



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

- Relazione illustrativa MP.P.T01.R00
- Relazione tecnica strutturale statica e sismica MP.P.T02.R00
- Relazione sugli studi e indagini preliminari MP.P.T03.R00
- Prime indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza MP.P.T04.R00

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

=

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.P.TX.R00

COMPOSTO DA

n.ro 4 elaborati

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI



Collaboratore

dott. ing. Tomaso LOLLI

Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMPONI

Progettista

Laura Mottola

dott. arch. Laura MOTTOLA



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA
- Relazione illustrativa MP.P.T01.R00

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

=

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.P.T01.R00

COMPOSTO DA

=

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI



Collaboratore

dott. ing. Tomaso LOLLI

Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMPONI

Progettista

dott. arch. Laura MOTTOLA

INDICE DEI CAPITOLI

1.	PREMESSE	2
2.	NORME DI RIFERIMENTO	2
3.	DESCRIZIONE DEI LUOGHI	2
4.	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	2
5.	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL SITO	8
6.	ANALISI STORICA DELLE AUTORIZZAZIONI EDILIZIE E PARERI:	9
7.	DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA	10
8.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	12

1. PREMESSE

La presente relazione viene redatta nell'ambito dell'affidamento dell'incarico di "Valutazione di vulnerabilità sismica e progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'edificio scolastico I.P.S.E.O.A. Polo Marco (Succursale, piani primo e secondo), Via Soracco Agostino, 7 Comune di San Colombano Certenoli (CEA 268A), Città Metropolitana di Genova".

Le prestazioni eseguite al fine dell'espletamento dell'incarico sono state le seguenti:

- Indagini preliminari, ai sensi dell'art. 23 comma 6 D.Lgs. 50/2016;
- Valutazione vulnerabilità e rischio sismico, ai fini dell'individuazione di interventi di adeguamento e/o miglioramento sismico dell'edificio secondo la normativa vigente;
- Progettazione di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare), ai sensi dell'art. 23 commi 5 e 6 del D.Lgs. 50/2016 e degli artt. 17÷23 del D.P.R. 207/2010, di interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico.

2. NORME DI RIFERIMENTO

- Legge 1086/71
- Legge 64/74
- OPCM 3274/2003 e smi
- Circolare MTI n.2 del 2-2-2009 esplicativa NTC 2008
- Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17-1-2018
- Circolare MTI n.7 del 21-1-2019 esplicativa NTC 2018

3. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

Il sito di interesse si posiziona lungo la SP225 della Val Fontanabuona, nel tratto compreso tra il nucleo insediativo di Calvari e il versante orografico sinistro del Torrente Lavagna, nel Comune di San Colombano Certenoli alla quota di circa 50 m s.l.m..

L'area si presenta sostanzialmente pianeggiante o debolmente acclive per tutto il comparto oggetto di interesse.

L'area oggetto d'interesse è individuata catastalmente alla sezione San Colombano Foglio 31 Particella 1059-215-217 del N.C.T. e al Foglio 31 Mappale 1060-1061 del N.C.E.U. del Comune di San Colombano Certenoli.

4. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

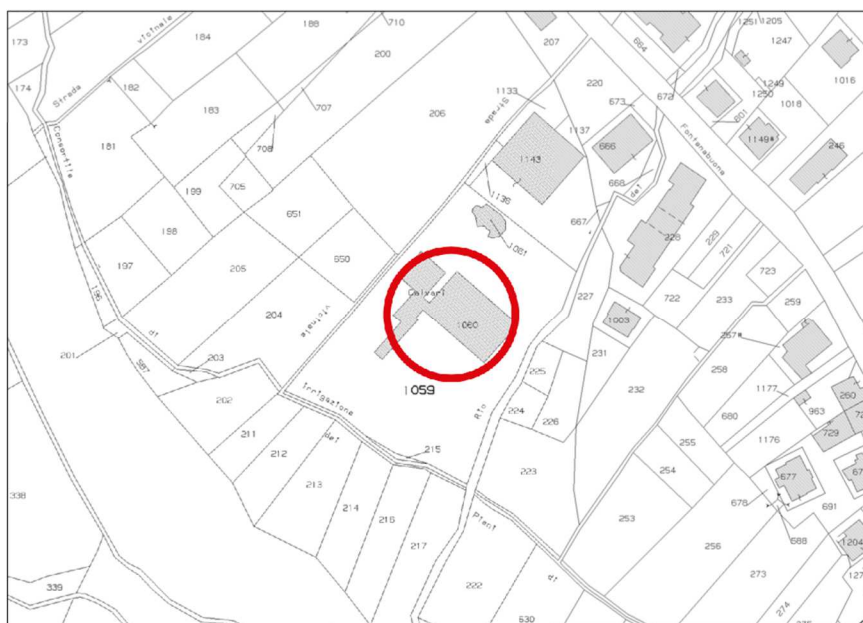
Il sito di interesse si posiziona nel Comune di San Colombano Certenoli, lungo la SP225 della Val Fontanabuona, nel tratto compreso tra il nucleo insediativo di Calvari e il versante orografico sinistro del Torrente Lavagna, ad una quota di circa 50 m s.l.m.: l'area è pressoché pianeggiante con una debolissima acclività verso valle.

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

**Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli**



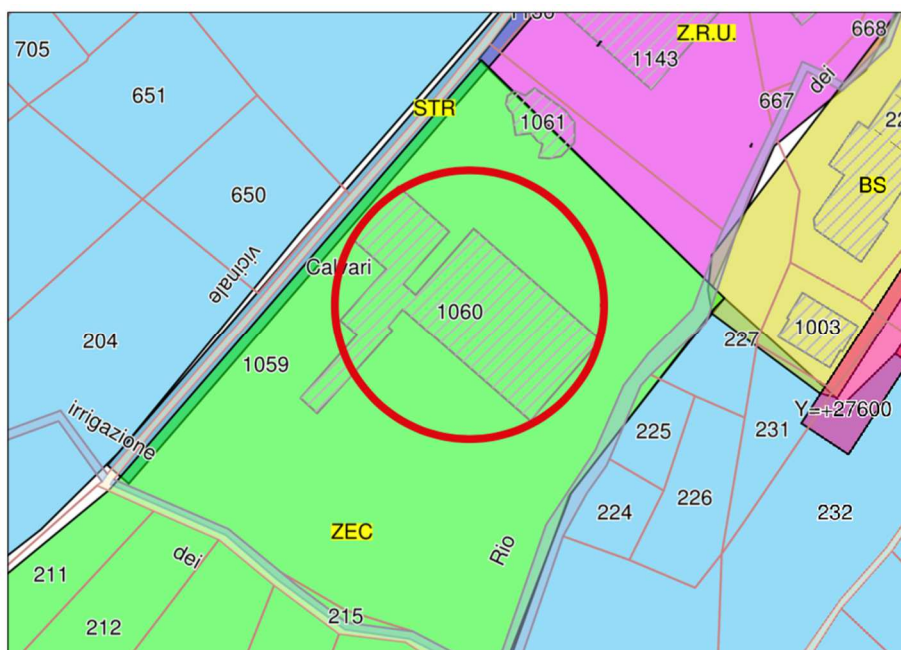
Il fabbricato è censito catastalmente nella sezione San Colombano Foglio 31 Particella 1059 del N.C.T. e al Foglio 31 Mappale 1060 del N.C.E.U. del Comune di San Colombano Certenoli.



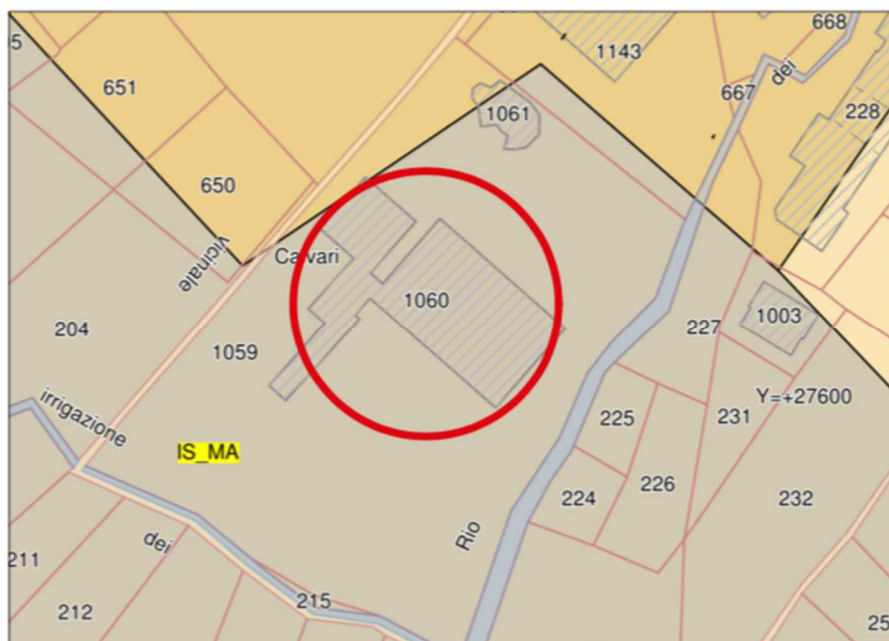
In relazione alle Norme Comunali vigenti, P.d.F. e P.T.C.P., l'area oggetto della presente relazione illustrativa si identifica come segue:

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli



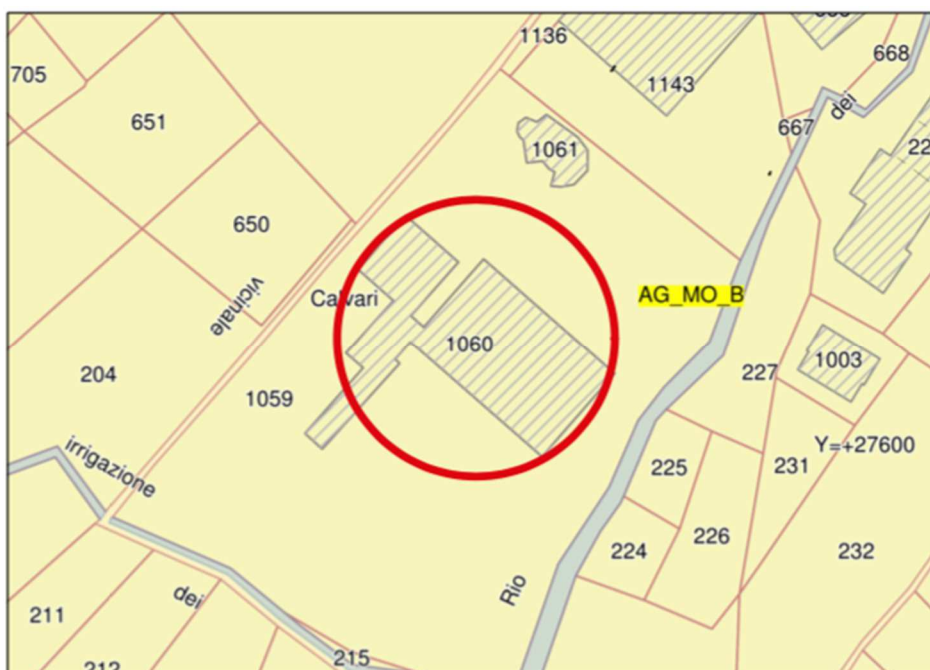
P.d.F. Zona ZEC;



P.T.C.P. Assetto Insediativo Area IS-MA;

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

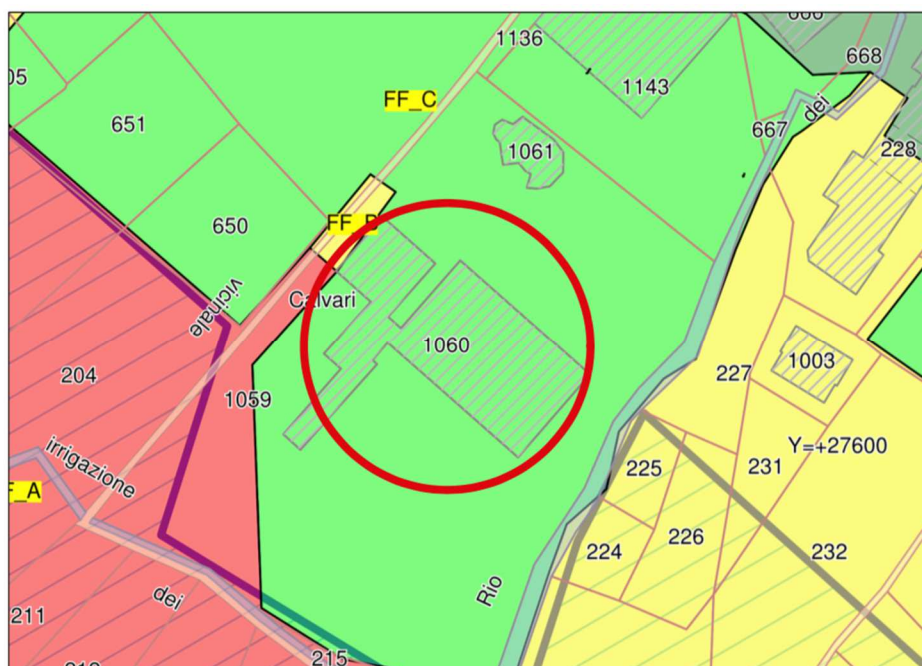
Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli



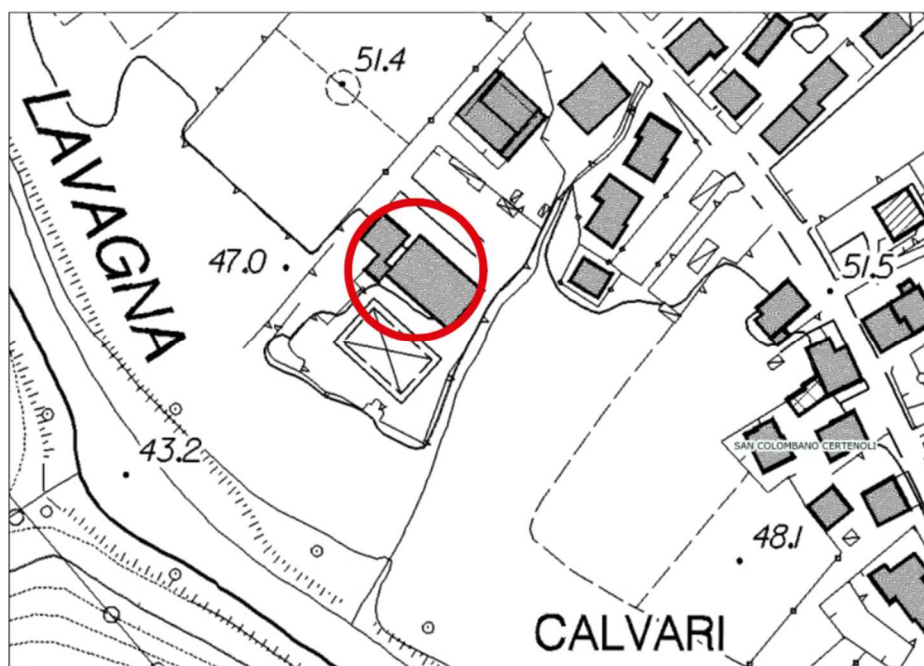
P.T.C.P. Assetto Geomorfologico AG-MO-B;



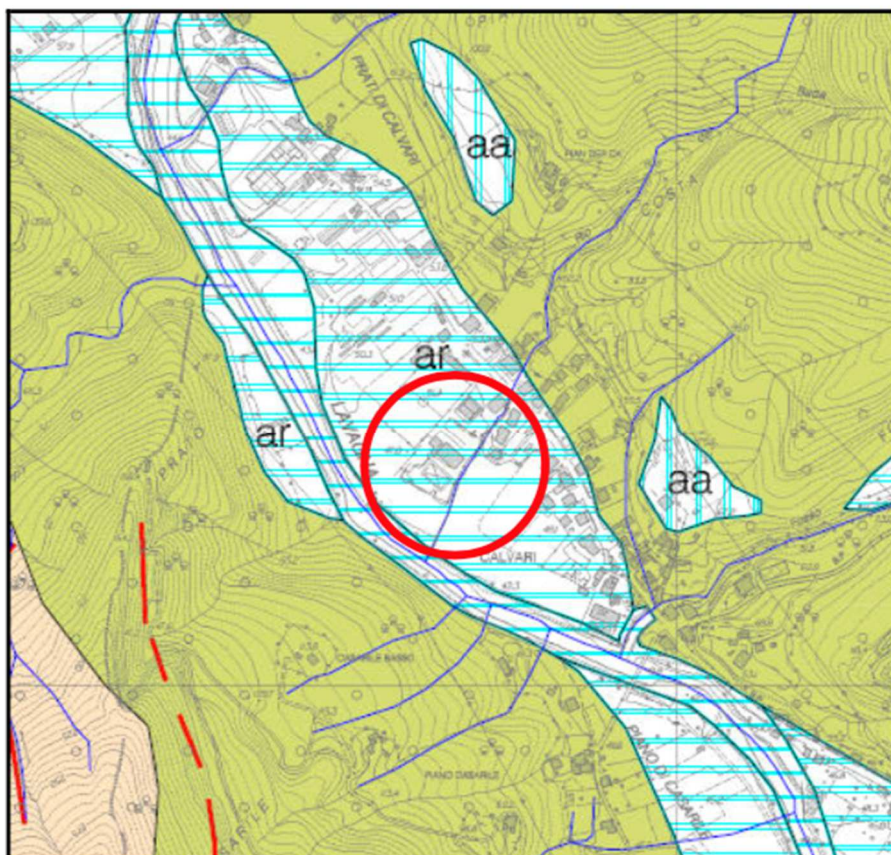
P.T.C.P. Assetto Vegetazionale COL-ISS-MA.



Fascia fluviale zona FF_C



Inquadramento CTR



Piano di Bacino T. Lavagna zona AR

La zona all'esterno della perimetrazione di cui al D. Lgs. 22.01.2004 n. 42, per i beni vincolati dal punto di vista paesaggistico (bellezze di insieme).

Dal punto di vista geologico non risulterebbero emergere particolari situazioni contrastanti la realizzabilità del progetto, in quanto la zona in esame ricade in:

- Suscettività al Dissesto da molto bassa Pg0 (cfr. Carta della Suscettività al Dissesto – art. 16 c. 4 delle Norme di Attuazione).
- Classe di Rischio Geologico lieve o trascurabile R0 (cfr. Carta del Rischio geologico).
- Area non interessata da alcun dissesto in atto e/o quiescente (cfr. Carta della Franosità Reale).
- Area non interferente con la fascia di rispetto fluviale, ma caratterizzata dalla presenza di un vicino reticolo idrografico (T. Lavagna), da una fascia di inondabilità di tipo C e da un Rischio Idraulico medio R2 (cfr. Carta del Reticolo Idrografico, Carta del Rischio Idraulico e Carta delle Fasce di Inondabilità).
- Zona non soggetta al vincolo idrogeologico (L.R.4/1999 e s.m.i.);

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA
Relazione illustrativa

- Area contemplata nel tessuto urbano discontinuo;
- Zona caratterizzata da nuclei urbani, insediamenti industriali, artigianali e commerciali, nella carta degli Elementi a Rischio.

5. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DEL SITO

L'area pianeggiante in oggetto presenta un sottosuolo mediamente caratterizzato superficialmente da una coltre sciolta e di riporto per il primo metro circa, poggiante su un livello sabbio-ghiaioso, subordinatamente limoso, di chiara origine alluvionale più addensato in profondità (ciottoli e blocchi), profondo alcuni metri, poggiante a sua volta su un substrato roccioso mascherato dai suddetti depositi superficiali, non rinvenuto nell'area. La litologia delle porzioni costituenti gli orizzonti e i depositi individuati, così come per i rilievi morfologici ivi presenti, rispecchia certamente le Unità litostratigrafiche affioranti a scala locale in tale zona geografica, ovvero le Siltiti e le Argilliti scistose grigio-nerastre costituenti la Formazione della Val Lavagna, con intercalazioni di arenarie e marnoscisti siltosi. Si può ipotizzare che i suddetti depositi alluvionali e detritici (fluviali e pedecollinari) siano sede di circolazioni idriche sotterranee, testimoniate dalla presenza locale di una falda idrica profonda in subalveo, alimentata dalle circolazioni idriche del Torrente Lavagna e dalle circolazioni provenienti dalla zona pedemontana, con la formazione di numerosi pozzi di derivazione idrica distribuiti proprio in corrispondenza della fascia alluvionale.

Relativamente alla soggiacenza della falda stessa, sulla base di ricerche bibliografiche e sulla scorta delle indagini effettuate, si può infatti definire una profondità della falda idrica all'incirca tra i 3.5m ed i 4.00m dal p.c. in condizioni di scarsa piovosità, mentre in condizioni di piovosità nella norma, la stessa superficie piezometrica potrebbe attestarsi all'incirca a profondità di 2.50-3.0 m dal piano campagna rilevato. In sintesi, quindi, i depositi alluvionali eterometrici individuati, caratterizzati da una permeabilità per porosità non omogenea, presentano condizioni di permeabilità, in relazione al loro contenuto in frazione granulare (sabbie e ghiaie), che variano tra il semipermeabile e lo scarsamente permeabile ($K = 10^{-4} / 10^{-5}$ c/sec.); il substrato profondo argilloscistoso (Val Lavagna), costituisce invece una porzione parzialmente permeabile per fratturazione/fessurazione, con le componenti argillose e scistose che infiltrandosi nelle fratture tendono a diminuire il grado di permeabilità della formazione.

Ai sensi delle Norme di Piano Stralcio "180" sull'Assetto Idrogeologico riferite all'Autorità di Bacino del Torrente Lavagna, è possibile definire l'area di studio secondo la classificazione che segue, nella quale non risulterebbero emergere particolari situazioni contrastanti la realizzabilità del progetto, in quanto:

- a) Suscettività al Dissesto da molto bassa Pg0 (cfr. Carta della Suscettività al Dissesto – art. 16 c. 4 delle Norme di Attuazione)
- b) Classe di Rischio Geologico lieve o trascurabile R0 (cfr. Carta del Rischio geologico)
- c) Area non interessata da alcun dissesto in atto e/o quiescente (cfr. Carta della Franosità Reale)
- d) Area non interferente con la fascia di rispetto fluviale, ma caratterizzata dalla presenza di un vicino reticolo idrografico (T. Lavagna), da una fascia di inondabilità di tipo C e da un Rischio Idraulico medio R2 (cfr. Carta del Reticolo Idrografico, Carta del Rischio Idraulico e Carta delle Fasce di Inondabilità)

- e) Zona Non soggetta al vincolo idrogeologico (L.R. 4/1999 e ss. mm.)
- f) Area contemplata nel tessuto urbano discontinuo
- g) Zona caratterizzata da nuclei urbani, insediamenti industriali, artigianali e commerciali, nella carta degli Elementi a Rischio.

La Classificazione Sismica del territorio Regionale Ligure (Delibera G. R. N. 216 del 17.03.2017) inserisce il Comune di San Colombano Certenoli in “zona sismica 3” (bassa pericolosità), in cui i valori di accelerazione orizzontale massima sono compresi tra 0,05g e 0,15g in relazione alla “pericolosità sismica” di base dell’area (cfr. NTC). Con l’entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la definizione della pericolosità sismica di base del sito si ottiene dalla valutazione delle caratteristiche geografiche della zona e di quelle temporali relative ai tempi di ritorno dell’evento sismico, mediante un approccio “sito dipendente” e attraverso la determinazione dei parametri sismici o “effetti di sito” propri della zona di specifico interesse.

Per “effetti di sito” si intendono le componenti in grado di amplificare l’effetto sismico, quali le condizioni locali geologiche, topografiche, strutturali, stratigrafiche e geometriche dello stesso.

Le situazioni stratigrafiche e morfologiche in cui le condizioni locali possono portare a una modificazione del segnale sismico in arrivo al sito su roccia sono essenzialmente tre:

- I) i depositi costituiti da terreni stratificati di caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante (effetti stratigrafici 1D) ;
- II) i depositi di valle con bordi e morfologie del substrato irregolari dove le onde sismiche possono subire fenomeni di rifrazione e riflessione con generazione all’interfaccia di onde superficiali e concentrazioni di energia (effetti di bordo 2D-3D);
- III) la sommità di rilievi collinari, creste, promontori costituiti da formazioni rocciose, profili di versanti, pendii, bordi di terrazzi (effetti topografici).

Per la zona di interesse non si evidenziano situazioni particolarmente significative sotto il profilo dell’amplificazione sismica, se non fosse per la presenza di materiali prevalentemente sciolti posti sul substrato di riferimento, aventi presumibili caratteristiche meccaniche diverse da quelle della roccia sottostante. Per quanto è stato possibile osservare sia sulla base dei sopralluoghi effettuati, nonché dei saggi esperiti (prove penetrometriche), ed in ottemperanza alle NTC 2018, si forniscono quindi di seguito le caratterizzazioni riguardo ai parametri sismici dell’area:

- Categoria di suolo fondazionale: B (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s);
- Categoria topografica: T1 (Superficie piane, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$).

6. ANALISI STORICA DELLE AUTORIZZAZIONI EDILIZIE E PARERI:

La conoscenza dell’opera non può prescindere dall’analisi, anche storica, dell’evoluzione funzionale dell’edificio e delle sue articolazioni, finalizzata a riconoscere quali utilizzazioni si siano succedute nel tempo ed in quali ambienti. Dalla documentazione esaminata presso l’Ufficio Area Tecnica del Comune di San Colombano Certenoli è emerso quanto segue:

Pratica edilizia n. 1693:

Concessione Edilizia originaria: n. 31 del 23/10/1995 per “Realizzazione di struttura espositiva polifunzionale e per servizi alle imprese”

Inizio lavori: 25/10/1995

DIA in variante prot. 1694 del 23/08/1996 per modifiche interne e varianti esterne.

Fine lavori: 27/01/1997

13/05/1997 richiesta del Certificato di Agibilità, con allegata documentazione:

- Aut. Scarichi n. 48/95 del 05/12/1995 (successivamente allacciato alla pubblica fognatura);
- Certificato di Collaudo Statico c.a. prot. 4378 del 27/08/1996;
- Conformità impianti;
- Catasto;
- C.R.E.;
- Dichiarazione barriere arch.;
- Dich. DPR 495/94;
- Prevenzione incendi;
- Certificato classe reaz. fuoco.

Pratica edilizia n. 4281:

Rilocalizzazione Istituto scolastico.

26/11/2011 prot. 779: Presentazione pratica ai sensi L.R. 16/08 per Realizzazione nuovo solaio per inserimento aule scolastiche, integrazione servizi igienici e adeguamento centrale termica. Aut. Paesaggistica n. 9 del 07/06/2012.

Fine lavori: 23/03/2014

18/09/2014 richiesta del Certificato di Agibilità, con allegata documentazione:

- Dichiarazione del D.L.
- Certificato di Collaudo Statico;
- L.10/91;
- 18/11/2014: consegna **integrazioni** per agibilità:
 - Dichiarazione di Conformità impianti;
 - SCIA VV.FF.

Durante i ripetuti sopralluogo condotto in sito non sono emerse difformità rispetto all'ultimo progetto approvato.

7. DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA

Il complesso scolastico Marco Polo è composto da n. 4 corpi di fabbrica, facilmente identificabili in quattro volumi distinti:

- Fabbricato Expo, sviluppato per 1/3 su 3 livelli e per 2/3 su 2 livelli, per una superficie complessiva di circa 1400mq (seminterrato, terra a doppia altezza e secondo);
- Fabbricato Uffici, di oltre 600 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Servizi, circa 300 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Biglietteria/Reception, di circa 100 mq sviluppato su un unico livello al piano terreno ed indipendente dal resto del compendio immobiliare.

Si tratta di un complesso di edifici prefabbricati, nati per ospitare la prima edizione di Expo Fontanabuona nel 1996, poi successivamente adattato nel 2011 a polo scolastico dislocato dell'Istituto Alberghiero Marco Polo; dal 2015 hanno trovato spazio invece i percorsi didattici della succursale 'istituto alberghiero Marco Polo di Genova.

Il Fabbricato Expo ha un sedime di 30,50x19,25 m sviluppato per una altezza di 11,30 m, oggi ospita al piano terra un'area esposizioni non facente parte del plesso scolastico e al piano superiore le aule dell'Istituto Marco Polo. L'area esposizioni affaccia su uno spiazzo di proprietà del complesso ed è accessibile dal piano terreno tramite diverse aperture vetrate disposte su ciascun lato. Le aule, invece, site al piano superiore, sono accessibili tramite vano scala dedicato, a cui si accede percorrendo un distacco coperto da pensilina in plexiglas; è necessario sottolineare come fino al 2013 il piano secondo non occupasse tutta la superficie e come la zona "soppalcata" occupasse tutta la lunghezza e circa 1/3 della larghezza del padiglione.

Il Fabbricato Servizi, che contiene il vano scale e l'ascensore, serve tutti i livelli del complesso, dal piano seminterrato (in cui sono dislocati i locali tecnici della centrale termica) al piano secondo, in cui si snodano le aule e i locali del personale. Le dimensioni metriche del suddetto corpo di fabbrica sono 7,50x7,50 m, per un'altezza di 11,80 m.

Il Fabbricato Uffici, ha pianta quadrata di dimensioni 12,50x12,50 m, si sviluppa per una altezza di 10,10 m ed ha funzioni prevalentemente amministrative: sono infatti collocati al piano terra gli uffici gestionali di Expo, al piano primo gli uffici degli insegnanti del Marco Polo, alcuni locali di servizio e servizi igienici, mentre al piano superiore è stata allestita un' area denominata "Bar Scolastico", ad uso esclusivo della scuola.

La distribuzione interna dei locali che compongono l'intero complesso è meglio desumibile dagli elaborati grafici allegati alla presente; vale la pena sottolineare come il compendio principale (EXPO+UFFICI+SERVIZI) comprenda in realtà anche un modesto volume seminterrato che ospita locali tecnici, che si sviluppa ortogonalmente in direzione del vicino corso d'acqua (Torrente Lavagna) e che risulta complanare con il piano seminterrato.

L'analisi di vulnerabilità sismica ed il conseguente progetto di fattibilità tecnico-economica riguarderanno il blocco "EXPO+UFFICI+SERVIZI" che risulta strutturalmente interconnesso con esclusione dunque della "reception" e dei "volumi tecnici"; anche le scale esterne di sicurezza, in relazione alle specifiche caratteristiche tipologico-costruttive, non vengono coinvolte nell'analisi poiché, come gli altri esclusi, non incidono sul comportamento sismico globale dell'edificio scolastico.

Dal punto di vista strutturale il complesso edilizio in esame (compendio principale, EXPO+UFFICI+SERVIZI) presenta caratteristiche di prefabbricazione molto spinta che lo avvicina molto alla tipologia dei "capannoni industriali".

Alla luce della classificazione sismica del territorio comunale di San Colombano Certenoli all'epoca di costruzione (1996), non è stato concepito con criteri antisismici; dal 2010 il comune di San Colombano Certenoli ricade in zona 3 (sismicità bassa).

Proprio per questo motivo i lavori ristrutturazione del 2014 vennero concepiti con lo scopo da un lato di mantenere strutturalmente indipendenti le nuove opere (estensione della "zona soppalcata" a tutto il sedime della zona expo) rispetto all'assetto originario e nel contempo introdurre elementi di miglioramento che, nelle more di eventuali e successivi interventi sull'apparato sismo-resistente, risolvessero una delle principali problematiche che affliggono queste tipologie strutturali e cioè l'assenza di collegamento degli elementi di copertura con le strutture di bordo.

L'irregolarità in pianta del manufatto appare evidente mentre quella in altezza lo è meno in quanto il livello seminterrato comune ai blocchi UFFICI e SERVIZI "penetra" per circa 1/3 della sua lunghezza anche sotto il blocco EXPO; per questo motivo il blocco EXPO si presenta come l'elemento più vulnerabile semplicemente per fattori geometrici oltre che per il fatto di non essere solidale al blocco "UFFICI+SERVIZI" che appare nell'insieme molto rigido e per il quale non si rilevano, al contrario, fattori geometrici particolari che possano condizionare la vulnerabilità d'insieme e/o quella di parti non strutturali.

Ciò detto ed, al fine di prevedere indagini preliminari ed eseguire verifiche tecniche di sicurezza sismica in vista della redazione di progetto di fattibilità tecnica ed economica sono state effettuate ricognizioni preventive sul posto ed è stato condotto un esame preventivo accurato della documentazione strutturale e costruttiva già in atti che ha senz'altro fornito un considerevole contributo per il raggiungimento del livello di conoscenza minimo LC2 previsto dall'incarico e definito anche nell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17-1-2018.

E' stato dunque programmato un iter di attività diagnostiche, sia riguardo il sottosuolo (ove le notizie non risultavano particolarmente approfondite) sia relativamente alle strutture (ove invece i dati disponibili erano molti, anche in considerazione dell'epoca di costruzione dell'involucro originario) necessarie e sufficienti per il raggiungimento del Livello di Conoscenza LC2.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Per quanto riguarda gli aspetti economici e finanziari nonché le prime indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza si rimanda integralmente agli elaborati specifici:

- MP.P.EX.R00 per computo metrico estimativo e quadro economico
- MP.P.T04.R00 per le prime indicazioni in materia di sicurezza ai sensi D.Lgs. 81/08 e smi.

Chiavari, 14 maggio 2019

I tecnici incaricati

Dott.ing. Cristiano Riccamboni (SINGEO SRL)

Dott.arch. Laura Mottola

Ha collaborato:

Dott.ing. Tomaso Lolli (SINGEO SRL)



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

- Relazione tecnica strutturale statica e sismica

MP.P.T02.R00

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

=

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.P.T02.R00

COMPOSTO DA

=

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI



Collaboratore

dott. ing. Tomaso LOLLI

Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMBONI

Progettista

dott. arch. Laura MOTTOLA

INDICE DEI CAPITOLI

1.	<i>PREMESSE</i>	2
2.	<i>DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA</i>	2
3.	<i>QUADRO FESSURATIVO E DI DEGRADO:</i>	4
3.1	Situazioni di degrado su elementi strutturali	5
3.2	Degradi riguardanti elementi non strutturali	9
3.3	Degradi che posso inficiare la durabilità dell'edificio	12
4.	<i>RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI:</i>	14
4.1	Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.1693/1995	16
4.2	Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.4281/2011	17
4.3	Sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili	17
4.3.1	<i>Vulnerabilità (statiche) al piano seminterrato (PSI)</i>	18
4.3.2	<i>Vulnerabilità al piano terra (PT)</i>	18
4.3.3	<i>Vulnerabilità in copertura (COP)</i>	19
4.3.4	<i>Vulnerabilità NON STRUTTURALI</i>	19
5.	<i>VERIFICHE NEI CONFRONTI DELLE AZIONI STATICHE VERTICALI</i>	19
6.	<i>AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO</i>	20
7.	<i>VERIFICHE NUMERICHE</i>	22
7.1	Ipotesi di base e criteri di modellazione	22
7.2	Schemi statici e meccanismi locali	24
7.3	Verifiche nei confronti dei carichi statici verticali	25
7.4	Valori numerici dei parametri	28
7.5	Sintesi delle analisi svolte	28
7.6	Sintesi dei risultati	29
7.6.1	<i>Verifiche fragili</i>	29
7.6.2	<i>Verifiche duttili</i>	30
7.6.3	<i>Verifiche sui nodi</i>	30
7.7	Tabulati di calcolo.	32
7.7.1	<i>Verifica nei confronti dei carichi statici</i>	32
7.7.2	<i>Analisi dei meccanismi locali</i>	33
7.7.3	<i>Analisi dei meccanismi globali</i>	33
8.	<i>CONCLUSIONI</i>	34
8.1	Caratteristiche strutturali e tipologiche edificio	34
8.2	Elenco prove distruttive e non distruttive effettuate	34
8.3	Procedure di calcolo	34
8.4	Indicazione delle vulnerabilità riscontrate e/o presunte	35
8.5	Compilazione "Scheda di sintesi di livello 1 e 2"	35
8.6	Indicazione qualitativa degli interventi strutturali necessari	35

1. PREMESSE

La presente relazione viene redatta nell'ambito dell'affidamento dell'incarico di "Valutazione di vulnerabilità sismica e progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'edificio scolastico I.P.S.E.O.A. Polo Marco (Succursale, piani primo e secondo), Via Soracco Agostino, 7 Comune di San Colombano Certenoli (CEA 268A), Città Metropolitana di Genova".

Le prestazioni eseguite al fine dell'espletamento dell'incarico sono state le seguenti:

- Indagini preliminari, ai sensi dell'art. 23 comma 6 D.Lgs. 50/2016;
- Valutazione vulnerabilità e rischio sismico, ai fini dell'individuazione di interventi di adeguamento e/o miglioramento sismico dell'edificio secondo la normativa vigente;
- Progettazione di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare), ai sensi dell'art. 23 commi 5 e 6 del D.Lgs. 50/2016 e degli artt. 17÷23 del D.P.R. 207/2010, di interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico.

2. DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA

Il complesso scolastico Marco Polo è composto da n. 4 corpi di fabbrica, facilmente identificabili in quattro volumi distinti:

- Fabbricato Expo, sviluppato per 1/3 su 3 livelli e per 2/3 su 2 livelli, per una superficie complessiva di circa 1400mq (seminterrato, terra a doppia altezza e secondo);
- Fabbricato Uffici, di oltre 600 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Servizi, circa 300 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Biglietteria/Reception, di circa 100 mq sviluppato su un unico livello al piano terreno ed indipendente dal resto del compendio immobiliare.

Si tratta di un complesso di edifici prefabbricati, nati per ospitare la prima edizione di Expo Fontanabuona nel 1996, poi successivamente adattato nel 2011 a polo scolastico dislocato dell'Istituto Alberghiero Marco Polo; dal 2015 hanno trovato spazio invece i percorsi didattici della succursale 'istituto alberghiero Marco Polo di Genova.

Il Fabbricato Expo ha un sedime di 30,50x19,25 m sviluppato per una altezza di 11,30 m, oggi ospita al piano terra un'area esposizioni non facente parte del plesso scolastico e al piano superiore le aule dell'Istituto Marco Polo. L'area esposizioni affaccia su uno spiazzo di proprietà del complesso ed è accessibile dal piano terreno tramite diverse aperture vetrate disposte su ciascun lato. Le aule, invece, site al piano superiore, sono accessibili tramite vano scala dedicato, a cui si accede percorrendo un distacco coperto da pensilina in plexiglas; è necessario sottolineare come fino al 2013 il piano secondo non occupasse tutta la superficie e come la zona "soppalcata" occupasse tutta la lunghezza e circa 1/3 della larghezza del padiglione.

Il Fabbricato Servizi, che contiene il vano scale e l'ascensore, serve tutti i livelli del complesso, dal piano seminterrato (in cui sono dislocati i locali tecnici della centrale termica) al piano secondo, in cui si snodano le aule e i locali del personale. Le dimensioni metriche del suddetto corpo di fabbrica sono 7,50x7,50 m, per un'altezza di 11,80 m.

Il Fabbricato Uffici, ha pianta quadrata di dimensioni 12,50x12,50 m, si sviluppa per una altezza di 10,10 m ed ha funzioni prevalentemente amministrative: sono infatti collocati al piano terra gli uffici

gestionali di Expo, al piano primo gli uffici degli insegnanti del Marco Polo, alcuni locali di servizio e servizi igienici, mentre al piano superiore è stata allestita un' area denominata "Bar Scolastico", ad uso esclusivo della scuola.

La distribuzione interna dei locali che compongono l'intero complesso è meglio desumibile dagli elaborati grafici allegati alla presente; vale la pena sottolineare come il compendio principale (EXPO+UFFICI+SERVIZI) comprenda in realtà anche un modesto volume seminterrato che ospita locali tecnici, che si sviluppa ortogonalmente in direzione del vicino corso d'acqua (Torrente Lavagna) e che risulta complanare con il piano seminterrato.

L'analisi di vulnerabilità sismica ed il conseguente progetto di fattibilità tecnico-economica riguarderanno il blocco "EXPO+UFFICI+SERVIZI" che risulta strutturalmente interconnesso con esclusione dunque della "reception" e dei "volumi tecnici"; anche le scale esterne di sicurezza, in relazione alle specifiche caratteristiche tipologico-costruttive, non vengono coinvolte nell'analisi poiché, come gli altri esclusi, non incidono sul comportamento sismico globale dell'edificio scolastico.

Dal punto di vista strutturale il complesso edilizio in esame (compendio principale, EXPO+UFFICI+SERVIZI) presenta caratteristiche di prefabbricazione molto spinta che lo avvicina molto alla tipologia dei "capannoni industriali".

Alla luce della classificazione sismica del territorio comunale di San Colombano Certenoli all'epoca di costruzione (1996), non è stato concepito con criteri antisismici; dal 2010 il comune di San Colombano Certenoli ricade in zona 3 (sismicità bassa).

Proprio per questo motivo i lavori ristrutturazione del 2014 vennero concepiti con lo scopo da un lato di mantenere strutturalmente indipendenti le nuove opere (estensione della "zona soppalcata" a tutto il sedime della zona expo) rispetto all'assetto originario e nel contempo introdurre elementi di miglioramento che, nelle more di eventuali e successivi interventi sull'apparato sismo-resistente, risolvessero una delle principali problematiche che affliggono queste tipologie strutturali e cioè l'assenza di collegamento degli elementi di copertura con le strutture di bordo.

L'irregolarità in pianta del manufatto appare evidente mentre quella in altezza lo è meno in quanto il livello seminterrato comune ai blocchi UFFICI e SERVIZI "penetra" per circa 1/3 della sua lunghezza anche sotto il blocco EXPO; per questo motivo il blocco EXPO si presenta come l'elemento più vulnerabile semplicemente per fattori geometrici oltre che per il fatto di non essere solidale al blocco "UFFICI+SERVIZI" che appare nell'insieme molto rigido e per il quale non si rilevano, al contrario, fattori geometrici particolari che possano condizionare la vulnerabilità d'insieme e/o quella di parti non strutturali.

Ciò detto ed, al fine di prevedere indagini preliminari ed eseguire verifiche tecniche di sicurezza sismica in vista della redazione di progetto di fattibilità tecnica ed economica sono state effettuate ricognizioni preventive sul posto ed è stato condotto un esame preventivo accurato della documentazione strutturale e costruttiva già in atti che ha senz'altro fornito un considerevole contributo per il raggiungimento del livello di conoscenza minimo LC2 previsto dall'incarico e definito anche nell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17-1-2018.

E' stato dunque programmato un iter di attività diagnostiche, sia riguardo il sottosuolo (ove le notizie non risultavano particolarmente approfondite) sia relativamente alle strutture (ove invece i dati disponibili erano molti, anche in considerazione dell'epoca di costruzione dell'involucro originario) necessarie e sufficienti per il raggiungimento del Livello di Conoscenza LC2.

3. QUADRO FESSURATIVO E DI DEGRADO:

Le ricognizioni visive generali dei corpi di fabbrica non hanno fatto emergere quadri fessurativi che interessino le componenti strutturali principali e che possano pertanto compromettere la stabilità della struttura, ovvero:

- a) danni dovuti a eventi sismici precedenti;
- b) lesioni derivanti da cedimenti di fondazione;
- c) inadeguatezze di pilastri e pareti ai carichi verticali (lesioni verticali, schiacciamenti, spancamenti, etc.).

Unico rilievo alcune delle mensole tozze che, nella porzione seminterrata del blocco EXPO, sostengono l'orditura principale (travi prefabbricate) dell'impalcato in tegoli doppio T che, su una luce di circa 10m, costituiscono il piano di calpestio al piano terra; queste problematiche sono localizzate e, sebbene ad oggi non abbiano manifestato effetti collaterali preoccupanti, saranno certamente oggetto di attenzione specifica nell'ambito del progetto di fattibilità tecnica ed economica.


In virtù di quanto sopra esposto, lo stato di conservazione del complesso può essere classificato come buono anche in quanto caratterizzato da un livello di degrado fisico e meccanico senz'altro contenuto rispetto all'estensione superficiale ed alla volumetria complessiva del compendio.

In subordine è stata condotta una campagna di indagine rivolta più specificatamente all'individuazione di quadri fessurativi di grado inferiore, riscontrando:

- I) cavillature negli orizzontamenti e lesioni indotte in elementi non strutturali;
- II) degrado di alcuni elementi costruttivi come distacchi del copriferro, corrosione delle armature, nidi di ghiaia, degrado degli intonaci, infiltrazioni di acqua e fioriture da umidità.

Al fine di poter meglio esplicitare quanto sopra esposto e di poter contestualmente localizzare il deterioramento di alcuni elementi segnalati si rimanda alle immagini e alla breve documentazione fotografica qui sotto riportate, distinguendo tre categorie principali:

3.1 Situazioni di degrado su elementi strutturali

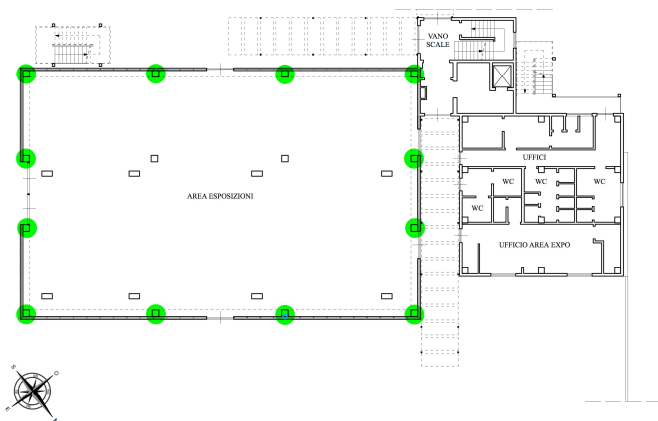
LEGENDA	
	Danno strutturale localizzato
	Fessurazioni capillari
	Degrado da ricondurre a manovre di posa incaute

Il piano seminterrato è il livello in cui sono state riscontrate le maggiori situazioni di degrado fisico e meccanico ad elementi strutturali.

