l'ingegneria geotecnica, Settembre 1988.
- ISRM International Society for Rock Mechanics: Rock characterization testing and monitoring suggested methods - Commission on Testing Methods; 1981.
- "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica". O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e successive modifiche.
- "Norme tecniche per le costruzioni". D.M. 14 Gennaio 2008 (G.U. n. 29 del 04/02/08, supplemento ordinario n. 30).
- Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14/01/2008. Circolare Cons. Sup. LL.PP. n. 617/2009.
- Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007.
- Delibera della Giunta della Regione Emilia Romagna progr. N. 1661/2009 del 2 novembre 2009.

3. SITUAZIONE MORFOLOGICA E GEO-LITOLOGICA GENERALE

L'area in esame è compresa nella stretta fascia che divide le prime propaggini collinari e l'alta Pianura Padana, caratterizzata da piccole ondulazioni che progressivamente degradano verso Nord in direzione dell'alta Pianura Padana.

Più esattamente si ubica ad una quota compresa tra 62,00 m s.l.m. e 52,00 m s.l.m., in una zona soggetta a discreti rimaneggiamenti della morfologia originaria a seguito di interventi edificatori a carattere prevalentemente artigianale.

In particolare, l'area che ospita i due fabbricati e relativi parcheggi è pressoché pianeggiante, mentre a retro di entrambi, verso Ovest, si evidenzia un'importante rottura di pendenza; sul fronte Nord è inoltre presente una rampa che scende verso il Fiume Reno.

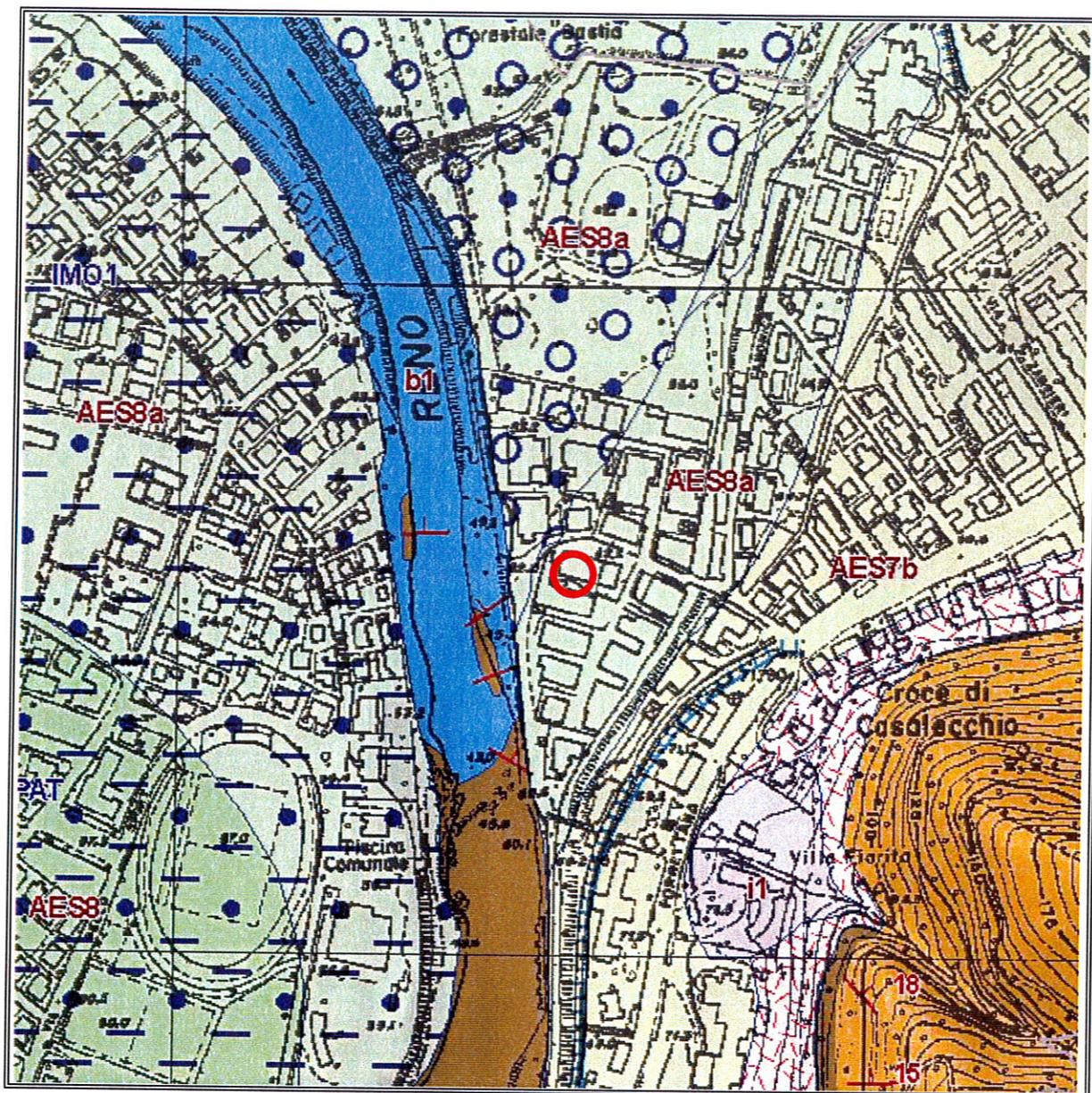
Da un punto di vista geo-litologico, come indicato nella Carta Geologica dell'Appennino Emiliano Romagnolo, della quale si riporta di seguito uno stralcio (TAV. 2), l'area in esame ricade all'interno di depositi alluvionali organizzati in due ordini di terrazzi costituiti da ghiaie prevalenti di età olocenica appartenenti all'Unità di Modena (**AES8a**), che sfumano nei depositi alluvionali in evoluzione costituiti da ghiaie, sabbie e limi argillosi di origine fluviale tuttora soggetti a variazioni legate alla dinamica fluviale (**b₁**), confinanti verso Est con i depositi pleistoceni dell'Unità di Vignola (**AES7b**), costituiti da ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in più ordini di terrazzi alluvionali e verso Ovest con le Sabbie di Imola (**IMO1**).

Verso monte i depositi alluvionali confinano con i terreni appartenenti alla Formazione di Pantano (**PAT**), rappresentata da areniti siltose fini e finissime di colore grigio e beige se alterate, alternate a peliti marnose e siltose di ambiente litorale e di piattaforma esterna, che verso valle risultano sormontati in parte dai depositi alluvionali.