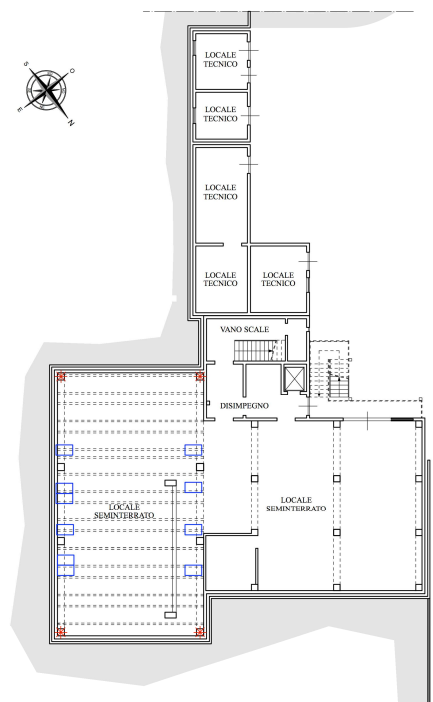
In particolare sulle mensole (tozze) dei 4 pilastri d'angolo appartenenti alla zona EXPO presentano lesioni diagonali in corrispondenza del "puntone"; su questi elementi saranno previsti interventi specifici e sostanziali per rimediare all'inadeguatezza che si è manifestata.

Sono stati altresì riscontrati segni evidenti di degrado provocati molto probabilmente da manovre incaute in fase di posa dei tegoli che, in alcune zone di appoggio sulla trave, risultano interessati da lesioni che oltre ad aver minato localmente l'integrità strutturale hanno innescato un processo di degrado fisico-chimico che, sebbene non preoccupante nell'immediato, dovrà essere risolto per offrire le necessarie garanzie di durabilità in punti ove lo stato tensionale non è del tutto trascurabile.

PLANIMETRIA PIANO TERRA



PLANIMETRIA PIANO SEMINTERRATO



Al piano terra invece non sono stati riscontrati situazioni di instabilità o degrado particolarmente rilevanti; si segnalano solamente modeste rotazioni in corrispondenza appoggio del pannello-trave

sulla mensola del pilastro corrispondente la cui risoluzione sarà certamente inglobata negli interventi di adeguamento sismico.

Inoltre sono state evidenziate situazioni di degrado fisico-chimico che non si esclude possano essere riconducibili ad urti in fase di montaggio e/o fenomeni infiltrativi.



Foto 1 – dettaglio appoggio tegolo solaio PT



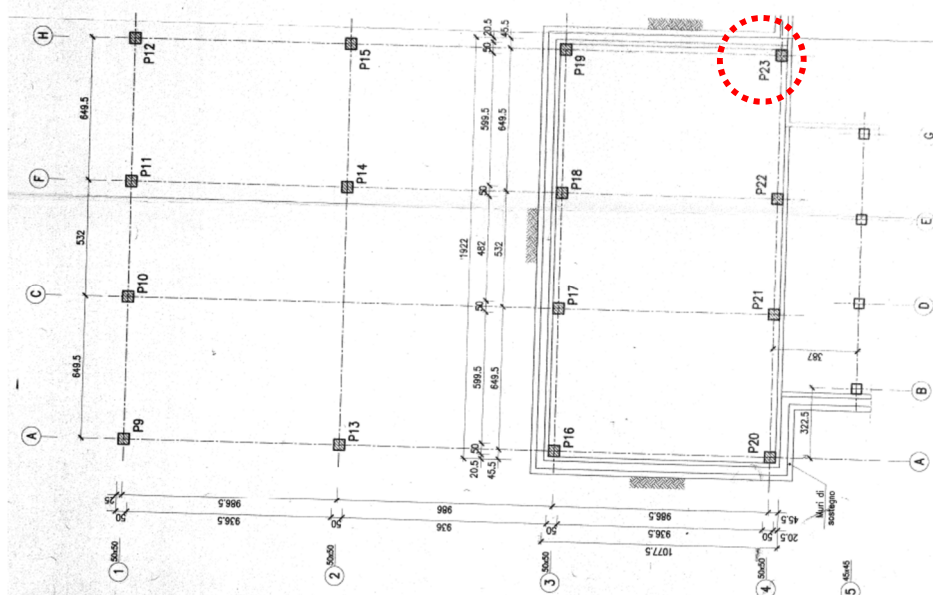
Foto 2 – dettaglio ala tegolo solaio PT



Foto 3 – ossidazione ferri piattabanda tegolo PT

Ai piani primo e secondo invece non sono state riscontrate situazioni critiche sotto il profilo strutturale e/o funzionale; solo poche cavillature in corrispondenza dei varchi di accesso alle aule che insistono sul nuovo solaio di completamento del piano secondo realizzato nel 2013-14.

Come anticipato l'unica situazione di effettiva inadeguatezza strutturale è di natura localizzata e riguarda alcune delle mensole che sostengono travi (direttamente) ed impalcato (indirettamente) del solaio che copre la porzione interrata del padiglione expo determinandone nel contempo il piano di calpestio.





trico
ione

Foto 4 – sistema di lesioni in corrispondenza di mensola sporgente dal pilastro P23 (v. fig.1) che offre appoggio (indiretto) all’impalcato in tegoli del PT zona expo (siamo nel piano seminterrato, ndr)



Foto 5 –

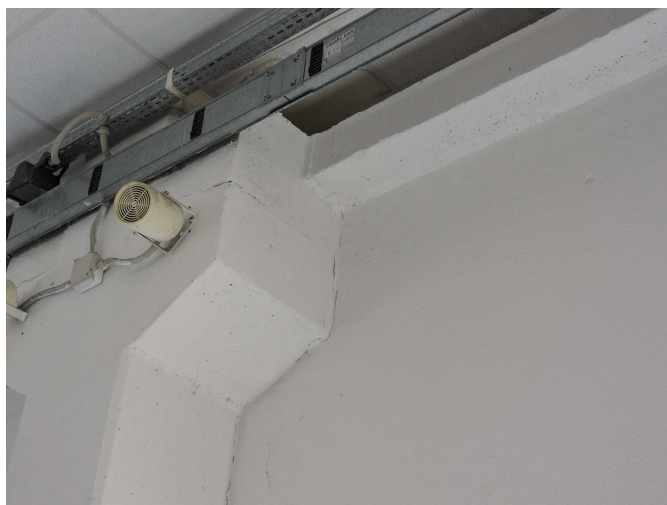
cavillatura mensola pilastro al piano seminterrato



Foto 6 – cavillatura mensola pilastro al piano seminterrato

Altre situazioni deformative particolari – sebbene non preoccupanti soprattutto alla luce della imminente programmazione di interventi di adeguamento antisismico - si ravvisano in corrispondenza dell'appoggio dei pannelli-trave del padiglione expo sulle mensole dei pilastri perimetrali.

Foto 7 – accenno di rotazione in corrispondenza dell'appoggio dei pannelli trave



3.2 Degradi riguardanti elementi non strutturali

Diffuse invece appaiono le cavillature all'interfaccia fra elementi prefabbricati strutturali e non, fenomeno peraltro ricorrente negli edifici prefabbricati proprio per le loro caratteristiche di scarsa monoliticità; nel caso specifico infatti, tale “inestetismo” risulta molto meno evidente nei blocchi UFFICI e SERVIZI ove i getti integrativi di completamento (sia orizzontali che verticali) conferiscono al costruito una maggior rigidezza complessiva.

Sono emerse invece piccole lesioni localizzate sulle pareti divisorie nel piano aule e specificatamente sopra la nuova porzione di solaio forse meno rigida rispetto alla porzione originaria adiacente.



Foto 8 - Cavillatura superficiale dell'intonaco nel vano scale, presente in tutti i piani sul lato N-E e S-O.

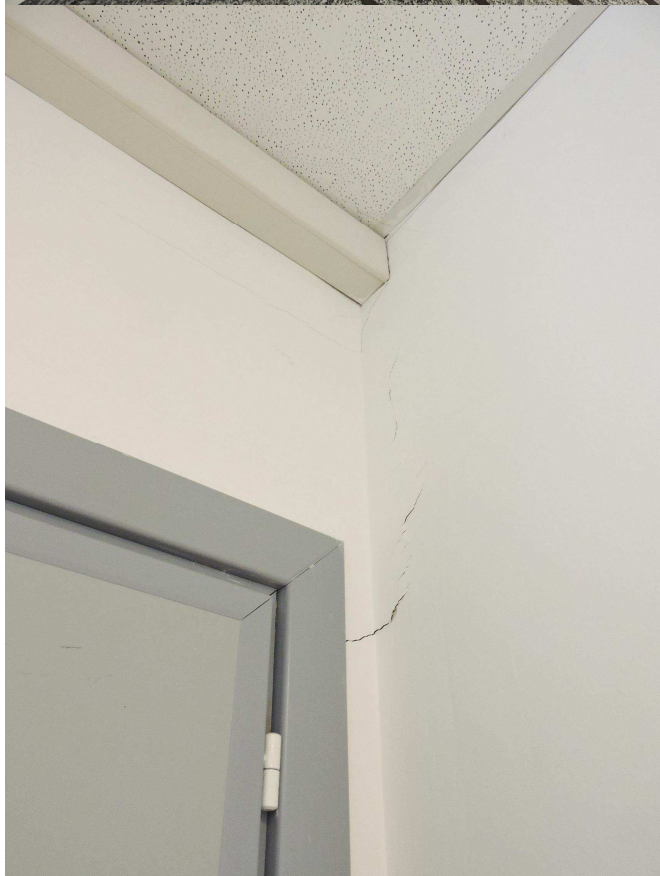


Foto 9 - Cavillatura superficiale dell'intonaco nell'aula "bar scolastico", piano secondo, in prossimità della porta interna di accesso.

Foto 10 - Cavillatura dell'intonaco all'interno dell'aula "sala professori" (P2) in prossimità della porta di accesso.

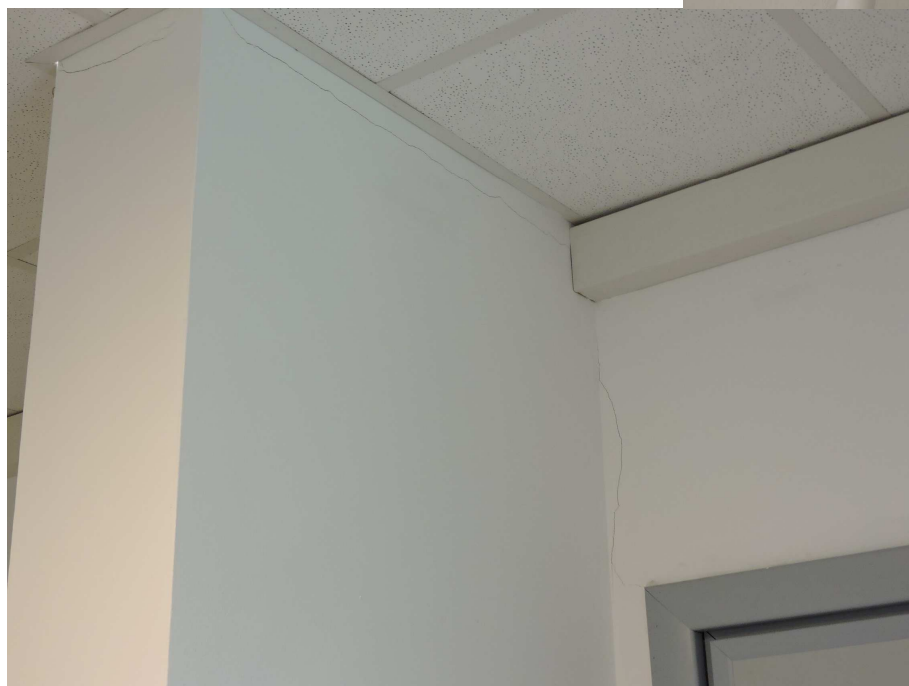


Foto 11 - Cavillatura dell'intonaco nel corridoio di distribuzione alle aule (P2) in prossimità di tutti gli ingressi alle aule.

Si rilevano infine situazioni diffuse, seppur puntuali,

legate alla particolare gestione di alcuni nodi critici; a puro titolo esemplificativo si riportano nelle foto 12 e 13 rispettivamente i pannelli verticali che spesso appaiono sospesi e privi di evidente elemento di sostegno ed il muro di intercapedine che delimita la porzione seminterrata.



Foto 12 – Accostamento fra pannelli verticali sopra ingresso carrabile al piano seminterrato.



Foto 13 – imbocco dell'intercapedine perimetrale blocco "uffici" al piano seminterrato: nonostante l'indipendenza fra soletina di copertura e pannello perimetrale, soprattutto nella zona expo non mancano le infiltrazioni a quota PT.

Tutte le situazioni critiche rappresentate anche fotograficamente nelle pagine precedenti sono state quantificate ed inserite nel quadro economico in rapporto alle informazioni che è stato possibile assumere durante lo svolgimento del presente incarico.





3.3 Degradi che posso inficiare la durabilità dell'edificio

Al piano seminterrato e piano terra sono stati mappati diversi tipi di degrado, i principali riconducibili ad infiltrazioni di acqua piovana che si manifestano in svariati punti, in particolare nell'area di distacco tra i fabbricati e sulle pareti perimetrali del complesso: segni evidenti di dilavamento delle acque, fioriture

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

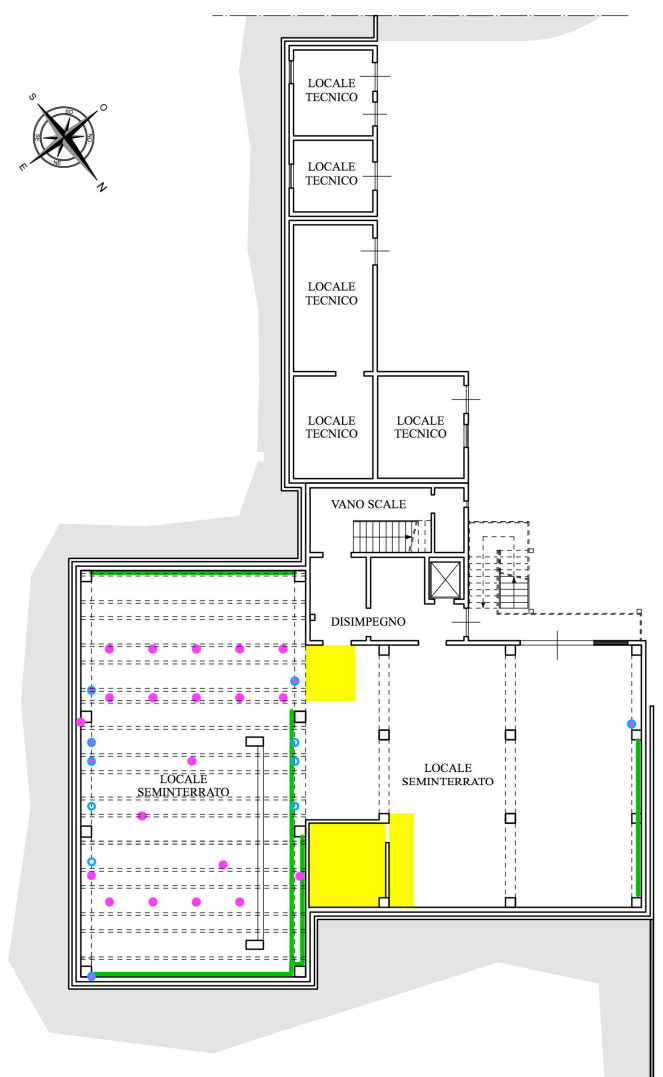
Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli

di umidità localizzata e segni di corrosione localizzata sono mappati nelle immagini esplicative. Gli altri fenomeni riscontrati sono derivanti da quelli sopra esposti, infatti in alcuni punti si rileva danneggiamento degli intonaci e dei copriferrì, per cui, lasciando scoperte le armature, le orditure metalliche sono soggette a deterioramento da corrosione.





LEGENDA	
	Degrado dell'intonaco
	Fenomeni di corrosione localizzata
	Infiltrazione di acqua con fioriture di umidità
	Dilavamento di acqua



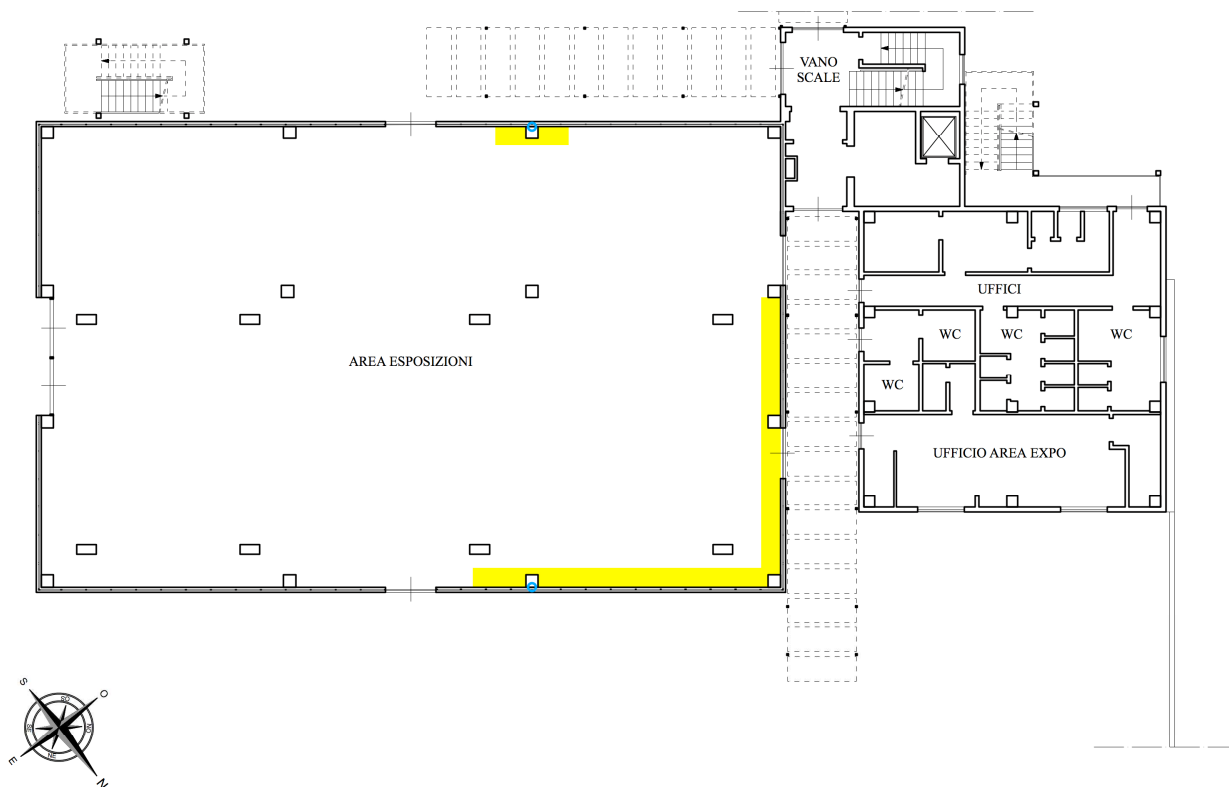
PLANIMETRIA PIANO SEMINTERRATO



Al piano primo e secondo non si riscontrano degradi di questa natura così diffusi; in alcuni tratti perimetrali tuttavia la tenuta stagna dei rivestimenti non appare del tutto funzionale con manifestazioni in termini di efflorescenze alla base del muretto di bordura.

LEGENDA	
	Degrado dell'intonaco
	Fenomeni di corrosione localizzata
	Infiltrazione di acqua con fioriture di umidità
	Dilavamento di acqua

PLANIMETRIA PIANO TERRA



Vale la pena sottolineare come tale problematica sia concentrata sul perimetro dell'impalcato che copre la porzione interrata del padiglione EXPO.

4. RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI:

Al fine di riprodurre in maniera adeguata le caratteristiche meccaniche all'interno del modello strutturale si è attinto senza dubbio alla copiosa documentazione tecnica e certificativa disponibile in atti; ai sensi di legge tuttavia è stato necessario verificare i dati già disponibili a supporto della qualificazione dei materiali impiegati con prove ed indagini sul posto; diversamente non sarebbe possibile supportare in modo coerente con lo spirito della norma l'assunzione di un livello di conoscenza intermedio (LC2) al quale, come è noto, è associato un fattore di confidenza $FC=1,2$.

E' stata pertanto programmata ed effettuata (a cura del laboratorio autorizzato Edilcontrol di Arenzano GE, ndr) una campagna di prove e indagini sulle strutture fuori terra volta a definire le proprietà meccaniche dei materiali acciaio e calcestruzzo.

La campagna di indagine ha previsto di effettuare vari tipi di prove, distruttive (ID), semidistruttive (ISD) e non distruttive (IND), potendo adattare le esigenze normative con la realtà del manufatto oggetto di studio che, non va dimenticato, presenta una struttura quasi totalmente prefabbricata che offre senz'altro maggiori garanzie di qualità all'origine e di durabilità a medio-lungo termine rispetto ad un'analogia struttura realizzata in opera.

Per questo la programmazione ha cercato di mediare le indicazioni delle NTC 2018 (e delle circolari correlate o correlabili, ndr) con lo stato di fatto; in particolare le

Riguardo le "ID" e le "ISD" la campagna programmata in situ ed in laboratorio si è basata sull'esplorazione diretta e indiretta di:

- elementi strutturali verticali (identificate con codice di riferimento ISV_nn);
- elementi strutturali orizzontali o inclinati (ISH_nn);
- carotature nel calcestruzzo prefabbricato (CRT_CLS_PREF);
- carotature nel calcestruzzo in opera (CRT_CLS_OPR);
- pull-out calcestruzzo prefabbricato (POT_CLS_PREF);
- pull-out calcestruzzo in opera (POT_CLS_OPR);
- campionature acciaio in barre (CMP_ACC_ALL);
- durezza vickers (VCK_ACC_ALL).

A proposito dell'acquisizione di caratteristiche meccaniche sulle barre in acciaio è stata condivisa l'opportunità di evitare prelievi sugli travi e colonne prefabbricate; sono state invece prelevati, con non poca difficoltà, alcuni spezzoni dai pannelli prefabbricati di calcestruzzo nel blocco SERVIZI; relativamente all'armatura longitudinale dei pilastri (che sono gli elementi più rilevanti in una tipologia strutturale come quella in esame, ndr) si è ritenuto sufficiente, anche alla luce del notevole diametro rilevato, acquisire i valori (indiretti) di durezza confrontando poi le informazioni risultanti con le certificazioni disponibili in atti.

Grazie allo sviluppo (relativamente recente) di tecnologie derivate dalla sismologia ed in virtù della particolare configurazione geometrica del compendio in esame si è deciso di indagare la risposta sismica dell'edificio nel suo complesso; sono state perciò effettuate, a cura della ditta Omega srl di Savona, alcune misurazioni relative alle frequenze dei modi di vibrare caratteristici attraverso l'impiego di tromometro digitale che sfrutta il rumore sismico ambientale; questo tipo di indagine, non distruttiva, offre, soprattutto se combinata ad un'analogia verifica sul terreno (che è stata fatta, ndr) la duplice possibilità di:

- 1) confrontare le frequenze proprie di vibrare dell'edificio e del suolo su cui è fondato al fine di escludere la possibile insorgenza di fenomeni di risonanza;
- 2) verificare l'attendibilità del modello FEM confrontando le frequenze proprie di vibrare derivanti dal calcolo con quelle reali.

La campagna di prove in situ è stata completata da numerose verifiche sclerometriche (SCL_CLS_ALL) che hanno permesso di estendere i dati diretti forniti dalle "carote" a tutti gli altri elementi strutturalmente significativi di calcestruzzo.

Si rinvia al paragrafo dedicato a PROVE e INDAGINI per maggiori dettagli tecnici e descrittivi oltre che per gli esiti della campagna.

4.1 Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.1693/1995

Fondazioni: Il volume del piano interrato è stato ottenuto mediante la realizzazione di un articolato muro di contenimento perimetrale che delimita la sagoma degli edifici Servizi e Uffici, e include una sola porzione del fabbricato Espositivo. I plinti di fondazione sono in parte inglobati nella ciabatta interna di fondazione del citato muro di contenimento e in parte isolati: la maggior parte di essi poggia su uno strato di magrone di 20 cm mentre solo alcuni sono rinforzati con un sottoplinto armato di spessore 40 cm. Le fondazioni della rimanente porzione di fabbricato Esposizioni sono composte da plinti a bicchiere isolati, mentre la zona Servizi è caratterizzata da una platea con travi di irrigidimento, solidale al muro di sostegno perimetrale, con integrazione di plinti prefabbricati.

Elevazioni: Sia l'Edificio "Esposizioni" che l'edificio "Uffici" sono caratterizzati da maglie regolari di pilastri con mensole per l'alloggio delle travi di piano/perimetrali: dalle misurazioni effettuate il loco risulta rispettivamente che i pilastri del primo hanno sezione 50x50 cm, mentre quelli del secondo si presentano di sezione 45x45 cm, sviluppati per una altezza interpiano di 2,80 m circa.

I piani intermedi del Fabbricato Esposizioni (piano terra e soppalco piano secondo) sono composti da solai in tegoli prefabbricati a doppio T di spessore 24 cm, mentre il solaio di copertura è formato da tegoli denominati "Triglifo Primate" in appoggio sulle travi di bordo perimetrali, dette "travi pannello" in quanto solidali al tamponamento. I pannelli prefabbricati, infine, sono agganciati per una estremità alle citate travi di bordo e per l'altra si fissano all'ala del triglifo, sormontata da apposita scossalina per evitare l'infiltrazione di acqua piovana. I pannelli di tamponamento esterni sulle facciate continue sono giuntati tra loro ad incastro, mentre quelli d'angolo sono fissati attraverso piastre metalliche predisposte nei pennelli: un cordolo armato di fondazione funge da appoggio a terra del rivestimento.

Una breve campagna di prove sclerometriche a campione condotta sui pilastri del piano terra (ex area esposizioni) e del seminterrato, al fine di valutare la resistenza del conglomerato cementizio in loco, ha restituito valori minimi di $R_{ck}=300$.

Il pilastri del Fabbricato Uffici presentano, nel punto di assenza della mensola della trave, particolari angolari in ferro tassellati chimicamente nel calcestruzzo per garantire la continuità di appoggio del solaio; ogni lastra predalle (sp. 24 cm) appoggiata sulle travi e sulle citate mensole metalliche, è sagomata, ad eccezione dei componenti del solaio di copertura; per ogni lastra sono stati predisposti nel getto di completamento del solaio alcuni profili di ancoraggio perimetrali.

I pannelli prefabbricati verticali di tamponamento dei piani intermedi sono imbullonati ai solai in predalle tramite appositi profili ad ancora con foro asolato immersi nel getto di completamento del solaio mentre in copertura sono fissati con profili di ancoraggio predisposti nelle travi perimetrali.

Un cordolo armato di fondazione funge da appoggio a terra del rivestimento. I pannelli affiancati sono giuntati tra loro ad incastro, mentre quelli d'angolo sono fissati attraverso piastre metalliche predisposte nei pennelli.

In prossimità delle bucatore delle porte il pannello è stato cerchiato con travi tipo HE saldate tra loro.

Il Fabbricato Servizi invece presenta una tipologia costruttiva di sopraelevazione completamente diversa: pannelli in calcestruzzo verticali di spessore 20 cm sono stati ancorati direttamente alla sottostante fondazione a platea e al massetto del pavimento tramite apposito giunto, in modo da creare una struttura rigida e collaborante, priva di pilastri; l'architrave che sormonta le pareti, scarica direttamente sui piedritti laterali.

I solai interpiano sono semi-prefabbricati così come le rampe delle scale mentre la copertura, in muretti e tavelloni a 4 falde, è rifinita in coppi e tegole in ardesia.

4.2 Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.4281/2011

Nell'anno 2011, a seguito dell'ipotesi di trasferimento dell'Istituto Marsano all'interno del complesso, si è reso necessario redigere un progetto di adattamento della struttura al fine di poter ospitare la scuola: l'area espositiva, un tempo a tutta altezza e dotata di un soppalco a quota 6,30 m. che copriva solo in parte la superficie disponibile, è stata suddivisa orizzontalmente in due piani distinti, lasciando al piano terra la zona expo accessibile direttamente dall'esterno e creando, al piano secondo, l'area dedicata alle aule scolastiche, accessibile direttamente da vano scale adiacente.

Al fine di eseguire il suddetto intervento, la Città Metropolitana di Genova ha realizzato su fondazione autonoma costituita da plinti su pali, un telaio composto da travi e pilastri in c.a. completamente svincolato e indipendente dalla struttura preesistente, nel rispetto della normativa antisismica vigente all'epoca. Le giunzioni tra le travi di copertura e i pilastri, tra i triglifi e i pilastri sono state rafforzate dalla posa di piastre metalliche sagomate e imbullonate alla struttura, in modo da irrigidire il nodo ed impedire così movimenti roto-traslatori dovuti alle eventuali scosse sismiche.

Nel frattempo l'ipotesi di trasferimento dell'istituto agrario Marsano è decaduta e nel 2015 i nuovi spazi didattici sono stati occupati dalla succursale dell'istituto alberghiero Marco Polo.

4.3 Sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili

Le indagini, le prove e le analisi del manufatto che ospita la succursale dell'istituto alberghiero "Marco Polo" hanno confermato sicuramente la buona qualità costruttiva dell'opera nel suo complesso il cui impianto originario – quasi totalmente prefabbricato - risale a meno di 30 anni fa (1996, ndr).

Sotto il profilo strutturale le risultanze hanno evidenziato, come era lecito attendersi, esiti contrastanti:

- sotto il profilo statico l'edificio risulta correttamente dimensionato con la sola esclusione delle 4 mensole al piano seminterrato (impalcato PT zona "expo", ndr) che manifestano chiari segni di inadeguatezza;
- sotto il profilo antisismico, nonostante il fondamentale intervento di miglioramento del 2014 (collegamento fra tegole di copertura e strutture di bordo), il complesso è apparso vulnerabile soprattutto nel blocco "expo"

Lo studio condotto dallo scrivente R.T. ha dunque sottolineato aspetti di vulnerabilità concentrata soprattutto nella zona expo e portato alla luce elementi, strutturali e non, con carenze significative prevalentemente riconducibili alle soluzioni tecniche tipiche di un sistema di costruzione a elementi prefabbricati e in ottemperanza a norme vigenti in un'epoca in cui il territorio di San Colombano Certenoli

Come si vedrà meglio nel seguito, le vulnerabilità riguardano sia elementi strutturali rilevanti da un punto di vista antisismico (pilastri, soprattutto nella zona expo) sia elementi non strutturali (ad es.: pannelli di tamponamento) apparentemente ininfluenti e tuttavia capaci determinare, se non adeguatamente collegati alla struttura portante, situazioni di collasso locale e dunque di pericolo per la pubblica incolumità; viceversa, un idoneo ed efficace collegamento fra pannelli di tamponamento e struttura portante possono modificarne (non necessariamente in senso positivo) la risposta sismica.

4.3.1 Vulnerabilità (statiche) al piano seminterrato (PSI)

Porzioni del complesso coinvolte: UFFICI e AREA EXPO'

Elemento: mensole pilastro (di appoggio a travi piano terra)

Descrizione: alcune mensole dei pilastri, destinate a sostenere le travi del piano terra, mostrano uno stato fessurativi con apertura dei lembi della fessura modesta entità, ma avente una propagazione sulle superfici laterali dell'intero elemento.

La direzione della propagazione della lesione è in grado di mostrarci uno schema di armatura classico per gli elementi tozzi, identificato come schema "puntone tirante (in letteratura indicato come metodo "stru and tie").

Si rileva come le mensole in oggetto possano essere state verosimilmente realizzate in opera e quindi non contestualmente al pilastro prefabbricato; questa circostanza consente di avanzare un'ipotesi sulla causa del quadro fessurativo riconducendolo all'inadeguatezza progettuale e costruttiva del singolo elemento.

4.3.2 Vulnerabilità al piano terra (PT)

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO'

Elemento: Mensole pilastro (di appoggio a "trave pannello")

Descrizione: al piano terra della struttura è possibile individuare le mensole in cui trova appoggio la "trave pannello" dei pannelli esterni. La lesione mostra uno stato lesionativo differente dal caso precedente, con apertura dei lembi della fessura di modesta entità, ma avente una propagazione parziale sulle superfici laterali dell'elemento stesso, successivamente non più presente nel blocco che collega la mensola alla trave pannello.

Tale conformazione permette di constatare una vulnerabilità causata dall'eccentricità tra l'asse del pilastro e quella del pannello esterno, la quale risulta di circa 20cm. La causa di questo fenomeno può avere origine oltre che dal peso proprio del pannello applicato in modo eccentrico anche da vibrazioni indotte da eventi sismici, di modesta entità.

4.3.3 Vulnerabilità in copertura (COP)

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO

Elemento: collegamenti pilastri / pannelli

Descrizione: elementi di vulnerabilità sono stati individuati nei collegamenti tra i pannelli esterni e il loro collegamento negli elementi di copertura, i triglifi. Il collegamento tra gli elementi avviene tramite connessioni metalliche, le quali non risultano sufficienti in caso di sisma e/o spostamenti di interpiano, a trasferire gli eventuali sforzi creati.

4.3.4 Vulnerabilità NON STRUTTURALI

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO / BLOCCO UFFICI

Elemento: collegamenti tra pannelli

Descrizione: i collegamenti tra i pannelli esterni viene affidato ad un sistema di incastro a secco con sigillatura delle fughe con prodotti siliconici e talvolta cementizi.

Tale metodo di connessione, rilevato da indagine visiva, rileva insufficienti garanzie di comportamento collaborante fra pannelli adiacenti. La mancanza di solidarietà tra due pannelli adiacenti può provocare cambiamenti allo schema statico di entrambi gli edifici.

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO / BLOCCO UFFICI

Elemento: collegamenti pilastri / pannelli - fenomeni di ossidazione

Descrizione: questa tipologia di vulnerabilità riguarda, in generale, il degrado di alcuni elementi strutturali. La carenza di manutenzione ha portato, come riscontrato dalle indagini, ad uno stato corrosivo degli elementi di collegamento pilastro/pannelli esterni nell'AREA EXPO e ad un'ulteriore corrosione dei ferri di armatura dei tegoli in corrispondenza dell'intradosso, particolarmente visibili nella zona "UFFICI" piano sotterraneo.

Tali fenomeni di degrado, classificati in precedenti paragrafi risultano compromettere la durabilità strutturale e per questo motivo possono essere opportunamente inquadrati come "vulnerabilità" cui è necessario porre attenzione e rimedio.

5. VERIFICHE NEI CONFRONTI DELLE AZIONI STATICHE VERTICALI

Le verifiche nei confronti dei carichi verticali statici ha fornito riscontri nel complesso positivi senza che si ravvisasse la necessità di far eseguire prove di carico sugli impalcati più significativi per le dimensioni della luce libera o per l'entità dei sovraccarichi.

Qualche preoccupazione è sorta inizialmente nei confronti dei sovraccarichi permanenti (non strutturali) sul solaio del piano secondo nel padiglione EXPO; in effetti il progetto originario (1996) prevedeva semplicemente, oltre il peso proprio, un carico accidentale ed uno permanente per un totale di 6Kn/mq uniformemente distribuiti.

Lo stato di fatto propone in realtà, a seguito degli interventi del 2013 e del trasferimento su quel piano di numerosi spazi didattici, la realizzazione di compartimentazioni in blocchi poroton da 20cm per un'altezza di oltre 3m; ciò significa, anche ai sensi delle NTC 2018 che non consentono oltre i 5,5kN/ml la distribuzione uniforme del carico ma impongono una valutazione specifica, la presenza di carichi concentrati sui tegoli prefabbricati doppio T che, su luce di quasi 10m in schema statico di semplice appoggio, costituiscono l'impalcato del piano secondo nella zona EXPO.

Fortunatamente le pareti che gravano sull'impalcato originario oggetto di studio sono tutte disposte ortogonalmente alle nervature dei tegoli suddetti e pertanto è stato relativamente agevole confrontare lo stato di sollecitazione avendo distinto la componente "permanente" dei sovraccarichi originari in una quota uniforme riferita alla pavimentazione ed in una quota puntuale riferita ad uno o due zone di interferenza con le pareti divisorie; vale la pena sottolineare come il controsoffitto non gravi su quest'ultime ma sia completamente appeso ai tegoli "triglifo" che costituiscono la copertura.

A proposito di quest'ultima, oltre agli interventi di miglioramento antisismico realizzati nel 2013, è opportuno confermare che il sovraccarico permanente determinato dalla controsoffittatura coibentata (inferiore a 0,15 kN/mq) risulta compatibile con la resistenza meccanica offerta dal singolo elemento prefabbricato.

Si rimanda sul punto ai capitoli dedicati per le valutazioni analitiche di merito e la fase di confronto finale.

Per quanto riguarda gli aspetti geotecnici, premesso che non sono state individuate circostanze di criticità riconducibili ad inadeguatezza del sistema fondazionale tali da far temere un'evoluzione negativa dei modesti quadri fessurativi globali riscontrati, gli scriventi ritengono utile ed opportuno – in virtù del diverso piano di imposta dei plinti fra la zona seminterrata (che coinvolge blocco "servizi", blocco "uffici" ed una parte del padiglione "expo") e gran parte (2/3) della zona originariamente destinata alle esposizioni – prevedere, oltre al collegamento delle fondazioni attualmente isolate, il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo nel volume significativo dei plinti più superficiali; infatti questi, a differenza delle altre opere di fondazione (e di contenimento, ndr), interferiscono con la parte più superficiale ed alterata del substrato roccioso, chiamato anche "cappellaccio".

Il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo può essere condotto in maniera efficace e poco invasiva, sia per il terreno che per la struttura, mediante l'impiego di resine espandenti del tipo poliuretanico a cellula chiusa.

6. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

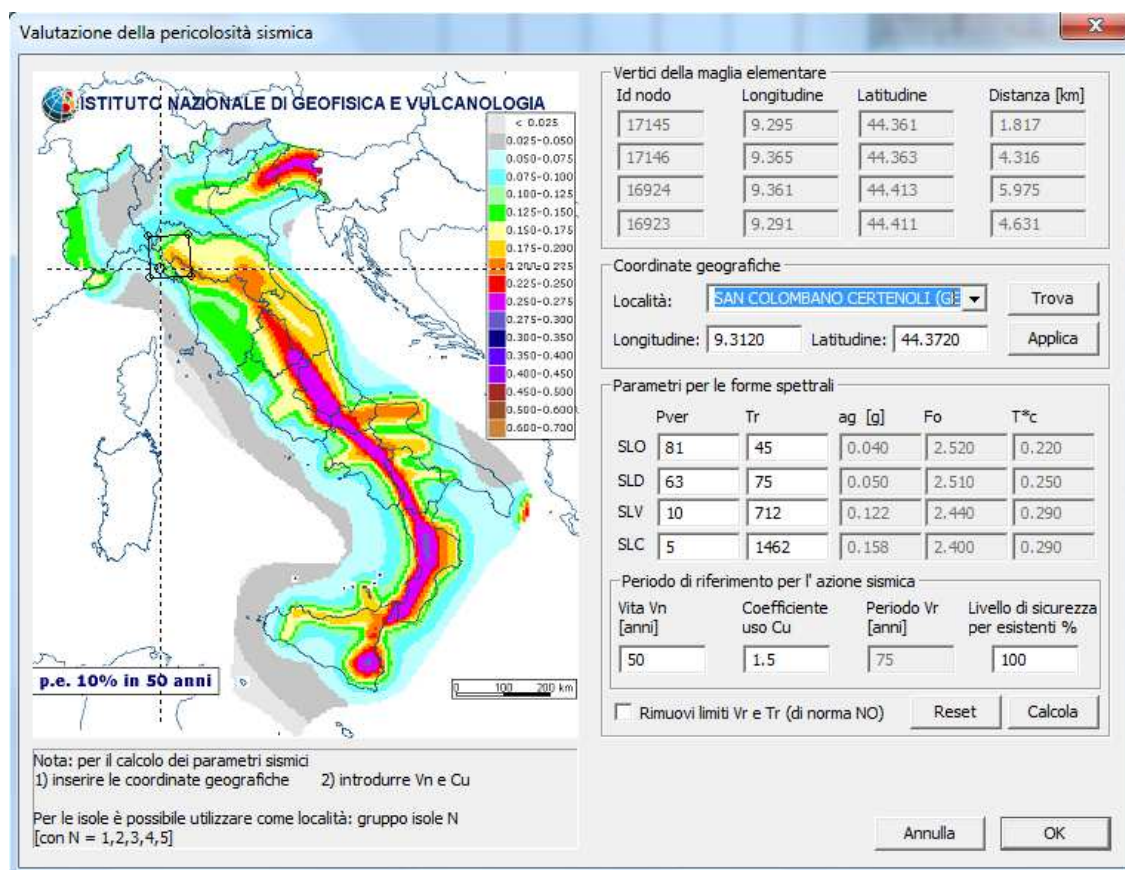
Nella determinazione dell'azione sismica di riferimento si definiscono i seguenti parametri:

- | | |
|---|--------------------------------|
| - Classe d'uso: | III |
| - Vita nominale di progetto | Vn=50anni |
| - Coefficiente d'uso: | Cu=1.5 |
| - Livello di sicurezza adottato per i calcoli | $a_g(g) = 100\%$ (anziché 80%) |
| - Accelerazione di picco (SLV) | $a_g(g) (SLV) = 0,122$ |

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA, INDAGINI PRELIMINARI E PROGETTAZIONE DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino, 7 - San Colombano Certenoli

- Coordinate sito: Longitudine (9.3120) / Latitudine (44.3720)
- Categoria di sottosuolo: B
- Categoria topografica T1
- Livello conoscenza / Fattore confidenza: LC2 / FC=1.2



Valutazione della pericolosità sismica

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Vertici della maglia elementare

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
17145	9.295	44.361	1.817
17146	9.365	44.363	4.316
16924	9.361	44.413	5.975
16923	9.291	44.411	4.631

Coordinate geografiche

Località: **SAN COLOMBANO CERTENOLI (GE)**

Longitudine: 9.3120 Latitudine: 44.3720

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	45	0.040	2.520	0.220
SLD	63	75	0.050	2.510	0.250
SLV	10	712	0.122	2.440	0.290
SLC	5	1462	0.158	2.400	0.290

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza per esistenti %
50	1.5	75	100

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu
Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]

p.e. 10% in 50 anni

L'edificio nel suo complesso ed in virtù dell'aderenza (non è presente giunto sismico, ndr) fra padiglione EXPO ed i blocchi SERVIZI+UFFICI, non risulta essere regolare in pianta e nemmeno in altezza; ques'ultima affermazione potrebbe sembrare una forzatura ma deriva dal fatto che esiste un piano seminterrato che coinvolge oltre ai blocchi "servizi+uffici" anche una parte (1/3) del padiglione "expo".

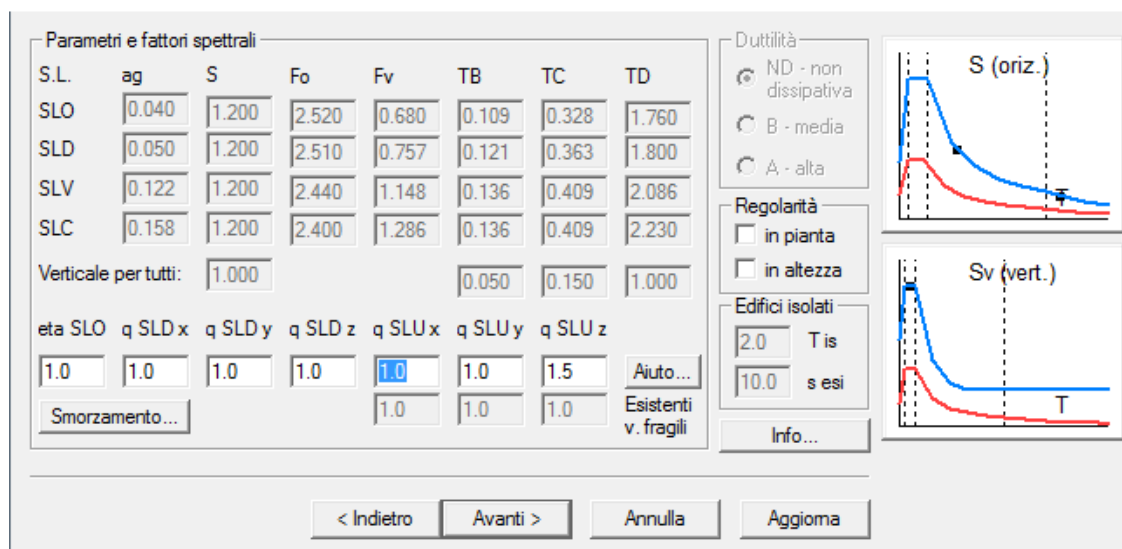
Di seguito vengono richiamate in sequenza le forme spettrali di sito e quelle associate ai diversi stati limite per l'immobile oggetto di studio.

Parametri per le forme spettrali di SITO

SL	Pver	a(g)	Tr	Fo	T*c
SLO	81	0.040	45	2.52	0.22
SLD	63	0.050	75	2.51	0.25
SLV	10	0.122	712	2.44	0.29

SLC	5	0.158	1462	2.40	0.29
-----	---	-------	------	------	------

Parametri e fattori spettrali per l'immobile oggetto di studio



SL	a(g)	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.040	1.2	2.52	0.68	0.109	0.328	1.76
SLD	0.050	1.2	2.51	0.757	0.121	0.363	1.80
SLV	0.122	1.2	2.44	1.148	0.136	0.409	2.086
SLC	0.158	1.2	2.40	1.286	0.136	0.409	2.23

7. VERIFICHE NUMERICHE

L'analisi numerica è stata svolta tramite il software PRO_SAP della 2SI (licenza n.00839/cli) che consente la soluzione di strutture tridimensionali secondo il metodo degli elementi finiti (FEM); nel caso specifico, anche in considerazione della tipologia costruttiva prevalente, è stata condotta un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico.

7.1 Ipotesi di base e criteri di modellazione

La modellazione geometrica ha preso spunto dalle informazioni contenute nelle tavole di progetto della costruzione originaria (1996) elaborate dalla ditta TECOS SPA di Noceto (PR).

Le tavole di progetto riguardano la geometria dei seguenti elementi:

- plinti di fondazione a bicchiere (area EXPO e UFFICI)
- platea di fondazione (area SERVIZI)
- pilastrini (area EXPO e UFFICI)

- d) travi (area EXPO e UFFICI)
- e) solai tipo predalle (area EXPO e UFFICI)
- f) copertura con elementi "triglifio" (area EXPO)
- g) pannelli verticali/ orizzontali (area SERVIZI)

Gli schemi di armatura e i tipi di materiali impiegati sono stati dedotti sempre dalle tavole del costruttore e utilizzati per implementare le caratteristiche meccaniche nel modello FEM.

Tramite un modulo dedicato del software PRO_SAP è stato possibile modellare anche i plinti a bicchiere di cui si sono riscontrate due tipologie che si differenziano per le maggiori dimensioni dello strato di base anche denominato "piastra di sottoplinto".

La platea di fondazione è stata modellata tramite elementi shell a 4 nodi; gli stessi nodi interni sono stati opportunamente inseriti per evitare eventuali errori che potrebbero causare incertezze nei risultati. Lo spessore è stato assunto di 50 cm, come da tavole progettuali.

I pilastri prefabbricati sono stati modellati tramite elementi 2D "beam" che possono distinguersi in due tipologie, una avente sezione 50x50cm (zona EXPO) e l'altra caratterizzata da sezione 45x45 cm (zona UFFICI); anche in questo caso, oltre alla geometria, è stato inserito il materiale dedotto dalle tavole progettuali:

- calcestruzzo: R_{ck} 400 daN/cm²
- acciaio in barre: FeB 44K

I pannelli di tamponamento del blocco SERVIZI, corrispondente al vano scala con relativi pianerottoli e rampe oltre ascensore, sono stati interamente modellati utilizzando elementi shell a 4 nodi; tale scelta è derivata dal fatto che, secondo quanto riportato nelle tavole progettuali TECOS e successivamente riscontrato sul posto, i vari pannelli (incluse le pareti dell'ascensore) sono stati solidarizzati fra loro da getti di calcestruzzo nelle zone di raccordo.

Nella modellazione del blocco SERVIZI si è tenuto conto delle aperture esistenti mentre è stato trascurato il contributo delle rampe (prefabbricate anch'esse e poggianti sui pianerottoli infinitamente rigidi) se non per i carichi trasferiti agli appoggi simulati attraverso forze nodali equivalenti

I pannelli di tamponamento del padiglione EXPO, secondo lo schema originale, sono costituiti da:

- a) "pannelli trave" inferiori disposti orizzontalmente con intradosso a +2,4m su p.c. circostante, caratterizzato da un maggiore spessore nella parte superiore per garantire l'appoggio su mensole all'uopo predisposte in aggetto dai pilastri perimetrali; la "trave pannello" è stata modellata con l'ausilio di elementi shell a 4 nodi.
- b) "pannelli standard" di tamponamento superiori (che fungono anche da parapetto in copertura) disposti verticalmente, ancorati inferiormente al pannello-trave sottostante e superiormente alle travi di bordo sul lato lungo ed ai tegoli triglifio di copertura sul lato corto; questi pannelli,

nell'incertezza delle modalità di connessione alle strutture verticali ed orizzontali, non sono stati inseriti nel modello FEM ma è stato tenuto in considerazione il loro peso mediante forze nodali equivalenti

L'azione verticale dei pannelli, come detto, ricade sul "pannello trave" sottostante; al contrario l'azione orizzontale è affidata ad elementi metallici in grado di realizzare un'unione tra il pannello stesso e l'elemento affiancato, pilastro o trave di bordo.

Si è deciso a seguito di ispezione visiva e da quello che le tavole consentono di dedurre, di inserire nel modello FEM elementi metallici tra pannelli e colonne che simulino tale connessione.

Le travi presenti nei blocchi EXPO ed UFFICI sono state agevolmente modellate con elementi D2 caratterizzati da vincolo cerniera alle estremità inserendo la specifica sezione desunta dalle tavole progettuali a seconda dei casi.

La copertura del padiglione EXPO, caratterizzata n.11 da travi prefabbricate "TRIGLIFO" accostate e prive di getto di completamento che rende l'impalcato deformabile, è stata modellata con opportuna disposizione di elementi D2 per i quali è stata riprodotta la sezione originale.

Questi elementi, in origine semplicemente appoggiati alle estremità sulle travi di bordo longitudinali del blocco EXPO, sono stati in realtà vincolati alle stesse in relazione all'intervento di miglioramento sismico attuato nel 2014.

Per quanto riguarda invece i pannelli esterni del blocco UFFICI, poiché non vi è certezza delle modalità di connessione alla struttura, non sono stati modellati e nemmeno è stato considerato il loro peso in quanto tutti appoggiano al suolo nel seminterrato; è chiaro che sotto questo profilo le cautele si traducono in un modello "uffici" certamente meno rigido e dunque prudentiale in quanto l'eventuale introduzione dei pannelli nel modello FEM non genererebbe, come è il caso del blocco EXPO, la presenza di piani soffici.

Sotto il profilo geotecnico la stratigrafia del sottosuolo è stata opportunamente inserita attraverso i valori desunti dalla relazione geologica di sintesi resa dal dott.geol. Romanelli a valle delle numerose ed approfondite indagini geognostiche.

7.2 Schemi statici e meccanismi locali

In relazione a quanto specificato nel paragrafo precedente lo schema statico di base si presenta piuttosto articolato in quanto condizionato da tipologie strutturali di fatto molto diverse nelle loro configurazioni base; in particolare

Per quanto riguarda invece i meccanismi locali di potenziale instabilità e collasso si elencano i seguenti:

- a) Ribaltamento pannelli perimetrali verticali zona EXPO (tipo A)
- b) Ribaltamento pannelli perimetrali verticali zona UFFICI (tipo B)
- c) Collasso tegoli di impalcato soppalco originario zona EXPO

In merito al ribaltamento dei pannelli perimetrali disposti verticalmente è indubbio come quelli della zona EXPO risultino i più vulnerabili in quanto, oltre a presentare un'altezza di oltre 6m, possono essere vincolati solo sulla sommità dei sottostanti "pannelli-trave" ed in corrispondenza della copertura, alle travi di bordo sui lati lunghi ed all'ala dei tegoli triglifo sui lati corti; per questo motivo non se ne è tenuto conto nella modellazione se non come peso portato dalle strutture principali.

Sarà necessario proporre nelle successive fasi di progettazione soluzioni tecniche capaci di contrastare il rischio ribaltamento di questi pannelli (tipo A); nell'ambito del presente incarico ci si è limitati a rilevare la criticità inserendo nel computo metrico preliminare una voce specifica che possa garantire le risorse necessarie a:

1. effettuare i necessari ed ulteriori approfondimenti finalizzati ad acquisire le notizie che ad oggi non è stato possibile indagare;
2. progettare e realizzare gli interventi utili all'eliminazione di questo tipo di vulnerabilità

Analogamente, seppure con livello di criticità inferiore soprattutto grazie al maggior numero di vincoli disponibili lungo l'altezza del singolo pannello, si è proceduto per l'analisi del possibile ribaltamento dei tamponamenti che delimitano esternamente il blocco UFFICI.

Per quanto riguarda il rischio, peraltro scongiurato di cui alla precedente lettera "c" (porzione originaria solaio aule P2), si rimanda al paragrafo successivo.

7.3 Verifiche nei confronti dei carichi statici verticali

La verifica nei confronti dei carichi statici non ha evidenziato nel complesso situazioni di criticità; l'unica attenzione è stata dedicata, attraverso uno specifico studio di dettaglio, all'attuale configurazione dei divisori interni al piano intermedio (P2) nel padiglione EXPO che ospita buona parte degli spazi didattici dell'istituto; tale (nuova) configurazione genera carichi permanenti (non strutturali) che gravano sul solaio in tegoli prefabbricati e che sono diversamente distribuiti rispetto alla situazione originaria

Come si vedrà in seguito il raffronto tra le sollecitazioni originarie e quelle attuali ha indicato modestissimi incrementi nelle sollecitazioni taglianti e flettenti pur a fronte di variazioni in valore assoluto e geometria dei carichi applicati.

L'analisi prende spunto dal fatto che la zona EXPO presenta un piano intermedio che ospita gran parte delle aule della succursale dell'istituto Marco Polo; esse risultano definite, insieme al corridoio, da pareti in laterizio semipieno.

Riprese fotografiche effettuate durante i lavori del 2013-14 hanno permesso di individuare la tipologia di blocco artificiale (poroton spessore 20cm) che, tenuto conto degli spessori di intonaco e del cordolo in calcestruzzo armato sommitale, generano un carico lineare stimato in 8,5kN/m.

Tale carico dopo un'attenta sovrapposizione tra la posizione degli elementi divisori e le anime dei tegoli ha permesso di valutare questo carico gravante sulle sole anime, quindi a favore di sicurezza. Ulteriori indagini, hanno permesso di constatare l'assenza di pericoli derivanti da un eventuale aumento delle sollecitazioni rispetto alla resistenza del tegolo.

In figura 2 si propone una planimetria del solo piano intermedio zona Expo a seguito dei lavori apportati durante il 2013 durante i quali sono stati inseriti nuovi elementi divisorii.

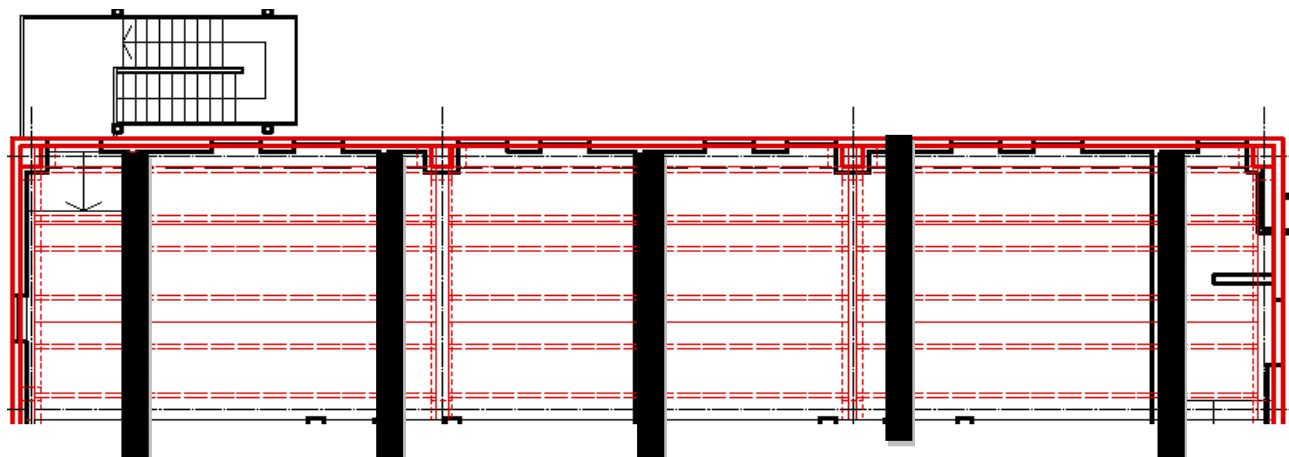


Figura 2 - Planimetria parziale P2 zona Expo (in rosso tratteggiato sono individuate le anime dei tegoli doppio T di P2 originario, in nero continuo la posizione degli elementi divisorii inseriti nel corso del 2013)

Il solaio risulta essere costituito da tegoli prefabbricati e precompressi, al di sopra dei quali vengono applicati i carichi permanenti strutturali e non strutturali, oltre ai sovraccarichi presenti, funzione della categoria d'uso della costruzione [NTC2018 - cap 3.1.4].

Lo schema statico dei tegoli risulta essere quello di una trave semplicemente appoggiata con luce di poco inferiore a 10m.

L'analisi dei carichi è stata eseguita considerando la situazione originaria (1996) che considerava il solo carico distribuito (distribuendo in maniera uniforme il contributo degli elementi divisorii) e la situazione post 2013 che riferisce di un carico permanente distribuito (pavimento) e di carichi concentrati dovuti alla presenza delle pareti divisorie disposte ortogonalmente alla direzione delle nervature dei tegoli; a questa circostanza favorevole si unisce il fatto che queste forze concentrate si collocano

Nelle successive figure 3 e 4 vengono rappresentati gli schemi statici e di carico relativi alle due configurazioni.

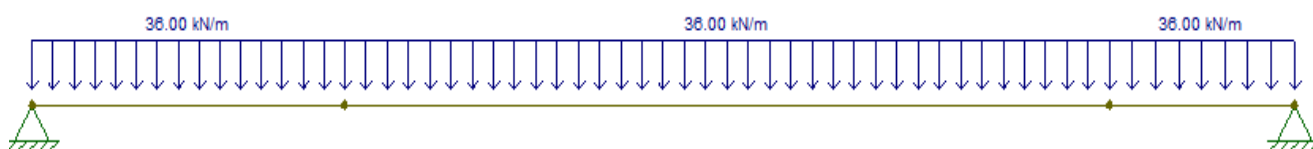
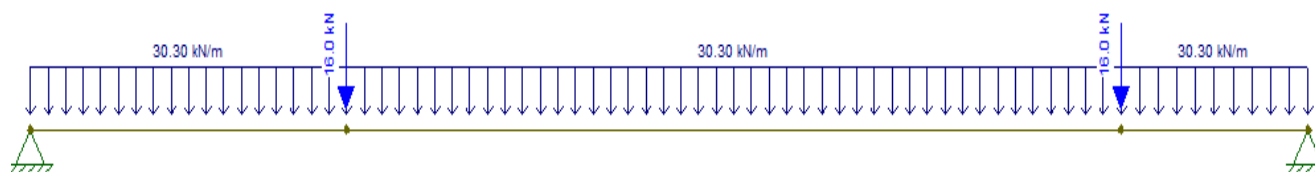


Figura 3 - Schema statico Tegolo tipo piano secondo zona Expo (situazione pre intervento 2013 = originaria)



*Figura 4 - Schema statico Tegolo tipo piano secondo zona Expo
(situazione post intervento 2013 = stato attuale)*

L'analisi dei carichi è stata svolta considerando per ogni tipo di carico (g_1, g_2, Q_k) il rispettivo coefficiente parziale al fine di determinare il carico in base alla combinazione fondamentale.

Il risultato nell'analisi dello stato attuale è stato ottenuto considerando la disposizione delle pareti divisorie le quali risultano in posizione diversa in ciascuna delle tre campate; per questo motivo si è fatto riferimento alle sollecitazioni massime desunte da formulazioni matematiche di uso corrente.

Il confronto tra le sollecitazioni taglianti e flettenti ha portato ai seguenti valori:

configurazione di riferimento	Vsd [kN]	Msd[kNm]
Situazione originaria (1996)	179	441
Stato attuale (post 2013)	186	449

L'incremento delle sollecitazioni sussiste ma risulta inferiore al 3% per quanto riguarda l'azione tagliante ed inferiore al 2% nei riguardi del momento flettente.

Un'ulteriore analisi ha permesso di determinare la resistenza del tegolo nei confronti del Momento flettente; in particolare la geometria del tegolo TT è desumibile dalle tavole di progetto così come l'armatura composta da 3 trefoli in acciaio armonico all'intradosso di ciascuna delle due nervature.

Dati di input:

numero trefoli: 3 + 3

sezione trefolo: 12.5mm

$f_{ptk} > 190 \text{ N/mm}^2$

tiro alla tesatrice: 13250kg

pressione alla tesatrice: $P=351.6 \text{ KG cmq}$

Il programma PRO_VLIM della 2si ha permesso di determinare la seguente resistenza:

$M_{xu} = 527 \text{ kNm}$

Tale valore risulta maggiore della sollecitazione agente nel tegolo nella configurazione di carico attuale determinando uno sfruttamento della sezione del 73%; pertanto si deduce che il tegolo originario, destinato a costituire l'impalcato che ospita oggi alcune delle aule didattiche della succursale dell'istituto alberghiero Marco Polo, abbia la resistenza necessaria per sopportare in sicurezza i carichi permanenti derivati dalla trasformazione operata nel 2014.

7.4 Valori numerici dei parametri

Relativamente alle condizioni di carico e sovraccarico si specifica quanto segue.

I sovraccarichi verticali uniformemente distribuiti sono stati inseriti e quantificati secondo quanto richiesto dalle Norme Tecniche 2018 (DM N.7 17/01/2018) Cap 3.1.4:

Zona uffici:	Cat.B2	$q_k = 3 \text{ KN/m}^2$
Zona Scale:	Cat.C	$q_k = 4 \text{ KN/m}^2$
Zona EXPO (PT):	Cat.C2	$q_k = 4 \text{ KN/m}^2$
Zona EXPO (P2):	Cat.C1	$q_k = 3 \text{ KN/m}^2$

Riguardo invece le caratteristiche meccaniche, a meno del fattore di confidenza FC , sono stati assunti i valori desunti dalla documentazione progettuale che risulta prudentiale rispetto ai valori forniti dalle prove in sito ed in laboratorio nell'ambito delle indagini svolte da Edilcontrol.

- calcestruzzo: $R_{ck} 400 \text{ daN/cm}^2$
- acciaio in barre: $F_{eB} 44K$

Per quanto concerne infine il modello delle azioni si fa riferimento agli spettri di risposta elastici in funzione dei diversi stati limite.

7.5 Sintesi delle analisi svolte

L'analisi numerica FEM del compendio "EXPO+SERVIZI+UFFICI" viene condotta secondo i principi delle "Verifiche per edifici esistenti" nella circolare applicativa delle norme tecniche.

L'analisi di vulnerabilità segue analogamente le direttive delle NTC 2018 oltre alle Linee Guida "Sismabonus" di cui all'Allegato A ("Linee Guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni") del DM 17-3-2017 ed è finalizzata ad individuare e risolvere le criticità del compendio immobiliare oggetto di studio un intervento di "adeguamento" [NTC2018 Cap 8.4.3].

A seguito della modellazione dell'intero complesso, inseriti i carichi, si è proceduto con analisi FEM di tipo dinamico lineare; tale scelta è apparsa congruente con la tipologia strutturale indagata.

La normativa prevede infatti 3 metodi di analisi, lo spettro elastico (con verifiche di rotazione rispetto alla corda), il fattore di struttura (come per gli edifici nuovi verifiche di resistenza a presso flessione e taglio), e l'analisi non lineare (pushover).

Nel caso di specie l'impiego di un'analisi dinamica lineare con spettro elastico è stata confermata dall'esito positivo ottenuto a seguito del controllo di accettazione del modello previsto dalla circolare n.619 del 2-2-2009.

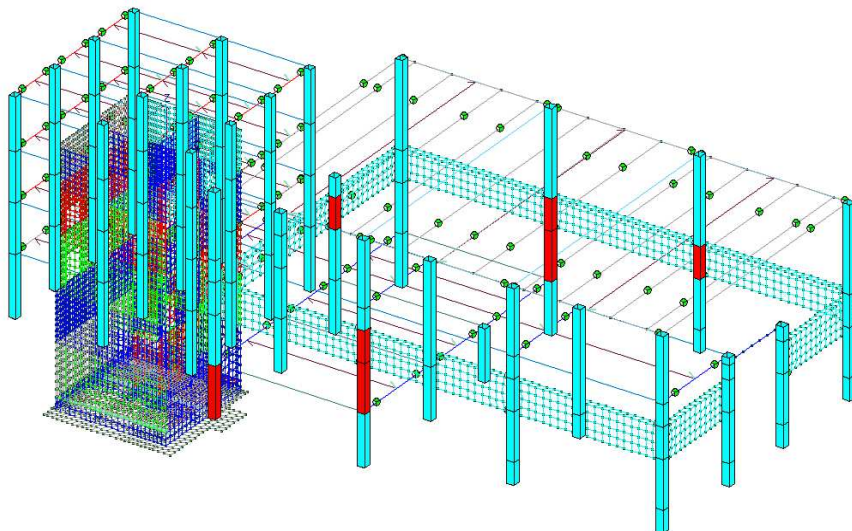
Nel controllo di accettazione del modello sono stati considerati i valori " $p(a)$ " che rappresenta il rapporto tra domanda e capacità.

Il rapporto dei valori, determinati dal modello, ha fornito valori sempre inferiori a 2,5 determinando l'esito positivo del controllo e quindi la correttezza delle scelte assunte.

7.6 Sintesi dei risultati

L'analisi numerica FEM nella configurazione ATTUALE è stata dunque condotta secondo il metodo dinamico lineare con spettro di risposta elastico e con riferimento alle seguenti tipologie di verifica:

- Verifiche Fragili
- Verifiche Duttili
- Verifiche sui Nodi



Le verifiche globali del compendio, come era lecito attendersi, hanno evidenziato criticità diffuse riguardanti i pilastri appartenenti al padiglione EXPO.

7.6.1 Verifiche fragili

La verifica prevede per i meccanismi fragili l'individuazione della domanda (taglio analisi) e capacità (resistenza a taglio).

Non risulta vincolante per l'analisi ma la normativa indica che se tale rapporto risulta >1 le verifiche vanno eseguite tramite le formule da gerarchia delle resistenze, se il valore risulta <1 le verifiche vanno fatte con il taglio delle analisi

- Travi: Verifiche soddisfatte
- Pilastri: Verifiche non soddisfatte

Alcuni pilastri della zona EXPO, hanno portato le verifiche dei meccanismi fragili a non risultare soddisfatte; in particolare le verifiche sui pilastri P16 - P19 - P13 - P23 risultano non soddisfatte nei confronti dei meccanismi fragili e di conseguenza mostrano carenze in termini di resistenza a taglio nei confronti delle azioni

Pilastro	Verifica fragile non soddisfatta tra le quote:
P16	- 1.00m e +4.10 m rispetto a P.C.
P19	- 1.00m e +4.10 m rispetto a P.C.
P13	+ 2.00m e +4.10 m rispetto a P.C.
P23	- 4.00m e -1.00 m rispetto a P.C.

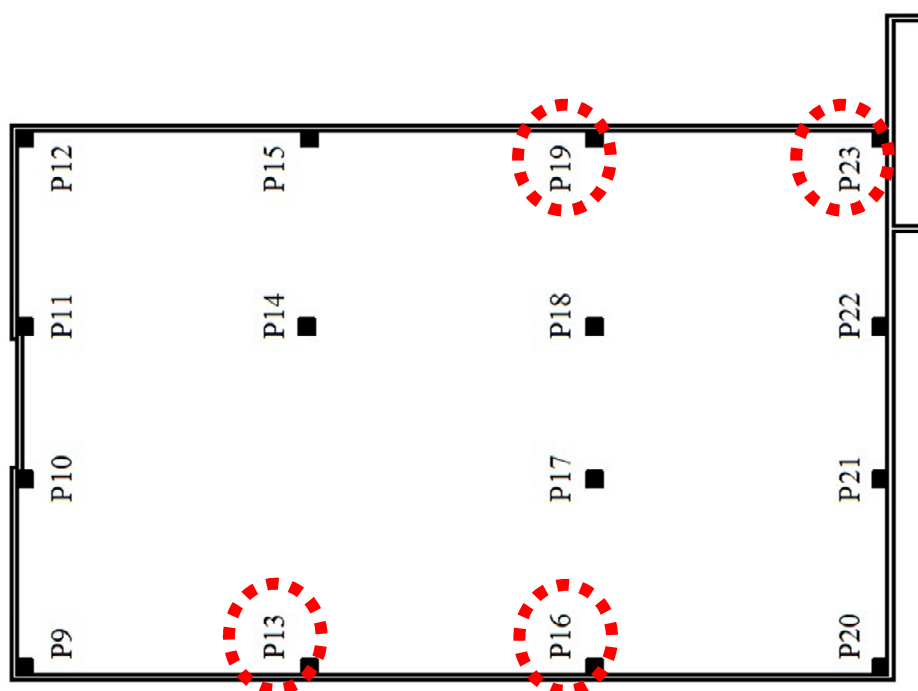


Figura 5 – Schema planimetrico padiglione EXPO con evidenza pilastri non verificati

7.6.2 Verifiche duttili

Le analisi svolte non hanno mostrato l'attivazione di meccanismi duttili, infatti le verifiche risultano tutte ampiamente <1 .

7.6.3 Verifiche sui nodi

La verifica eseguita secondo quanto previsto dalla circolare applicativa, permette di indentificare, attraverso il programma a elementi finiti, PRO_SAP, un nodo che non soddisfa le verifiche. Quest'ultimo si trova nel pilastro P21, il nodo corrisponde all'intersezione tra il pilastro e le mensole di quota +4.10m (da P.C.)

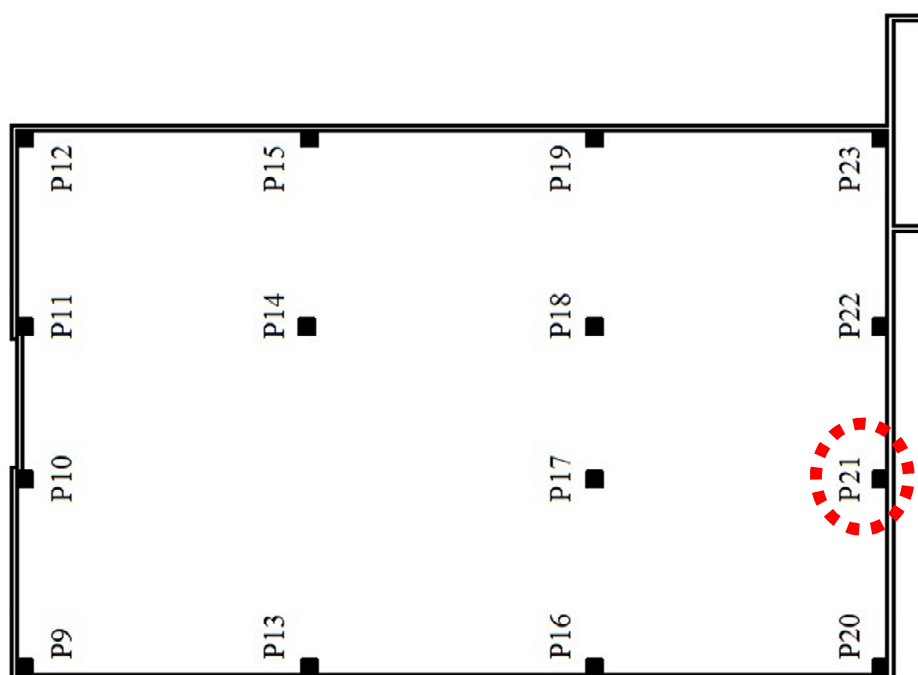


Figura 6 – Schema planimetrico padiglione EXPO con evidenza nodii non verificati

Effettuate le verifiche sulla struttura esistente e determinata l'accelerazione sismica di progetto, si è provveduto ad effettuare verifiche complete a frazioni di quest'ultima, nel dettaglio i valori risultano essere:

- $0.50a_g$ che corrisponde a: $0.061 \text{ ag}(\text{SLV})$
- $0.55a_g$ che corrisponde a: $0.067 \text{ ag}(\text{SLV})$
- $0.65a_g$ che corrisponde a: $0.079 \text{ ag}(\text{SLV})$
- $1.00a_g$ che corrisponde a: $0.146 \text{ ag}(\text{SLV})$

La analisi sismiche hanno mostrato come dalla prima frazione dell'accelerazione massima attesa, di $0.50a_g$, non si manifestino problematiche nei pilastri dell'area EXPO, al contrario l'iterazione che prevede un'accelerazione sismica del 55% di quella prevista, mostra l'attivazione del primo meccanismo di tipo fragile nel pilastro P13.

L'analisi numerica, con $0.65a_g$, permette tramite i risultati forniti dal modello FEM di constatare la presenza di meccanismi di tipo fragile in tutti e 4 i pilastri, già discussi precedentemente.

L'analisi sul nodo aderente al pilastro P21 risulta non soddisfatta a partire da un ag 0.90.

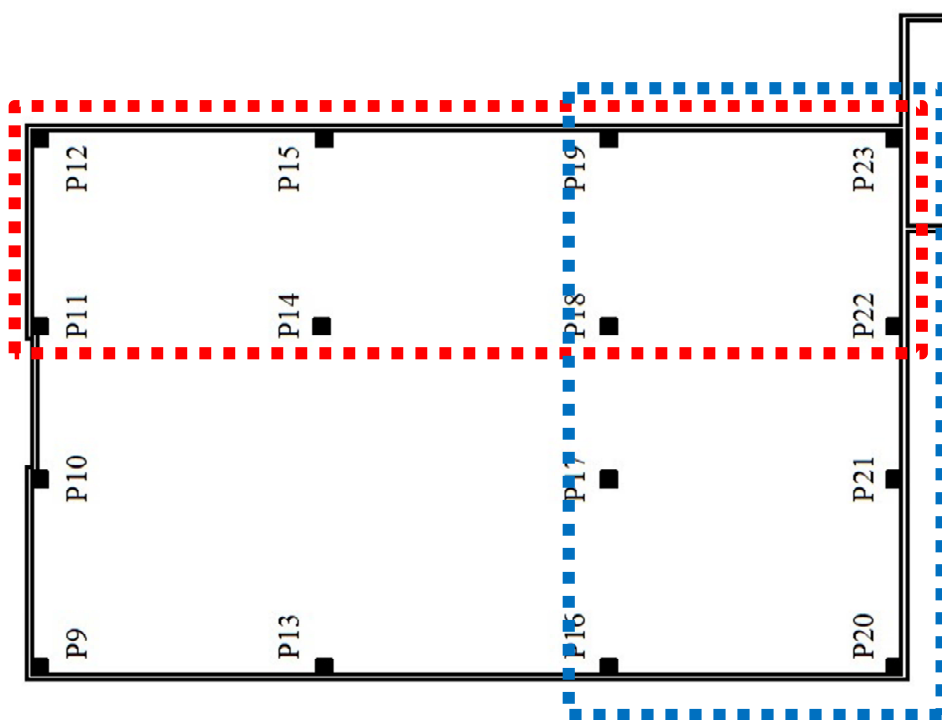
7.7 Tabulati di calcolo.

7.7.1 Verifica nei confronti dei carichi statici

Le verifiche nei confronti delle combinazioni statiche sono state eseguite sia per le fondazioni, sia per gli elementi resistenti verticali oltre che per le coperture e gli orizzontamenti.

Relativamente a questi ultimi, i campi di solaio investigati sono quelli nella zona EXPO, sia la porzione al piano terra che quelli complanari con il piano secondo del compendio: essi sono da considerarsi geometricamente e tipologicamente rappresentativi.

Gli elementi investigati sono rappresentati in fig.7



*Figura 7 – Schema planimetrico zona EXPO con individuazione campi di solaio investigati
(in tratteggio BLU il piano terra ed in tratteggio ROSSO il piano secondo)*

I dettagli delle singole verifiche condotte sono riportati nelle pagine precedenti e il giudizio risulta nel complesso positivo; solo per il plinti di fondazione della zona EXPO priva di seminterrato si prevede un miglioramento delle caratteristiche meccaniche del sottosuolo per garantire omogeneità di comportamento anche in condizioni sismiche.

La capacità portante delle singole membrature risulta dunque, in condizioni statiche, sempre superiore a quella richiesta per le nuove costruzioni con medesima destinazione d'uso (secondo quanto previsto per l'adeguamento di una costruzione esistente); pertanto il compendio oggetto di studio è da

considerarsi idoneo ed adeguato secondo normativa vigente (livello di sicurezza pari a quello delle nuove costruzioni) nei confronti dei carichi statici.

Non si ravvisa pertanto la necessità di imporre limitazioni d'uso per aule e corridoi; può invece avere senso limitare l'accesso alla porzione di piano terra nella zona EXPO che interferisce con il piano seminterrato: qui infatti le 4 mensole degli appoggi d'angolo delle travi che sostengono l'impalcato in tegoli prefabbricati manifestano un evidente quadro fessurativo al quale deve essere posto rimedio nei tempi e nei modi dettati dalle risorse immediatamente disponibili ed in funzione delle limitazioni che potranno essere introdotte.

7.7.2 Analisi dei meccanismi locali

I valori di accelerazione al suolo in grado di attivare i singoli meccanismi di danneggiamento/collasso locale (o di "primo modo"), individuati al paragrafo "Descrizione della struttura e sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili" sono i seguenti, in ordine decrescente di vulnerabilità:

I meccanismi locali riguardano essenzialmente il ribaltamento dei pannelli e lo schema statico/cinematico alla base del calcolo dipende dal numero di vincoli disponibili; tenuto conto che i pannelli di tamponamento del blocco UFFICI e del blocco SERVIZI sono impostati alla quota di calpestio del seminterrato, essi non rappresentano la situazione più critica.

I pannelli di tamponamento nel padiglione EXPO invece ed in particolare quelli verticali portati dai pannelli-trave orizzontali offrono la situazione più vulnerabile in quanto non vi è notizia delle modalità di collegamento al piede ed in sommità alle strutture portanti principali.

Gli elementi/meccanismi investigati si individuano facilmente in quanto sono di fatto limitati alla schiera di pannelli perimetrali verticali che definiscono, oltre i pannelli trave orizzontali, l'involucro del padiglione EXPO ed anche il parapetto sommitale; il meccanismo è particolarmente intuitivo, si configura come la rotazione di un corpo rigido attorno alla base ed è correlabile quasi totalmente alle valutazioni già svolte nell'ambito del dimensionamento delle connessioni dei tegoli triglifo di copertura alle travi di bordo.

Nello specifico appare evidente come la conformazione e la capacità delle connessioni dovrebbe essere tale da assorbire uno sforzo nell'ordine di 0.7 kN/pannello che appare di entità Ragionevole e dunque verosimile; in assenza di notizie progettuali di dettaglio e nell'impossibilità di verificare in questa fase le effettive caratteristiche geometriche e meccaniche della connessione, gli scriventi suggeriscono un approfondimento conoscitivo in tal senso durante la fase di progettazione definitiva e l'eventuale previsione di rinforzi e/o consolidamenti ipotizzando anche l'eventualità di collegare in sommità con funi di acciaio pannelli collocati in posizioni opposte.

7.7.3 Analisi dei meccanismi globali

I valori di accelerazione al suolo in grado di attivare meccanismi di danneggiamento/collasso globale (o di "secondo modo") che mettono in evidenza gli elementi che possono entrare via via in crisi al crescere dell'accelerazione al suolo sono i seguenti:

- a) 55% $a_g = 0.146a_g$ (formazione del primo meccanismo duttile nel pilastro P13)
- b) 65% $a_g = 0.079a_g$ (formazione restanti meccanismi duttili nei pilastri)
- c) 85% $a_g = 0.102a_g$ (nodo non verificato pilastro P21 a quota 4.40m)

L'elaborazione dell'analisi globale ha evidenziato criticità prevedibili, vista la prevalente tipologia prefabbricata puntiforme, in corrispondenza dei pilastri e specificatamente nella zona EXPO ove, per l'ottimizzazione della risposta sismica ed il raggiungimento dell'adeguamento (senza deroghe) ai sensi di legge, si prevedono i seguenti interventi:

- a) collegamento perimetrale ed interno dei plinti zona EXPO attualmente isolati;
- b) rinforzo a taglio e flessione pilastri zona EXPO dal colletto plinto all'imposta del pannello-trave
- c) rinforzo a taglio e flessione pilastri zona EXPO da estradosso pannello-trave a quota gronda
- d) miglioramento delle connessioni pannelli-struttura zona EXPO
- e) miglioramento delle connessioni pannelli-struttura zona UFFICI

8. CONCLUSIONI

8.1 Caratteristiche strutturali e tipologiche edificio

Il compendio immobiliare oggetto di analisi si compone di tre corpi di fabbrica compenetrati fra loro – seppure non totalmente - nella porzione seminterrata e parzialmente interconnessi nei volumi fuori terra; esso si eleva fino ad altezze massime di circa 10m oltre il piano terra presentando irregolarità geometriche e meccaniche sia in pianta che in altezza.

La struttura è quasi totalmente prefabbricata; dalle tavole progettuali si evincono getti integrativi in opera solo in corrispondenza degli impalcati di piano dei vari blocchi con esclusione della copertura del padiglione EXPO costituita da tegoli triglifo accostati; questi ultimi che originariamente (1996) risultavano semplicemente appoggiati sulle travi di bordo longitudinali, nel 2013 sono stati collegati alle medesime con piastre opportunamente sagomate e bulloni.

Le modifiche più significative apportate nel tempo sono limitate al completamento nel biennio 2013-2014 del solaio al piano secondo anche nella zona EXPO; tali modifiche tuttavia non influiscono negativamente sulla risposta sismica del complesso né hanno determinato influenze negative sul sistema fondazionale esistente in termini di cedimenti poiché i nuovi plinti, collegati fra loro, sono stati realizzati su micropali ammorsati nel substrato roccioso sano.

8.2 Elenco prove distruttive e non distruttive effettuate

Le prove sulle strutture sono state eseguite dal laboratorio autorizzato Edilcontrol srl di Arenzano (GE); riguardo l'elenco, la localizzazione e l'esito delle prove si rimanda all'allegato specifico.

8.3 Procedure di calcolo

L'analisi di vulnerabilità sismica del compendio che ospita la succursale dell'istituto alberghiero Marco Polo è stata condotta con l'ausilio di un programma di calcolo agli elementi finiti che ne ha permesso una modellazione relativamente agevole.

La particolare tipologia strutturale ha suggerito di effettuare un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta elastico; tale scelta è stata poi confermata a valle del controllo di accettazione previsto dalla Circolare applicativa delle NTC.

I risultati forniti dai modelli numerici sono riportati in allegato ed appaiono sostanzialmente in linea con le aspettative:

- I) Pilastrì e pannelli verticali della zona EXPO in crisi rispettivamente per taglio e ribaltamento e per valori di accelerazione non troppo diversi;
- II) Movimenti torsionali del blocco EXPO a causa del vincolo, seppur parziale, in aderenza al blocco SERVIZI e della mancanza di rigidità sia orizzontale a livello della copertura, che verticale per l'assenza di pareti perimetrali al piano terra.

8.4 Indicazione delle vulnerabilità riscontrate e/o presunte

Sulla base delle analisi numeriche e qualitative condotte, le vulnerabilità riscontrate e presunte risultano essere, in ordine crescente, le seguenti:

- Ribaltamento pannelli verticali zona EXPO
- Collasso pilastrì zona EXPO per eccesso di sollecitazione tagliante
- Durabilità ridotta a causa del degrado favorito da scarsa attività manutentiva

8.5 Compilazione “Scheda di sintesi di livello 1 e 2”

Riguardo la compilazione della “Scheda di sintesi della verifica sismica per gli edifici strategici ai fini della protezione civile o rilevanti in caso di collasso a seguito di evento sismico” predisposta dal Dipartimento Della Protezione Civile - Ufficio Servizio Sismico Nazionale (cosiddetta “scheda di Livello 1 e 2”) si rimanda all'elaborato all'uopo predisposto (v. MP.V.SS.R00)

Nell'ambito della compilazione delle suddette schede viene altresì esplicitato l'Indicatore di Rischio Sismico.

8.6 Indicazione qualitativa degli interventi strutturali necessari

L'analisi di vulnerabilità oggetto del presente incarico è stata condotta in conformità a quanto previsto dalle norme vigenti di riferimento già richiamate in principio.

L'intero complesso strutturale ha mostrato di possedere caratteristiche meccaniche e geometriche tali da garantirgli valori di sicurezza adeguati rispetto ai carichi statici; per quanto riguarda invece l'azione sismica di progetto il compendio immobiliare oggetto di studio ha messo in luce lacune strutturali significative seppure localizzate, come era prevedibile, in corrispondenza di alcuni pilastrì della zona EXPO.

L'analisi locale, tra cui, meccanismi ed elementi insiti in determinate porzioni dell'edificio, ha sottolineato alcune carenze che non garantirebbero la tutela della pubblica incolumità; tali elementi che presentano vulnerabilità sono i pannelli di tamponamento ed in particolare quelli verticali nella zona EXPO che stati ampiamente individuati e trattati nei capitoli precedenti.

Da essi si dovrà iniziare per incrementare la sicurezza strutturale sotto il profilo antisismico.

Un aspetto rilevante risulta essere la mancanza di manutenzione, la quale risulta evidente, ad esempio, in alcuni elementi strutturali – anche prefabbricati - a sezione tendenzialmente sottile ove il grado di ossidazione risulta particolarmente avanzato a causa di agenti esterni più che per inadeguatezze congenite; questi elementi si collocano spesso in corrispondenza di zone che interferiscono

all'estradosso con eventi atmosferici oppure possono essere ricondotti ad urti accidentali in fase di posa che hanno determinato condizioni favorevoli per lo sviluppo e l'avanzamento di fenomeni di ossidazione anche rilevanti.

Tali stati di ossidazione non risultano possedere requisiti in grado di compromettere la sicurezza dell'edificio, ma riflette lo stato di abbandono della struttura, sotto i punti di vista strettamente strutturali.

Per quanto riguarda infine la qualità costruttiva essa appare nel complesso molto soddisfacente sotto il profilo strutturale eccezion fatta per le quattro mensole d'angolo nel piano seminterrato che, probabilmente costruite successivamente alla prefabbricazione dei pilastri in stabilimento, mostrano carenze evidenti che debbono essere affrontate e risolte con urgenza.

Chiavari, 14 maggio 2019

I tecnici incaricati

Dott.ing. Cristiano Riccamboni (SINGEO SRL)

Dott.arch. Laura Mottola

Ha collaborato:

Dott.ing. Tomaso Lolli (SINGEO SRL)



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

- Relazione sugli studi e indagini preliminari

MP.P.T03.R00

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

=

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.P.T03.R00

COMPOSTO DA

=

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI



Collaboratore

dott. ing. Tomaso LOLLI

Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMBONI

Progettista

dott. arch. Laura MOTTOLA

INDICE DEI CAPITOLI

1.	PREMESSE	2
2.	DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA	2
3.	RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI:	4
3.1	Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.1693/1995	5
3.2	Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.4281/2011	6
3.3	Sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili	7
3.3.1	Vulnerabilità (statiche) al piano seminterrato (PSI)	7
3.3.2	Vulnerabilità al piano terra (PT)	8
3.3.3	Vulnerabilità in copertura (COP)	8
3.3.4	Vulnerabilità NON STRUTTURALI	8
4.	PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE INDAGINI SPECIALISTICHE	9
4.1	Indagini nel sottosuolo	9
4.2	Indagini sulle strutture	10

1. PREMESSE

La presente relazione viene redatta nell'ambito dell'affidamento dell'incarico di "Valutazione di vulnerabilità sismica e progettazione di fattibilità tecnica ed economica dell'edificio scolastico I.P.S.E.O.A. Polo Marco (Succursale, piani primo e secondo), Via Soracco Agostino, 7 Comune di San Colombano Certenoli (CEA 268A), Città Metropolitana di Genova".

Le prestazioni eseguite al fine dell'espletamento dell'incarico sono state le seguenti:

- Indagini preliminari, ai sensi dell'art. 23 comma 6 D.Lgs. 50/2016;
- Valutazione vulnerabilità e rischio sismico, ai fini dell'individuazione di interventi di adeguamento e/o miglioramento sismico dell'edificio secondo la normativa vigente;
- Progettazione di fattibilità tecnica ed economica (ex progetto preliminare), ai sensi dell'art. 23 commi 5 e 6 del D.Lgs. 50/2016 e degli artt. 17÷23 del D.P.R. 207/2010, di interventi di adeguamento sismico dell'edificio scolastico.

2. DESCRIZIONE ARCHITETTONICO-DISTRIBUTIVA

Il complesso scolastico Marco Polo è composto da n. 4 corpi di fabbrica, facilmente identificabili in quattro volumi distinti:

- Fabbricato Expo, sviluppato per 1/3 su 3 livelli e per 2/3 su 2 livelli, per una superficie complessiva di circa 1400mq (seminterrato, terra a doppia altezza e secondo);
- Fabbricato Uffici, di oltre 600 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Servizi, circa 300 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Biglietteria/Reception, di circa 100 mq sviluppato su un unico livello al piano terreno ed indipendente dal resto del compendio immobiliare.

Si tratta di un complesso di edifici prefabbricati, nati per ospitare la prima edizione di Expo Fontanabuona nel 1996, poi successivamente adattato nel 2011 a polo scolastico dislocato dell'Istituto Alberghiero Marco Polo; dal 2015 hanno trovato spazio invece i percorsi didattici della succursale 'istituto alberghiero Marco Polo di Genova.

Il Fabbricato Expo ha un sedime di 30,50x19,25 m sviluppato per una altezza di 11,30 m, oggi ospita al piano terra un'area esposizioni non facente parte del plesso scolastico e al piano superiore le aule dell'Istituto Marco Polo. L'area esposizioni affaccia su uno spiazzo di proprietà del complesso ed è accessibile dal piano terreno tramite diverse aperture vetrate disposte su ciascun lato. Le aule, invece, site al piano superiore, sono accessibili tramite vano scala dedicato, a cui si accede percorrendo un distacco coperto da pensilina in plexiglas; è necessario sottolineare come fino al 2013 il piano secondo non occupasse tutta la superficie e come la zona "soppalcata" occupasse tutta la lunghezza e circa 1/3 della larghezza del padiglione.

Il Fabbricato Servizi, che contiene il vano scale e l'ascensore, serve tutti i livelli del complesso, dal piano seminterrato (in cui sono dislocati i locali tecnici della centrale termica) al piano secondo, in cui si snodano le aule e i locali del personale. Le dimensioni metriche del suddetto corpo di fabbrica sono 7,50x7,50 m, per un'altezza di 11,80 m.

Il Fabbricato Uffici, ha pianta quadrata di dimensioni 12,50x12,50 m, si sviluppa per una altezza di 10,10 m ed ha funzioni prevalentemente amministrative: sono infatti collocati al piano terra gli uffici

gestionali di Expo, al piano primo gli uffici degli insegnanti del Marco Polo, alcuni locali di servizio e servizi igienici, mentre al piano superiore è stata allestita un' area denominata "Bar Scolastico", ad uso esclusivo della scuola.

La distribuzione interna dei locali che compongono l'intero complesso è meglio desumibile dagli elaborati grafici allegati alla presente; vale la pena sottolineare come il compendio principale (EXPO+UFFICI+SERVIZI) comprenda in realtà anche un modesto volume seminterrato che ospita locali tecnici, che si sviluppa ortogonalmente in direzione del vicino corso d'acqua (Torrente Lavagna) e che risulta complanare con il piano seminterrato.

L'analisi di vulnerabilità sismica ed il conseguente progetto di fattibilità tecnico-economica riguarderanno il blocco "EXPO+UFFICI+SERVIZI" che risulta strutturalmente interconnesso con esclusione dunque della "reception" e dei "volumi tecnici"; anche le scale esterne di sicurezza, in relazione alle specifiche caratteristiche tipologico-costruttive, non vengono coinvolte nell'analisi poiché, come gli altri esclusi, non incidono sul comportamento sismico globale dell'edificio scolastico.

Dal punto di vista strutturale il complesso edilizio in esame (compendio principale, EXPO+UFFICI+SERVIZI) presenta caratteristiche di prefabbricazione molto spinta che lo avvicina molto alla tipologia dei "capannoni industriali".