A contatto tra i depositi alluvionali e i materiali lapidei, che costituiscono l'ossatura della porzione collinare, si evidenziano inoltre dei depositi eluvio colluviali (**a₄**), costituiti da coltri di materiale detritico, generalmente fine, provenienti dall'alterazione dovuta al ruscellamento delle acque superficiali lungo i versanti, combinata all'azione della gravità.

L'idrografia principale è rappresentata dal Fiume Reno che sviluppa il suo corso immediatamente ad Ovest dell'area in esame, e dal Canale Reno che scorre ad Est della stessa, mentre quella secondaria è costituita da rii e fossi che hanno rimodellato ed inciso profondamente la zona collinare, con un andamento che si sviluppa generalmente lungo la direttrice Est/Ovest per poi affluire nell'asse idrografico principale.

TAV. 2 - CARTA GEO-LITOLOGICA



 Area in esame

Scala 1:5.000

Studio Geologico Associato GEO-PROBE
Via Cimarosa, 119 - Casalecchio di Reno (BO) - Telefono (051) 613.51.18

LEGENDA CARTA GEO-LITOLOGICA



a4 - Deposito eluvio-colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.



b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).



AES8a - Unità di Modena

Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o piu' antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intra Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m.

(Età post-romana (IV-VI sec. d.C. - Attuale; datazione archeologica).)



AES7b - Unità di Vignola

Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzati in alcuni ordini di terrazzi alluvionali. Limite superiore dato da un suolo non calcareo di colore bruno scuro. Negli sbocchi vallivi prevalenti ghiaie caratterizzate da un suolo non calcareo di colore bruno scuro rossastro spesso sino a 2 m circa. Limite inferiore erosivo.

(Pleistocene sup. (per posizione stratigrafica).)



PAT - Formazione di Pantano

Areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare; stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si intercalano strati arenacei risedimentati medi, mal strutturati, di colore nocciola. Verso l'alto affiorano livelli di marne siltose grigio-azzurre laminate. Il limite inferiore è netto, discordante, su CTG; talora la base è elisa tettonicamente. Sedimentazione in ambiente da litorale a piattaforma esterna. La potenza è fino a circa 500 m.

(Burdigaliano sup. - Langhiano inf.)



IMO1 - Sabbie di Imola - membro di Monte Castellaccio

Sabbie ed arenarie gialle fini e finissime, subordinatamente medie e grossolane in strati generalmente amalgamati, rare intercalazioni pelitiche discontinue di spessore centimetrico e decimetrico. Queste sabbie passano verso l'alto ad alternanze in strati medi e spessi di ghiaie poligeniche, spesso caratterizzate da colori di alterazione bruno-violacei, con diametro massimo fino a 12 centimetri e subordinate sabbie. L'ambiente di sedimentazione è di spiaggia (dalla battigia, alla spiaggia sommersa). Si interdigitano, con maggior frequenza verso l'alto, depositi deltizi costituiti da sabbie fini e medie, intercalate a conglomerati (IMO1c - litofacies conglomeratica) con cementazione modesta o assente, in strati da medi a spessi, a stratificazione incrociata concava, con sottili intercalazioni di argille marnose biancastre e grigio-verdi dotate di scarsa continuità laterale. Contatto inferiore erosivo e discordante su FAA. Spessore massimo di poche decine di metri.

(Pleistocene medio)

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area in esame, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, si è provveduto ad eseguire un'indagine geognostica in sito e un'indagine sismica locale al fine di determinare il parametro Vs30 per poi classificare il suolo di fondazione.

4.1. Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nella realizzazione di n. 3 sondaggi con il metodo del carotaggio continuo che, rispetto al p.c. attuale, hanno raggiunto profondità comprese tra 5,00 m e 11,50 m.

I punti di indagine, compatibilmente all'accessibilità dei luoghi e alla presenza di utenze sotterranee, sono stati distribuiti per essere rappresentativi dell'area oggetto di intervento; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 2.

Per l'esecuzione dei carotaggio continuo è stata utilizzata una sonda CMV montata su autocarro FIAT PC 75 con le seguenti caratteristiche:

- | | | |
|--|------------------|---------|
| - Coppia alla rotazione | | 600 Kgm |
| - Velocità di rotazione | | 500 rpm |
| - Corsa continua | | 450 cm |
| - Spinta testa di rotazione | | 3000 Kg |
| - Trazione testa di rotazione | | 3000 Kg |
| - Pressione pompe: | 1) a coclea | 35 bar |
| | 2) a pistoncini | 150 bar |
| - Argano a fune d'acciaio | | 1500 Kg |
| - Aste di perforazione con nipples | | |
| a filetto conico | n. 1 x 3000 mm x | 60 mm |
| | n. 8 x 1500 mm x | 60 mm |
| - Carotieri semplici | n. 2 x 1500 mm x | 101 mm |
| - Scandaglio a filo graduato da 50 m | | |
| - Freatimetro graduato della lunghezza di 50 m | | |
| - Penetrometro tascabile tipo tubolare SEB (scala 0÷4,5 kg/cm ²) | | |
| - Scissometro tascabile S75 S76 (scala 0÷2 kg/cm ²) | | |

La stratigrafia del carotaggio continuo unitamente alla documentazione fotografica delle cassette catalogatrici, viene riportata in allegato negli appositi moduli.

4.2. Indagine sismica

Allo scopo di definire la frequenza di risonanza dei terreni e la velocità media delle onde sismiche di taglio V_s , è stata eseguita un'indagine sismica locale mediante metodologia di sismica passiva con misura del Rumore Sismico Passivo (microtremori).

Lo strumento utilizzato è il tromografo digitale Tromino prodotto dalla Micromed S.p.A.; si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri) che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 256 Hz.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr).

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito dai tre velocimetri, ad una frequenza di campionamento di 128Hz per un intervallo di tempo di 20', amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, viene suddiviso in intervalli di pochi secondi e mediante il software Grilla per ogni intervallo viene eseguita un'analisi spettrale nelle tre componenti e il calcolo dei rapporti spettrali H/V.

Il valore di tale rapporto è direttamente correlato alla frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza mentre la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio V_s dalla relazione:

$$f_i = V_{si}/4h_i$$

dove:

f_i = frequenza dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità delle onde S dello strato i -esimo;

h_i = spessore dello strato i -esimo.

I risultati dell'indagine sismica vengono restituiti in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove vengono riportate gli spettri delle singole componenti del moto, le curve relative al rapporto spettrale orizzontale su verticale H/V e il grafico V_s /profondità.