Alla luce della classificazione sismica del territorio comunale di San Colombano Certenoli all'epoca di costruzione (1996), non è stato concepito con criteri antisismici; dal 2010 il comune di San Colombano Certenoli ricade in zona 3 (sismicità bassa).

Proprio per questo motivo i lavori ristrutturazione del 2014 vennero concepiti con lo scopo da un lato di mantenere strutturalmente indipendenti le nuove opere (estensione della "zona soppalcata" a tutto il sedime della zona expo) rispetto all'assetto originario e nel contempo introdurre elementi di miglioramento che, nelle more di eventuali e successivi interventi sull'apparato sismo-resistente, risolvessero una delle principali problematiche che affliggono queste tipologie strutturali e cioè l'assenza di collegamento degli elementi di copertura con le strutture di bordo.

L'irregolarità in pianta del manufatto appare evidente mentre quella in altezza lo è meno in quanto il livello seminterrato comune ai blocchi UFFICI e SERVIZI "penetra" per circa 1/3 della sua lunghezza anche sotto il blocco EXPO; per questo motivo il blocco EXPO si presenta come l'elemento più vulnerabile semplicemente per fattori geometrici oltre che per il fatto di non essere solidale al blocco "UFFICI+SERVIZI" che appare nell'insieme molto rigido e per il quale non si rilevano, al contrario, fattori geometrici particolari che possano condizionare la vulnerabilità d'insieme e/o quella di parti non strutturali.

Ciò detto ed, al fine di prevedere indagini preliminari ed eseguire verifiche tecniche di sicurezza sismica in vista della redazione di progetto di fattibilità tecnica ed economica sono state effettuate ricognizioni preventive sul posto ed è stato condotto un esame preventivo accurato della documentazione strutturale e costruttiva già in atti che ha senz'altro fornito un considerevole contributo per il raggiungimento del livello di conoscenza minimo LC2 previsto dall'incarico e definito anche nell'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17-1-2018.

E' stato dunque programmato un iter di attività diagnostiche, sia riguardo il sottosuolo (ove le notizie non risultavano particolarmente approfondite) sia relativamente alle strutture (ove invece i dati disponibili erano molti, anche in considerazione dell'epoca di costruzione dell'involucro originario) necessarie e sufficienti per il raggiungimento del Livello di Conoscenza LC2.

3. RILIEVO MATERICO E DEI PARTICOLARI COSTRUTTIVI:

Al fine di riprodurre in maniera adeguata le caratteristiche meccaniche all'interno del modello strutturale si è attinto senza dubbio alla copiosa documentazione tecnica e certificativa disponibile in atti; ai sensi di legge tuttavia è stato necessario verificare i dati già disponibili a supporto della qualificazione dei materiali impiegati con prove ed indagini sul posto; diversamente non sarebbe possibile supportare in modo coerente con lo spirito della norma l'assunzione di un livello di conoscenza intermedio (LC2) al quale, come è noto, è associato un fattore di confidenza $FC=1,2$.

E' stata pertanto programmata ed effettuata (a cura del laboratorio autorizzato Edilcontrol di Arenzano GE, ndr) una campagna di prove e indagini sulle strutture fuori terra volta a definire le proprietà meccaniche dei materiali acciaio e calcestruzzo.

La campagna di indagine ha previsto di effettuare vari tipi di prove, distruttive (ID), semidistruttive (ISD) e non distruttive (IND), potendo adattare le esigenze normative con la realtà del manufatto oggetto di studio che, non va dimenticato, presenta una struttura quasi totalmente prefabbricata che offre senz'altro maggiori garanzie di qualità all'origine e di durabilità a medio-lungo termine rispetto ad un'analoga struttura realizzata in opera.

Per questo la programmazione ha cercato di mediare le indicazioni delle NTC 2018 (e delle circolari correlate o correlabili, ndr) con lo stato di fatto; in particolare le

Riguardo le "ID" e le "ISD" la campagna programmata in situ ed in laboratorio si è basata sull'esplorazione diretta e indiretta di:

- elementi strutturali verticali (identificate con codice di riferimento ISV_nn);
- elementi strutturali orizzontali o inclinati (ISH_nn);
- carotature nel calcestruzzo prefabbricato (CRT_CLS_PREF);
- carotature nel calcestruzzo in opera (CRT_CLS_OPR);
- pull-out calcestruzzo prefabbricato (POT_CLS_PREF);
- pull-out calcestruzzo in opera (POT_CLS_OPR);
- campionature acciaio in barre (CMP_ACC_ALL);
- durezza vickers (VCK_ACC_ALL).

A proposito dell'acquisizione di caratteristiche meccaniche sulle barre in acciaio è stata condivisa l'opportunità di evitare prelievi sugli travi e colonne prefabbricate; sono state invece prelevati, con non poca difficoltà, alcuni spezzoni dai pannelli prefabbricati di calcestruzzo nel blocco SERVIZI; relativamente all'armatura longitudinale dei pilastri (che sono gli elementi più rilevanti in una tipologia strutturale come quella in esame, ndr) si è ritenuto sufficiente, anche alla luce del notevole diametro rilevato, acquisire i valori (indiretti) di durezza confrontando poi le informazioni risultanti con le certificazioni disponibili in atti.

Grazie allo sviluppo (relativamente recente) di tecnologie derivate dalla sismologia ed in virtù della particolare configurazione geometrica del compendio in esame si è deciso di indagare la risposta sismica dell'edificio nel suo complesso; sono state perciò effettuate, a cura della ditta Omega srl di Savona, alcune misurazioni relative alle frequenze dei modi di vibrare caratteristici attraverso l'impiego di tromometro digitale che sfrutta il rumore sismico ambientale; questo tipo di indagine, non distruttiva, offre, soprattutto se combinata ad un'analoga verifica sul terreno (che è stata fatta, ndr) la duplice possibilità di:

- 1) confrontare le frequenze proprie di vibrare dell'edificio e del suolo su cui è fondato al fine di escludere la possibile insorgenza di fenomeni di risonanza;
- 2) verificare l'attendibilità del modello FEM confrontando le frequenze proprie di vibrare derivanti dal calcolo con quelle reali.

La campagna di prove in sito è stata completata da numerose verifiche sclerometriche (SCL_CLS_ALL) che hanno permesso di estendere i dati diretti forniti dalle "carote" a tutti gli altri elementi strutturalmente significativi di calcestruzzo.

Si rinvia al paragrafo dedicato a PROVE e INDAGINI per maggiori dettagli tecnici e descrittivi oltre che per gli esiti della campagna.

3.1 Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.1693/1995

Fondazioni: Il volume del piano interrato è stato ottenuto mediante la realizzazione di un articolato muro di contenimento perimetrale che delimita la sagoma degli edifici Servizi e Uffici, e include una sola porzione del fabbricato Espositivo. I plinti di fondazione sono in parte inglobati nella ciabatta interna di fondazione del citato muro di contenimento e in parte isolati: la maggior parte di essi poggia su uno strato di magrone di 20 cm mentre solo alcuni sono rinforzati con un sottoplinto armato di spessore 40 cm. Le fondazioni della rimanente porzione di fabbricato Esposizioni sono composte da plinti a bicchiere isolati, mentre la zona Servizi è caratterizzata da una platea con travi di irrigidimento, solidale al muro di sostegno perimetrale, con integrazione di plinti prefabbricati.

Elevazioni: Sia l'Edificio "Esposizioni" che l'edificio "Uffici" sono caratterizzati da maglie regolari di pilastri con mensole per l'alloggio delle travi di piano/perimetrali: dalle misurazioni effettuate il loco risulta rispettivamente che i pilastri del primo hanno sezione 50x50 cm, mentre quelli del secondo si presentano di sezione 45x45 cm, sviluppati per una altezza interpiano di 2,80 m circa.

I piani intermedi del Fabbricato Esposizioni (piano terra e soppalco piano secondo) sono composti da solai in tegoli prefabbricati a doppio T di spessore 24 cm, mentre il solaio di copertura è formato da tegoli denominati "Triglifo Primate" in appoggio sulle travi di bordo perimetrali, dette "travi pannello" in quanto solidali al tamponamento. I pannelli prefabbricati, infine, sono agganciati per una estremità alle citate travi di bordo e per l'altra si fissano all'ala del triglifo, sormontata da apposita scossalina per evitare l'infiltrazione di acqua piovana. I pannelli di tamponamento esterni sulle facciate continue sono giuntati tra loro ad incastro, mentre quelli d'angolo sono fissati attraverso piastre metalliche predisposte nei pennelli: un cordolo armato di fondazione funge da appoggio a terra del rivestimento.

Una breve campagna di prove sclerometriche a campione condotta sui pilastri del piano terra (ex area esposizioni) e del seminterrato, al fine di valutare la resistenza del conglomerato cementizio in loco, ha restituito valori minimi di $R_{ck}=300$.

Il pilastri del Fabbricato Uffici presentano, nel punto di assenza della mensola della trave, particolari angolari in ferro tassellati chimicamente nel calcestruzzo per garantire la continuità di appoggio del solaio; ogni lastra predalle (sp. 24 cm) appoggiata sulle travi e sulle citate mensole metalliche, è sagomata, ad eccezione dei componenti del solaio di copertura; per ogni lastra sono stati predisposti nel getto di completamento del solaio alcuni profili di ancoraggio perimetrali.

I pannelli prefabbricati verticali di tamponamento dei piani intermedi sono imbullonati ai solai in predalle tramite appositi profili ad ancora con foro asolato immersi nel getto di completamento del solaio mentre in copertura sono fissati con profili di ancoraggio predisposti nelle travi perimetrali.

Un cordolo armato di fondazione funge da appoggio a terra del rivestimento. I pannelli affiancati sono giuntati tra loro ad incastro, mentre quelli d'angolo sono fissati attraverso piastre metalliche predisposte nei pennelli.

In prossimità delle bucatore delle porte il pannello è stato cerchiato con travi tipo HE saldate tra loro.

Il Fabbricato Servizi invece presenta una tipologia costruttiva di sopraelevazione completamente diversa: pannelli in calcestruzzo verticali di spessore 20 cm sono stati ancorati direttamente alla sottostante fondazione a platea e al massetto del pavimento tramite apposito giunto, in modo da creare una struttura rigida e collaborante, priva di pilastri; l'architrave che sormonta le pareti, scarica direttamente sui piedritti laterali.

I solai interpiano sono semi-prefabbricati così come le rampe delle scale mentre la copertura, in muretti e tavelloni a 4 falde, è rifinita in coppi e tegole in ardesia.

3.2 Analisi stato di fatto riferito alle opere di cui alla PE n.4281/2011

Nell'anno 2011, a seguito dell'ipotesi di trasferimento dell'Istituto Marsano all'interno del complesso, si è reso necessario redigere un progetto di adattamento della struttura al fine di poter ospitare la scuola: l'area espositiva, un tempo a tutta altezza e dotata di un soppalco a quota 6,30 m. che copriva solo in parte la superficie disponibile, è stata suddivisa orizzontalmente in due piani distinti, lasciando al piano terra la zona expo accessibile direttamente dall'esterno e creando, al piano secondo, l'area dedicata alle aule scolastiche, accessibile direttamente da vano scale adiacente.

Al fine di eseguire il suddetto intervento, la Città Metropolitana di Genova ha realizzato su fondazione autonoma costituita da plinti su pali, un telaio composto da travi e pilastri in c.a. completamente svincolato e indipendente dalla struttura preesistente, nel rispetto della normativa antisismica vigente all'epoca. Le giunzioni tra le travi di copertura e i pilastri, tra i triglifi e i pilastri sono state rafforzate dalla posa di piastre metalliche sagomate e imbullonate alla struttura, in modo da irrigidire il nodo ed impedire così movimenti roto-traslatori dovuti alle eventuali scosse sismiche.

Nel frattempo l'ipotesi di trasferimento dell'istituto agrario Marsano è decaduta e nel 2015 i nuovi spazi didattici sono stati occupati dalla succursale dell'istituto alberghiero Marco Polo.

3.3 Sintesi delle vulnerabilità riscontrate e/o possibili

Le indagini, le prove e le analisi del manufatto che ospita la succursale dell'istituto alberghiero "Marco Polo" hanno confermato sicuramente la buona qualità costruttiva dell'opera nel suo complesso il cui impianto originario – quasi totalmente prefabbricato - risale a meno di 30 anni fa (1996, ndr).

Sotto il profilo strutturale le risultanze hanno evidenziato, come era lecito attendersi, esiti contrastanti:

- sotto il profilo statico l'edificio risulta correttamente dimensionato con la sola esclusione delle 4 mensole al piano seminterrato (impalcato PT zona "expo", ndr) che manifestano chiari segni di inadeguatezza;
- sotto il profilo antisismico, nonostante il fondamentale intervento di miglioramento del 2014 (collegamento fra tegoli di copertura e strutture di bordo), il complesso è apparso vulnerabile soprattutto nel blocco "expo"

Lo studio condotto dallo scrivente R.T. ha dunque sottolineato aspetti di vulnerabilità concentrata soprattutto nella zona expo e portato alla luce elementi, strutturali e non, con carenze significative prevalentemente riconducibili alle soluzioni tecniche tipiche di un sistema di costruzione a elementi prefabbricati e in ottemperanza a norme vigenti in un'epoca in cui il territorio di San Colombano Certenoli

Come si vedrà meglio nel seguito, le vulnerabilità riguardano sia elementi strutturali rilevanti da un punto di vista antisismico (pilastri, soprattutto nella zona expo) sia elementi non strutturali (ad es.: pannelli di tamponamento) apparentemente ininfluenti e tuttavia capaci determinare, se non adeguatamente collegati alla struttura portante, situazioni di collasso locale e dunque di pericolo per la pubblica incolumità; viceversa, un idoneo ed efficace collegamento fra pannelli di tamponamento e struttura portante possono modificarne (non necessariamente in senso positivo) la risposta sismica.

3.3.1 Vulnerabilità (statiche) al piano seminterrato (PSI)

Porzioni del complesso coinvolte: UFFICI e AREA EXPO'

Elemento: mensole pilastro (di appoggio a travi piano terra)

Descrizione: alcune mensole dei pilastri, destinate a sostenere le travi del piano terra, mostrano uno stato fessurativi con apertura dei lembi della fessura modesta entità, ma avente una propagazione sulle superfici laterali dell'intero elemento.

La direzione della propagazione della lesione è in grado di mostrarci uno schema di armatura classico per gli elementi tozzi, identificato come schema "puntone tirante (in letteratura indicato come metodo "stru and tie").

Si rileva come le mensole in oggetto possano essere state verosimilmente realizzate in opera e quindi non contestualmente al pilastro prefabbricato; questa circostanza consente di avanzare un'ipotesi sulla causa del quadro fessurativo riconducendolo all'inadeguatezza progettuale e costruttiva del singolo elemento.

3.3.2 Vulnerabilità al piano terra (PT)

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO'

Elemento: Mensole pilastro (di appoggio a "trave pannello")

Descrizione: al piano terra della struttura è possibile individuare le mensole in cui trova appoggio la “trave pannello” dei pannelli esterni. La lesione mostra uno stato lesionativo differente dal caso precedente, con apertura dei lembi della fessura di modesta entità, ma avente una propagazione parziale sulle superfici laterali dell'elemento stesso, successivamente non più presente nel blocco che collega la mensola alla trave pannello.

Tale conformazione permette di constatare una vulnerabilità causata dall'eccentricità tra l'asse del pilastro e quella del pannello esterno, la quale risulta di circa 20cm. La causa di questo fenomeno può avere origine oltre che dal peso proprio del pannello applicato in modo eccentrico anche da vibrazioni indotte da eventi sismici, di modesta entità.

3.3.3 Vulnerabilità in copertura (COP)

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO

Elemento: collegamenti pilastri / pannelli

Descrizione: elementi di vulnerabilità sono stati individuati nei collegamenti tra i pannelli esterni e il loro collegamento negli elementi di copertura, i triglifi. Il collegamento tra gli elementi avviene tramite connessioni metalliche, le quali non risultano sufficienti in caso di sisma e/o spostamenti di interpiano, a trasferire gli eventuali sforzi creati.

3.3.4 Vulnerabilità NON STRUTTURALI

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO / BLOCCO UFFICI

Elemento: collegamenti tra pannelli

Descrizione: i collegamenti tra i pannelli esterni viene affidato ad un sistema di incastro a secco con sigillatura delle fughe con prodotti siliconici e talvolta cementizi.

Tale metodo di connessione, rilevato da indagine visiva, rileva insufficienti garanzie di comportamento collaborante fra pannelli adiacenti. La mancanza di solidarietà tra due pannelli adiacenti può provocare cambiamenti allo schema statico di entrambi gli edifici.

Porzioni del complesso coinvolte: PADIGLIONE EXPO / BLOCCO UFFICI

Elemento: collegamenti pilastri / pannelli - fenomeni di ossidazione

Descrizione: questa tipologia di vulnerabilità riguarda, in generale, il degrado di alcuni elementi strutturali. La carenza di manutenzione ha portato, come riscontrato dalle indagini, ad uno stato corrosivo degli elementi di collegamento pilastro/pannelli esterni nell'“AREA EXPO” e ad un'ulteriore corrosione dei ferri di armatura dei tegoli in corrispondenza dell'intradosso, particolarmente visibili nella zona “UFFICI” piano sotterraneo.

Tali fenomeni di degrado, classificati in precedenti paragrafi risultano compromettere la durabilità strutturale e per questo motivo possono essere opportunamente inquadrati come “vulnerabilità” cui è necessario porre attenzione e rimedio.

4. PROGRAMMAZIONE ED ESECUZIONE INDAGINI SPECIALISTICHE

Come già sottolineato nelle pagine precedenti, il manufatto oggetto di studio risale ad epoca relativamente recente (1995) e pertanto numerosi sono i dati ed approfondite le notizie da cui prendere spunto per le indagini e le valutazioni analitiche successive; a maggior ragione gli interventi di carattere strutturale del 2014 sono stati ispirati dai nuovi indirizzi introdotti con le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui inizialmente al DM 2005 ed in seguito al DM 14-1-2008 vigente all'epoca del completamento del solaio al piano secondo nella zona EXPO.

Per questi motivi sono disponibili (e presenti agli atti della Città Metropolitana di Genova, ndr) relazioni di calcolo, elaborati grafici, certificati di prova e collaudi per entrambe le circostanze, costruzione originaria del 1995 e completamento del 2014; appare invece scarsa la conoscenza del sottosuolo per il quale le uniche informazioni derivano dalla relazione del 1995 a firma dott Giacomo Canepa e dalle poche informazioni riguardo le palificazioni realizzate sotto i nuovi plinti del 2014.

Vale la pena comunque ricordare come l'oggetto del presente documento sia esclusivamente la costruzione originaria (blocco SERVIZI+UFFICI e padiglione EXPO monopiano con zona soppalcata a livello P2) in quanto il completamento di P2 per la realizzazione del piano didattico della succursale dell'istituto Marco Polo risulta, per la parte fuori terra, separato da un giunto tecnico di almeno 10cm attualmente occupato da un pannello di EPS.

La definizione della campagna di indagine, indirizzata ad indagare sia il sottosuolo che le strutture fuori terra, è tale da permettere di conseguire il Livello di Conoscenza LC2 sull'edificio previsto dalle norme finalizzato, a valle di specifiche analisi strutturali e modellazioni numeriche, alla valutazione del rischio sismico del manufatto di cui trattasi.

4.1 Indagini nel sottosuolo

Vista la carenza di documentazione in atti gli scriventi hanno ritenuto di dover dedicare una parte sostanziale delle indagini all'esplorazione della natura e della stratigrafia del sottosuolo.

Per questo sono state condotte indagini diversificate quali:

- a) Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni anche indisturbati
- b) Prove penetrometriche dinamiche pesanti
- c) Indagini sismiche a rifrazione
- d) Tromografie

La descrizione e l'esito di tali indagini hanno condotto infine ad inquadrare il sottosuolo, come detto, nella categoria B e ad individuarne una risposta sismica prevalente molto distante, in termini di frequenza, da quella dell'edificio oggetto di studio; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato specifico curato dal geologo, dott. Stefano Romanelli di Chiavari, che costituisce parte integrante del

presente documento e che è stato identificato, nella sua prima emissione del 6 maggio 2019, con il codice MP.G.TU.R00.

4.2 Indagini sulle strutture

Vale la pena ricordare come l'oggetto del presente documento sia stato esclusivamente la costruzione originaria (blocco SERVIZI+UFFICI e padiglione EXPO monopiano con zona soppalcata a livello P2) in quanto il completamento di P2 per la realizzazione del piano didattico della succursale dell'istituto Marco Polo risulta, per la parte fuori terra, separato da un giunto tecnico di almeno 10cm attualmente occupato da un pannello di EPS.

Le indagini specialistiche che sono andate oltre i semplici esami a vista o saggi manuali hanno permesso di trarre conferma della bontà dei materiali utilizzati per la costruzione originaria peraltro prevedibile in quanto le valutazioni preliminari condotte in fase di accesso agli atti hanno evidenziato la netta prevalenza di elementi prefabbricati che, in linea generale, sono garanzia di buona esecuzione.

In tal senso la definizione e programmazione del "Piano delle Indagini" è risultato nel complesso agevole ed ha permesso in realtà di svolgere le valutazioni numeriche, preliminari e di dettaglio, con numerosi e precise informazioni disponibili senza dover ricorrere ad iterazioni/approssimazioni successive.

In ogni caso, le indagini specialistiche sono riepilogate nella documentazione prodotta dalle Ditte specializzate incaricate ove si individua la chiara ubicazione delle prove effettuate su elaborati grafici appositamente predisposti senza tuttavia la necessità di fornire particolari ed ulteriori interpretazioni delle stesse oltre quanto già contenuto nella documentazione di cui sopra.

I risultati ottenuti appaiono nel complesso affidabili in quanto coerenti con la documentazione progettuale originaria e le certificazioni disponibili prodotte in fase di collaudo..

Chiavari, 14 maggio 2019

I tecnici incaricati

Dott.ing. Cristiano Riccamboni (SINGEO SRL)

Dott.arch. Laura Mottola

Ha collaborato:

Dott.ing. Tomaso Lolli (SINGEO SRL)

ALLEGATI:

- MP.V.A – Programmazione indagini e prove sulle strutture
- MP.V.B – Report su indagini situ e prove laboratorio (EDILCONTROL – Arenzano GE)
- MP.V.C – Report su indagini terreno (OMEGA – Savona SV + BORGHIDRILL Chiavari GE)
- MP.V.D – Report su risposta sismica da microtremori (OMEGA – Savona SV)










ALLEGATO MP.V.A

Programmazione indagini e prove in situ sulle strutture

CAMPAGNA INDAGINI STRUTTURALI

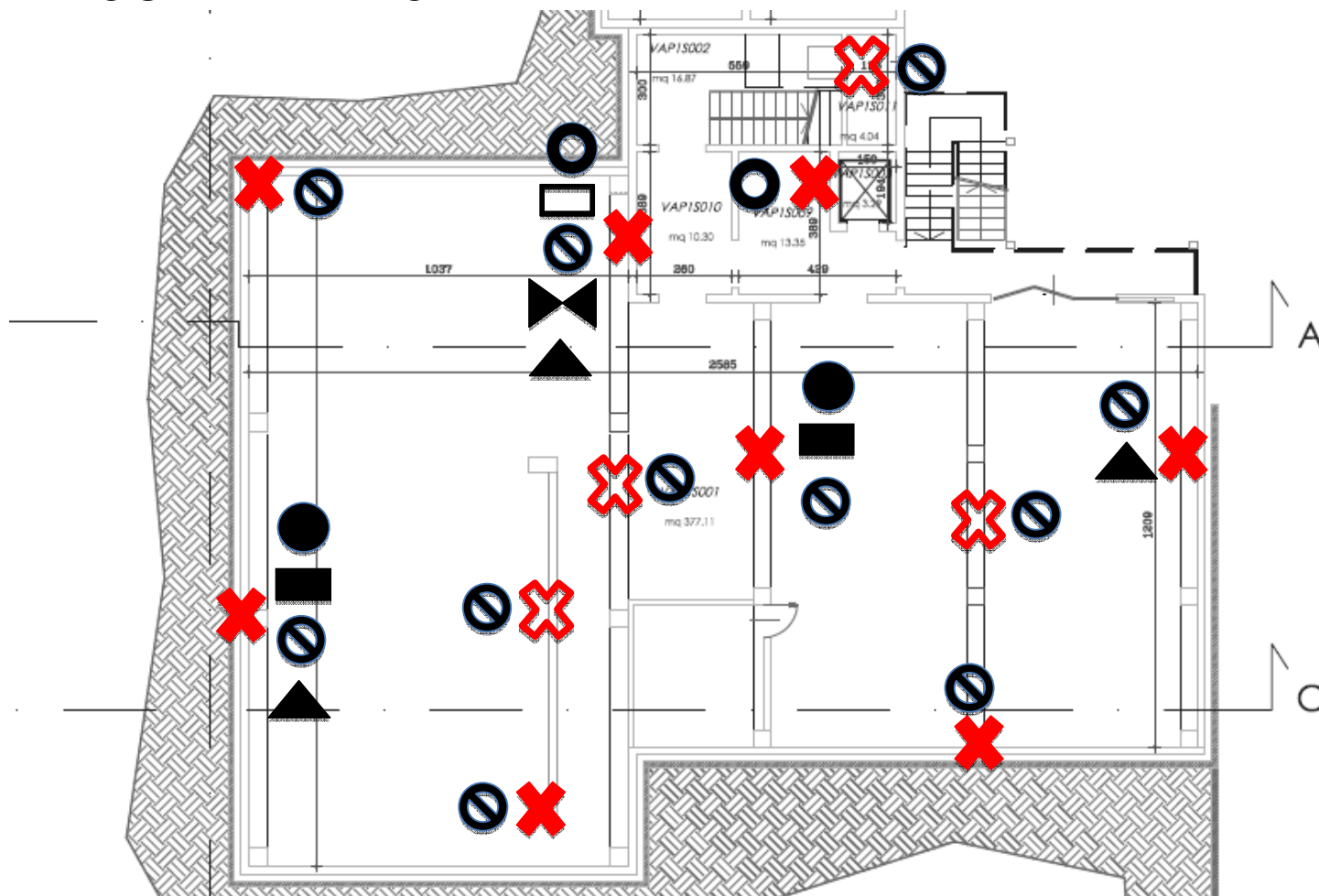
DEFINIZIONE PROVE IN SITU ED IN LABORATORIO (NTC 2018 e Circ.2019)

LEGENDA:

		n.ro
	PUNTO DI INDAGINE STRUTTURALE SU ELEMENTO VERTICALE (ISV_nn)	16
	PUNTO DI INDAGINE STRUTTURALE SU ELEMENTO ORIZZONTALE o INCLINATO (ISH_nn)	10
	CAROTA CALCESTRUZZO PREFABBRICATO (CRT_CLS_PREF)	2
	CAROTA CALCESTRUZZO IN OPERA (CRT_CLS_OPR)	1
	PULL-OUT CALCESTRUZZO PREFABBRICATO (POT_CLS_PREF)	7
	PULL-OUT CALCESTRUZZO IN OPERA (POT_CLS_OPR)	5
	CAMPIONATURA ACCIAIO IN BARRE (CMP_ACC_ALL)	4
	DUREZZA VICKERS (VCK_ACC_ALL)	4
	SCLEROMETRICHE (SCL_CLS_ALL)	20

Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli

1. PIANO SEMINTERRATO



DEFINIZIONE PROVE IN SITU

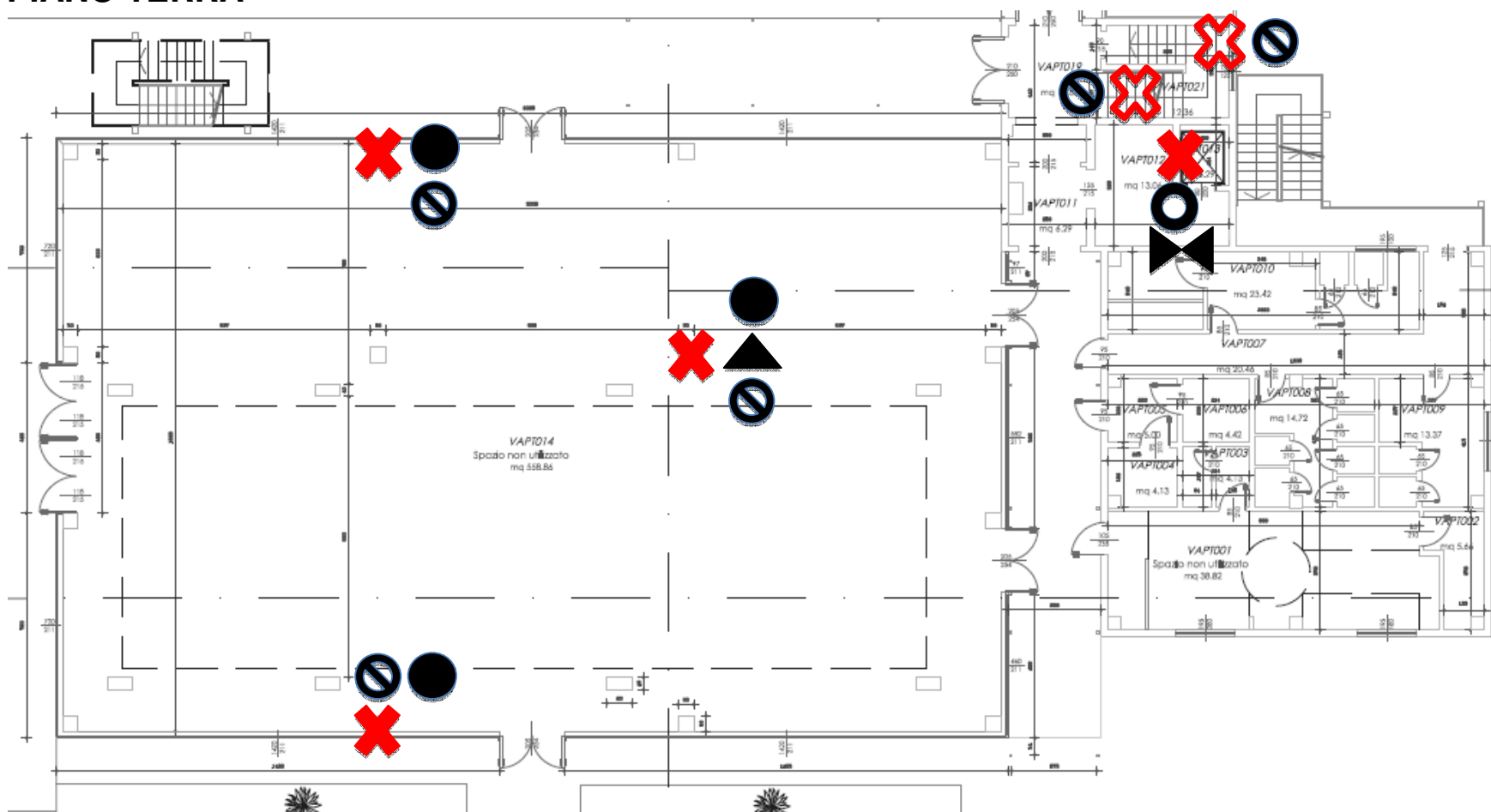
2

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO “SINGEO + GEOL.ROMANELLI + ARCH.MOTTOLA”

Via G. Bontà, 71/1A - 16043 CHIAVARI (GE) - Tel. 0185 307745 - e-mail: info@singeo.it - PEC: info@pec.singeo.it

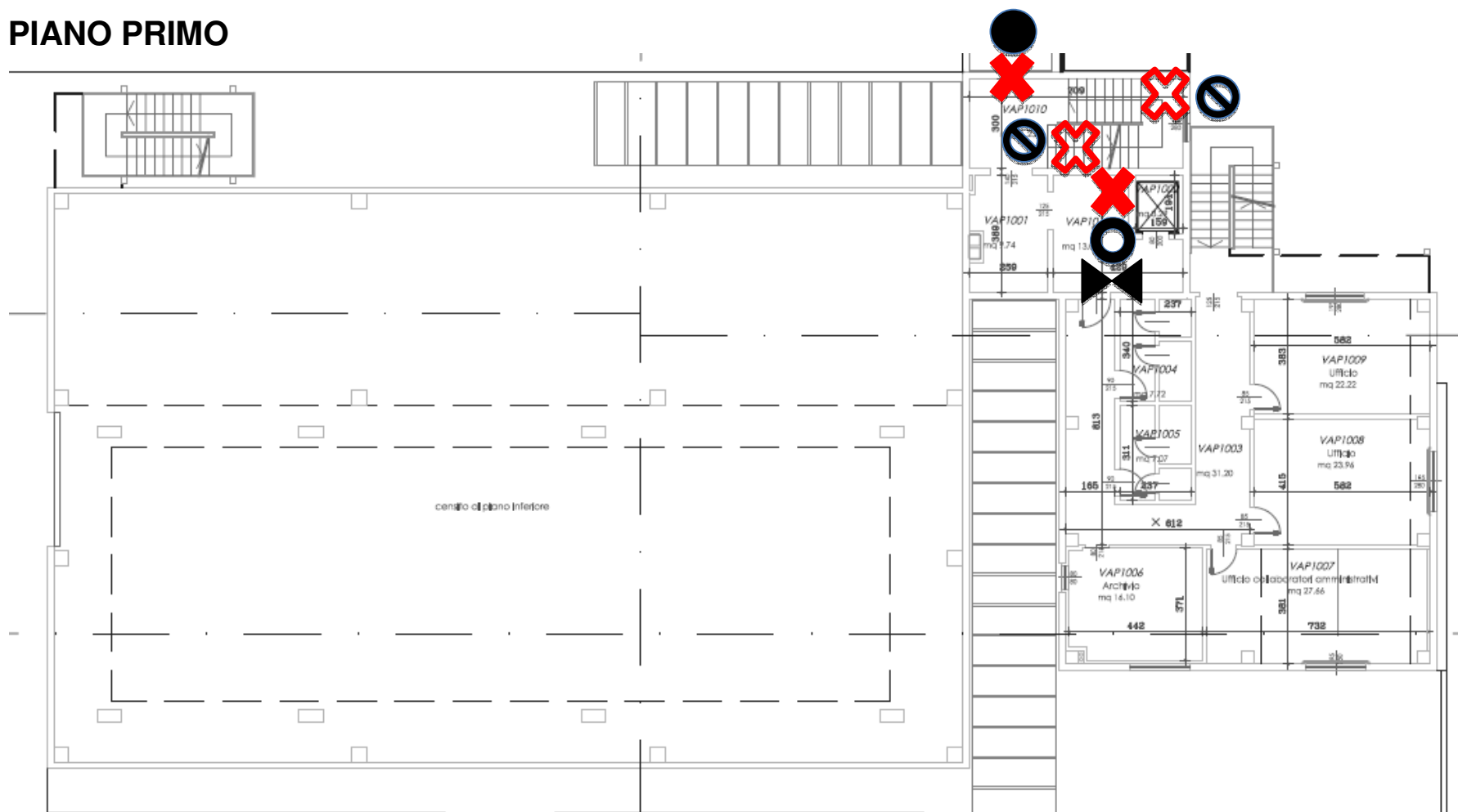
**Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli**

2. PIANO TERRA



**Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli**

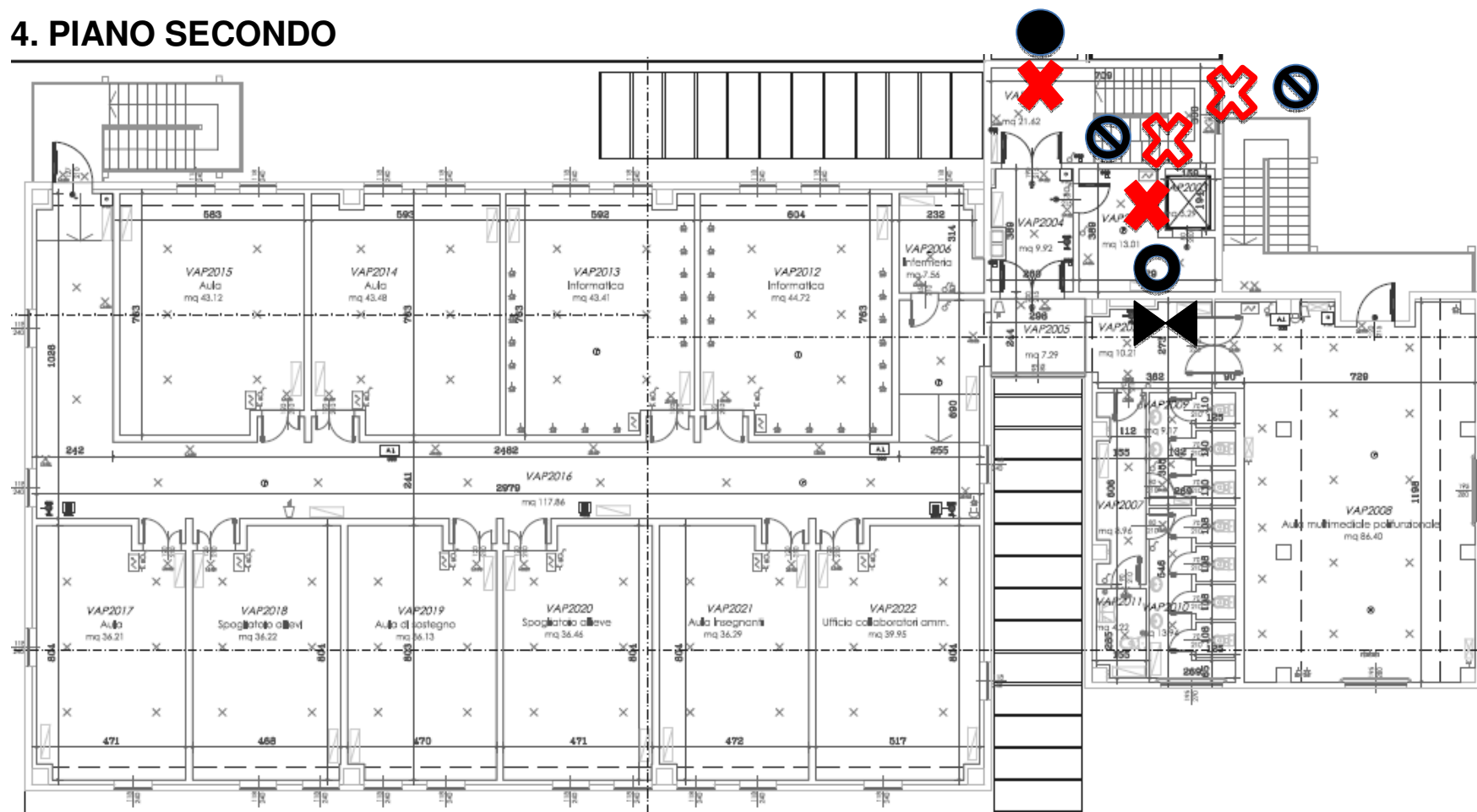
3. PIANO PRIMO



DEFINIZIONE PROVE IN SITU

**Edificio CEA 268A - I.P.S.E.O.A. Polo Marco - Succursale - piani primo e secondo
Via Soracco Agostino , 7 - San Colombano Certenoli**

4. PIANO SECONDO



ALLEGATO MP.V.B

Report su indagini situ e prove laboratorio (EDILCONTROL – Arenzano GE)

INDAGINI IN SITO
ISTITUTO MARCO POLO
SAN COLOMBANO CERTENOLI (GE)

Committente: Singeo Srl

Arenzano, Aprile 2019



EDILCONTROL S.r.l.

Identif.	N.° pagina	Data	Committ.	Titolo	Redazione	Verifiche approvazione	Direzione e distribuzione
ET120/19	1/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)	Ing. Beni	Geom. Sessa	Geom. Sessa
					<i>Beni</i>	<i>Sessa</i>	<i>Sessa</i>

Riproduzione vietata

INDICE

1	PREMESSA	3
2	METODOLOGIE DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	4
2.1	Rilievo magnetometrico dei ferri di armatura (BS 1881 pt.204)	4
2.1.1	Generalità	4
2.1.2	Strumentazione utilizzata	4
2.2	Carotaggio e prova di compressione su carota.....	6
2.2.1	Generalità	6
2.2.2	Strumentazione utilizzata	6
2.3	Prova di estrazione o Pull-out (UNI EN 12504 pt.3).....	6
2.3.1	Generalità	6
2.3.2	Strumentazione utilizzata	7
2.4	Misura dell'indice di rimbalzo - sclerometria (UNI EN 12504 pt.2)	7
2.4.1	Generalità	7
2.4.2	Strumentazione utilizzata	8
2.5	Prelievo e prova di trazione di barre di armatura.....	8
2.5.1	Generalità	8
2.5.2	Strumentazione utilizzata	8
2.6	Prove durometriche - Metodo UCI	8
2.6.1	Generalità	8
2.6.2	Strumentazione.....	9
3	PROCEDURA DI INDAGINE.....	9
4	ANALISI DEI RISULTATI	9
4.1	Fenomeni di carbonatazione	9
4.2	Resistenza meccanica del calcestruzzo – prove dirette di compressione	10
4.3	Resistenza meccanica del calcestruzzo – prove non distruttive.....	11
4.4	Sclerometro.....	12
4.5	Prove durometriche UCI	13
5	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	14
6	ALLEGATI	24
	Certificati prove	24
	All. 1-4 – Posizionamento punti di indagine	24

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	2/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a seguito delle indagini eseguite in data 11 e 12 Aprile 2019 su incarico di Singeo Srl presso l'Istituto Marco Polo, sito in località Calvari a San Colombano Certenoli (GE).

Oggetto di indagine sono state le strutture portanti dell'edificio; obiettivo dei rilievi è stato:

- ⇒ la valutazione della resistenza meccanica del conglomerato tramite prove dirette di compressione su provini estratti mediante carotaggio, prove di estrazione tasselli (pull-out) e indagini sclerometriche;
- ⇒ la caratterizzazione meccanica delle barre d'armatura mediante il prelievo di alcuni campioni per la successiva prova a trazione e prove di durezza in sito.

Hanno presenziato alle prove:

Ing. Cristiano Riccamboni	Singeo Srl
---------------------------	------------

Hanno eseguito le prove:

Geom. Mauro Torazza	Edilcontrol Srl - sperimentatore riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
Dott. Flavio Paolucci	Edilcontrol Srl - sperimentatore riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	3/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

2 METODOLOGIE DI INDAGINE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 RILIEVO MAGNETOMETRICO DEI FERRI DI ARMATURA (BS 1881 PT.204)

2.1.1 GENERALITÀ

L'indagine si inserisce nell'ambito del "Rilievo dei dettagli costruttivi" su strutture in calcestruzzo armato così come richiesto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Il rilievo della disposizione e della profondità dei rinforzi avviene in maniera assolutamente non invasiva mediante localizzatore di armature; in funzione della geometria e della profondità delle barre può essere necessario procedere ad una locale rimozione di copriferro per accertare i diametri in gioco in maniera diretta. La prova pacometrica consente anche di individuare le zone dell'elemento prive di armatura nelle quali eseguire le indagini finalizzate alla conoscenza delle caratteristiche del calcestruzzo, quali, ad esempio, il prelievo di carote, le prove sclerometriche e quelle ultrasoniche. Ne consegue che l'indagine pacometrica deve essere preliminare a qualsiasi altro tipo di indagine, distruttiva e non, condotta su elementi in cemento armato.

2.1.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il magnetometro (o pacometro) utilizzato è stato il Profometer 5 Mod. Scanlog s.n. 52.3050, prodotto dalla Proceq SA.

La precisione nella determinazione del diametro è funzione dello spessore del copriferro (che non deve essere superiore ai 70mm c.ca) e dell'arrangiamento geometrico dei rinforzi; è infatti possibile che in situazioni dove i rinforzi metallici siano particolarmente vicini fra loro o i ferri di ripartizione molti fitti la precisione scenda al di sotto di quanto illustrato in figura 1 (curva di risoluzione teorica, valida per determinazioni su barra singola).

La precisione nella determinazione del copriferro è riportata in figura 2, per il range utile 0–180mm, funzione del diametro.

Per quanto riguarda i problemi derivanti dalla presenza di ferri ravvicinati, è previsto nel software di acquisizione un fattore correttivo dovuto alla vicinanza dei ferri più prossimi; in figura 3 è riportato l'andamento della spaziatura minima rilevabile tra due ferri in funzione del ricoprimento, al variare dei diametri in questione.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	4/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

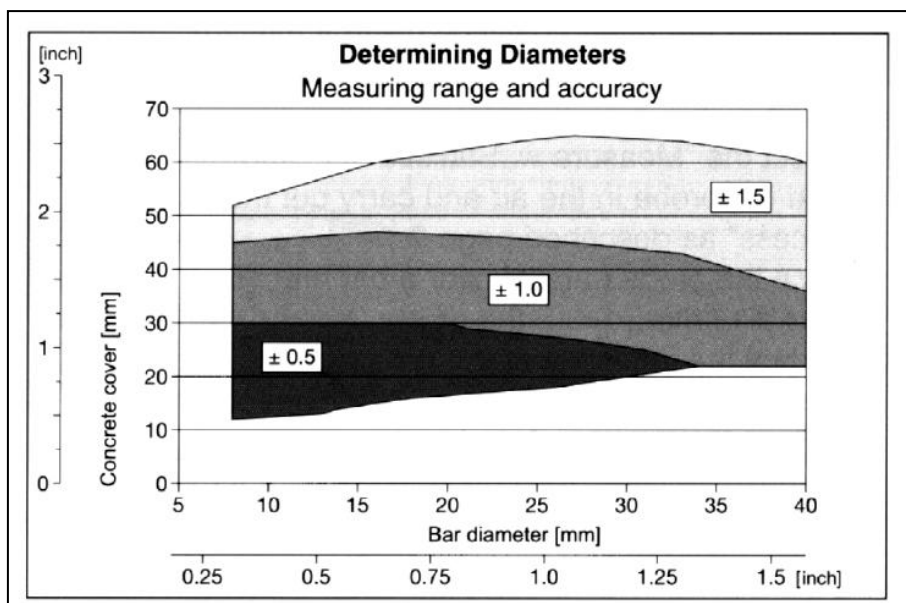


Figura 1 - Campi di misura e precisione nella determinazione dei diametri.