TAV. 2 - UBICAZIONE INDAGINE GEOGNOSTICA

Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE



- Carotaggi continui
- ◆ Indagine sismica

Scala 1:500

5. LITOLOGIA E CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE DEI TERRENI

L'indagine geognostica eseguita ci consente di ricostruire con discreta precisione la litologia del primo sottosuolo e di valutare le caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Schematicamente possiamo ricostruire la seguente successione stratigrafica:

al tetto, al di sotto della massicciata stradale dello spessore medio di 0,30÷0,50 m, sono inizialmente presenti dei terreni di riporto di natura argillosa e limosa di colore da nocciola a grigiastro, con ciottoli e detrito lateritico; lo spessore dei suddetti terreni risulta massimo sul fronte Ovest dove è stato evidenziato sino ad una profondità media di 11,00÷11,20 m, mentre nella fascia Est da una profondità media di 1,40 m è sostituito da ghiaie in matrice sabbiosa di colore nocciola di addensamento da medio a medio elevato ed umidità scarsa.

I suddetti terreni a partire da una profondità variabile da 3,10 m a 11,10 m, risultano sopportati da argille marnose di colore da nocciola a grigio, di consistenza molto elevata e/o semilapidea (P.P. >2,0 kg/cmq; V.T. > 4,5 kg/cmq) ed umidità scarsa, costituenti il substrato inalterato.

Al termine dell'indagine, all'interno dei suddetti terreni, non è stata evidenziata la presenza di falde freatiche e/o circolazioni idriche localizzate, anche se queste ultime non sono periodicamente da escludere al tetto delle argille marnose costituenti il substrato, specie a seguito di precipitazioni persistenti.

6. MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

La caratterizzazione geotecnica del sito viene fatta ricostruendo un modello in termini di unità geotecniche del volume significativo del terreno inteso come la parte di sottosuolo influenzata direttamente o indirettamente dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa.

Ciascuna unità geotecnica (U.G.) è ottenuta correlando i dati stratigrafici e i dati di resistenza misurati nel corso dell'indagine geognostica in modo da suddividere il volume significativo in elementi omogenei.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è possibile distinguere il terreno secondo le unità geotecniche indicate nella tabella successiva.

U.G	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	P.P. kg/cmq	V.T. kg/cmq	γ (kN/mc)	Cu (KPa)	φ (°)	Dr (%)
	da	a							
0	0,00	1,40÷11,10	R	-	-	-	-	-	-
A	1,40	3,10	GS	-	-	18,5	0	39÷41	90÷95
B	3,10÷11,10	fine indag.	AM	>2,0	>4,5	20,0÷22,0	>300	0	0

R = terreno pedogenizzato;

GS= ghiaie in matrice sabbiosa;

AM = argille marnose.

7. PARAMETRIZZAZIONE DELLE UNITÀ GEOTECNICHE

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è stato possibile suddividere il volume significativo di terreno in unità geotecniche, delle quali di seguito, vengono definiti i parametri geomeccanici.

Unità geotecnica 0

È costituita da terreno di riporto e si evidenzia sino ad una profondità variabile da 1,40 m 11,10 m dal p.c. attuale.

Unità geotecnica A

È costituita da ghiaie in matrice sabbiosa di addensamento elevato ed umidità scarsa.

L'unità A si evidenzia nella fascia Sud/Est da circa 1,40 m sino ad una profondità media di 3,10 m dal p.c. attuale, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
C 2	-	18,5	-	40

Unità geotecnica B

È costituita da argille marnose di consistenza elevata ed umidità scarsa.

L'unità B si evidenzia da una profondità variabile da 3,10 m a 11,10 m dal p.c. attuale sino alla profondità indagata, ed è caratterizzata dai parametri geotecnici medi riportati in tabella.

Verticale	qc (MPa)	γ (kN/mc)	Cu (kPa)	φ (°)
C 1	-	21,0	>300	0
C 2	-	21,0	>300	0

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel sito di indagine è stata effettuata una misura di microtremore della durata di 20', allo scopo di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite inversione, di ricostruire il modello di sottosuolo in termini di profondità e velocità delle onde di taglio.

L'indagine sismica è stata condotta sulla soletta di asfalto in condizioni meteo buone, in presenza di vento di debole entità tale da non creare disturbo durante la registrazione.

Gli spettri delle singole componenti del moto non mostrano particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico; anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dato che le tre curve presentano un andamento concordante, pertanto i picchi evidenziati nel diagramma HVSR sono da considerarsi naturali.

Il diagramma HVSR mostra un primo picco molto elevato a circa 60 Hz da attribuire alla soletta di cemento e un picco molto largo a partire da 4 Hz, interpretato come il contatto tra i terreni di riporto e il substrato marnoso evidenziato ad una profondità media di 11,20 m dal p.c. attuale.

Tale picco è stato utilizzato per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La buona sovrapposizione della curva sintetica H/V alla curva misurata, confermano la correttezza del modello di sottosuolo ottenuto con l'inversione.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro Vs30 richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{si})$$

dove:

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_{si} = velocità dello strato i -esimo.

Nel caso in esame per i valori considerati con riferimento al p.c. attuale, la Vs30 risulta pari a 267 m/s.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, ricavabile dal diagramma HVSR rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza.

9. PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA

La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti di un sisma.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni ideali di sito di riferimento con superficie topografica orizzontale di categoria A.

Il Comune di Casalecchio di Reno (TAV. 4 – Mappa di pericolosità sismica) presenta un'accelerazione al suolo tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni $PGA = 0,150 - 0,175g$ e intensità macrosismica $MCS = 8$.