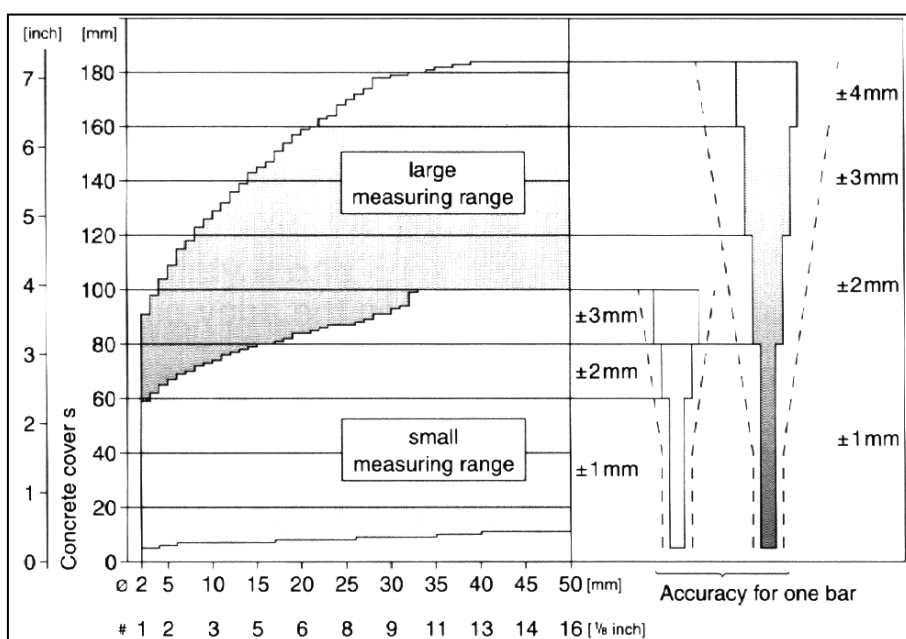


Figura 2 - Campi di misura e precisione nella determinazione del copriferro.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	5/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

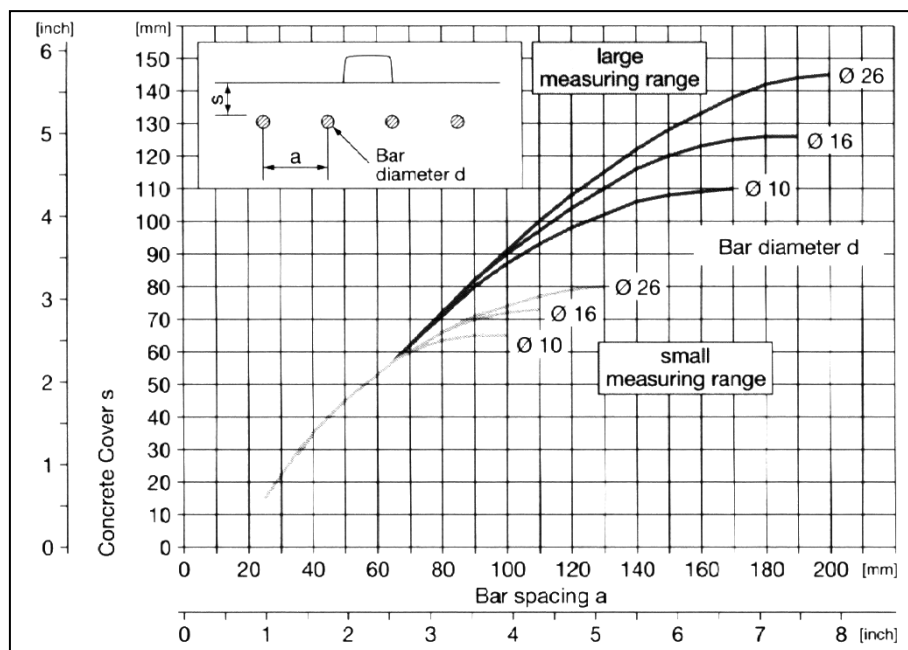


Figura 3 - Minima spaziatura tra ferri rilevabile.

2.2 CAROTAGGIO E PROVA DI COMPRESSIONE SU CAROTA

2.2.1 GENERALITÀ

L'indagine si inserisce nell'ambito della "Definizione delle caratteristiche dei materiali" su strutture in calcestruzzo armato così come richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni; ai sensi della normativa è la prova irrinunciabile per fornire un valore certo di resistenza a compressione del conglomerato. Preliminare all'operazione del carotaggio viene svolta una indagine pacometrica mediante la quale vengono rilevate le barre di armatura prossime alla zona in cui si intende eseguire il prelievo, al fine di escluderle dal percorso del carotaggio stesso. La carota estratta, mediante carotaggio a umido secondo UNI EN 12504-1, viene normalmente sottoposta al test colorimetrico alla fenoltaleina (misura della profondità di carbonatazione secondo UNI 9944), quindi si procede al taglio e alla rettifica delle superfici per ricavare un provino utile per la prova di compressione (UNI EN 12390-3).

2.2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il prelievo di calcestruzzo allo stato indurito è stato eseguito con carotatrice elettrica Tyrolit HCCB-24, equipaggiata con foretto a corona diamantata diametro nominale 100mm; la tipologia di pressa utilizzata per la prova di compressione e la relativa certificazione di riferimento è riportata nel certificato della prova di compressione allegato.

2.3 PROVA DI ESTRAZIONE O PULL-OUT (UNI EN 12504 PT.3)

2.3.1 GENERALITÀ

La prova di pull-out consiste nella misura della forza necessaria a strappare dal calcestruzzo un inserto metallico standardizzato pre-installato o post-inserito; l'informazione così ottenuta permette di valutare qualitativamente la resistenza del conglomerato, evidenziando comparativamente le eventuali differenze fra i diversi elementi. Nella pratica ricorrente si utilizzano tasselli post-inseriti per cui è necessario realizzare

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	6/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

dei fori che devono essere svasati internamente ed essere realizzati ad una distanza dai ferri di armatura prevista dalla normativa. Il tassello viene inserito tramite battitura che determina l'apertura della parte terminale dello stesso, sviluppando così una notevole forza d'attrito. Lo strappo avviene mediante un sistema idraulico composto da una pompa manuale dotata di un manometro di precisione e da un martinetto, per il quale è necessario prevedere un opportuno sistema di contrasto. La prova di pull-out prevede, per ogni area di misura, l'estrazione di tre tasselli. Effettuate le estrazioni, viene calcolata la media tra i valori della forza F di estrazione espressa in bar. Qualora uno di essi si discosti di più del 20% dal valore medio, tale valore dovrà essere sostituito dal risultato di un'ulteriore estrazione eseguita in prossimità delle altre; se anche in questo caso il criterio di accettazione non risulta verificato si dovranno ripetere le 3 estrazioni in una nuova zona adiacente.

Si sottolinea come il valore misurato interessi lo strato superficiale della struttura indagata per uno spessore di circa 4-5 cm. In presenza di superfici intonacate è necessario provvedere preventivamente alla rimozione dell'intonaco ed alla regolarizzazione della superficie da indagare.

In mancanza di prove dirette di compressione su carote i responsi di questa prova possono fornire una stima indicativa della resistenza meccanica del conglomerato attraverso varie espressioni di bibliografia.

In abbinamento alle prove dirette di compressione questa indagine consente di:

- ridurre il numero di carotaggi necessari;
- garantire che i punti scelti per i carotaggi siano rappresentativi della struttura;
- mediante la costruzione di curve di correlazione specifiche per la struttura investigata, estendere l'informazione delle prove di compressione ad un numero superiore di elementi.

2.3.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'esecuzione delle prove pull-out è stata utilizzata la seguente strumentazione: cilindro idraulico modello CMF20L50X1 della Euro Press Pack, n° di serie 05/04818 058634B conforme alle norme EN292-1/92, EN292-2/92 ed EN982/96; pompa a mano in lega leggera da 700 bar della Euro Press Pack; manometro digitale AEP Transducers mod LabDDM con indicatore di massima scala 0-1000bar; tubi rinforzati con attacco a ghiera; trapano a percussione rotazione con Punta Zykon FZUB; tasselli Fischer FZA 14x40 M10/25; percussore FZE con guida per foro per tassello Zykon filettato.

2.4 MISURA DELL'INDICE DI RIMBALZO - SCLEROMETRIA (UNI EN 12504 PT.2)

2.4.1 GENERALITÀ

Il metodo dell'indice di rimbalzo utilizza lo sclerometro per misurare l'energia elastica assorbita dal calcestruzzo a seguito di un impatto. Il metodo consiste nel provocare l'impatto di una massa standardizzata contro la superficie del materiale sottoposto a prova e nel misurare l'altezza del rimbalzo, la misura è espressa in termini di percentuale dell'altezza di rimbalzo rispetto alla distanza percorsa della massa in movimento tra l'istante in cui è rilasciata e quando colpisce la superficie del calcestruzzo. Questa percentuale è detta indice di rimbalzo N ed è correlabile alla resistenza meccanica della superficie del calcestruzzo.

L'indice di rimbalzo è correlato alla resistenza a compressione del calcestruzzo, ma è influenzato da numerosi altri fattori, tra cui:

- ⇒ le condizioni di umidità del calcestruzzo in superficie (una superficie umida conduce ad un indice di rimbalzo più basso);

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	7/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

- ⇒ la presenza di uno strato superficiale carbonatato (aumenta l'indice di rimbalzo);
- ⇒ la tessitura superficiale (una superficie ruvida fornisce generalmente un indice di rimbalzo più basso);
- ⇒ l'orientazione dello strumento rispetto alla verticale (sono disponibili fattori di correzione approssimati);
- ⇒ l'età del calcestruzzo;
- ⇒ la dimensione e il tipo degli aggregati.

2.4.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'apparecchiatura utilizzata è lo sclerometro scrivente per calcestruzzo Schimdt NR-10 s.n. 39729, verificato in conformità alla UNI EN 12504 pt.2 sull'incudine di taratura s.n. E03/054.

2.5 PRELIEVO E PROVA DI TRAZIONE DI BARRE DI ARMATURA

2.5.1 GENERALITÀ

L'indagine si inserisce nell'ambito della "Definizione delle caratteristiche dei materiali" su strutture in calcestruzzo armato così come richiesto dalle recenti Norme Tecniche per le Costruzioni. Il provino viene ottenuto mediante taglio di una porzione di rinforzo esposto in seguito a rimozione del copriferro mediante demolitore; i parametri che si ottengono dalla successiva prova di trazione (UNI EN ISO 15630/1) sono il carico di snervamento, il carico di rottura e l'allungamento residuo.

2.5.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Il prelievo di barre di armatura è stato eseguito mediante taglio con smerigliatrice angolare equipaggiata con disco da taglio per metalli; la tipologia di pressa utilizzata per la prova di trazione e la relativa certificazione di riferimento è riportata nel certificato della prova di trazione allegato.

2.6 PROVE DUROMETRICHE - METODO UCI

2.6.1 GENERALITÀ

Il metodo UCI (Impedenza Ultrasonica del Contatto) utilizza lo stesso tipo di diamante a forma piramidale dei durometri convenzionali Vickers. A differenza di questi ultimi, però, non è richiesta alcuna valutazione ottica della penetrazione, consentendo misurazioni veloci e portatili. Il metodo UCI eccita una barretta provocandone l'oscillazione ultrasonica. Il carico per la prova viene applicato tramite una molla la cui forza varia tipicamente da 1 a 5 kg (HV1 - HV5). Quando il diamante penetra nel materiale la frequenza dell'oscillazione indotta nella barretta cambia in risposta all'area di contatto fra il diamante e il materiale sottoposto a prova. Lo strumento rileva la variazione della frequenza e la traduce in un valore di durezza.

Vantaggi rispetto al metodo Rockwell e Brinell: prova non distruttiva, grazie al minore carico applicato e quindi solo con un cratere di penetrazione microscopicamente più piccolo.

Vantaggi rispetto al metodo Vickers: viene a mancare l'impegnativa misurazione ottica. In questo caso si può misurare direttamente sul posto, p.es. un pezzo installato.

Vantaggi rispetto al metodo Leeb: vengono a mancare in larga misura gli elevati requisiti relativi al peso proprio dell'oggetto di prova

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	8/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

2.6.2 STRUMENTAZIONE

Il durometro utilizzato è prodotto dalla Sauter GmbH, modello HO con sonda 5k, numero di serie IN170006. Campo di misurazione in funzione delle durezze: HRC: 20,3–68; HRB: 41–100; HRA: 61-85,6; HV: 80–1599; HB: 76–618; Resistenza alla trazione: 255–2180 N/mm².

Precisione: ± 3 HV; $\pm 1,5$ HR; ± 3 % HB

Unità visualizzate : HRC, HV, HBS, HBW, HK, HRA, HRD, HR15N, HR30N, HR45N, HS, HRF, HR15T, HR30T, HR45T, HRB.

Peso minimo dell'oggetto di prova: 300 g per la misurazione diretta con il sensore. Spessore minimo oggetto di prova: 1 mm. Superficie di misurazione minima consigliabile ca. 5x5 mm

Standard normativi: l'apparecchio è conforme alle seguenti norme tecniche: DIN 50159- 1-2008; ASTM-A1038-2005; JB/T9377-2013

3 PROCEDURA DI INDAGINE

Su indicazione del consulente tecnico sono stati eseguiti 3 carotaggi, 2 prelievi di barre d'armatura, 4 prove di durezza su barre d'armatura, 20 indagini sclerometriche e 12 prove pull-out.

Per prima cosa con il localizzatore di armature sono state indagate le superfici dell'elemento da caratterizzare; i rinforzi metallici individuati sono stati evidenziati con un marcatore per procedere successivamente all'esecuzione del carotaggio, dell'indagine sclerometrica, del pull-out dove previsto.

I campioni di calcestruzzo prelevati, dopo essere stati sottoposti alla prova di carbonatazione, sono stati sottoposti a taglio, rettifica e prova di compressione per valutarne la resistenza.

I campioni di barre di armatura sono stati sottoposti a prova di trazione in laboratorio per valutarne le caratteristiche meccaniche. Su alcune barre d'armatura in sito sono state eseguite prove di durezza dopo aver preparato la barra in modo tale da rendere la superficie idonea all'esecuzione della prova.

4 ANALISI DEI RISULTATI

L'indagine ha interessato un totale di 26 piazzole posizionate secondo quanto illustrato nelle planimetrie allegate in cui sono riportate anche le tipologie di prove svolte per ogni piazzola; i risultati delle prove sono presentati nei paragrafi seguenti.

4.1 FENOMENI DI CARBONATAZIONE

La misura della profondità di carbonatazione sulla carota estratta avviene mediante la spruzzatura con fenoltaleina che permette infatti di evidenziare quelle zone già permeate dalla CO₂ ambientale e quindi caratterizzate da un pH meno basico di quello caratteristico di un conglomerato fresco.

Si ricorda che tale fenomeno non costituisce di per sé un degrado del calcestruzzo, ma è di importanza cruciale per lo stato di conservazione dei rinforzi metallici, in quanto il ferro non più protetto da un intorno sufficientemente basico va incontro a depassivazione ed è quindi passibile di arrugginimento.

Nel caso presente le prove eseguite hanno rilevato profondità di carbonatazione nulle o assai ridotte; il rischio di attacco ossidativo si presenta quindi per il momento come remoto.

Di seguito le carote estratte dopo essere state sottoposte alla prova di carbonatazione: la colorazione magenta deriva dalla prova e rappresenta il calcestruzzo sano.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	9/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)



4.2 RESISTENZA MECCANICA DEL CALCESTRUZZO – PROVE DIRETTE DI COMPRESSIONE

La valutazione della resistenza meccanica del calcestruzzo a partire da prove di compressione su provini ottenuti mediante carotaggio è stata fatta seguendo le *“Linee guida per la valutazione delle caratteristiche del calcestruzzo in opera”*.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	10/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Si tenga presente che per carote con snellezza $\lambda = \text{rapporto altezza/diametro} = 1$ (con tolleranza $\pm 0,05$) la resistenza determinata è cubica, mentre per campioni aventi $\lambda = 2$ (con tolleranza $\pm 0,05$) la resistenza è cilindrica.

La resistenza alla compressione, determinata su carota, è penalizzata dalla riduzione in quota parte del contributo proveniente dagli aggregati presenti sulla superficie laterale della carota. Tale effetto, a parità di diametro del provino, viene minimizzato per calcestruzzi di classe di resistenza elevata e si riduce al crescere della dimensione massima degli aggregati presenti. Questa riduzione di resistenza viene considerata nel calcolo della resistenza strutturale, tramite l'introduzione di un coefficiente moltiplicativo detto "fattore di disturbo" F_d che moltiplica la resistenza a rottura della carota, ottenendo la resistenza in sito ($R_{c,is}$ o $f_{c,is}$).

Sulla base di queste considerazioni vengono riportate nella seguente tabella i valori rilevati sperimentalmente e la resistenza in sito dopo l'applicazione del fattore di disturbo (ricavato dalla tabella del paragrafo 3.2 delle linee guida sopra citate e valido per $h/d=1$ e $d=100\text{mm}$).

Posizionamento		Prelievo			Dati da certificato					Resistenza	
Id. campione	Elemento	l_0 [mm]	CO ₂ media [mm]	CO ₂ MAX [mm]	d [mm]	h [mm]	MV [kg/m ³]	R _c [N/mm ²]	Snellezza λ	Fattore disturbo	R _{c,is} [N/mm ²]
P04	Pilastro piano semint.	170	0	0	74	74.9	2242	64.0	1.01	1.000	64.0
P07	Parete piano semint.	133	3	6	94	95.2	2285	51.9	1.01	1.000	51.9
P10	Pilastro piano semint.	200	0	0	94	94.5	2288	68.3	1.01	1.000	68.3

Legenda			
$l_0 =$	lunghezza provino estratto	CO ₂ =	profondità di carbonatazione
d =	diametro provino	h =	lunghezza dopo rettifica
R _c =	resistenza carota	$\lambda =$	fattore di snellezza
		CO ₂ MAX =	profondità max di carbonatazione
		MV =	massa volumica calcestruzzo
		R _{c,is} =	resistenza cubica in sito del campione

4.3 RESISTENZA MECCANICA DEL CALCESTRUZZO – PROVE NON DISTRUTTIVE

Il calcolo delle resistenze meccaniche a partire dai dati dei controlli non distruttivi è stato eseguito secondo una curva presente in bibliografia, specifica per la metodica in questione. Nel caso presente si è fatto uso della seguente espressione relativa alla prova di estrazione o pull-out:

$$R_{c,pull-out} = 0.092 \times F + 94.1 \quad (1) \quad [\text{Ingg. Tiziano e Fiorenzo Meneghetti - Padova}]$$

con:

$R_{c,pull-out}$: resistenza cubica a compressione in kg/cm²

F: forza di estrazione in kg

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	11/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Posizionamento		Pull- out					
Piazzola	Elemento	n	F media [kN]	F MAX [kN]	F min [kN]	Dev. Std.	Resistenza bibliografia Rc [N/mm ²]
P04	pilastro	3	>54	>55.6	>52	1.8	>58.9
P07	parete	3	>54	>54.6	>52.7	1.1	>58.9
P10	pilastro	3	>53.3	>53.7	>53	0.3	>58.3
P12	parete	3	42.8	47.5	37.8	4.9	48.6
P14	pilastro	3	>53.1	>53.7	>52.7	0.5	>58.1
P15	pilastro	3	>52.4	>54.3	48.8	3.1	>57.4
P16	pilastro	3	>47.6	>53.3	39.7	7.1	>53
P18	parete	3	49.2	50.7	47.2	1.8	54.5
P21	parete	3	45.7	47.8	43.9	2.0	51.2
P22	parete	3	32.2	33.9	31.0	1.5	38.8
P23	parete	3	43.0	44.6	41.7	1.5	48.8
P25	parete	3	>45.3	>47.5	43.3	2.1	>50.9

Tabella 1 – Risultati prove di pull-out.

Nella tabella i valori con il simbolo “>” indicano che la rottura non è avvenuta per formazione del cono di espulsione del calcestruzzo ma bensì per collasso del tassello.

4.4 SCLEROMETRO

La formula utilizzata per la stima della resistenza meccanica del conglomerato, ricavata dalla tabella riportata sullo strumento, è la seguente:

$$R_{csclerometro} = 0.0106 \times I_r^2 + 0.9244 \times I_r - 13.5055$$

con:

Rc: resistenza cubica a compressione in N/mm²

Ir: indice di rimbalzo sclerometrico

La distribuzione dei valori di indici di rimbalzo misurati sulle varie postazioni è illustrata nella seguente tabella.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	12/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Posizionamento		Sclerometro							
Piazzola	Elemento	n	α [deg]	Ir medio	Ir max	Ir min	Coeff. variaz.	Ir medio $\alpha = 0^\circ$	Rc [N/mm ²]
P01	pilastro	14	0	55	58	50	0.00	55	69.4
P02	trave	14	0	57	59	54	0.00	57	73.6
P03	pilastro	14	0	54	57	45	0.10	54	67.3
P04	pilastro	14	0	56	60	54	0.00	56	71.5
P05	trave	15	0	56	58	53	0.00	56	71.5
P06	trave	14	0	40	43	38	0.00	40	40.4
P07	parete	14	0	51	58	43	0.10	51	61.2
P08	trave	15	0	41	48	38	0.10	41	42.2
P09	pilastro	14	0	47	52	42	0.10	47	53.4
P10	pilastro	14	0	55	58	46	0.10	55	69.4
P11	pilastro	14	0	51	58	42	0.10	51	61.2
P13	rampa	14	45	50	53	45	0.10	49	57.2
P14	pilastro	14	0	49	55	45	0.10	49	57.2
P15	pilastro	14	0	49	53	43	0.10	49	57.2
P16	pilastro	14	0	51	54	45	0.00	51	61.2
P17	rampa	14	45	49	54	44	0.10	48	55.3
P19	rampa	14	45	52	56	45	0.10	51	61.2
P20	rampa	14	45	51	57	45	0.10	50	59.2
P23	parete	14	0	52	56	45	0.10	52	63.2
P24	parete	14	0	55	60	53	0.00	55	69.4

E' opportuno ricordare quanto indicato dalla normativa UNI-EN 12504-2/2001 che a proposito della prova segnala come "Il metodo di prova non è inteso come un'alternativa per la determinazione della resistenza a compressione del calcestruzzo ma, con una opportuna correlazione, può fornire una stima della resistenza in sito."

4.5 PROVE DUROMETRICHE UCI

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei risultati delle prove con indicato il valore di durezza Vickers rilevato. Al fine di fornire una valutazione indicativa sul carico di rottura presunto del materiale si può fare riferimento alla UNI EN ISO 18265, ottenendo i valori riportati in tabella.

Postazione	Durezze HV	Durezza media HV	Resistenza rottura [N/mm ²]
P01	178-175-175-168-165-167-173-176-174	172	552
P07	189-190-179-191-191-183-196-189-183	188	602
P10	172-169-168-176-178-171-177-178-182	175	559
P14	164-172-174-166-167-168-172-176-180	171	547

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	13/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

5 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Figura 4 - P01.



Figura 5 - P02.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	14/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 6 - P03.



Figura 7 - P04.



Figura 8 - P05 (trave inferiore prefabbricata) P06 (trave superiore gettata in opera).

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	15/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)



Figura 9 - P07.



Figura 10 - P08.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	16/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 11 - P09.



Figura 12 - P10.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	17/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 13 - P11.



Figura 14 - P12.



Figura 15 - P13.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	18/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)



Figura 16 - P14.



Figura 17 - P15.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	19/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 18 - P16.

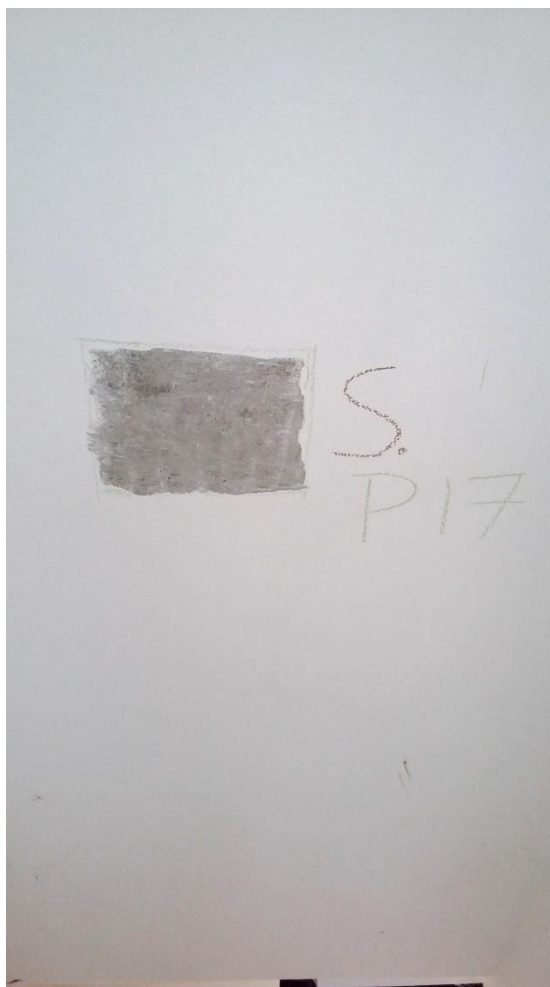


Figura 19 - P17.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	20/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)



Figura 20 - P18.



Figura 21 - P19.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	21/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 22 - P20.



Figura 23 - P21.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	22/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata



Figura 24 - P22.



Figura 25 - P23.



Figura 26 - P24.

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	23/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

Riproduzione vietata

*Figura 27 - P25.**Figura 28 - P26.*

6 ALLEGATI

Negli allegati in calce alla presente si riportano i certificati delle prove di compressione sulle carote e di trazione sulle barre d'armatura, il posizionamento schematico dei punti di indagine.

CERTIFICATI PROVE

ALL. 1-4 – POSIZIONAMENTO PUNTI DI INDAGINE

Identif.	N.° pagina	Data	Committente	Titolo
ET120/19	24/24	Aprile 2019	Singeo Srl	Indagini in sito - Istituto Marco Polo, S. Colombano Certenoli (GE)

RAPPORTO DI PROVA n. 191102/0930 del 29/04/2019

VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 38484 DEL 16/04/2019

PROVA DI COMPRESSIONE SUL CALCESTRUZZO

(UNI EN 12390-3; UNI EN 12504-1)

RICHIEDENTE	Committente
Singeo Srl Via G.Bontà 71/1A 16043 Chiavari - GE	-

OGGETTO - CANTIERE DI RIFERIMENTO
Scuola Istituto Marco Polo San Colombano Certenoli GE

MATERIALE - CARATTERISTICHE DICHIARATE	MODALITA' DI PRELIEVO
N. 3 carote calcestruzzo	Campioni prelevati da tecnici Edilcontrol

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA
Pressa Controls 3000 kN matr. 07000/488 - ultima taratura annuale eseguita dal Politecnico di Milano in data 08/03/2019
Bilancia EUROBIL FLY-TN matr. 05683 - ultima taratura annuale eseguita da Sacile-Delucchi in data 07/11/2018

RISULTATI DELLE PROVE

Data esecuzione prove: 29 aprile 2019

N°	Identificazione campioni	Massa volumica [kg/m³]	Dimensioni		Snellezza $\lambda = h/d$ [mm²]	Sezione resistente [mm²]	Resistenza		Tipo di rottura (**)
			diametro d [mm]	altezza h [mm]			totale [kN]	unitaria $R_u^{(*)}$ [N/mm²]	
1	P04	2242	74.0	74.9	1.01	4301	275.1	64.0	1
2	P07	2285	94.0	95.2	1.01	6940	360.3	51.9	1
3	P10	2288	94.0	94.5	1.01	6940	473.7	68.3	1

(*) Secondo UNI-EN 12504-1 la resistenza unitaria rilevata R_u deve essere paragonata alla resistenza cilindrica f_c se la snellezza λ è uguale a 2.0 e deve essere paragonata alla resistenza cubica R_c se λ è uguale a 1.0

(**) Tipo di rottura: 1 Soddisfacente; -n Non soddisfacente (n=tipo di rottura secondo UNI 12390-3, tab.2)

Rettifica provini eseguita. Le tolleranze sulla dimensione, sulla perpendicolarità e sulla planarità sono rispettate.

SPERIMENTATORE

Dott. Simone Sartoris



DIRETTORE DEL LABORATORIO

Ing. Fabio Beni



Rapporto di prova n. 191264/1086 del 07/05/2019

VERBALE DI ACCETTAZIONE N. 38484 DEL 07/05/2019

PROVA DI TRAZIONE SU ACCIAIO PER C.A.

(UNI EN 15630-1; D.M. 14/01/2008)

RICHIEDENTE

Singeo Srl
Via G.Bontà 71/1A 16043 Chiavari - GE

IMPRESA ESECUTRICE

-

OGGETTO - CANTIERE DI RIFERIMENTO

Scuola Istituto Marco Polo San Colombano Certenoli GE

MATERIALE - CARATTERISTICHE DICHIARATE

N. 1 barra acciaio a.m.
P07 - P26

NOTE AGGIUNTIVE

Campioni prelevati in opera da tecnici Edilcontrol

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Pressa Galdabini matr. 1970-25987 verifica annuale Politecnico di Milano 08/03/2019

Bilancia EUROBYL-FLY-TN Matr. 02414 - verifica taratura annuale eseguita da Sacile-Delucchi in data 07/11/2018

RISULTATI DELLE PROVE

Data prova : 29/04/19

Sigla	Lunghezza campione [cm]	Massa campione [g]	Diametro equipesante [mm]	Sezione resistente [mm²]	SNERVAMENTO		ROTTURA		ALLUNGAMENTO	
					Forza [kN]	Tensione [N/mm²]	Forza [kN]	Tensione [N/mm²]	Agt [%]	A ₅ [%]
P07	53.1	467	11.9	112.0	61.91	552.60	71.24	635.87	10.0	16.0
P26	46.2	405	11.9	111.7	58.09	520.19	69.59	623.17	10.0	20.6

Scostamenti dal metodo di prova: per il calcolo delle tensioni unitarie si è utilizzata l'area ottenuta dal diametro equipesante

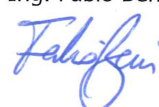
SPERIMENTATORE

Dott. Tiziano Bonucci

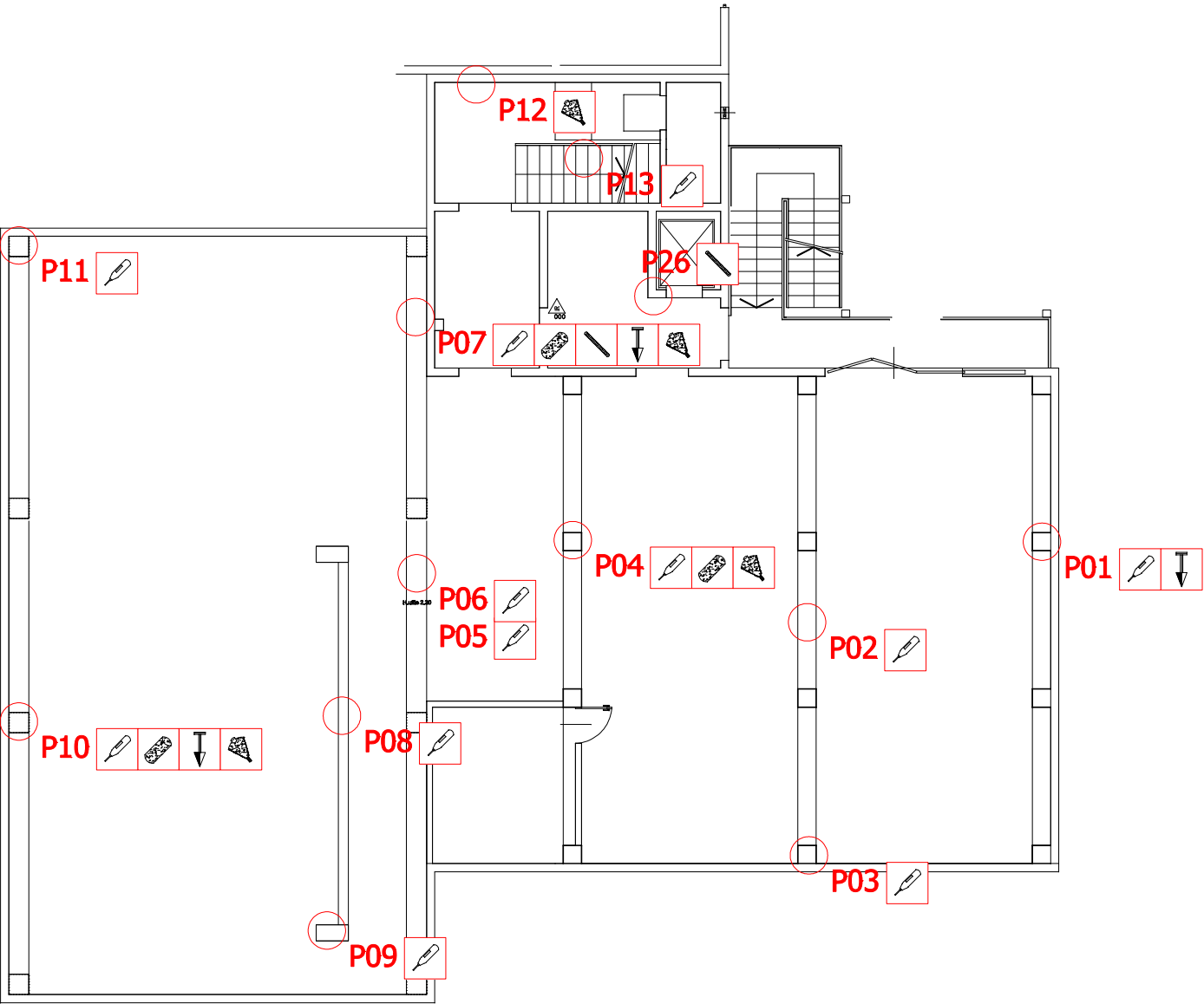


DIRETTORE DEL LABORATORIO

Ing. Fabio Beni






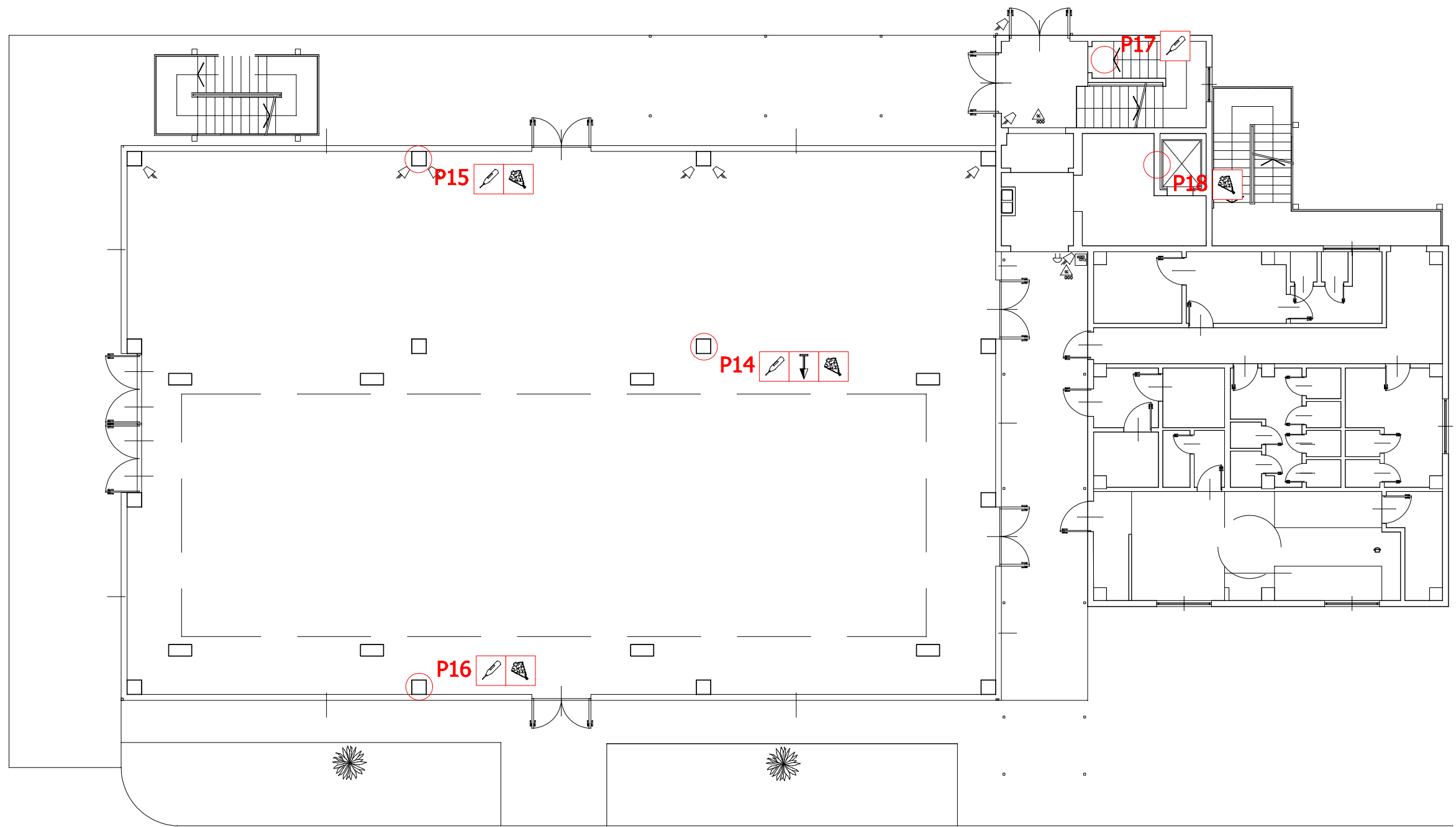
-  Sclerometro
-  Carotaggi
-  Prelievo barra
-  Durezza
-  Pull-out



EDILCONTROL

COMMITTENTE:	SINGEO SRL	ALL. 1
CANTIERE:	ISTITUTO MARCO POLO, S. COLOMBRANO DI CERTENOLI (GE)	ET 120/19
IDENTIFICAZIONE:	POS. PUNTI DI INDAGINE - PIANO SEMINTERRATO	MAG 2019

-  Sclerometro
-  Durezza
-  Pull-out



EDILCONTROL

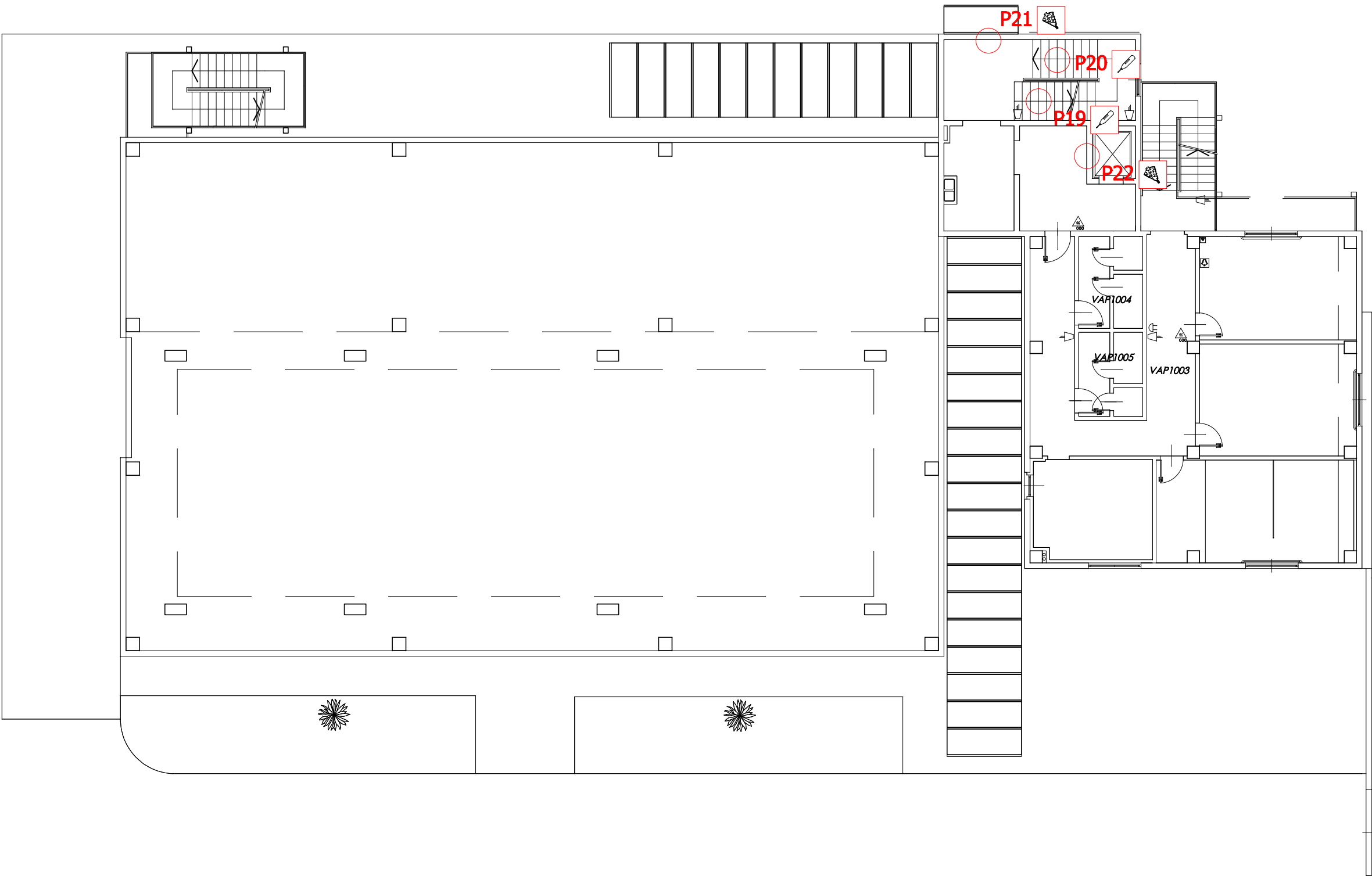
COMMITTENTE:	SINGEO SRL	ALL. 2
CANTIERE:	ISTITUTO MARCO POLO, S. COLOMBRANO DI CERTENOLI (GE)	ET 120/19
IDENTIFICAZIONE:	POS. PUNTI DI INDAGINE - PIANO TERRA	MAG 2019



Sclerometro



Pull-out



EDILCONTROL

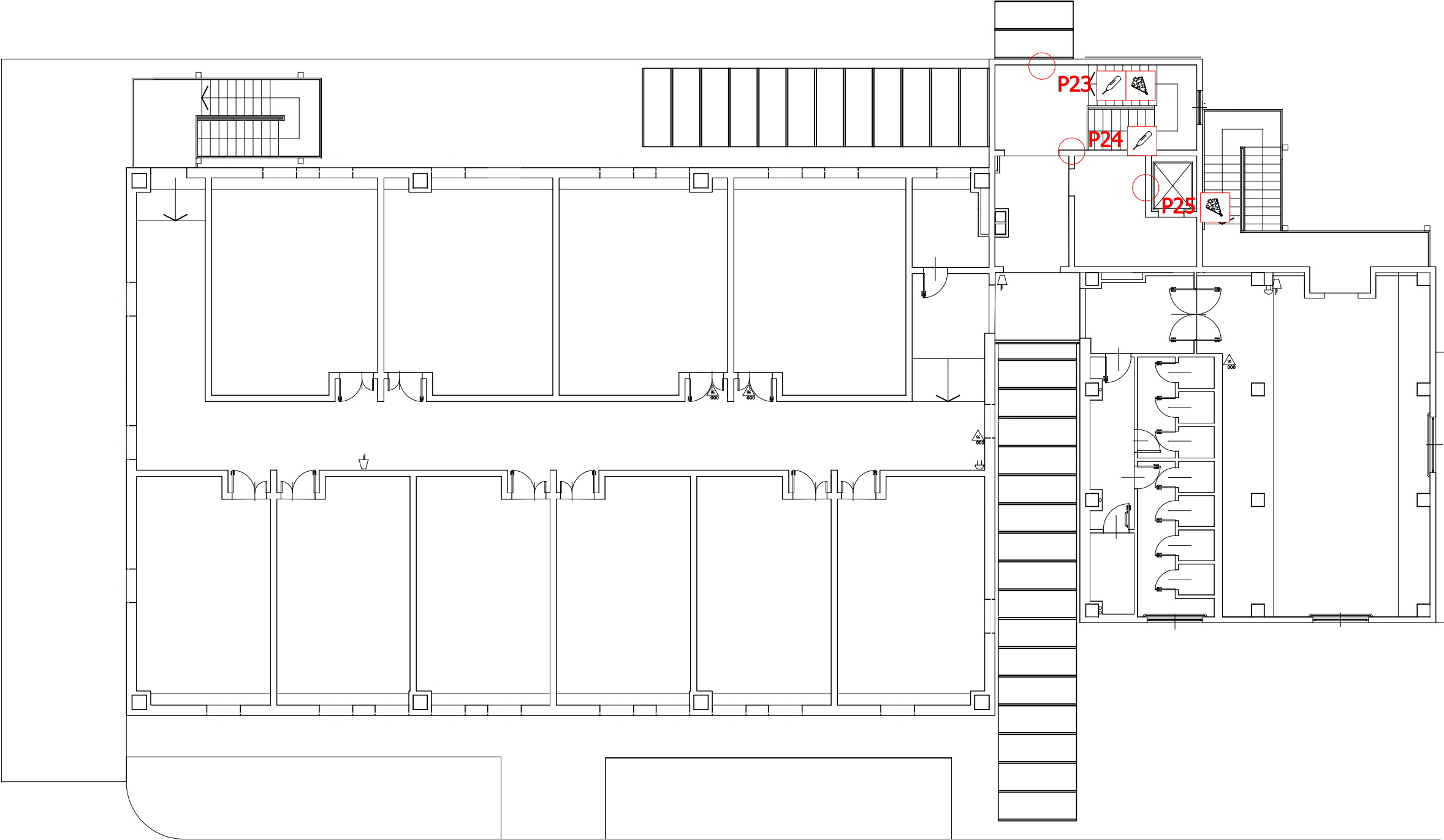
COMMITTENTE:	SINGEO SRL	ALL. 3
CANTIERE:	ISTITUTO MARCO POLO, S. COLOMBRANO DI CERTENOLI (GE)	ET 120/19
IDENTIFICAZIONE:	POS. PUNTI DI INDAGINE - PIANO PRIMO	MAG 2019



Sclerometro



Pull-out



COMMITTENTE:	SINGEO SRL	ALL. 4
CANTIERE:	ISTITUTO MARCO POLO, S. COLOMBRANO DI CERTENOLI (GE)	ET 120/19
IDENTIFICAZIONE:	POS. PUNTI DI INDAGINE - PIANO SECONDO	MAG 2019

ALLEGATO MP.V.C

Report su indagini terreno

(OMEGA – Savona SV + BORGHIDRILL – Chiavari GE)

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E SISMICHE RELATIVE
ALLA VALUTAZIONE DI VULNERABILITA' SISMICA
DELL'ISTITUTO SCOLASTICO MARCO POLO –
SUCCURSALE DI CALVARI NEL COMUNE DI SAN
COLOMBANO CERTENOLI (GE)**

Savona, Aprile 2019

Dott. Geol. Francesco Valle



INCARICO ED UBICAZIONE

Le presente relazione, redatta dal sottoscritto dott. Geol. Francesco Valle, iscritto al n° 409 dell'Albo Professionale dell'Ordine Regionale dei Geologi della Liguria, riferisce sulle risultanze delle indagini geognostiche e sismiche eseguite sui terreni pertinenti l'Istituto Scolastico Marco Polo, succursale di Calvari, nel Comune di San Colombano Certenoli (GE), al fine della valutazione sulla sua vulnerabilità sismica (vedi anche TAVV.1 e 2).



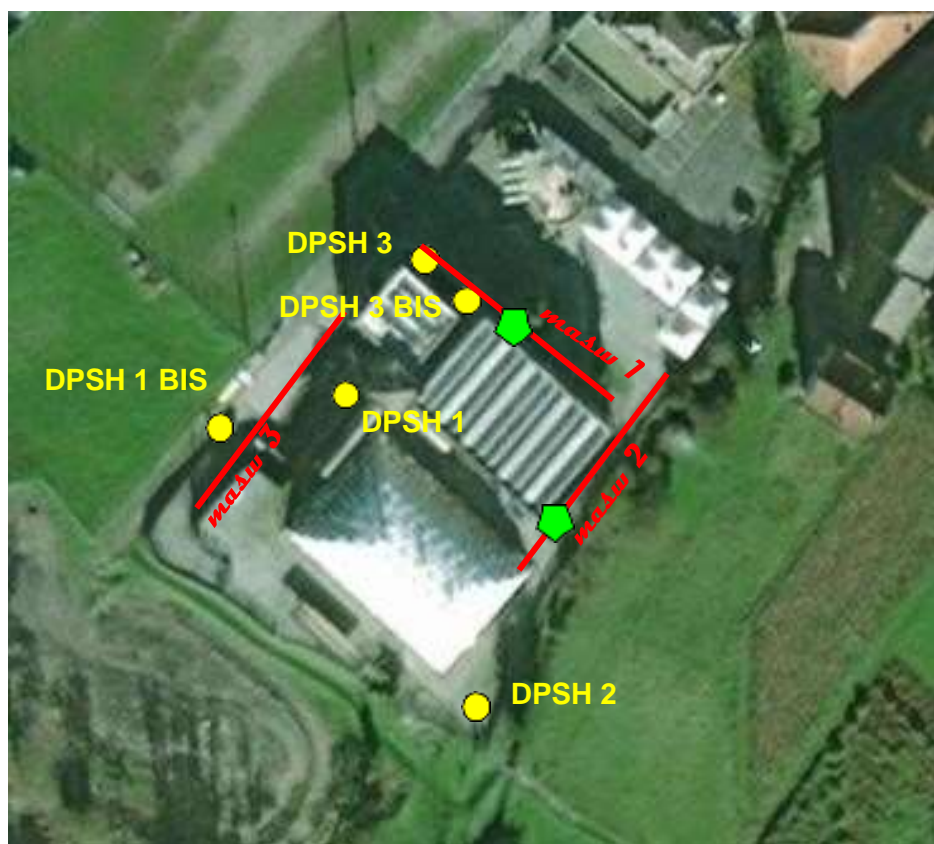
Tav. 1. Localizzazione aree di indagine (da Google Maps non in scala).



Tav. 2. Localizzazione aree di indagine (CTR non in scala).

INDAGINE GEOGNOSTICA

Sono state eseguite cinque prove penetrometriche dinamiche pesanti, una prova sismica analizzata con metodologia Masw e due prove sismiche analizzate congiuntamente con metodologia Masw e l'analisi dei microtremori ambientali ottenuti acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tomografo digitale (vedi risultanze ALL.1 e 2).



Tav. 3. Localizzazione delle prove penetrometriche e delle indagini sismiche.

Prove penetrometriche dinamiche DPSH

Per verificare direttamente il grado di consistenza dei materiali sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche dinamiche DPSH (vedi n dettaglio ALL.1), condotte mediante una strumentazione pesante (DPSH - Dynamic Penetrometer Super Heavy) di produzione Pagani, della quale si sintetizzano le caratteristiche principali:

Peso maglio:	63,5 kg
Altezza di caduta maglio:	75 cm
Lunghezza aste:	1,0 m
Peso aste:	6,4 kg
Area punta:	20 cmq
Angolo apertura punta:	90°

Le prove consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto che cade da un'altezza costante. L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm misurando il numero di colpi (N20) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati. Pertanto, l'interpretazione dell'istogramma (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

Metodo MASW

La metodologia Masw è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.

L'analisi MASW può essere ricondotta in quattro fasi: la prima prevede la trasformazione delle serie temporali nel dominio frequenza f – numero d'onda K , la seconda nell'individuazione delle coppie $f-k$ cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale) consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nel piano V_{fase} (m/sec) – frequenza (lentezza (s/m) – frequenza (Hz), la terza nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione V_p , la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, la quarta nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo.

La strumentazione utilizzata è costituita da un sismografo multicanale.

In particolare, in merito all'analisi multicanale delle onde sismiche superficiali (MASW), è consistita nella registrazione simultanea tramite 24 geofoni (frequenza propria di 4.5 Hz), distanziati di 1.5 m, di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva (martello da 10 kg), sistemata agli estremi dell'allineamento ad 1.5m di distanza dal primo ricevitore (vedere gli allegati per dettagli sui parametri utilizzati).

Per la registrazione è stato utilizzato un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit.

I risultati che si ottengono da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

L'elaborazione delle risultanze delle prove è stata effettuata attraverso lo specifico programma d'interpretazione "MASW" di Vitantonio Roma.

Nell'area in oggetto è stata effettuata una stesa sismica elaborata unicamente con metodologia Masw, denominata Masw 3 (vedi in dettaglio risultati ALL.2).

Analisi sismica congiunta MASW ed a stazione singola passiva

E' stata effettuata un'elaborazione congiunta con il software "Grilla" della "Micromed" utilizzando sia dati ottenuti dalle prove Masw (Masw 1 e Masw 2, eseguite mediante un sismografo Dolang DBS280 della "Dolang Geophysical" a 24 canali digitali a 24 bit) sia l'analisi dei microtremori ambientali ottenuti acquisendo il rumore sismico ambientale attraverso un tromografo digitale (sondaggi sismici passivi mediante Tromino), grossomodo posizionato al centro delle stese.

Tale tecnica, in sintesi, mette in relazione le variazioni del rapporto alle varie frequenze tra la componente orizzontale e verticale dei microtremori ambientali registrati, con le variazioni litostratigrafiche del sottosuolo al di sotto del punto di misura.

Le risultanze delle elaborazioni sono ampiamente dettagliate in allegato (ALL.2).

Savona, Marzo 2019

Dott. Geol. Francesco Valle



ALLEGATI:

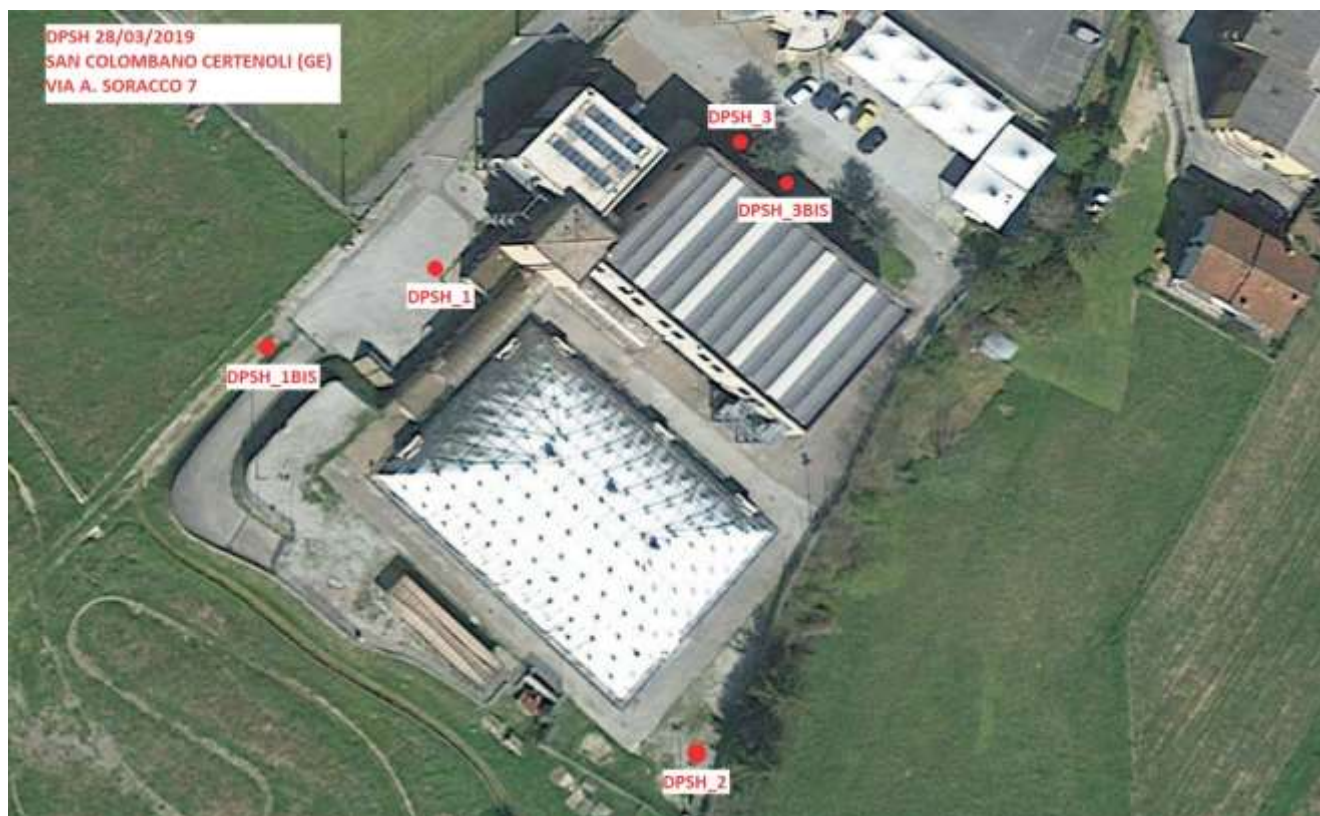
- 1 – PROVE IN SITO: PENETROMETRIE PESANTI - Risultanze
- 2 – PROVE IN SITO: SISMICHE - Risultanze



PROVE PENETROMETRICHE - Risultanze

ALL.

1



PROVE PENETROMETRICHE - Ubicazione

ALL.

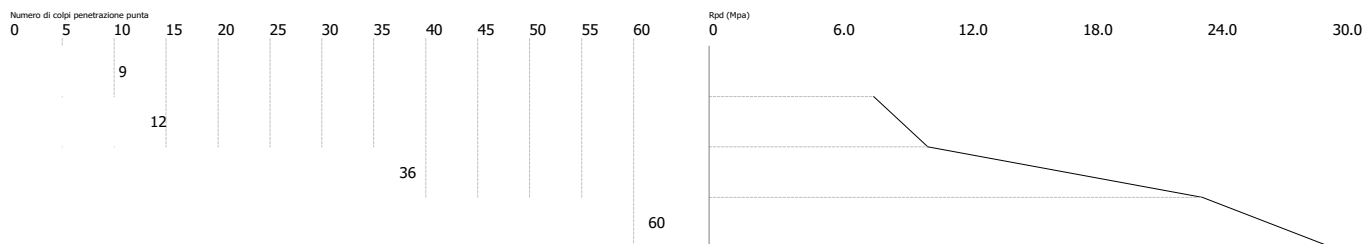
1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:20

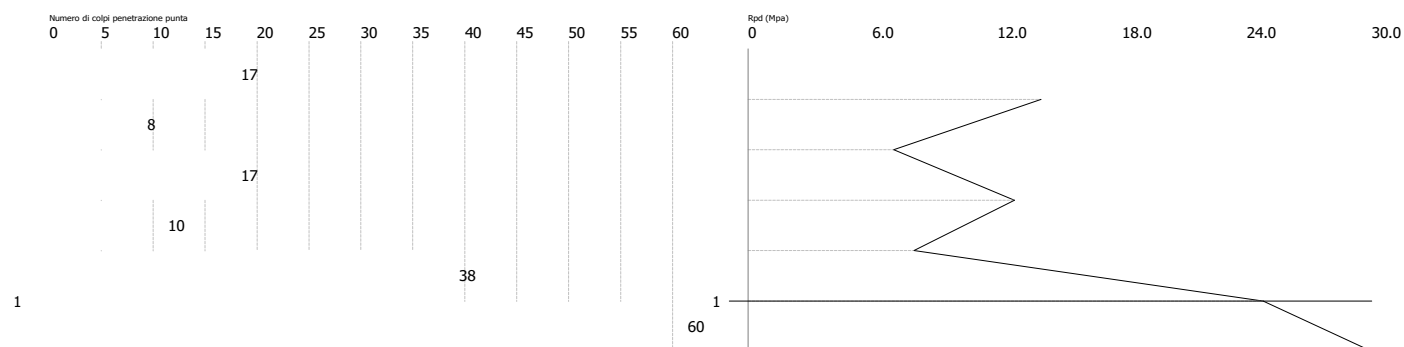


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1 BIS
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:20

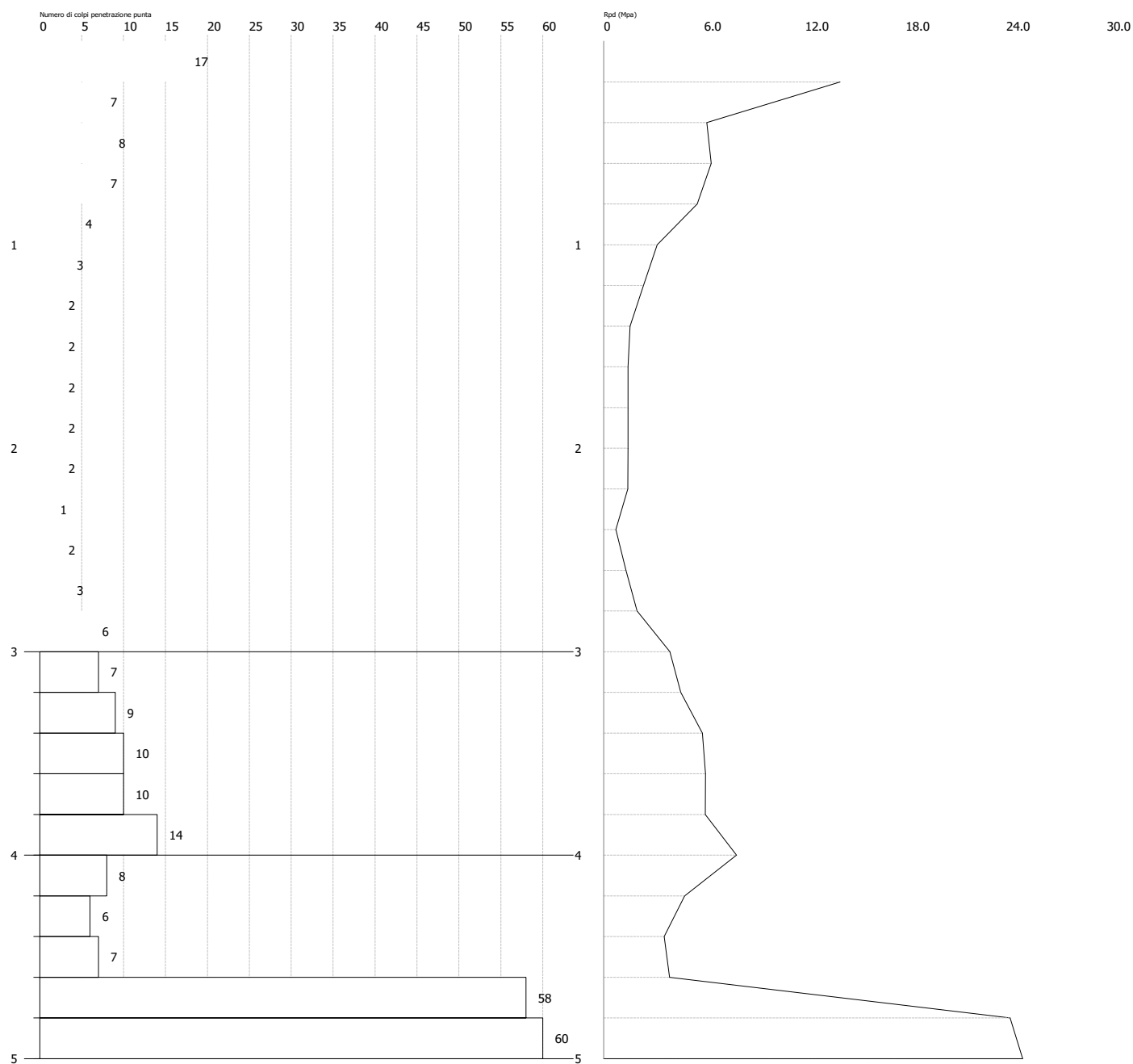


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:20

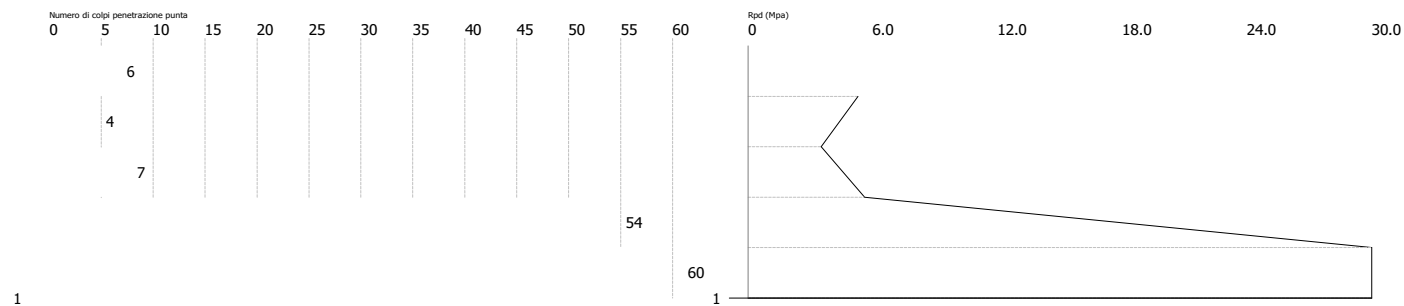


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:20

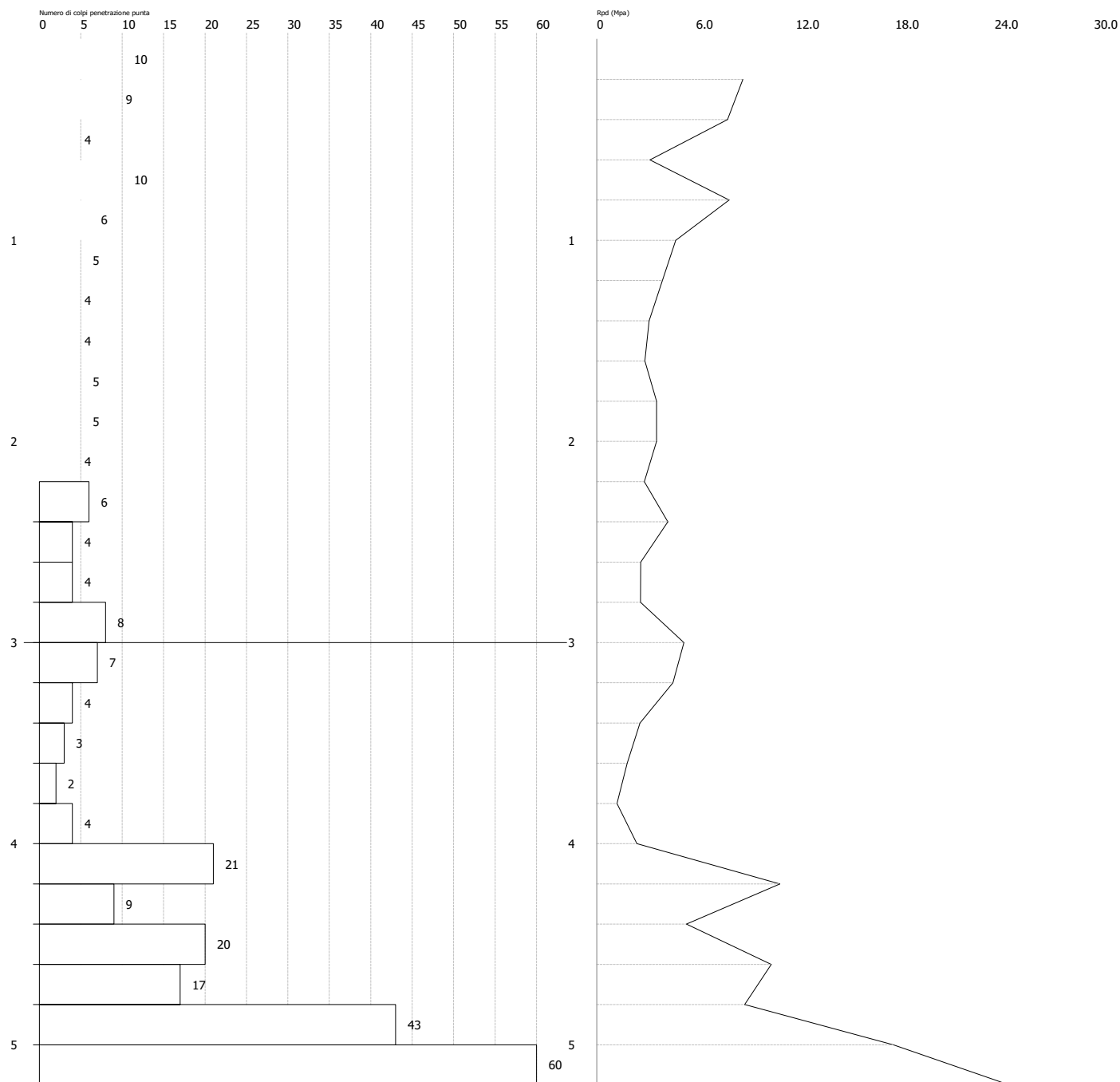


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3 BIS
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Comune di San Colombano
Cantiere: Verifica sismica
Località: San Colombano Certenoli (GE)

Data: 28-03-2019

Scala 1:20



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Comune di San Colombano Cantiere: Verifica sismica Località: San Colombano Certenoli (GE)	
--	--

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,489
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova ,80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	9	0,855	7,93	9,27	396,28	463,69
0,40	12	0,851	10,52	12,36	525,99	618,25
0,60	36	0,697	23,73	34,05	1186,48	1702,26
0,80	60	0,643	36,50	56,74	1825,20	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.1 BIS

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 1,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	17	0,805	14,09	17,52	704,74	875,85
0,40	8	0,851	7,01	8,24	350,66	412,17
0,60	17	0,797	12,81	16,08	640,67	803,84
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	38	0,690	24,79	35,94	1239,37	1796,83
1,20	60	0,636	36,10	56,74	1805,15	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 5,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	17	0,805	14,09	17,52	704,74	875,85
0,40	7	0,851	6,14	7,21	306,83	360,64
0,60	8	0,847	6,41	7,57	320,40	378,28
0,80	7	0,843	5,58	6,62	279,14	330,99
1,00	4	0,840	3,18	3,78	158,83	189,14
1,20	3	0,836	2,37	2,84	118,63	141,85
1,40	2	0,833	1,58	1,89	78,76	94,57
1,60	2	0,830	1,45	1,75	72,49	87,39
1,80	2	0,826	1,44	1,75	72,21	87,39
2,00	2	0,823	1,44	1,75	71,93	87,39
2,20	2	0,820	1,43	1,75	71,67	87,39
2,40	1	0,817	0,71	0,87	35,70	43,69
2,60	2	0,814	1,32	1,62	66,13	81,22
2,80	3	0,811	1,98	2,44	98,85	121,82
3,00	6	0,809	3,94	4,87	197,03	243,65
3,20	7	0,806	4,58	5,69	229,11	284,25
3,40	9	0,803	5,87	7,31	293,62	365,47
3,60	10	0,801	6,08	7,59	303,77	379,30
3,80	10	0,798	6,06	7,59	302,84	379,30
4,00	14	0,746	7,92	10,62	396,15	531,02
4,20	8	0,794	4,82	6,07	240,84	303,44
4,40	6	0,791	3,60	4,55	180,11	227,58
4,60	7	0,789	3,93	4,98	196,58	249,08
4,80	58	0,587	24,23	41,28	1211,67	2063,82
5,00	60	0,585	24,98	42,70	1249,02	2134,98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	--------------------------	------------------------------	------	--------------

PROVA ... Nr.3

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 1,00 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	6	0,855	5,28	6,18	264,19	309,12
0,40	4	0,851	3,51	4,12	175,33	206,08
0,60	7	0,847	5,61	6,62	280,35	330,99
0,80	54	0,643	32,85	51,07	1642,68	2553,39
1,00	60	0,640	36,30	56,74	1815,05	2837,10

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m³)	Peso unità di volume saturo (KN/m³)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
------------------	------	----------	------	-------------------	------------------------------	-------------------------------------	-------------------------	------------------------------	------	-------------

PROVA ... Nr.3 BIS

Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI
 Prova eseguita in data 28/03/2019
 Profondità prova 5,20 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,20	10	0,855	8,81	10,30	440,31	515,21
0,40	9	0,851	7,89	9,27	394,49	463,69
0,60	4	0,847	3,20	3,78	160,20	189,14
0,80	10	0,843	7,98	9,46	398,77	472,85
1,00	6	0,840	4,76	5,67	238,25	283,71
1,20	5	0,836	3,95	4,73	197,71	236,42
1,40	4	0,833	3,15	3,78	157,53	189,14
1,60	4	0,830	2,90	3,50	144,98	174,77
1,80	5	0,826	3,61	4,37	180,52	218,46
2,00	5	0,823	3,60	4,37	179,84	218,46
2,20	4	0,820	2,87	3,50	143,33	174,77
2,40	6	0,817	4,28	5,24	214,22	262,16

2,60	4	0,814	2,65	3,25	132,26	162,43
2,80	4	0,811	2,64	3,25	131,80	162,43
3,00	8	0,809	5,25	6,50	262,71	324,86
3,20	7	0,806	4,58	5,69	229,11	284,25
3,40	4	0,803	2,61	3,25	130,50	162,43
3,60	3	0,801	1,82	2,28	91,13	113,79
3,80	2	0,798	1,21	1,52	60,57	75,86
4,00	4	0,796	2,42	3,03	120,77	151,72
4,20	21	0,694	11,05	15,93	552,55	796,52
4,40	9	0,791	5,40	6,83	270,17	341,37
4,60	20	0,739	10,52	14,23	526,09	711,66
4,80	17	0,737	8,92	12,10	445,88	604,91
5,00	43	0,585	17,90	30,60	895,13	1530,07
5,20	60	0,583	24,89	42,70	1244,71	2134,98

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tipo	Clay Fraction (%)	Peso unità di volume (KN/m ³)	Peso unità di volume saturo (KN/m ³)	Tension e efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizi one
------------------	------	----------	------	-------------------	---	--	--------------------------	------------------------------	------	--------------



PROVE SISMICHE IN POSTO - Risultanze

ALL.

2

Indagine congiunta tra metodo MASW e H/V – Stese MASW 1 e 2

Per produrre un profilo sismo-stratigrafico con il metodo H/V è indispensabile conoscere la profondità del riflettore principale oppure il profilo V_s ottenuto da una prova MASW.

Nella prova MASW, alla presenza di un riflettore importante caratterizzato da elevata rigidità, l'energia prodotta da una sorgente convenzionale superficiale rimane quasi tutta confinata nel mezzo tenero, rimanendo poca energia disponibile per caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche nel mezzo rigido.

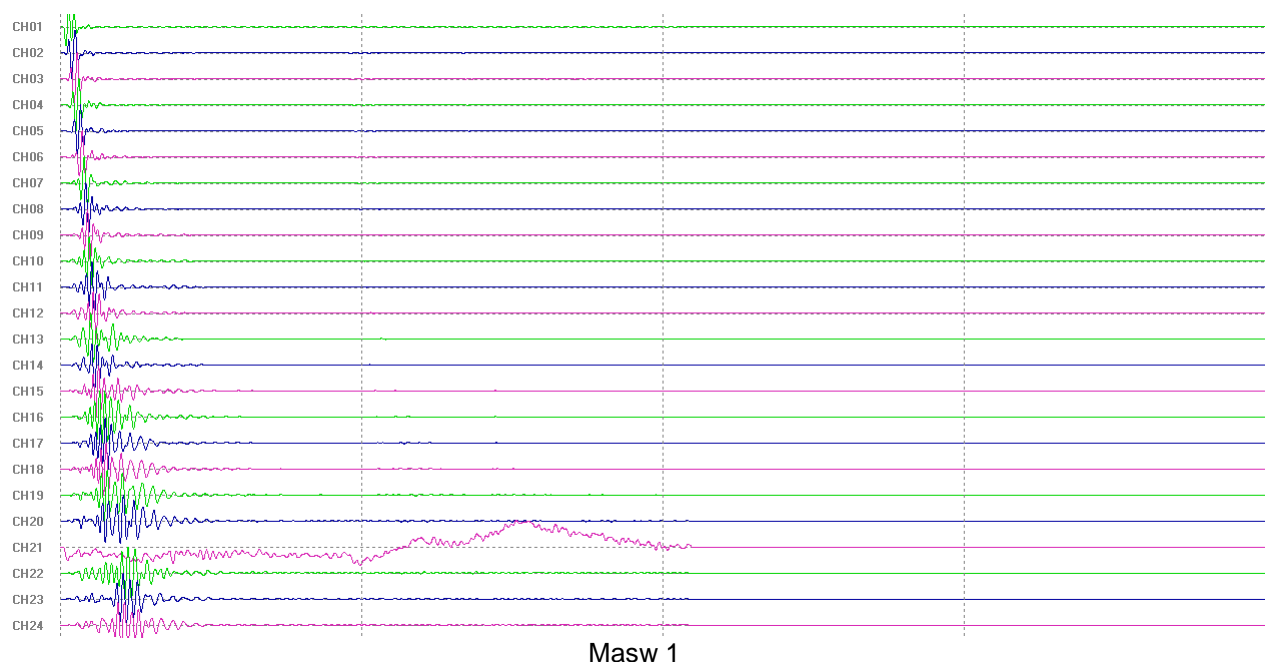
Conseguentemente, l'analisi congiunta tra metodo MASW e H/V si rivela ideale, poiché la prova MASW fornisce il vincolo per la tecnica H/V, che permette di ottenere profili V_s a profondità maggiori di quelle raggiungibili con la sola MASW.

L'elaborazione è stata eseguita con il software *Grilla* della Moho s.r.l.

Metodo MASW

L'analisi multicanale delle onde sismiche superficiali (MASW) è consistita nella registrazione simultanea tramite 24 geofoni (frequenza propria di 4.5 Hz), distanziati di 1.5 m, di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva (martello da 10 kg), sistemata agli estremi dell'allineamento a 1.5 m di distanza dal ricevitore (vedere l'allegato per dettagli sui parametri utilizzati).

Figura 1 mostra i sismogrammi della componente verticale delle onde di Rayleigh.



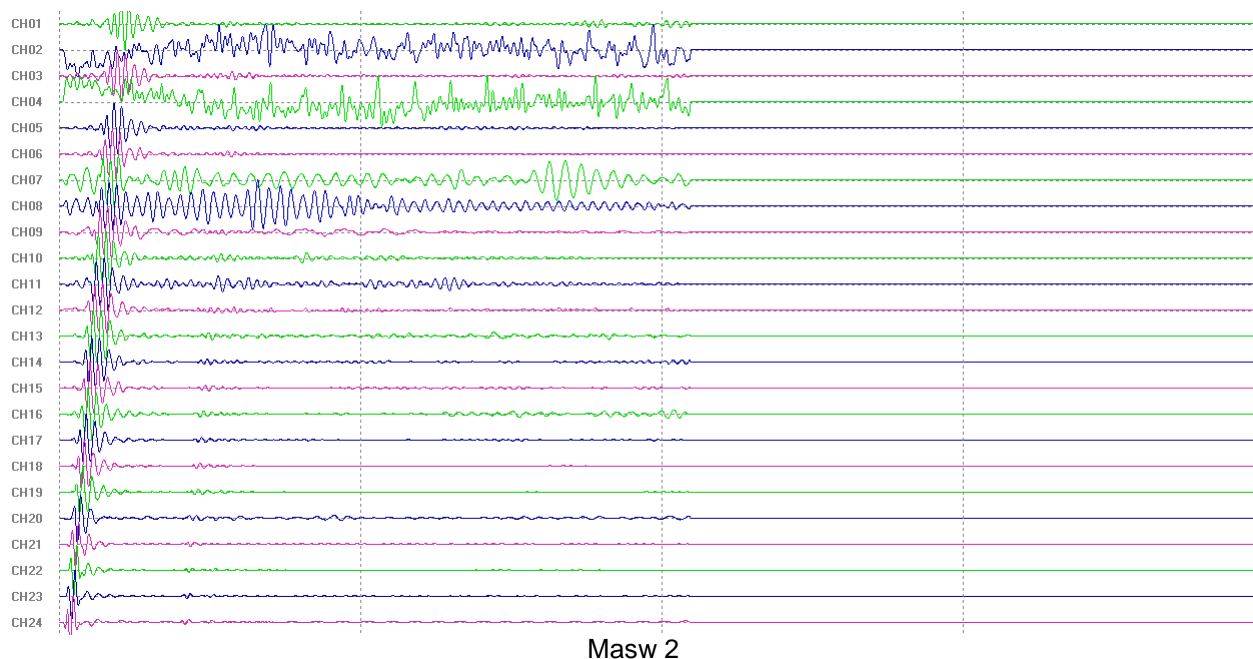


Fig. 1. Sismogrammi (in ordinata i canali e in ascissa il tempo in secondi – intervallo 1 s).

In Fig. 2 è mostrato lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh. Il software preleva automaticamente l'ampiezza massima per ogni frequenza definendo la curva di dispersione.

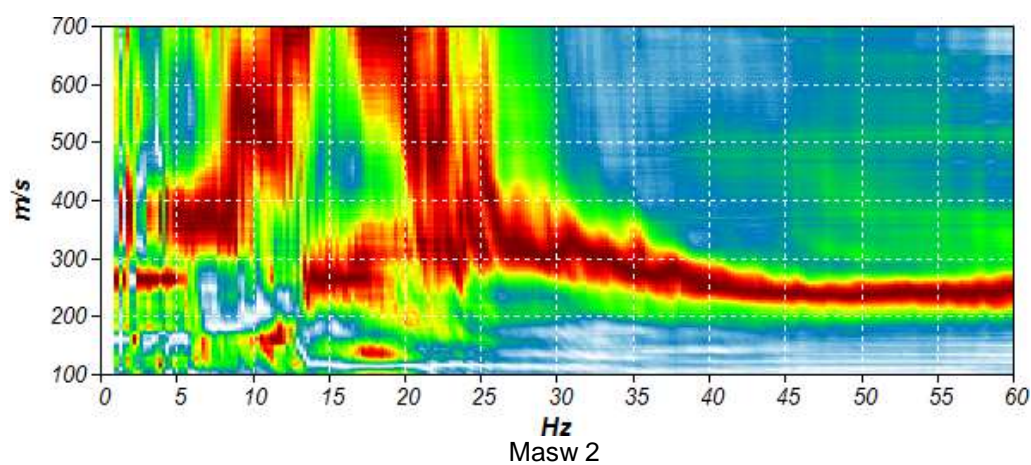
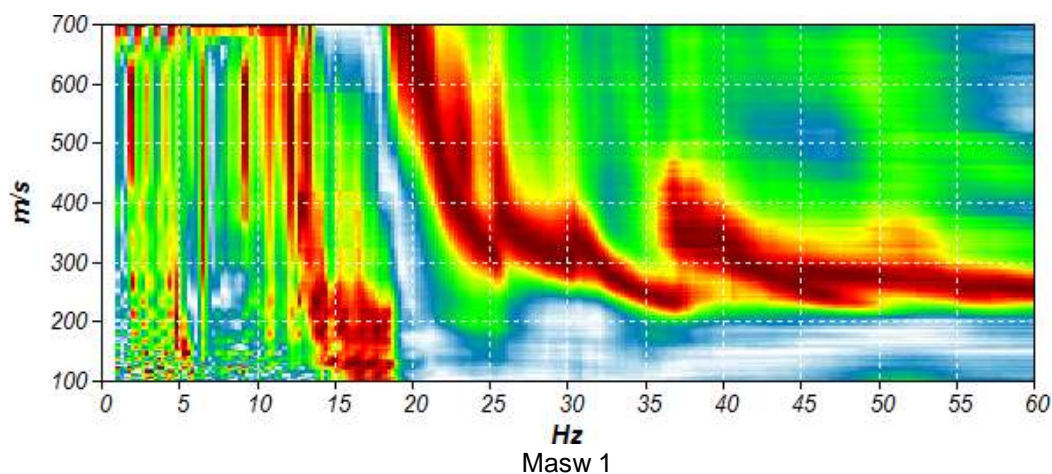


Fig. 2. Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh.

Metodo H/V

Si basa sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono tra il rumore sismico ambientale (microtremore) misurato sul piano orizzontale (H) e quello lungo la verticale (V).

I risultati che si possono ottenere da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello Tromino@Zero della Moho s.r.l. È costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze tra 0.1 e 128 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale.

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

a) le curve H/V ricavate con i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione nelle finestre di eventuali transienti ancora presenti.

b) le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto, ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto (a).

La scheda in esteso, secondo le linee guida del progetto europeo Sesame, è riportata in Allegato. I criteri di significatività consistono nella valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V e nella valutazione della chiarezza del picco H/V.

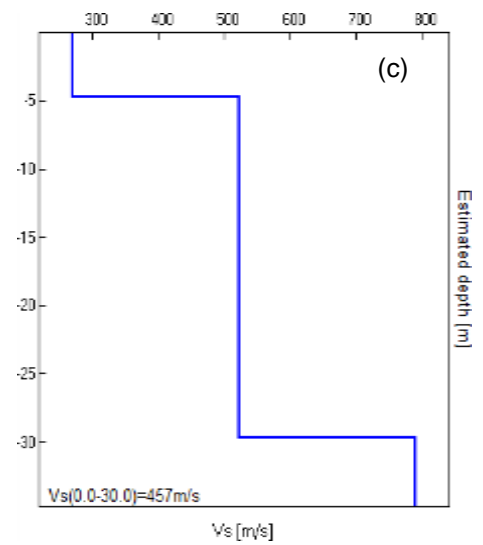
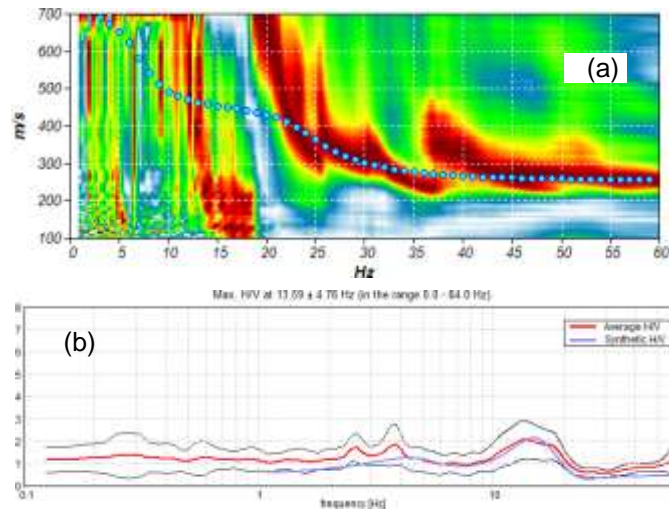
Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alle componenti verticale e orizzontali del moto) in funzione della frequenza.

I picchi della curva H/V presenti a una data frequenza possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura.

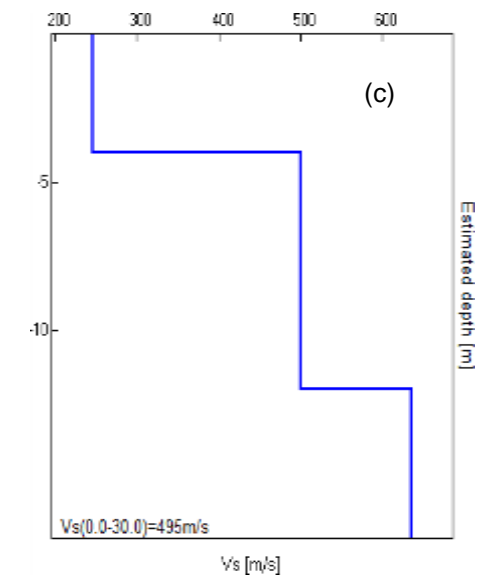
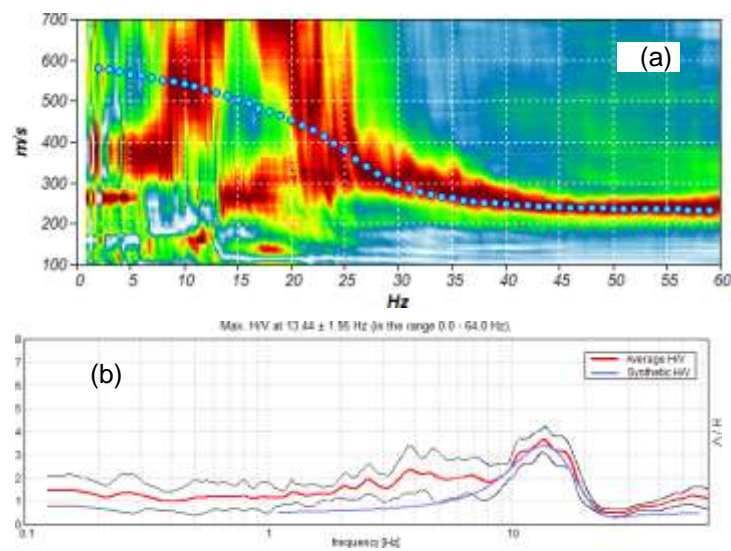
Risultato

L'analisi congiunta è mostrata in Fig. 3, dove sono riportati gli spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dalla prova MASW e la curva H/V sperimentale.

Usando un approccio di tipo diretto, basato sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi a strati piani e paralleli, la sovrapposizione delle curve sperimentali, ottenute con le due prove (MASW e metodo H/V) con quella calcolata dal modello, ha fornito il profilo di V_s mostrato in Fig. 3c per il sito d'indagine.



Sito 1



Sito 2

Fig. 3. (a) spettri di velocità dell'onda di Rayleigh e modo fondamentale della curva di dispersione teorica ottenuta dal modello di sottosuolo (c); (b) curva media H/V sperimentale (rosso) con deviazione standard (curva nera sottile) e sintetica (blu) calcolata dal modello di sottosuolo (c); (c) modello di sottosuolo in termini di V_s derivato dall'analisi congiunta della prova MASW e del metodo H/V.