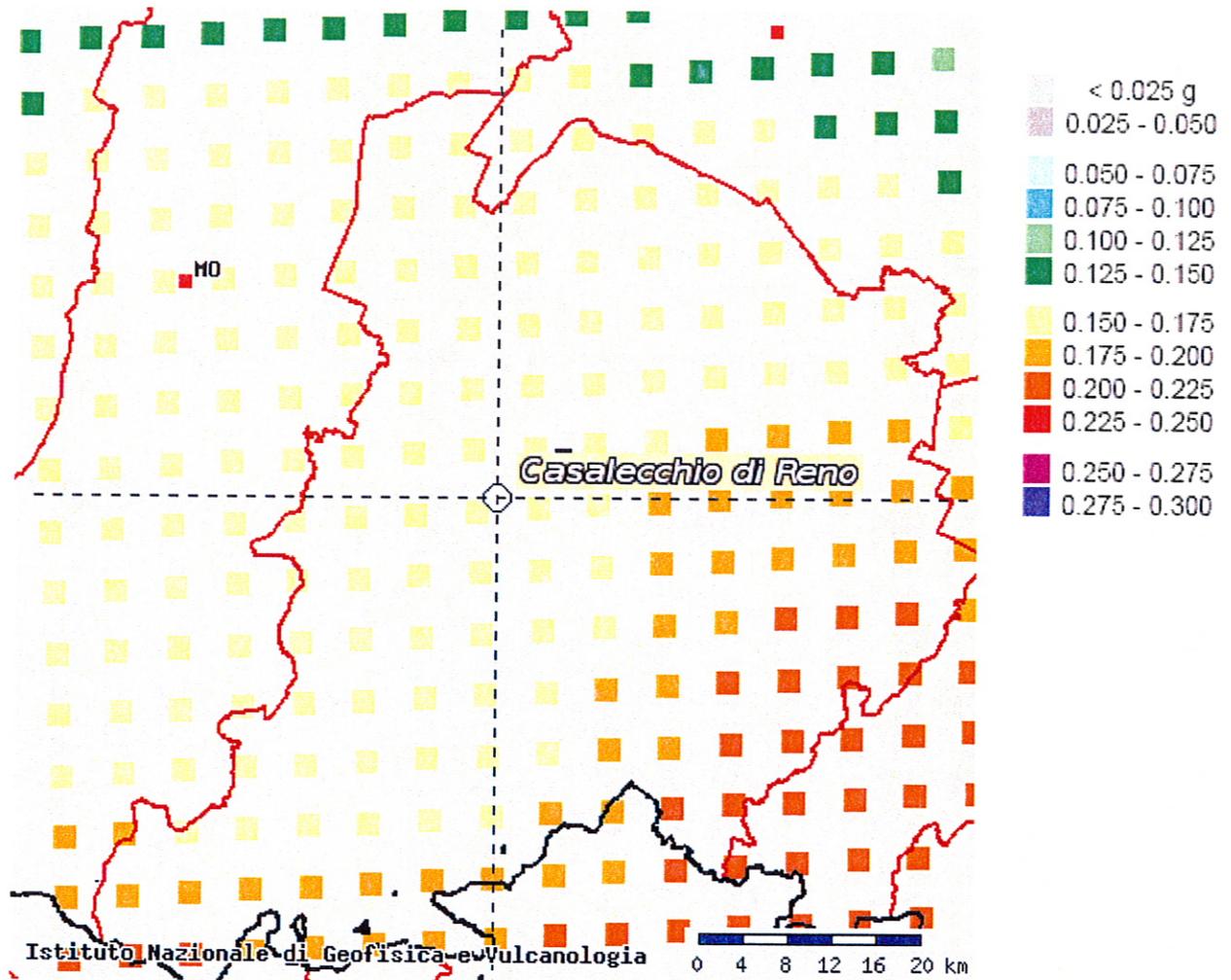
La Magnitudo dell'area si ottiene sulla base della seguente relazione proposta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (GNDT):

$$M = \frac{1,93 + MCS}{1,78} = 6$$

La pericolosità sismica in un generico sito viene definita in termini di valori di accelerazione orizzontale massima e di spettri di risposta nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale, in corrispondenza dei punti di un reticolo e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito in esame e della morfologia di superficie.

TAV. 4 – MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA



Via Cimarosa, 119 – Casalecchio di Reno (BO) – Telefono (051) 613.51.18

Studio Geologico Associato GEO-PROBE

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

0 4 8 12 16 20 km



10. MODELLAZIONE SISMICA

10.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale (V_n) è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale delle diverse tipologie di opere è riportata nella seguente tabella.

Tabella 2.4.I

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_n (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere 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

Nell'area in esame sono previste opere tipo "2" per le quali si prevede una vita nominale $V_n \geq 50$ anni.

10.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso distinte nel modo seguente:

<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli
<i>Classe II</i>	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 IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda 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.
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A e B di cui al D.M. 5/11/2001 n. 6792 "Norme funzionali e geotecniche per la costruzione delle strade" e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A e B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e impianti di produzione di energia.

Ad ogni classe d'uso è associato un coefficiente come da tabella seguente:

Tabella 2.4.II

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le opere da realizzare nell'area in esame sono relative alla Classe II pertanto alle stesse è associato un coefficiente d'uso pari a $C_U = 1,0$

10.3. Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_n \cdot C_U$$

Per il sito in esame il periodo di riferimento è pari a $V_R = 50$ anni.

10.4. Azione sismica

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Nella seguente tabella vengono riportati i suddetti parametri elaborati per il sito in esame, considerando un periodo di riferimento per l'azione sismica (VR) di 50 anni, in relazione al periodo di ritorno e agli stati limite di esercizio e agli stati limite ultimi e relative probabilità di superamento.

Stato limite		PVR (%)	TR (anni)	ag (g)	Fo (-)	Tc* (s)
Stati limite di esercizio	SLO	81	30	0,054	2,483	0,258
	SLD	63	50	0,067	2,486	0,271
Stati limite ultimi	SLV	10	475	0,165	2,392	0,309
	SLC	5	975	0,209	2,419	0,316

10.5. Categoria di sottosuolo

La nuova Normativa per gli effetti locali identifica cinque categorie di sottosuolo (A÷E) suddivisi sulla base dei valori di velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primo 30 m di profondità, riferita per fondazioni superficiali al piano di imposta delle stesse, e due categorie aggiuntive (S1 e S2) per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione della azione sismica.

Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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 $N_{cPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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 $15 < N_{cPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{v,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 $N_{cPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{v,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Categorie aggiuntive di sottosuolo

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

Come evidenziato in precedenza, i terreni del primo sottosuolo presentano una V_{s30} media pari a 267 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende "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_{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 fine").

10.6. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la seguente tabella.

Tabella 3.2.IV

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante 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 $i > 30^\circ$

Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica come da tabella seguente:

Tabella 3.2.VI

CATEGORIA	T1	T2	T3	T4
COEFFICIENTE S_t	1	1,2	1,2	1,4

L'area in esame si pone in corrispondenza di fascia moderatamente acclive, perciò si configura una categoria topografica tipo T1 cui è associato un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

10.7. Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1; per le altre categorie vengono calcolati in funzione di a_g , F_o e T_c^* mediante le espressioni fornite nella seguente tabella.

Tabella 3.2.V

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,4 - 0,4 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,7 - 0,6 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,4 - 1,50 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot a_g/g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per il sito in esame otteniamo:

Stato limite	S_s	C_c
SLO	1,500	1,643
SLD	1,500	1,616
SLV	1,464	1,547
SLC	1,396	1,536

10.8 Accelerazione massima al sito

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata mediante la relazione:

$$a_{max} = S \cdot a_g = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

Nel nostro caso per i parametri considerati in precedenza e per lo stato limite SLV si ottiene un valore pari a 2,370 m/sec².

10.9 Coefficiente sismico orizzontale e verticale

Il coefficiente sismico orizzontale si ottiene mediante la relazione:

$$k_h = \frac{\beta_s \times a_{max}}{g}$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito ricavabile dalla sottostante tabella.

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Nel nostro caso assumendo un valore di β_s pari a 0,24, si ottiene un coefficiente sismico orizzontale (k_h) pari a 0,058.

Il coefficiente sismico verticale (k_v) si ottiene mediante la relazione:

$$k_v = 0,5 k_h = 0,029$$

11. RISCHIO DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

In occasione di un evento sismico particolare attenzione deve essere posta nella liquefazione dei terreni, ovvero la fluidificazione degli stessi con perdita improvvisa della resistenza al taglio, tendenza all'addensamento e conseguente riduzione di volume.

Tale fenomeno riguarda innanzitutto terremoti di magnitudo > 5 , caratterizzati da accelerazioni massime al sito $a_{\max} > 0,10$ g e di durata prolungata (> 15 sec) e i sedimenti granulari (incoerenti), non consolidati, saturi, con densità relativa inferiore al 40 % e a granulometria uniforme e medio piccola, come ad esempio limi e sabbie fini di origine deltizia, fluviale e marina di età recente e i terreni di riporto.

Il fenomeno non appare probabile in terreni con valori superiori della densità relativa, e soprattutto quando le sabbie includono ghiaie o ciottoli. In questo ultimo caso se il deposito ghiaioso è compreso tra terreni poco permeabili, indipendentemente dalla sua capacità drenante, può essere soggetto al fenomeno della liquefazione.

Nei terreni a grana fine (limi ed argilla), sebbene caratterizzati da bassi valori della permeabilità, la possibilità che si possa verificare il fenomeno è molto ridotta o addirittura nulla, grazie all'influenza determinante dei legami interparticellari, ovvero della coesione.

Secondo l'Eurocodice 8 la liquefazione può verificarsi in terreni di fondazione composti da strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo - argillosa e falda al piano campagna.

Nell'area in esame sedimenti potenzialmente liquefacibili sono inesistenti, essendo la litologia di superficie rappresentata da terreni limosi e argillosi di buona consistenza non interessati da circolazioni idriche superficiali, sostenuti da un substrato marnoso argilloso.

12. INDIVIDUAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI

L'area interessata dall'intervento di riqualificazione urbana, si sviluppa ad una quota compresa tra 62,00 m s.l.m. e 52,00 m s.l.m., in una zona soggetta a discreti rimaneggiamenti della morfologia originaria a seguito di interventi edificatori a carattere prevalentemente artigianale.

L'indagine geognostica eseguita ha evidenziato una litologia del primo sottosuolo caratterizzata dalla presenza di litotipi di buone caratteristiche meccaniche che escludono la possibilità di processi di liquefazione o effetti di amplificazione del segnale sismico.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la 3.2. VI delle NTC 2008.

L'area in esame si pone in un settore pressoché pianeggiante e/o moderatamente acclive e non presenta particolari condizioni morfologiche che possono produrre effetti di sito perciò si configura una categoria topografica tipo T1.

Alla luce di quanto sopra e delle prescrizioni previste dalla normativa vigente per le aree suscettibili di attribuzione di potenzialità edificatoria, è prevista una seconda fase di approfondimento al fine di valutare la pericolosità sismica eseguita secondo un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento) basata su prove geofisiche e geotecniche.

13. MODELLAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La modellazione geofisica del sito viene fatta sulla base dall'indagine sismica eseguita mediante registrazione del rumore sismico ambientale di fondo (microtremore) utilizzando un tromografo digitale (tromino).

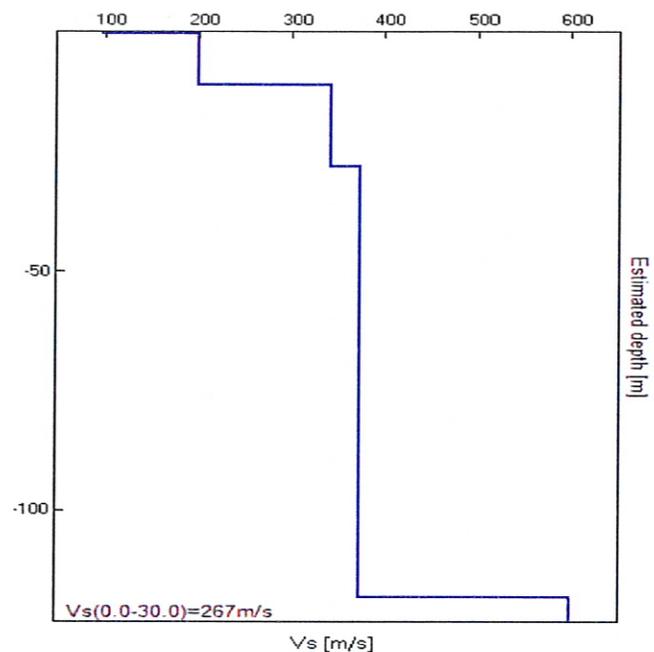
Sulla base dei risultati dell'indagine geofisica è stato possibile ricostruire i profili di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

La stratigrafia che caratterizza il modello per i primi 30 metri deriva dagli esiti delle prove geognostiche eseguite, mentre per l'attribuzione della velocità delle onde sismiche di taglio Vs relativa ai differenti strati della colonna sismica, si sono considerati gli esiti dell'indagine sismica eseguita.

DISTRIBUZIONE DELLE Vs

Strato sismico	Profondità (m)	Vs (m/sec)
1	0,00÷0,40	97
2	0,40÷11,20	201
3	11,20÷28,20	343
4	28,20÷118,2	375
7	>118,20	600

PROFILO DI VELOCITÀ



Sulla base dei risultati dell'indagine geofisica non è stato possibile definire la profondità del bedrock sismico.