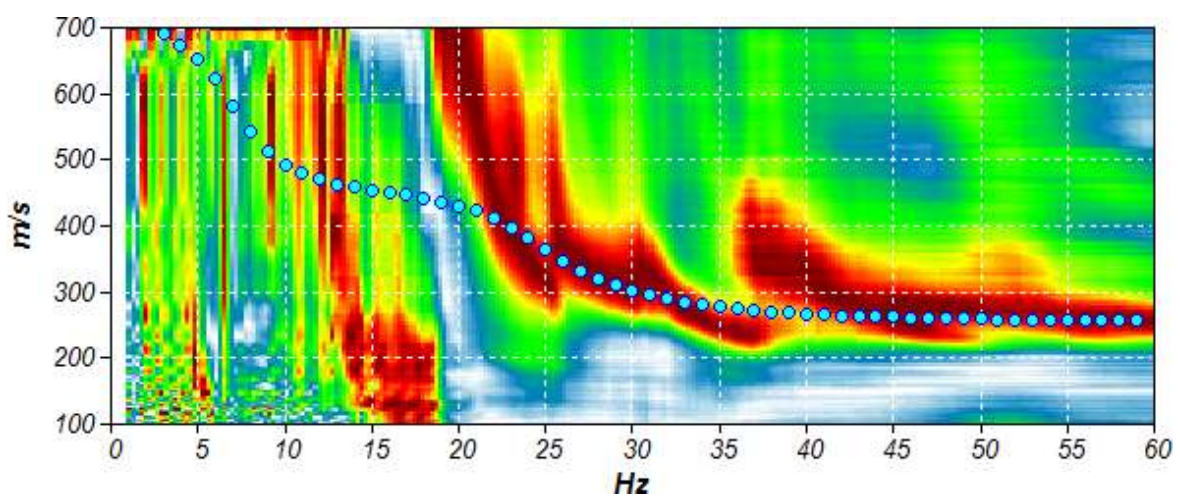
MASW 1 (file 1001.seg)



Foto scattata presso il primo geofono

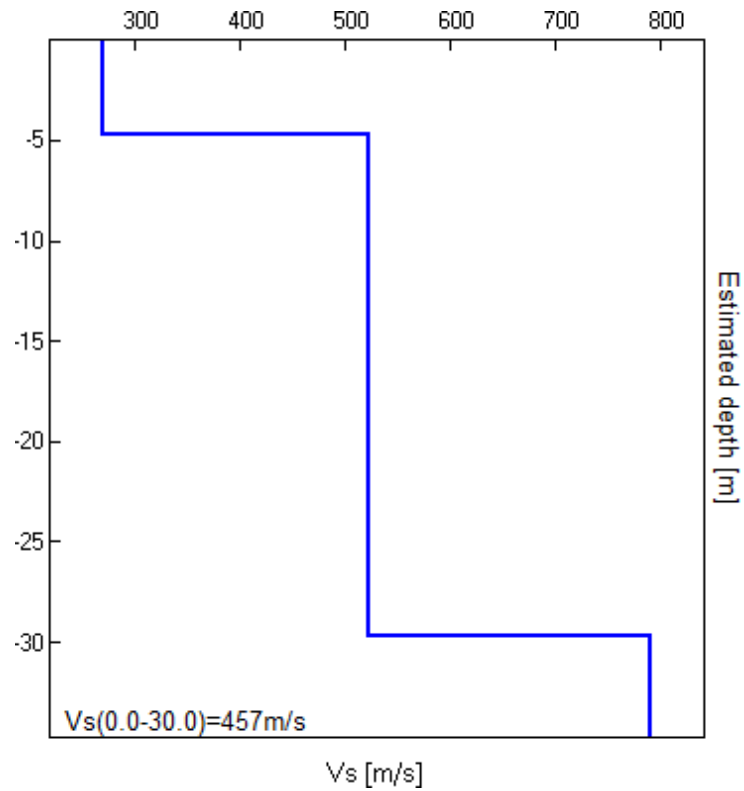
Start recording: 29/03/19 16:05:47 End recording: 29/03/19 16:21:47
 Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Array geometry (x): 0.0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0 10.5 12.0 13.5 15.0 16.5 18.0 19.5 21.0 22.5 24.0 25.5
 27.0 28.5 30.0 31.5 33.0 34.5 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.70	4.70	270	0.40
29.70	25.00	522	0.35
inf.	inf.	790	0.35

Vs eq = 457 m/s



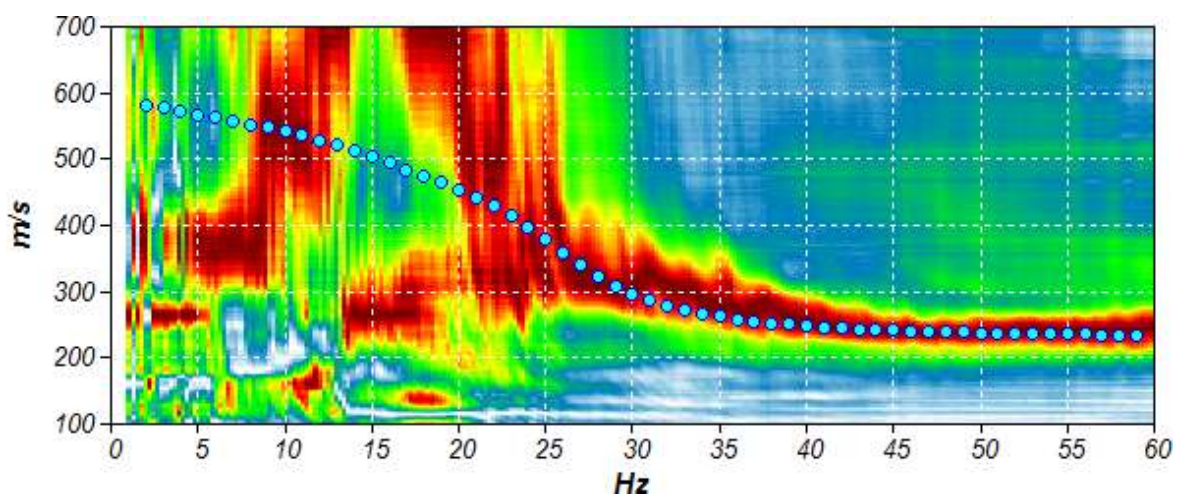
MASW 2 (file 1004.seg)



Foto scattata presso il primo geofono

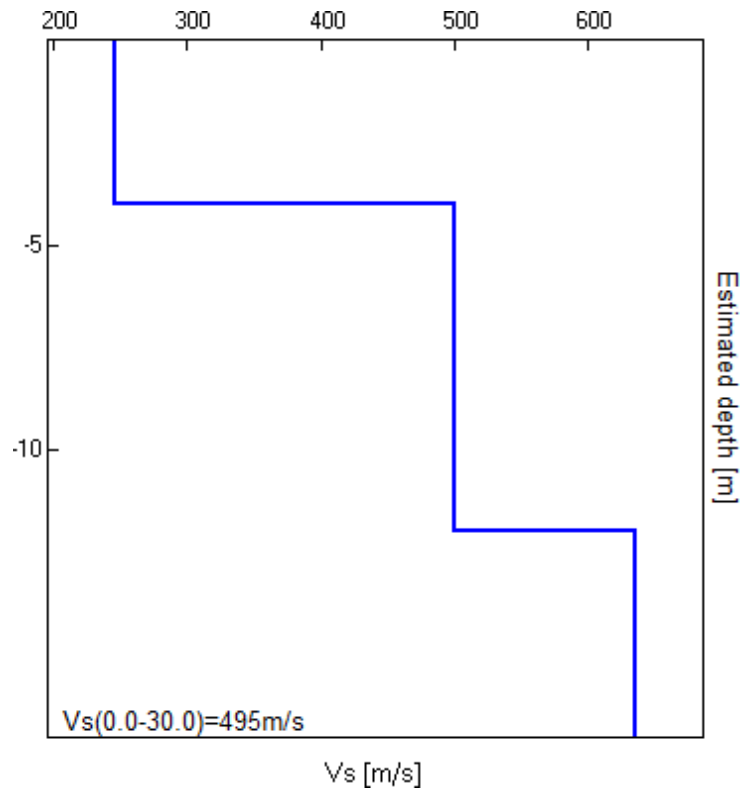
Start recording: 29/03/19 15:07:31 End recording: 29/03/19 15:07:33
Trace length: 0h00'02". Analyzed 42% trace (manual window selection)
Sampling rate: 977 Hz
Channel labels: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ;
CH16 ; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ;
CH24
Array geometry (x): 0.0 1.5 3.0 4.5 6.0 7.5 9.0 10.5 12.0 13.5 15.0 16.5 18.0 19.5 21.0 22.5 24.0 25.5
27.0 28.5 30.0 31.5 33.0 34.5 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	246	0.40
12.00	8.00	500	0.35
inf.	inf.	635	0.35

Vs eq = 495 m/s



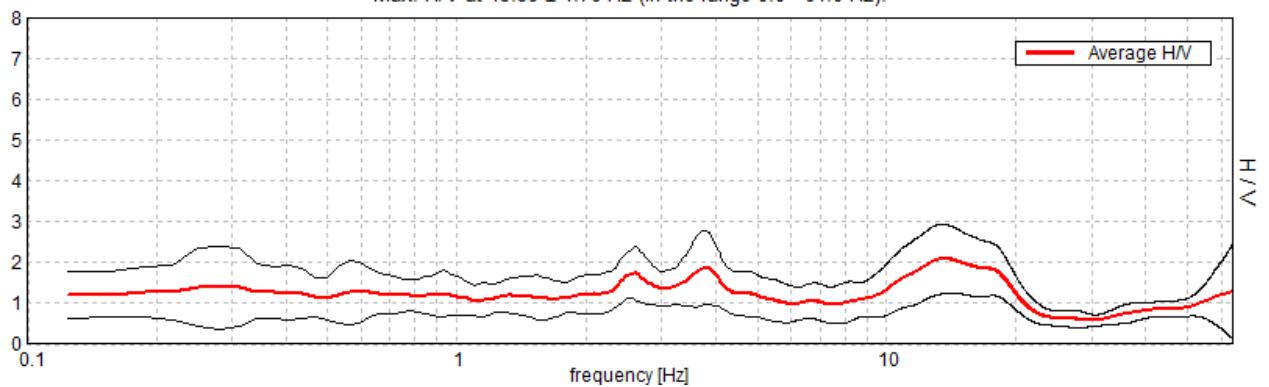
HV1



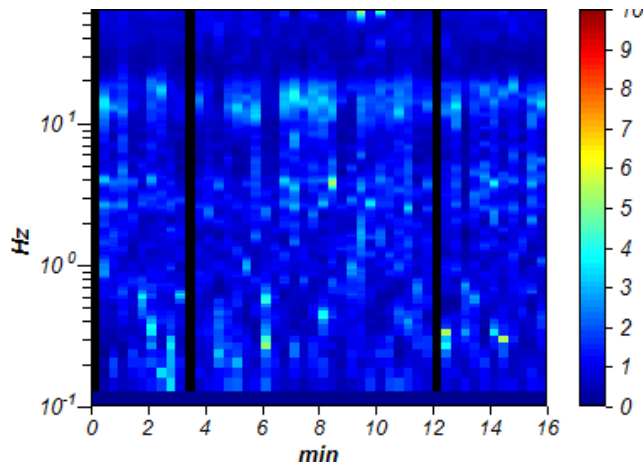
Start recording: 29/03/19 16:05:47 End recording: 29/03/19 16:21:47
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

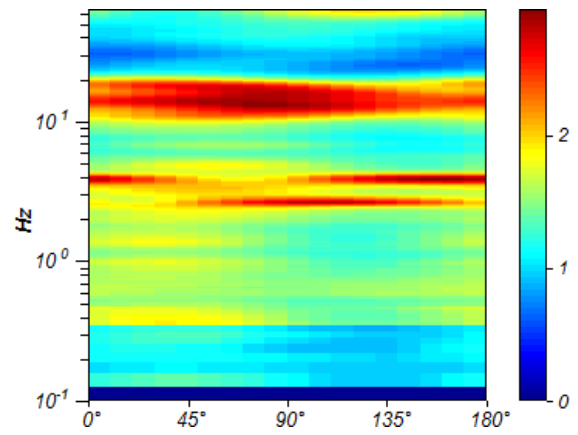
Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



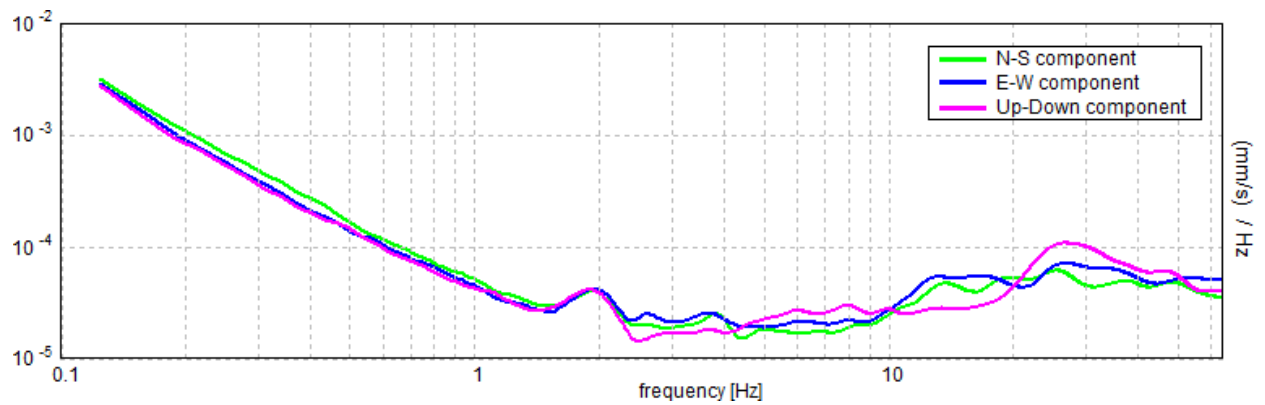
H/V TIME HISTORY



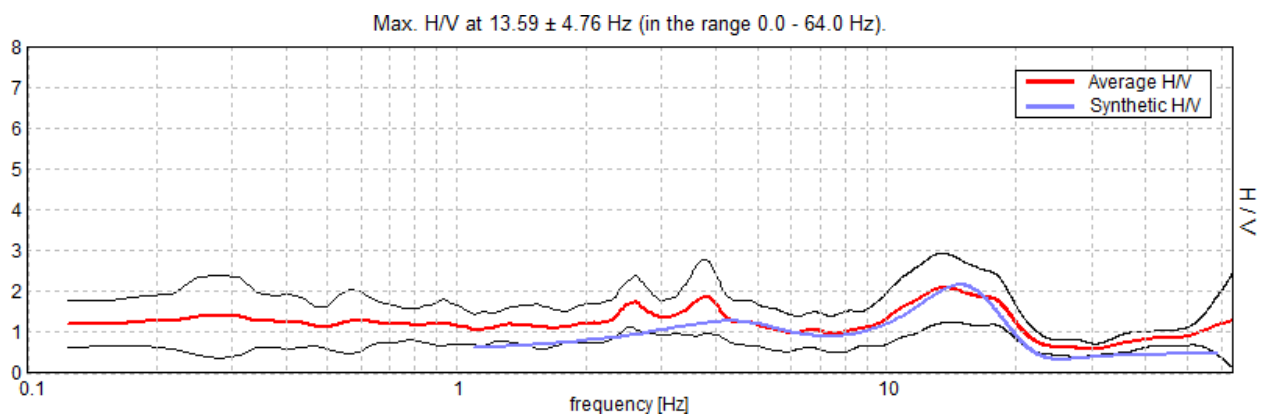
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

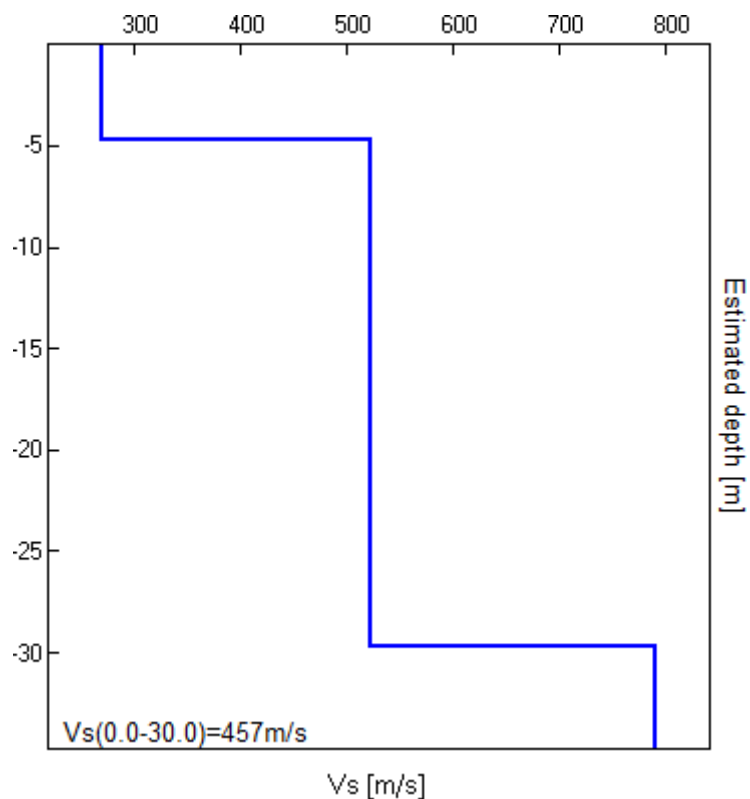


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.70	4.70	270	0.40
29.70	25.00	522	0.35
inf.	inf.	790	0.35

Vs eq = 457 m/s



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

Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	13.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12234.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 654 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	8.188 Hz	OK	
Exists f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	20.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34999 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.75763 < 0.67969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8478 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

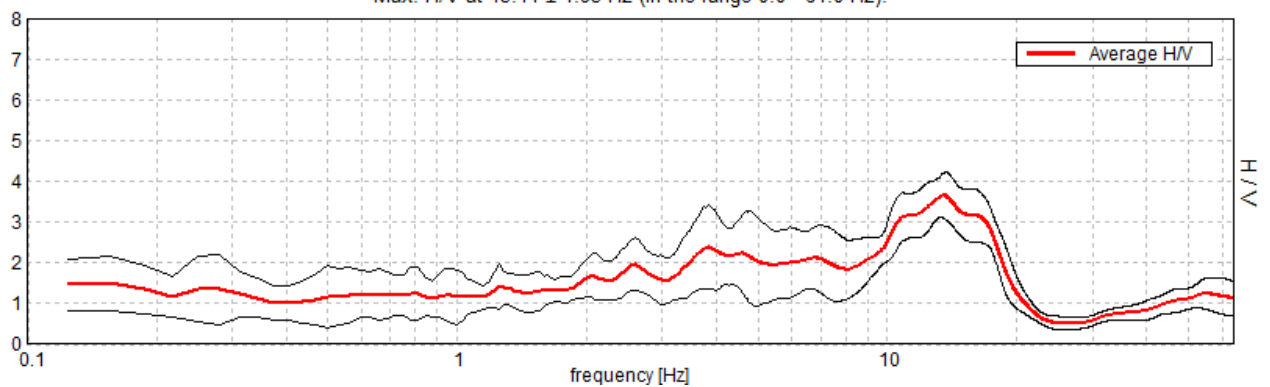
HV2



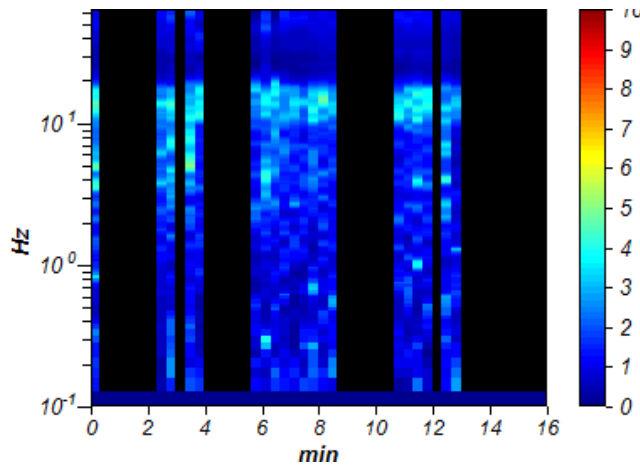
Start recording: 29/03/19 16:39:35 End recording: 29/03/19 16:55:35
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
 Trace length: 0h16'00". Analyzed 42% trace (manual window selection)
 Sampling rate: 128 Hz
 Window size: 20 s
 Smoothing type: Triangular window
 Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

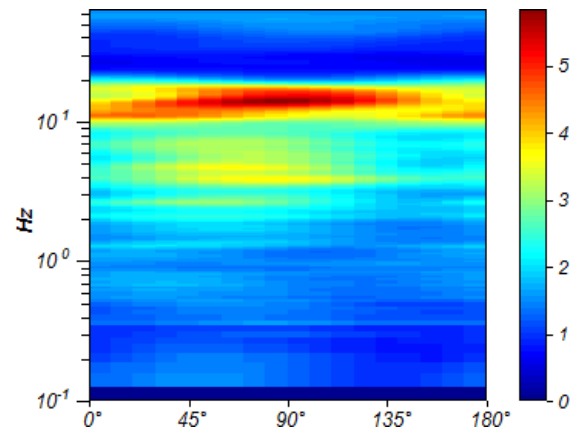
Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



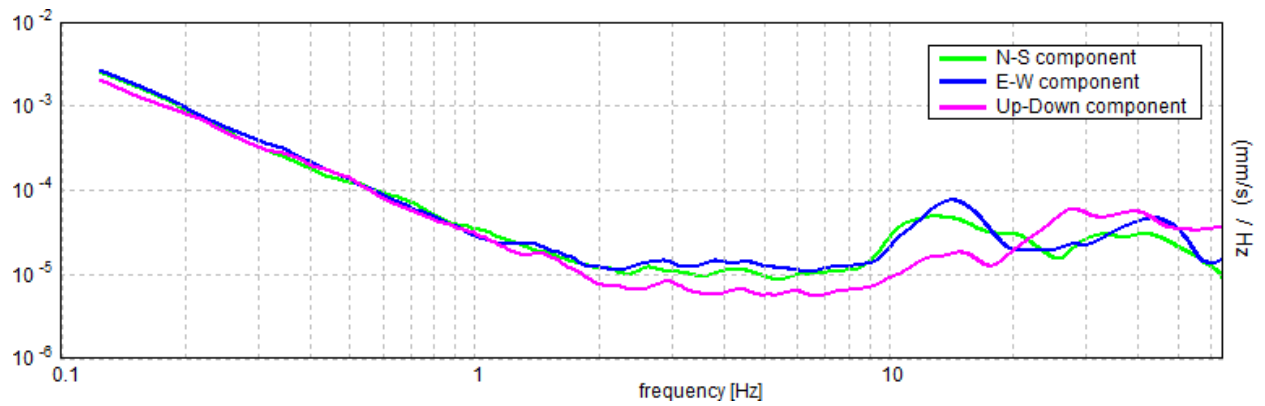
H/V TIME HISTORY



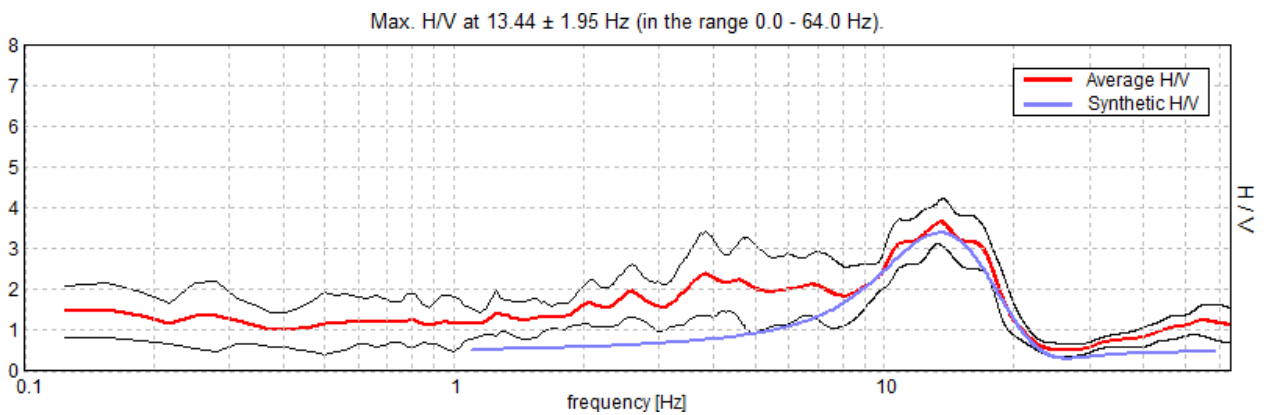
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

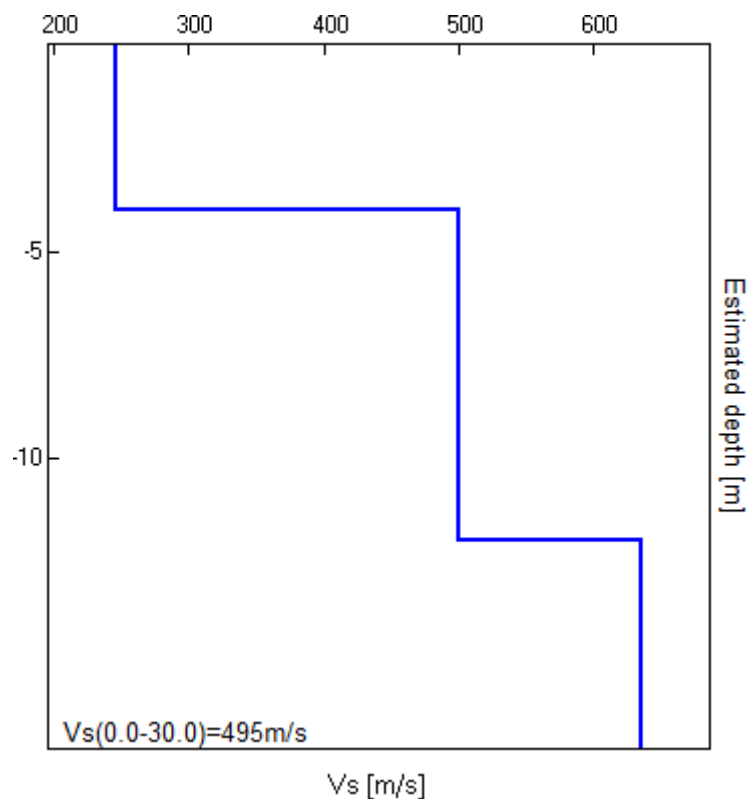


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.00	4.00	246	0.40
12.00	8.00	500	0.35
inf.	inf.	635	0.35

Vs eq = 495 m/s



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

Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	13.44 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5375.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 646 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^* in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$			NO
Exists f^* in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^*) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.64 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14496 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.94788 < 0.67188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5441 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Risultati delle analisi MASW 3



Sito: Istituto Scolastico Marco Polo – Calvari – San Colombano Certenoli
Data: Marzo 2019

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
 Distanza tra i sensori:.....0m
 Numero di campioni temporali2048
 Passo temporale di acquisizione 1.024ms
 Numero di ricevitori usati per l'analisi 24
 L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
 L'intervallo considerato per l'analisi termina a 2096.13ms
 I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

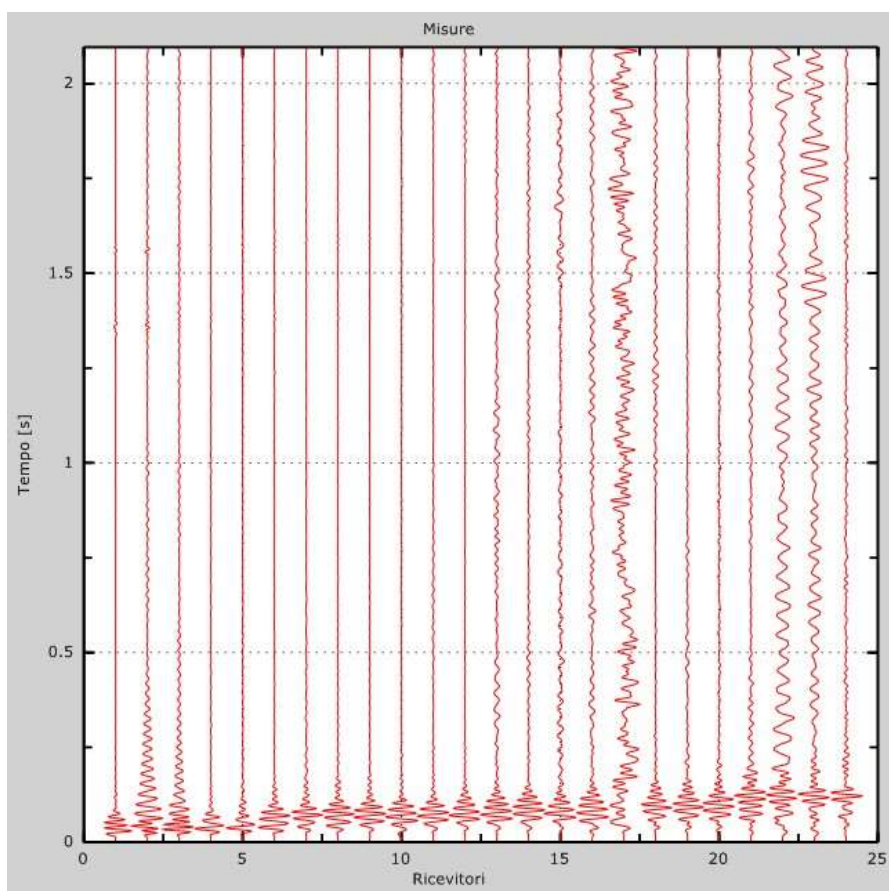


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz
 Frequenza iniziale 20Hz

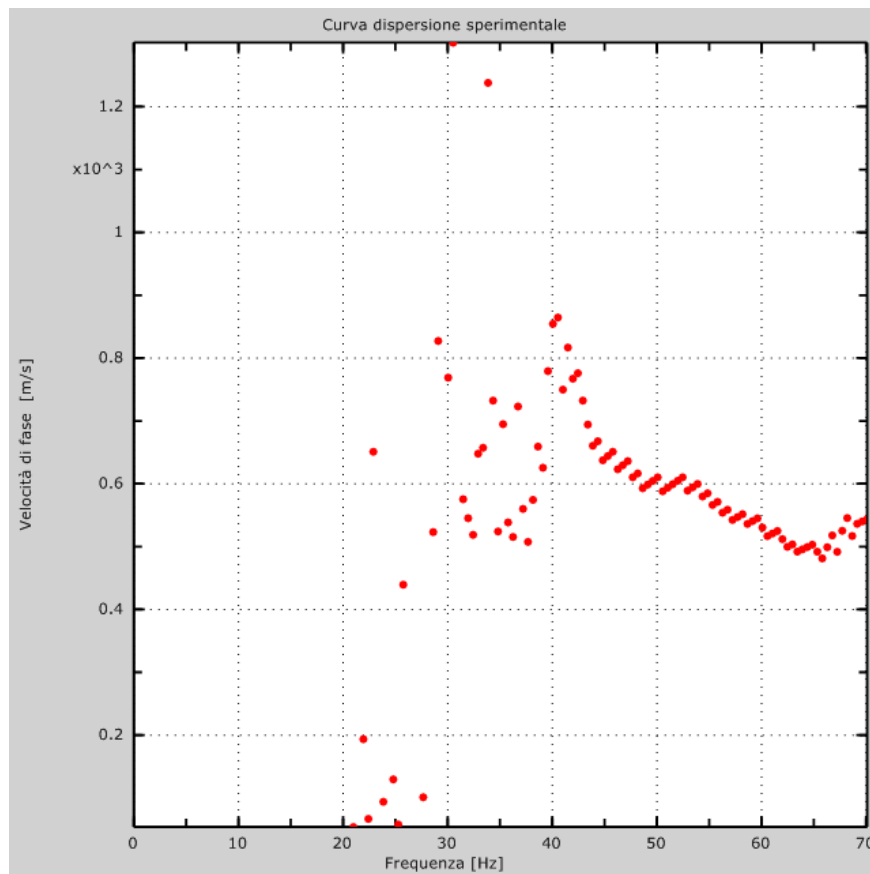


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
41.639	816.306	771.395	861.217
44.1774	671.592	631.671	711.513
50.5235	621.69	591.749	651.631
59.5666	556.818	536.858	576.779
70.1169	546.838	516.897	576.779

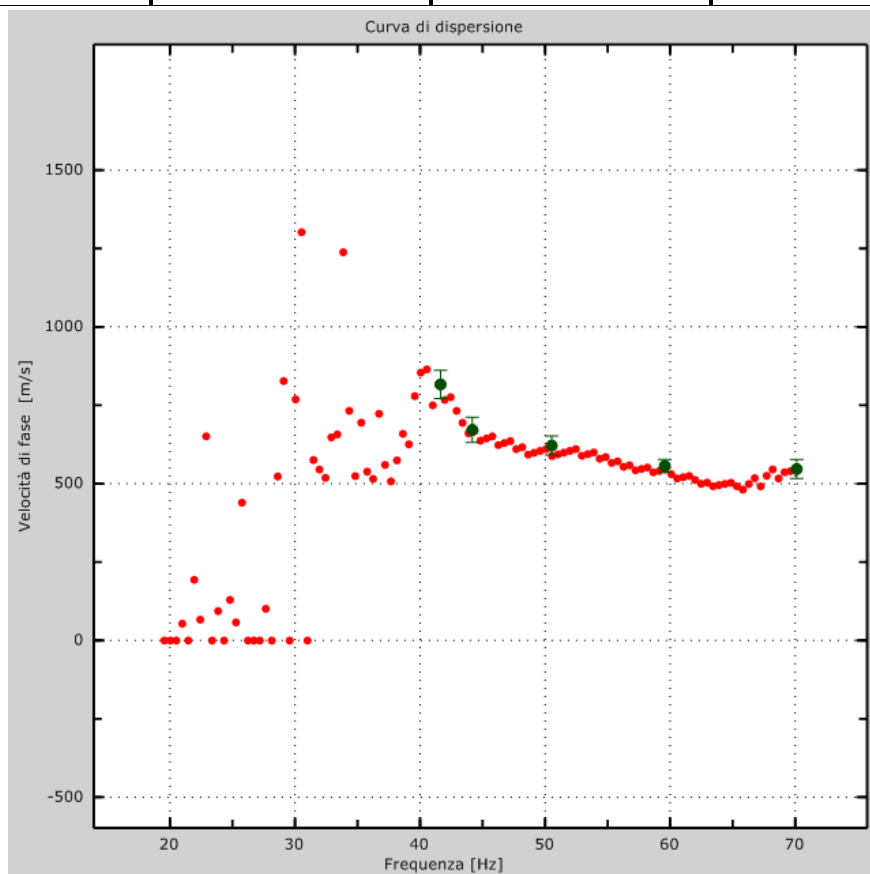


Figura 3: Curva di dispersione

4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	6
Spaziatura ricevitori	1m
Numero ricevitori	24
Numero modi	1

Strato 1

h [m]	2
z [m]	-2
Densità [kg/m ³]	1800
Poisson	0.35
Vs fin.[m/s]	545

Strato 2

h [m]	3
z [m]	-5
Densità [kg/m ³]	2000
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	550

Strato 3

h [m]	3
z [m]	-8
Densità [kg/m ³]	2100
Poisson	0.3
Vs fin.[m/s]	900

Strato 4

h [m]	4
z [m]	-12
Densità [kg/m ³]	2200
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	900

Strato 5

h [m]	4
z [m]	-16
Densità [kg/m ³]	2300
Poisson	0.25
Vs fin.[m/s]	900

Strato 6

h [m] 0
 z [m] -∞
 Densità [kg/m³] 2400
 Poisson 0.25
 Vs fin.[m/s] 900

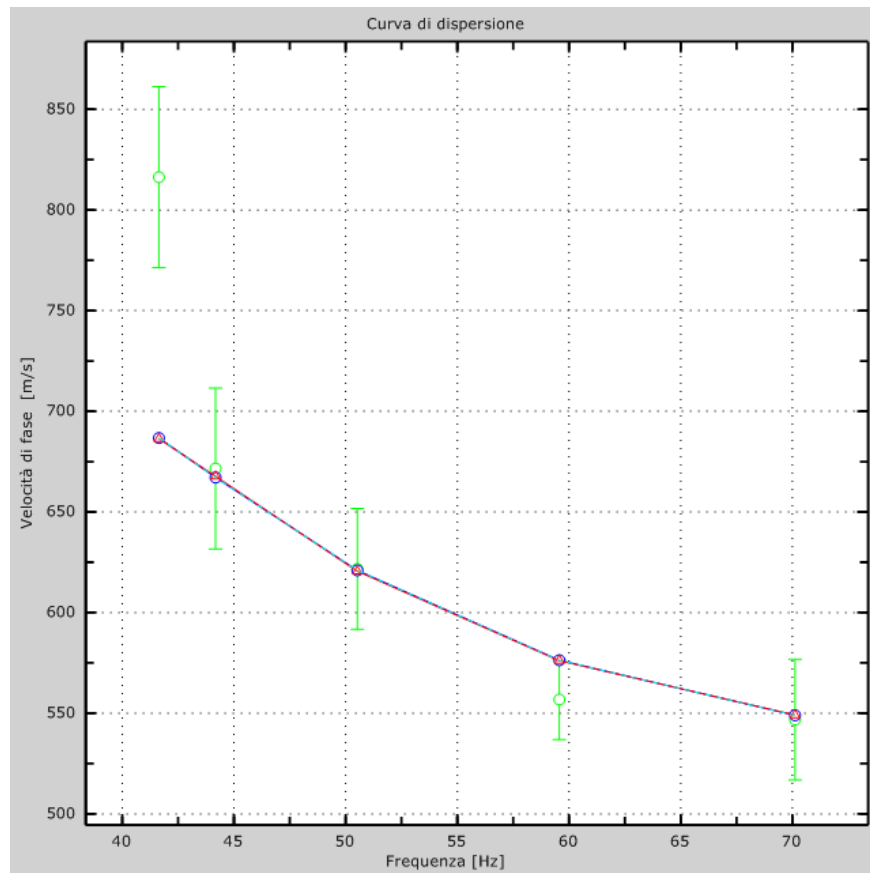


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

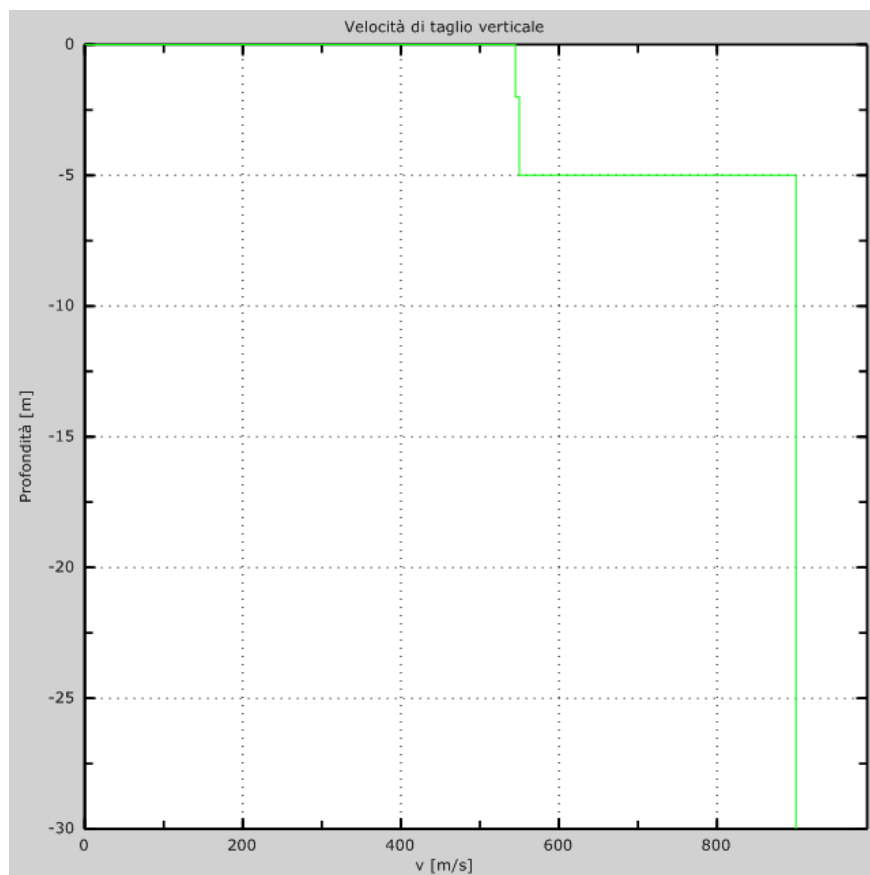


Figura 5: Profilo Vs numerico

5 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0

V_{seq} [m/s]548

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

Tipo di suolo B

Tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S1



Foto 1: Postazione di sondaggio



Foto 2: Cassetta catalogatrice 1 - da P.C. a 5,00 m

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S1



Foto 3: Cassetta catalogatrice 2 - da 5,00 a 8,40 m



Foto 4: Finitura testa piezometro

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S2



Foto 1: Postazione di sondaggio



Foto 2: Cassetta catalogatrice 1 - da P.C. a 5,00 m

SINGEO S.R.L.
I.P.S.E.O.A. POLO MARCO – VIA SORACCO A., 7 – S. COLOMBANO CERT. (GE)
SONDAGGIO S2

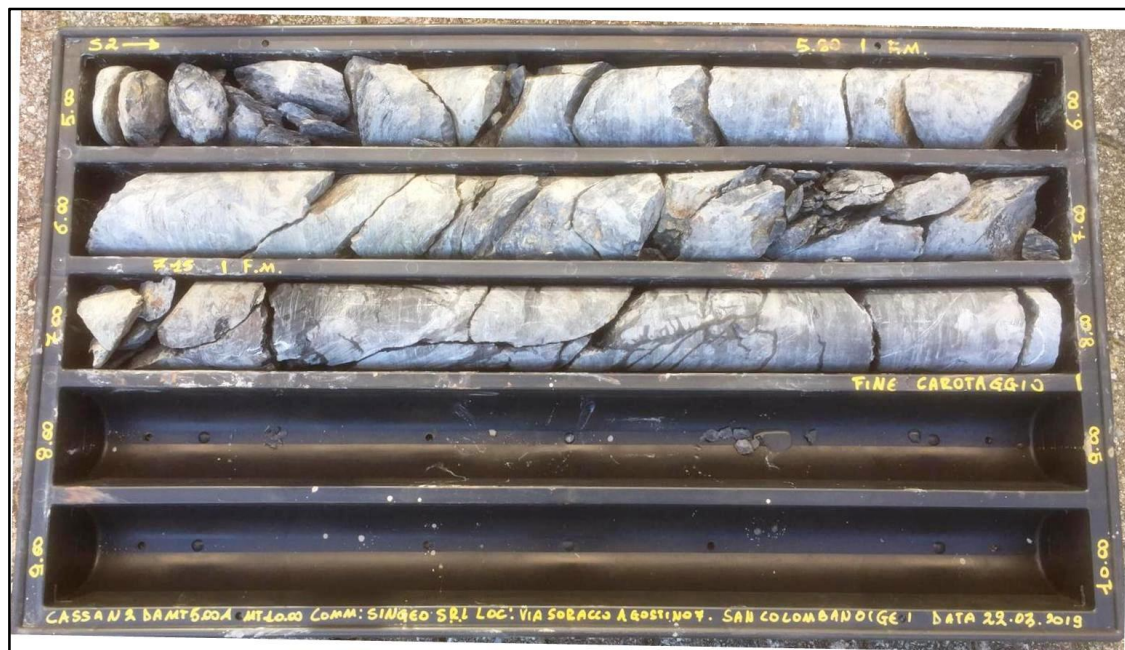


Foto 3: Cassetta catalogatrice 2 - da 5,00 a 8,00 m

RAPPORTO DI PROVA n. 19038-01

Verbale di accettazione N. 19038 del 02/04/2019

Data di emissione: 09/04/2019

Cliente: BORGHI DRILL SRL

Cantiere: I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)

Genova, 09/04/2019

Paolo Brasey
(Direttore del laboratorio)

a RINA company

RINA Consulting - GET S.r.l.

Società soggetta a direzione e coordinamento amministrativo e finanziario del socio unico RINA Consulting S.p.A.

Via Albisola, 64-66 - 16162 Genova

Tel. +39 010 6506644 - Fax +39 010 6591896 - www.rinaconsulting.org - rinaconsulting@rina.org

C.F. / P. IVA 01650450990 - REA GE 425381 - Cap. Soc. € 25.000,00 i.v.