Per calcolare i Fattori di Amplificazione richiesti nell'analisi semplificata vengono calcolate le velocità equivalenti delle onde di taglio (V_{SH}) per lo spessore considerato del deposito di copertura secondo la formula:

$$V_{S30} = 30 / \sum (h_i / V_{Si})$$

dove:

h_i = spessore dello strato iesimo;

V_{si} = velocità dello strato iesimo.

L'indagine sismica ha evidenziato una V_{s30} al p.c. pari a 267 m/sec per cui utilizzando le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica pubblicate sulla "Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007" considerando un ambito di pianura caratterizzato da un substrato profondo (> 100 m dal p.c.), otteniamo un valore del Fattore di Amplificazione F.A. pari a 1,5.

Utilizzando le stesse tabelle e con gli stessi parametri visti in precedenza si ottengono i valori di intensità spettrale (S.I.) che per periodi propri del sito (T_0) compresi tra 0,1 e 0,5 sec e tra 0,5 e 1 sec valgono rispettivamente 1,8 e 2,3.

14. CONSIDERAZIONI FINALI

L'area in esame si ubica ad una quota compresa tra 62,00 m s.l.m. e 52,00 m s.l.m., in una zona soggetta a discreti rimaneggiamenti della morfologia originaria a seguito di interventi edificatori a carattere prevalentemente artigianale.

La litologia del primo sottosuolo al tetto, al di sotto della massicciata stradale dello spessore medio di 0,30÷0,50 m, risulta inizialmente caratterizzata dalla presenza di terreni di riporto di natura argilloso limosa di colore da nocciola a grigiastro, con ciottoli e detrito lateritico; lo spessore dei terreni di riporto risulta massimo sul fronte Ovest dove è stato evidenziato sino ad una profondità media di 11,00÷11,20 m mentre nella fascia Est da una profondità media di 1,40 m è sostituito da ghiaie in matrice sabbiosa di colore nocciola di addensamento da medio a medio elevato ed umidità scarsa.

I suddetti terreni a partire da una profondità variabile da 3,10 m a 11,10 m, risultano sopportati da argille marnose di colore da nocciola a grigio, di consistenza molto elevata e/o semilapidea (P.P. >2,0 kg/cmq; V.T. > 4,5 kg/cmq) ed umidità scarsa, costituenti il substrato inalterato.

Al termine dell'indagine, all'interno dei suddetti terreni, non è stata evidenziata la presenza di falde freatiche e/o circolazioni idriche localizzate, anche se queste ultime non sono periodicamente da escludere al tetto delle argille marnose costituenti il substrato, specie a seguito di precipitazioni persistenti.

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica è possibile distinguere il terreno secondo le unità geotecniche indicate nella tabella successiva.

U.G	Profondità m da p.c.		Litologia prevalente	P.P. kg/cmq	V.T. kg/cmq	γ (kN/mc)	Cu (KPa)	φ (°)	Dr (%)
	da	a							
0	0,00	1,40÷11,10	R	-	-	-	-	-	-
A	1,40	3,10	GS	-	-	18,5	0	39÷41	90÷95
B	3,10÷11,10	fine indag.	AM	>2,0	>4,5	20,0÷22,0	>300	0	0

I terreni del primo sottosuolo presentano una Vs30 media pari a 267 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende "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 Vs30 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 fine").

Nell'area in esame sedimenti potenzialmente liquefacibili sono inesistenti, essendo la litologia di superficie rappresentata da terreni limosi e argillosi di buona consistenza non interessati da circolazioni idriche superficiali, sostenuti da un substrato marnoso argilloso.

Sulla base dell'indagine geognostica e dell'indagine sismica eseguita e utilizzando le tabelle per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica pubblicate sulla "Delibera dell'Assemblea legislativa Regione Emilia Romagna progr. N. 112 – oggetto n. 3121 del 2 maggio 2007" considerando un ambito di pianura caratterizzato da un substrato profondo (> 100 m dal p.c.), otteniamo un valore del Fattore di Amplificazione F.A. pari a 1,5.

Utilizzando le stesse tabelle e con gli stessi parametri visti in precedenza si ottengono i valori di intensità spettrale (S.I.) che per periodi propri del sito (T_0) compresi tra 0,1 e 0,5 sec e tra 0,5 e 1 sec valgono rispettivamente 1,8 e 2,3.

In considerazione di quanto sopra si può pertanto affermare che da un punto di vista geologico non vi è nulla che impedisca la realizzazione di quanto in progetto.

Casalecchio di Reno, 03 Luglio 2013



ALLEGATI

Indagine geognostica

GEO-PROBE s.r.l. Indagini Geognostiche 40033 CASALECCHIO DIRENO (BO) Via Cimarsa, 119 - Tel. 051/61.33.072		Committente: Oikos Ricerche s.r.l.		Quota: ---		Rap. Pr. N°13.0339/RSP	
		Località: Casalecchio di Reno (BO)		Profondità: 11.50 m		Codice Lavoro 2013.087	
		Cantiere: via Bastia 19-21		Data Inizio: 10/06/2013		Data Fine: 10/06/2013	
		Perforazione: Carotaggio Continuo diam. 101		Altrezzatura: Sonda CMV		Il geologo: Dr. Conti	
Procedura di Prova IO_001		Rapporto di Prova N° 13.0339/RSP		Rev. 0		Data di emissione 10/06/2013	
				Lo Sperimentatore Dr. Regazzi		Il Direttore di Laboratorio Dr. Conti	

SONDAGGIO 1 FOGLIO 1/1

Scala 1:50	Manovre	Lunghezza carotiere	Rivestimento	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Percentuale Carotaggio	Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT	Tipo di punta	Scala 1:50	P. P. [kg/cmq]	V. T. [kg/cmq]	Falda	Piezometro Norton	Note	
0.40				0.30		Asfalto e rilevato.												
0.50						Ciottoli in matrice limo sabbiosa di colore nocciola.												
0.70						Argilla limosa a tratti debolmente sabbiosa di colore da nocciola a grigio, abbondante detrito lateritico e ciottoli.												
1.00																		
1.10																		
1.20																		
1.30																		
1.40																		
1.50																		
1.60																		
1.70																		
1.80																		
1.90																		
2.00																		
				11.10		Argilla marnosa di colore nocciola con striature grigie; terreno ad umidità scarsa.												
				11.50														

Rilevamento acqua nel foro di sondaggio									
DATA	ORA IN.	QUOTA P.F.	QUOTA H2O	ORA F.	QUOTA P.F.	QUOTA H2O			
10/06/13	10:10			11:15	11.50 m	assente			

GEO-PROBE s.r.l.
Indagini Geognostiche

40033 CASALECCHIO DI RENO (BO)
Via Cimarosa, 119 - Tel. 051/61.33.072

Committente: Oikos Ricerche s.r.l.
Località: Casalecchio di Reno (BO)
Cantiere: via Bastia 19-21
Perforazione: Carotaggio Continuo diam. 101
Attrezzatura: Sonda CMV

Quota: ---
Profondità: 5.00 m
Data Inizio: 10/06/2013
Data Fine: 10/06/2013
Il geologo: Dr. Conti

Rap. Pr. N°13.0340/RSP
Codice Lavoro 2013.087
SONDAGGIO 2 FOGLIO 1/1

Procedura di Prova IQ_001	Rapporto di Prova N° 13.0340/RSP	Rev. 0	Data di emissione 10/06/2013	Lo Sperimentatore Dr. Regazzi	Il Direttore di Laboratorio Dr. Conti
------------------------------	-------------------------------------	-----------	---------------------------------	----------------------------------	--

Scala 1:50	Manovre	Lunghezza carabere	Rivestimento	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Percentuale Carotaggio	Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT	Tipo di punta	Scala 1:50	P. P. [kg/cmq]	V. T. [kg/cmq]	Falda	Piezometro Norton	Note	
0.50	1.50			-0.50		Asfalto e rilevato ghiaia e sabbia.												
1.00	1.50			-1.40		Argilla limosa di colore nocciola scuro; terreno ad umidità medio scarsa.						1						
2.00	1.50			-3.10		Ghiaia in matrice sabbiosa di colore nocciola; terreno ad umidità scarsa.						2						
3.00	1.50			-5.00		Argilla marnosa di colore da nocciola grigio a grigio; terreno ad umidità scarsa.						3						
4.00	1.50											4						
5.00	1.50											5						
6.00	1.50											6						
7.00	1.50											7						
8.00	1.50											8						
9.00	1.50											9						
10.00	1.50											10						
11.00	1.50											11						
12.00	1.50											12						
13.00	1.50											13						
14.00	1.50											14						
15.00	1.50											15						
16.00	1.50											16						
17.00	1.50											17						
18.00	1.50											18						
19.00	1.50											19						
20.00	1.50											20						

Rilevamento acqua nel foro di sondaggio
 DATA | ORA IN. | QUOTA F.F. | QUOTA H2O | ORA F. | QUOTA F.F. | QUOTA H2O
 10/06/13 | 11:40 | | | 12:20 | 05.00 m | assente |

GEO-PROBE s.r.l. <i>Indagini Geognostiche</i> 40033 CASALECCHIO DI RENO (BO) Via Cimara, 119 - Tel. 051/61.33.072	Committente: <u>Oikos Ricerche s.r.l.</u>	Quota: <u>---</u>	Rap. Pr. N°13.0341/RSP		
	Località: <u>Casalecchio di Reno (BO)</u>	Profondità: <u>5.50 m</u>	Codice Lavoro 2013.087		
	Cantiere: <u>via Bastia 19-21</u>	Data inizio: <u>10/06/2013</u>	SONDAGGIO 3	FOGLIO 1/1	
	Perforazione: <u>Carotaggio Continuo diam. 101</u>	Data Fine: <u>10/06/2013</u>			
Attrezzatura: <u>Sonda CMV</u>		Il geologo: <u>Dr. Conti</u>			
Procedura di Prova IO_001	Rapporto di Prova N° 13.0341/RSP	Rev. 0	Data di emissione 10/06/2013	Lo Sperimentatore Dr. Regazzi	Il Direttore di Laboratorio Dr. Conti

Scala 1:50	Manovro	Lunghezza carotiere	Rivestimento	Profondità [m]	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Percentuale Carotaggio			Campioni	Prof. SPT	N° colpi SPT	Tipo di punta	Scala 1:50	P. P. [kg/cmq]	V. T. [kg/cmq]	Falda	Piezometro Norton	Note	
							20	40	60											
		0.40 1.50				Asfalto e rilevato grossolano.														
		0.30 1.50				Argilla limosa di colore da nocciola nocciola giallastro, abbondante detrito lateritico e ciottoli talora sabbiosi.														
1		1.20 1.50		0.50																
		1.20 1.50																		
2		1.20 1.50																		
		1.10 1.50																		
3		1.10 1.50																		
		0.80 1.50																		
4		0.80 1.50																		
		1.00 1.50																		
5		1.00 1.50																		
				5.50																
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
19																				
20																				

Rilevamento acqua nel foro di sondaggio										
DATA	ORA IN.	QUOTA F.P.	QUOTA H2O	ORA F.	QUOTA P.F.	QUOTA H2O				
10/06/13	12:30			13:20	05.50 m		Assente			

Documentazione fotografica

Carotaggio 1 – Cassetta 1 (da 0,00 a 4,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 2 (da 4,00 a 8,00 m)



Carotaggio 1 – Cassetta 3 (da 8,00 a 12,00 m)



Carotaggio 2 – Cassetta 1 (da 0,00 a 4,00 m)



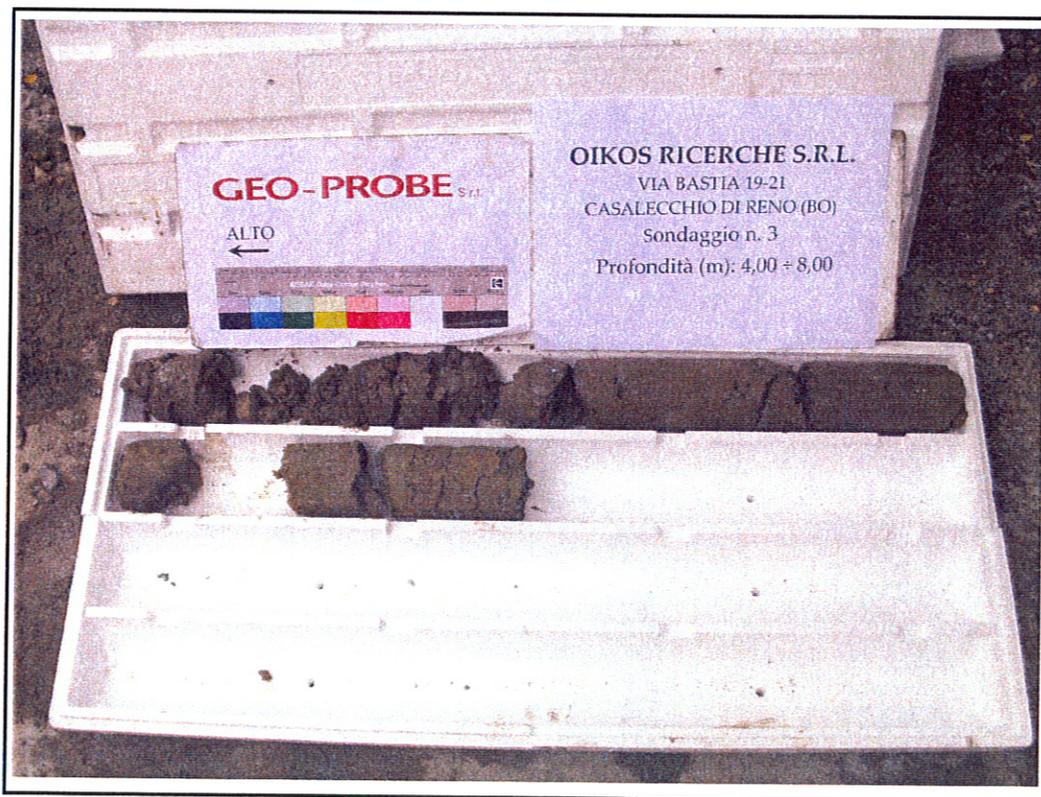
Carotaggio 2 – Cassetta 2 (da 4,00 a 8,00 m)



Carotaggio 3 – Cassetta 1 (da 0,00 a 4,00 m)



Carotaggio 3 – Cassetta 2 (da 4,00 a 8,00 m)

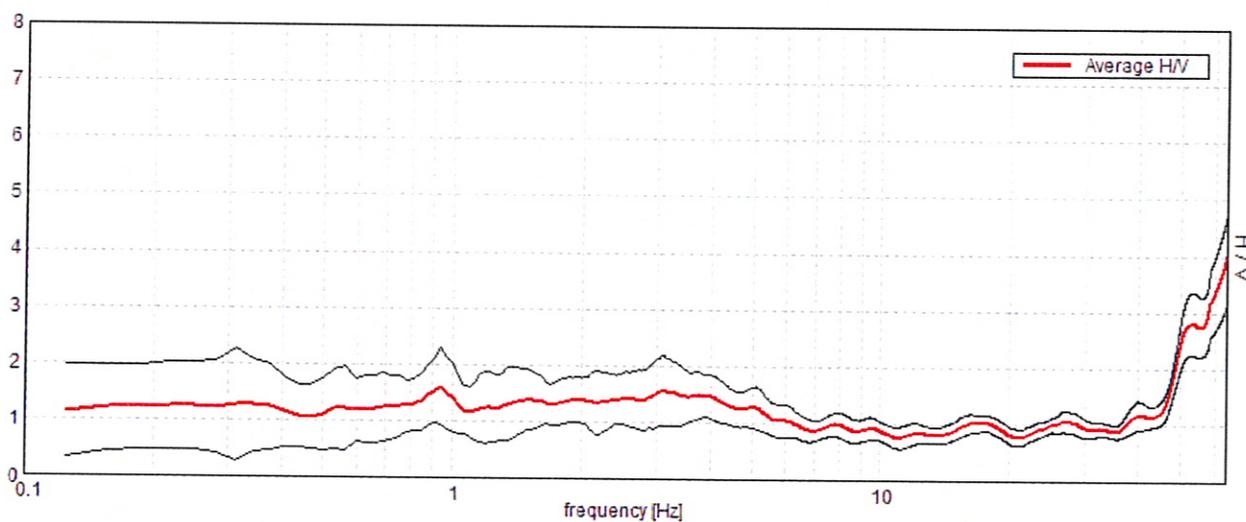


Indagine sismica

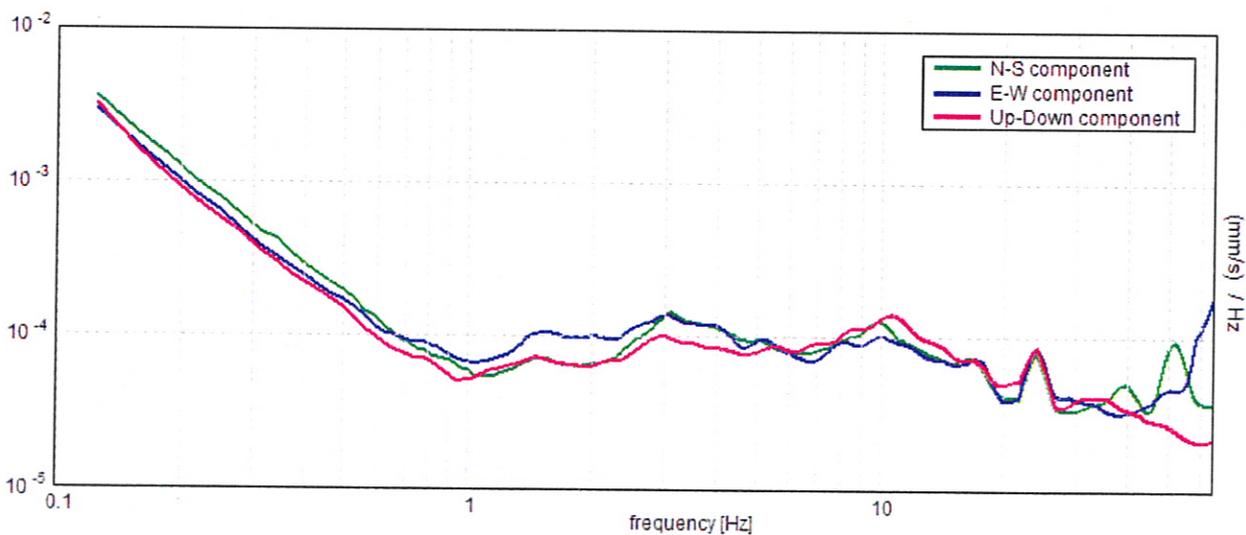
ACQUISIZIONE DATI

Strumento	TRZ-0184/01-12
Inizio registrazione	03/07/2013 ore 07:42:07
Fine registrazione	03/07/2013 ore 08:02:07
Durata registrazione	20'00"
Frequenza campionamento	128 Hz
Lunghezza finestre	20 s
Tipo di lisciamento	Finestra triangolare
Lisciamento	10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
0.40	0.40	97
11.20	10.80	201
28.20	17.00	343
118.20	90.00	375
inf.	inf.	600

$V_s(0.0-30.0) = 267 \text{ m/s}$