Sede legale: Via S. Nazaro, 19 - 16145 Genova (GE)

CONTENUTO NATURALE IN ACQUA - ASTM D2216-10

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00 Data Ricevimento : 02/04/2019
 Tipo Campione : Indisturbato Data Esecuzione Prova : 04/04/2019
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Peso lordo umido	(g)	831.04
Peso lordo secco	(g)	728.96
Peso tara	(g)	308.37
Peso netto secco	(g)	420.59
Peso acqua	(g)	102.08
Contenuto in acqua	(%)	24.3

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Note :

ANALISI GRANULOMETRICA DI UN TERRENO - ASTM D422-63

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00
 Tipo Campione : Indisturbato
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 02/04/2019
 Data Esecuzione Prova : 08/04/2019
 Class. U.S.C.S. : CL

DATI GRANULOMETRICI

Ciottoli (%)	0.00
Ghiaia (%)	3.23
Sabbia (%)	43.16
Limo (%)	40.58
Argilla (%)	13.03
Fini (%)	53.61
D. max (mm)	7.5

ALTRI PARAMETRI

D ₉₀ (mm)	2.543
D ₆₀ (mm)	0.118
D ₅₀ (mm)	0.060
D ₃₀ (mm)	0.017
D ₁₀ (mm)	0.004
C _c	0.61
C _u	29.78

GHIAIA E SABBIA

Forma : angolare
 Durezza : dura e resistente

Note:

-

-

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
125.00	100.00
100.00	100.00
90.00	100.00
75.00	100.00
50.80	100.00
38.10	100.00
25.40	100.00
19.00	100.00
12.70	100.00

SETACCIATURA

D (mm)	Pass (%)
9.50	100.00
4.75	96.77
2.00	87.40
0.85	80.13
0.425	74.76
0.250	69.88
0.180	65.51
0.125	60.80
0.075	53.61

SEDIMENTAZIONE

D (mm)	Pass (%)
0.0366	42.36
0.0236	35.67
0.0140	26.76
0.0100	22.30
0.0071	17.84
0.0051	13.38
0.0037	8.92
0.0026	4.46
0.0015	2.23



Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Andrea Botti

LIMITI DI ATTERBERG - ASTM D4318-10

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00
 Tipo Campione : Indisturbato
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 02/04/2019
 Data Esecuzione Prova : 08/04/2019
 Class. U.S.C.S. : CL

LIMITE LIQUIDO (MULTIPOINT)

Numero di colpi	(#)	34	24	15
Peso lordo umido	(g)	60.36	54.21	46.97
Peso lordo secco	(g)	51.30	46.72	41.43
Tara	(g)	26.13	26.40	26.64
Peso netto secco	(g)	25.17	20.32	14.79
Peso acqua	(g)	9.06	7.49	5.54
Contenuto acqua	(%)	36.0	36.9	37.5

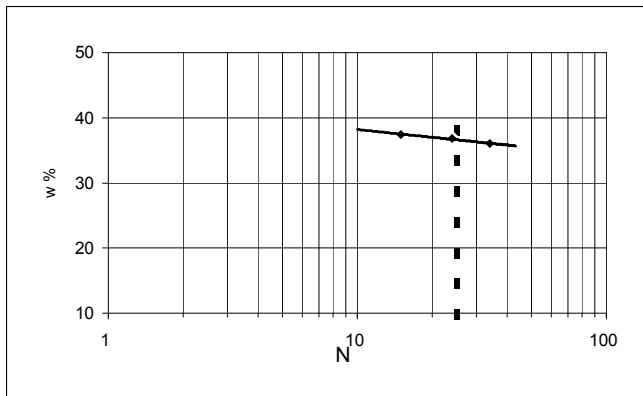
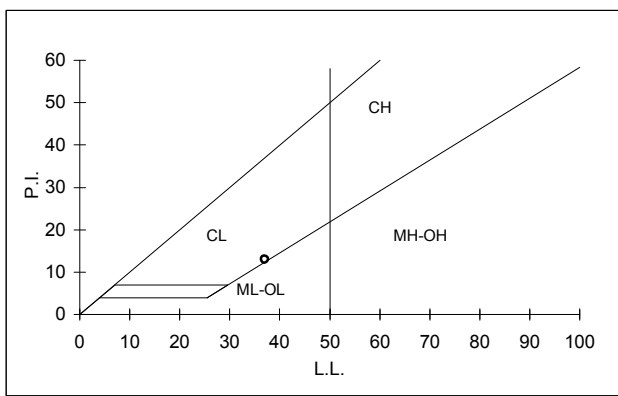
w % (per N=25) 37.0

LIMITE PLASTICO

Peso lordo umido	(g)	32.02	32.25
Peso lordo secco	(g)	30.96	31.12
Tara	(g)	26.45	26.38
Peso netto secco	(g)	4.51	4.74
Peso acqua	(g)	1.06	1.13
Contenuto acqua	(%)	23.5	23.8

w % medio 23.7

LIMITE DI LIQUIDITA' 37
LIMITE DI PLASTICITA' 24
INDICE PLASTICITA' 13

DETERMINAZIONE LIMITE LIQUIDO**CARTA DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE**

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Andrea Botti

DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME - ASTM D7263-09

Cliente : BORGHİ DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Identificazione Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00
 Tipo Campione : Indisturbato
 Descrizione del Materiale : Argilla sabbiosa di bassa plasticità

Data Ricevimento : 02/04/2019
 Data Esecuzione Prova : 04/04/2019

Geometria della sezione del provino : circolare

Diametro	(cm)	8.42
Altezza	(cm)	11.12
Peso lordo	(g)	1278.20
Peso tara	(g)	0.00
Peso netto	(g)	1278.20
Volume	(cm ³)	619.18
Peso di volume	(kN/m³)	20.25

Direttore Tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey
 Sperimentatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

Note :

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

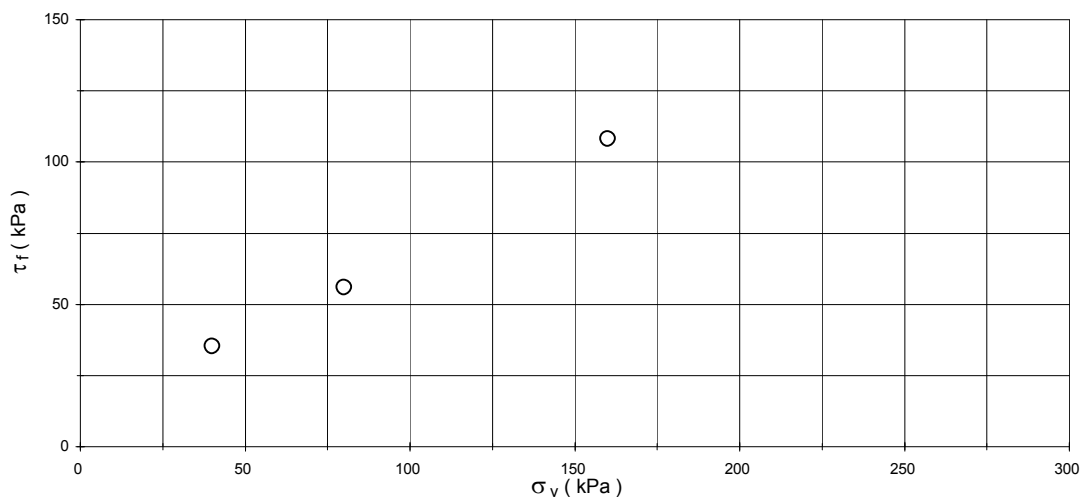
Cliente :	BORGHI DRILL SRL		
Località :	I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)		
Id. Campione :	Ci1		
Profondità (m) :	3.60 - 4.00		
Tipo del campione :	indisturbato	Data Ricevimento :	02/04/2019
Descrizione :	Argilla sabbiosa di bassa plasticità	Data Prova :	04/04/2019

CONDIZIONI INIZIALI

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
H	(cm)	2.31	2.31	2.31
D	(cm)	6.00	6.00	6.00
γ_t	(kN/m ³)	20.26	20.21	20.23
W_i	(%)	24.3	24.4	24.0
γ_d	(kN/m ³)	16.30	16.25	16.32
G_s	(-) (stimato)	2.65	2.65	2.65

ROTTURA

		Provino 1	Provino 2	Provino 3
Velocità di avanzamento	(mm/min)	0.005	0.005	0.005
σ_v	(kPa)	40	80	160
ΔH_c	(mm)	0.45	0.88	1.16
ΔH_f	(mm)	0.42	0.37	0.34
d_h	(mm)	2.12	2.87	3.93
τ_f	(kPa)	35.2	56.1	108.3
W_f	(%)	24.5	25.9	26.3
γ_{df}	(kN/m ³)	15.76	15.42	15.32



Note :

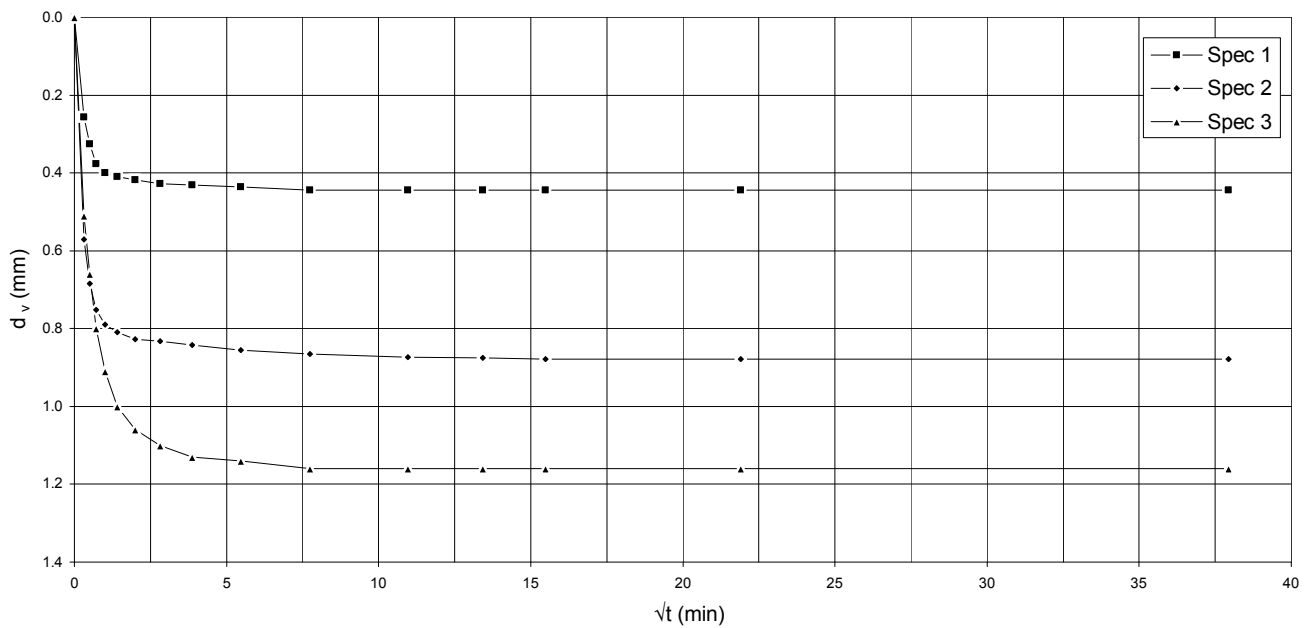
Direttore tecnico :	Dott. Geol. Paolo Brasey	Operatore :	Dott. Geol. Cristiano Pastore
---------------------	--------------------------	-------------	-------------------------------

PROVA DI TAGLIO DIRETTO - ASTM D3080-11

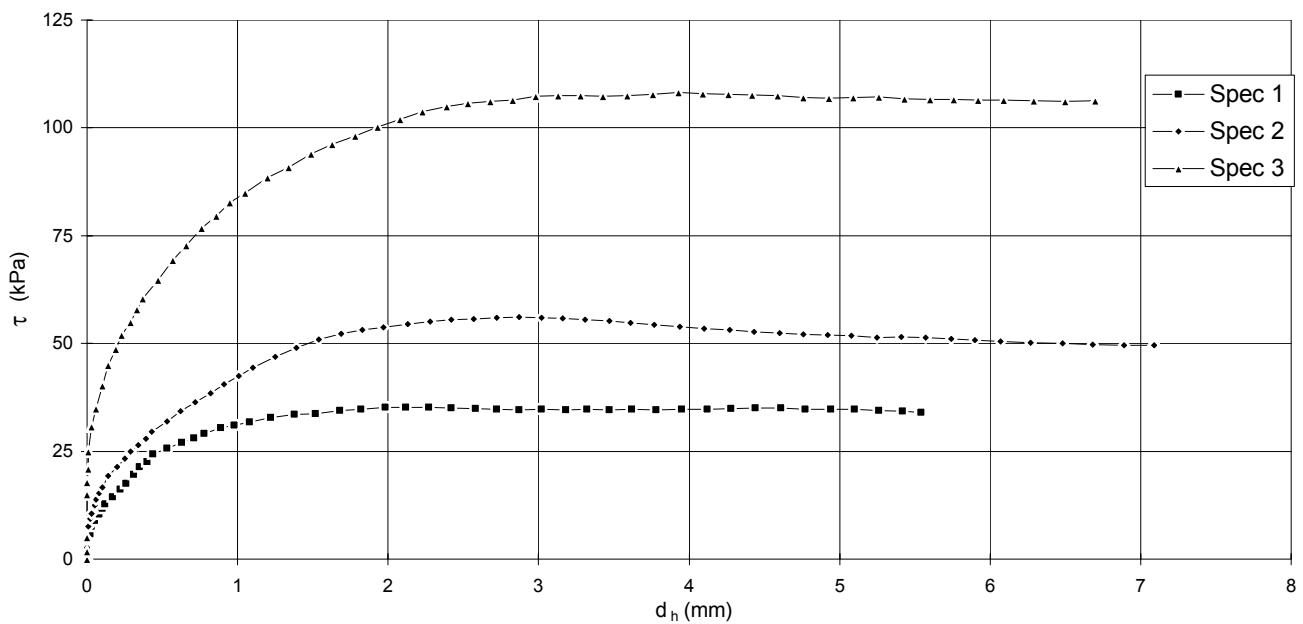
Test eseguito in scatola di Casagrande, con provino immerso, a sezione circolare

Cliente : BORGHI DRILL SRL
 Località : I.P.S.E.O.A. POLO MARCO - Via Soracco, 7 - San Colombano Certenoli (GE)
 Id. Campione : Ci1
 Profondità (m) : 3.60 - 4.00

FASE DI CONSOLIDAZIONE



FASE DI TAGLIO



Direttore tecnico : Dott. Geol. Paolo Brasey

Operatore : Dott. Geol. Cristiano Pastore

ALLEGATO MP.V.D

Report su risposta sismica da microtremori (OMEGA – Savona SV)

INDAGINI RELATIVE ALLA VALUTAZIONE DI VULNERABILITA' SISMICA DELL'ISTITUTO SCOLASTICO MARCO POLO – SUCCURSALE DI CALVARI NEL COMUNE DI SAN COLOMBANO CERTENOLI (GE)

Savona, 9 Aprile 2019

Dott. Geol. Francesco Valle



Analisi vibrometrica di tipo passivo

Le frequenze dei modi di vibrare dell'edificio sono state misurate con un tromometro digitale modello Tromino®Zero della Moho s.r.l., che sfrutta il rumore sismico ambientale.

Lo strumento è costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze tra 0.1 e 128 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale.

L'elaborazione è stata eseguita con il software *Grilla* della Moho s.r.l.

Le misure sono state eseguite nei due edifici denominati A e B (Fig. 1).

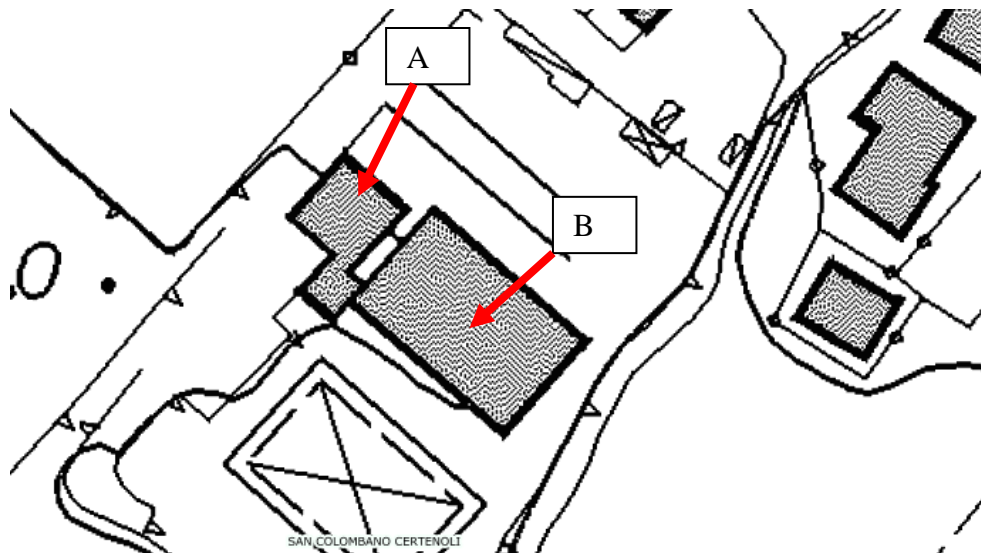


Fig. 1. Localizzazione degli edifici.

Metodo

Sono state eseguite misure (su ogni piano compreso quello di fondazione) per caratterizzare la struttura e una su terreno per caratterizzare il sottosuolo.

Frequenza di campionamento

Le frequenze dei modi di vibrare delle strutture dipendono grossomodo dalla loro altezza. Edifici standard in c.a. a un piano, relativamente al primo modo di vibrare, hanno frequenze inferiori a 10-12 Hz mentre per edifici più alti le frequenze fondamentali sono inferiori. In questo caso è appropriato un campionamento a 128 Hz (secondo il teorema di Nyquist se si campiona a 128 Hz si possono avere informazioni fino a frequenze massime di 64 Hz).

Durata della registrazione

Dato che le vibrazioni degli edifici hanno ampiezze elevate, specialmente sui piani alti, è stato scelto un tempo di acquisizione di 8 minuti.

Posizionamento dello strumento

Lo strumento è stato posto con l'asse maggiore (N-S) parallelo all'asse maggiore della struttura. È stato posizionato sulla stessa verticale e mantenendo lo stesso allineamento tra i differenti piani. Nel caso specifico lo strumento è stato posto su ogni piano, compreso quello di fondazione e all'esterno alla struttura su terreno naturale per caratterizzare il sottosuolo. Nelle misure passive l'effetto di vibrazione della struttura sul suolo scompare già a pochi metri di distanza dalla struttura stessa.

Lisciamento

È stato utilizzato un lisciamento di 5%.

Per valutare i modi di vibrare della struttura è stato rimosso dalle registrazioni l'effetto del sottosuolo. Per eseguire tale procedura è stata utilizzata la tecnica Standard Spectral Ratio (SSR).

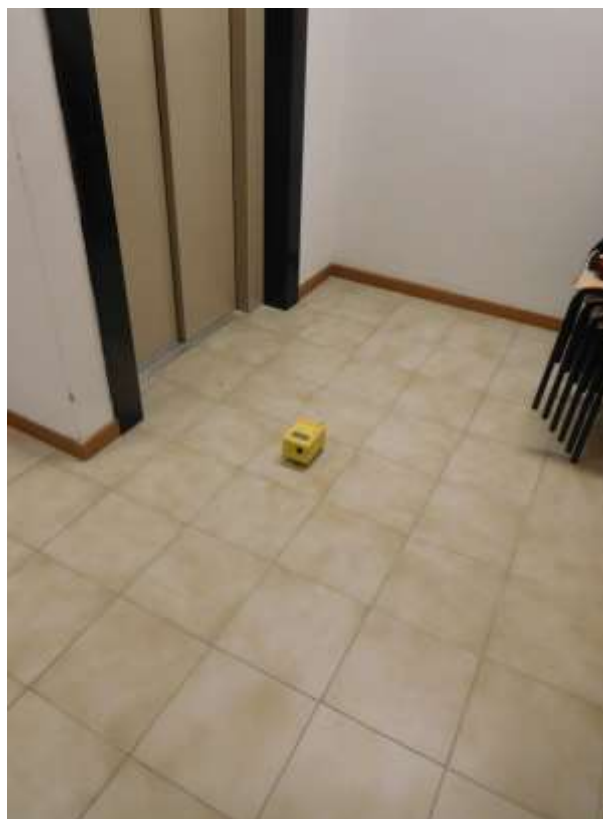
Edificio A



Vista dell'edificio indagato con localizzazione delle misure eseguite all'interno della struttura ai singoli livelli (PT-P3) e quella in esterno (cerchio rosso).



Piano 3



Piano 2



Piano 1



Piano terra



Zona esterna

Lo strumento è stato posto sulla stessa verticale all'interno dell'edificio, in modo da mantenere la stessa orientazione nello spazio, con l'asse maggiore dello strumento (N-S) parallelo all'asse maggiore dell'edificio.

Risultati

I rapporti H_i/H_0 (orizzontale E/W e N/S) e Z_i/Z_0 permettono di studiare le frequenze di risonanza.



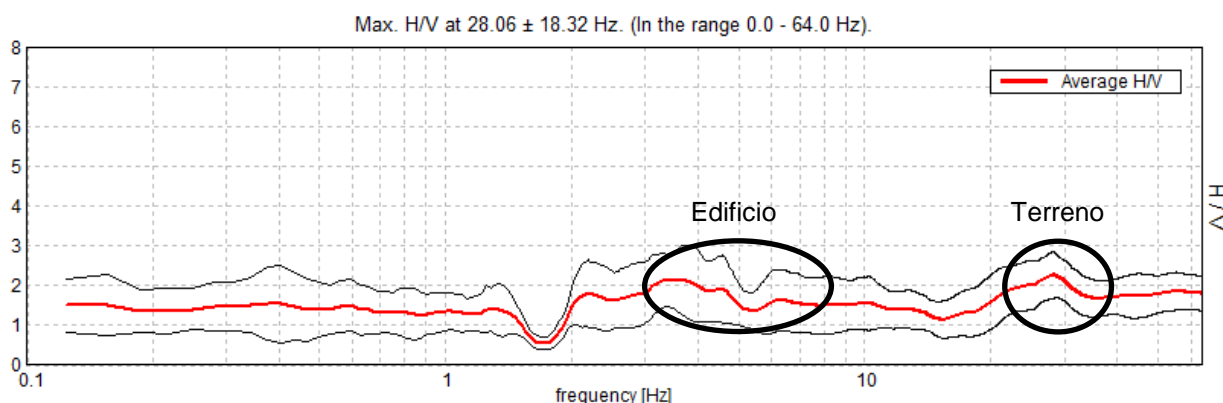
I rapporti spettrali tra le componenti (orizzontale e verticale) registrate sui differenti livelli (curva rossa P1, curva verde P2, curva blu P3).

La Figura mostra come le oscillazioni più sensibili riguardano le componenti orizzontali (E-W e N-S). Nella componente verticale, i rapporti spettrali non permettono neppure di individuare delle frequenze di risonanza, questo è dovuto al fatto che i movimenti verticali di un edificio di limitata altezza sono generalmente molto ridotti, o comunque sono minori di quelli orizzontali.

Nella componente N-S, i picchi sono ben definiti, alle frequenze di 3-4 Hz e 7-8 Hz. Inoltre, nei vari piani le frequenze di risonanza misurate sono sostanzialmente le stesse indice di un edificio in buone condizioni generali.

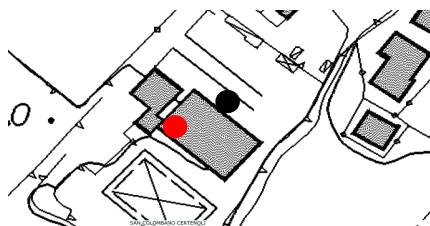
Nella componente E-W, i picchi sono un po' meno evidenti, comunque, nell'ambito delle stesse frequenze, è possibile vedere una certa corrispondenza nei singoli piani. Non si esclude che le alterazioni potrebbero essere legate alla presenza del vano ascensore.

Nella figura riportata sotto è mostrato il confronto tra le frequenze naturali del terreno, ottenute utilizzando le curve H/V del sito posto esternamente all'edificio, e le frequenze naturali dell'edificio, evidenziate usando invece i rapporti H_i/H_0 e Z_i/Z_0 .



Andamento del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza nel sito posto esternamente all'edificio.

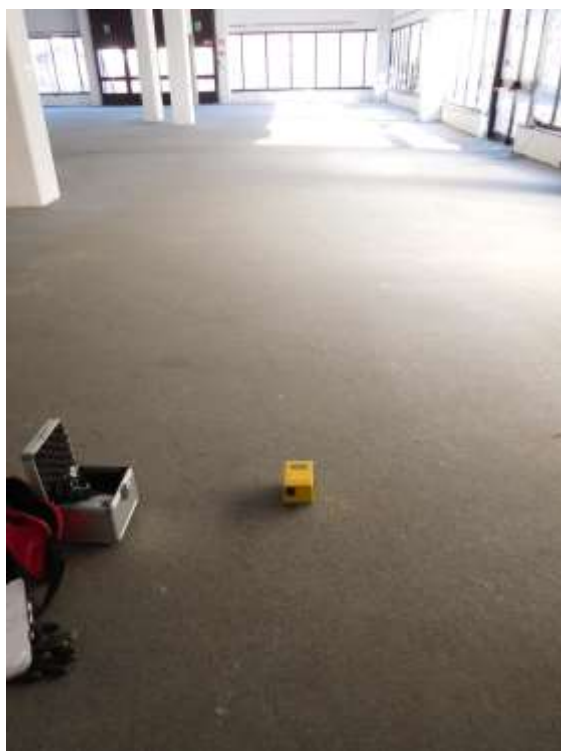
Edificio B – lato N-W



Localizzazione delle prove nell'edificio (cerchio rosso) e su suolo (cerchio nero).



Piano 2



Piano 1

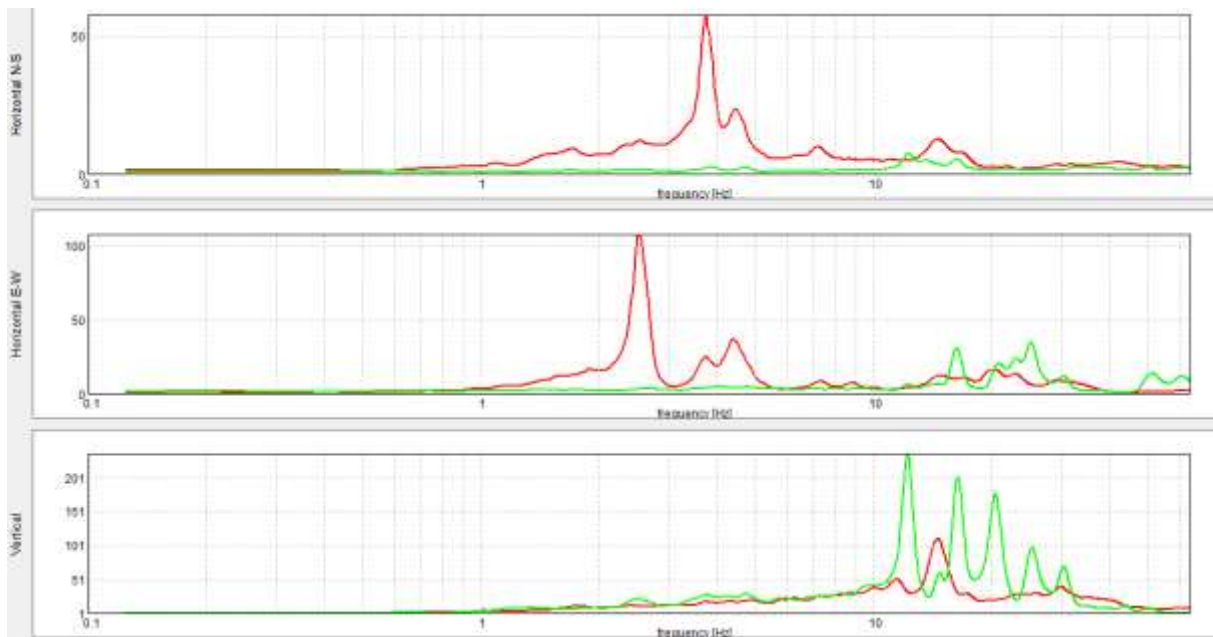


Piano terra



Zona esterna

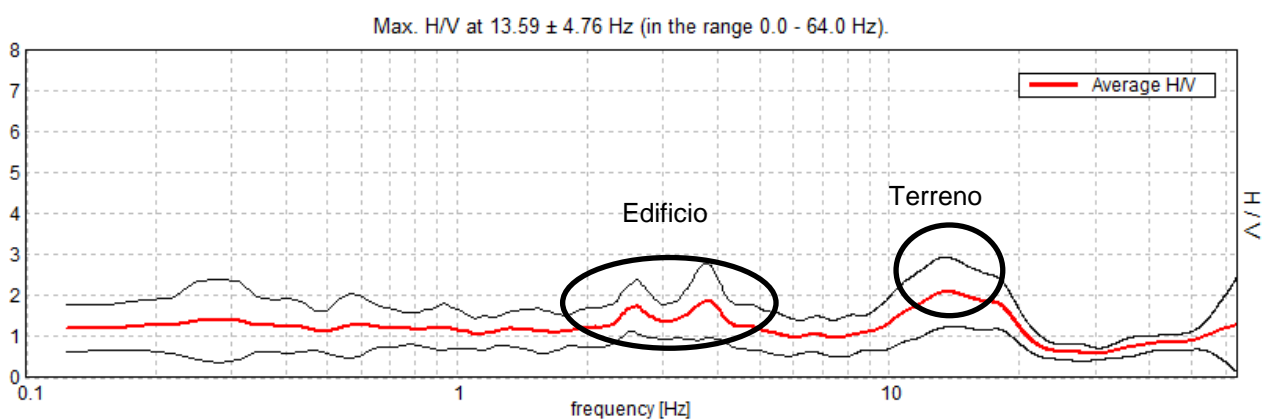
Risultati



I rapporti spettrali tra le componenti (orizzontale e verticale) registrate sul primo piano (curva verde Piano 1) e secondo piano (curva rossa Piano 2).

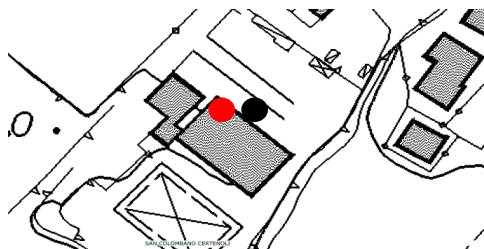
In questo caso si nota che le frequenze di risonanza misurate a ogni piano relativamente alla componente orizzontale non sono sostanzialmente le stesse. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che il primo piano risulta vincolato al terreno lateralmente. Non si esclude che possa anche influire sulla componente verticale che ad alte frequenze non risulta piatta.

Nella figura riportata sotto è mostrato il confronto tra le frequenze naturali del terreno, ottenute utilizzando le curve H/V del sito posto esternamente all'edificio, e le frequenze naturali dell'edificio, evidenziate usando invece i rapporti H_i/H_0 e Z_i/Z_0 .



Andamento del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza nel sito posizionato esternamente all'edificio.

Edificio B – lato N-E



Localizzazione delle prove nell'edificio (cerchio rosso) e su suolo (cerchio nero).



P2



P1



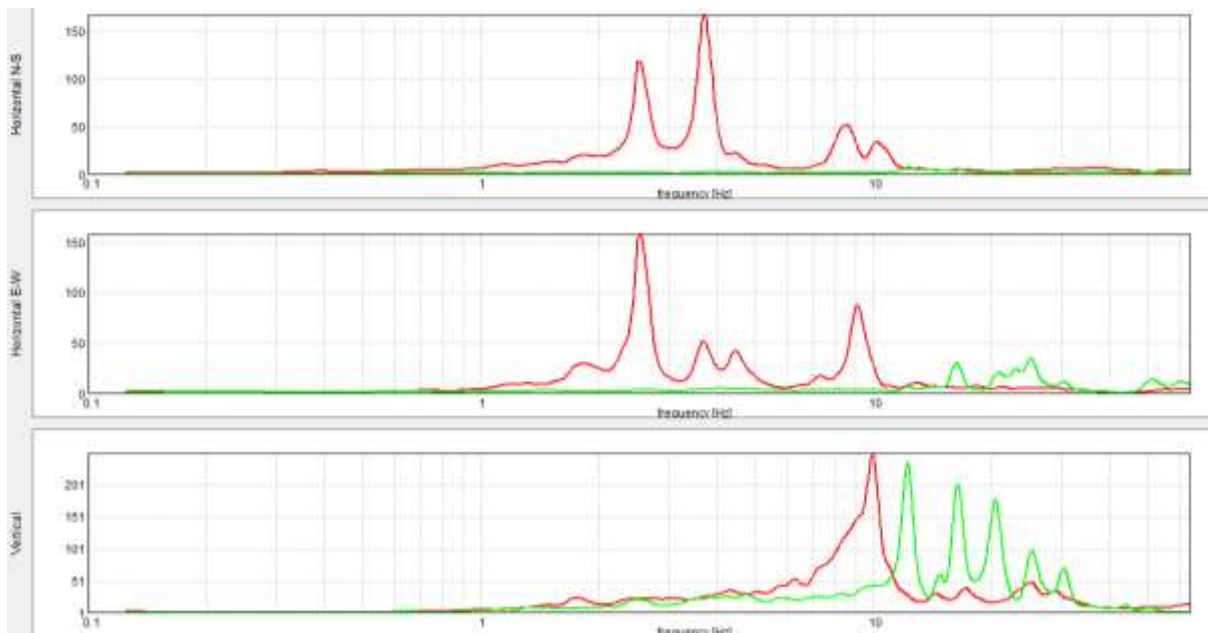
PT



Zona esterna

Risultati

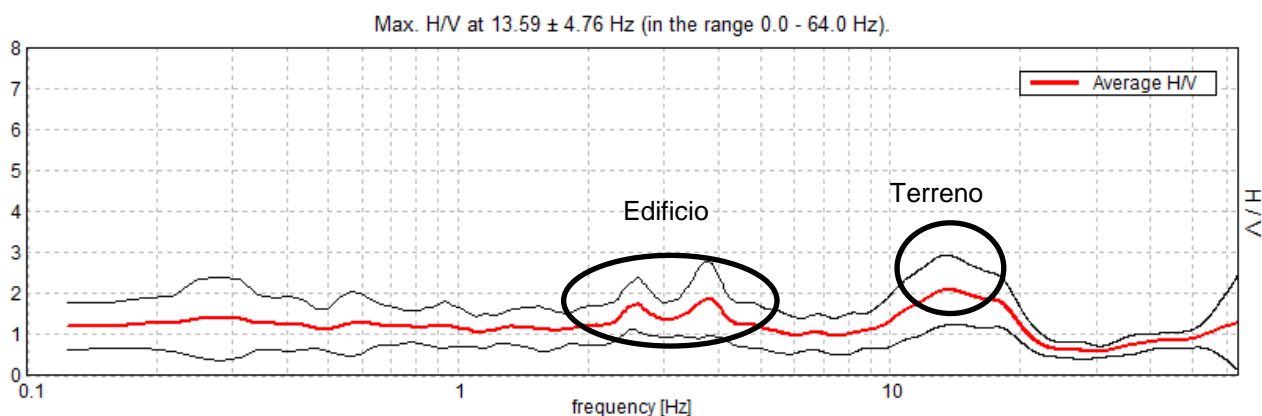
I rapporti H_i/H_0 (orizzontale E/W e N/S) e Z_i/Z_0 permettono di studiare le frequenze di risonanza (Fig. 3).



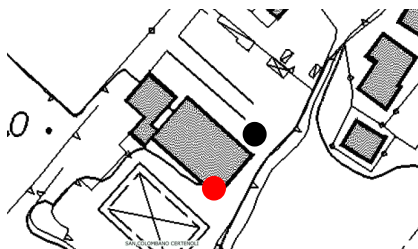
I rapporti spettrali tra le componenti (orizzontale e verticale) registrate sul primo piano (curva verde P1) e secondo piano (curva rossa P2).

In questo caso si nota che le frequenze di risonanza misurate a ogni piano relativamente alla componente orizzontale non sono sostanzialmente le stesse. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che il primo piano risulta vincolato al terreno lateralmente. Non si esclude che possa anche influire sulla componente verticale che ad alte frequenze non risulta piatta.

Nella figura riportata sotto è mostrato il confronto tra le frequenze naturali del terreno, ottenute utilizzando le curve H/V del sito posto esternamente all'edificio, e le frequenze naturali dell'edificio, evidenziate usando invece i rapporti H_i/H_0 e Z_i/Z_0 .



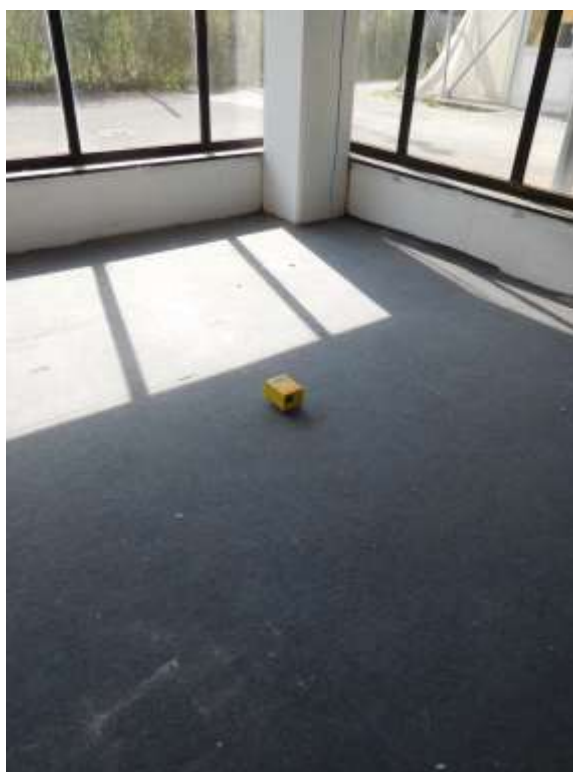
Andamento del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza nel sito posto esternamente all'edificio.



Localizzazione delle prove nell'edificio (cerchio rosso) e su suolo (cerchio nero).



Piano 1



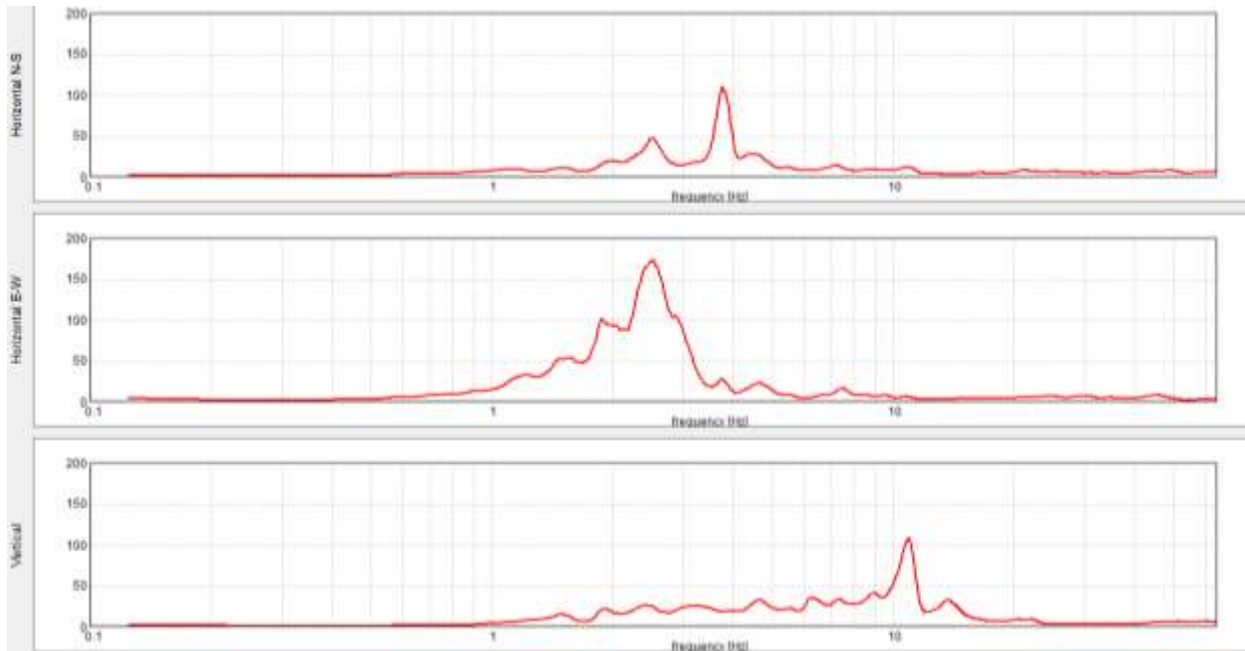
Piano terra



Zona esterna

Risultati

I rapporti H_i/H_0 (orizzontale E/W e N/S) e Z_i/Z_0 permettono di studiare le frequenze di risonanza.



Nella figura riportata sotto è mostrato il confronto tra le frequenze naturali del terreno, ottenute utilizzando le curve H/V del sito posto esternamente all'edificio, e le frequenze naturali dell'edificio, evidenziate usando invece i rapporti H_i/H_0 e Z_i/Z_0 .

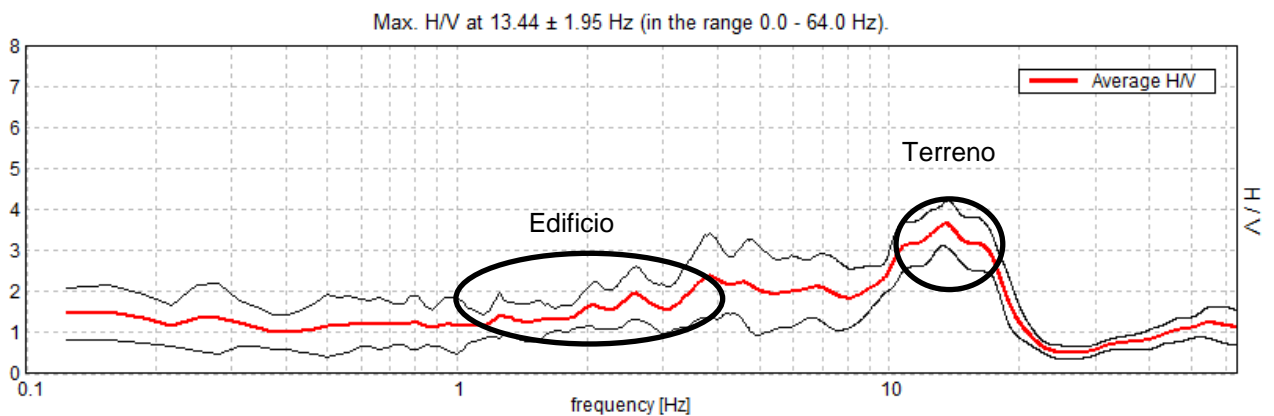
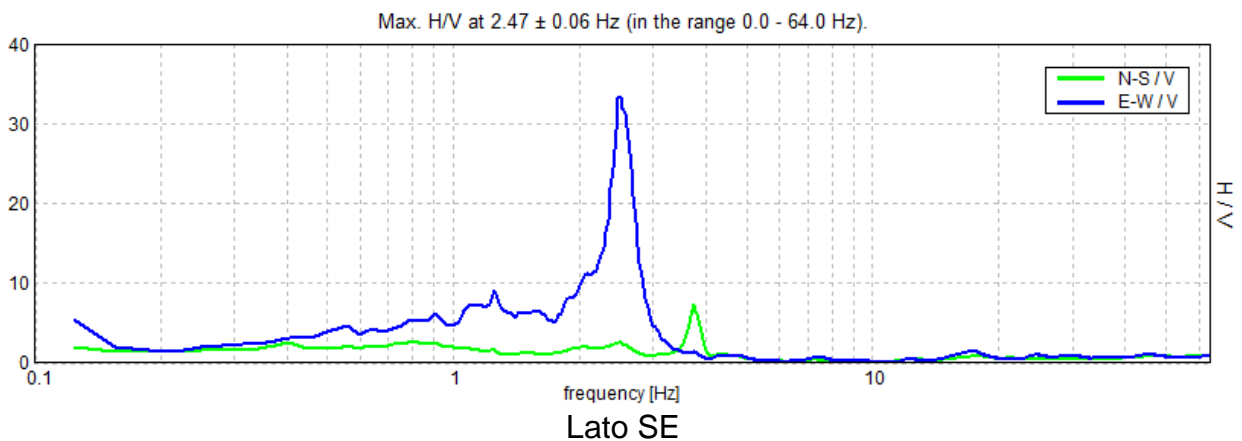
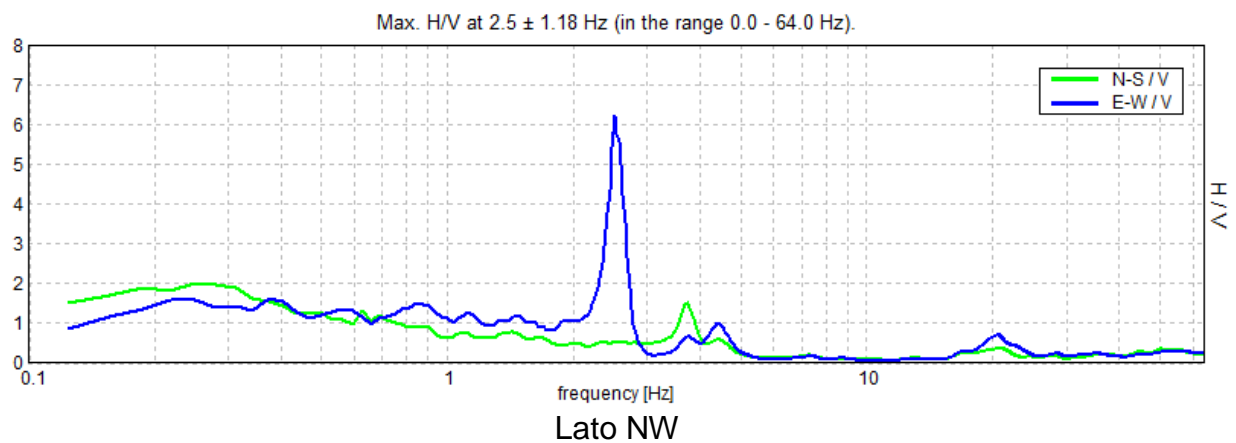
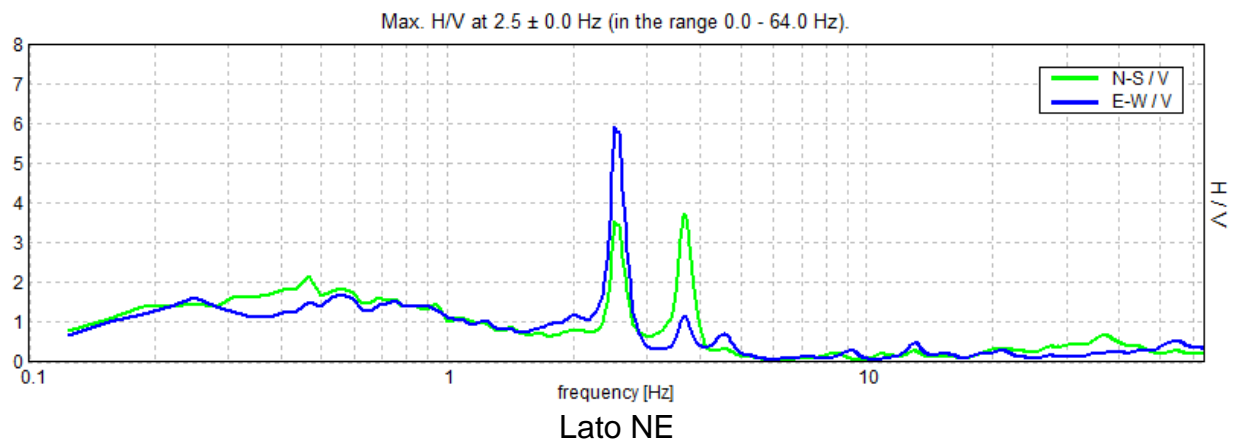


Fig. 5. Andamento del rapporto spettrale H/V in funzione della frequenza nel sito posto esternamente all'edificio.

Relativamente al piano superiore dell'edificio B è stato riportato il rapporto H/V eseguito nei tre siti.



Il confronto tra le frequenze naturali del terreno e quelle dell'edificio hanno mostrato in tutti i siti analizzati che effetti di amplificazione sismica locale dovuta all'accoppiamento tra i modi di vibrazione del terreno e dell'edificio possono sostanzialmente escludersi, considerando anche il fatto che, in caso di terremoto di magnitudo elevata, i primi danni portano senz'altro alla riduzione delle frequenze della struttura e quindi un ulteriore allontanamento dalla frequenza di vibrazione del terreno.

Edificio A

PT

Start recording: 06/04/19 12:24:42 End recording: 06/04/19 12:32:42

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

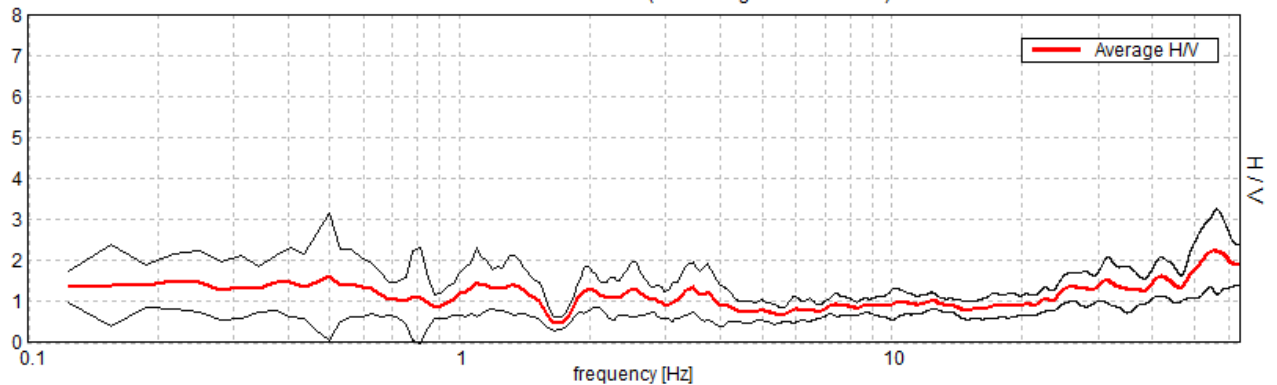
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

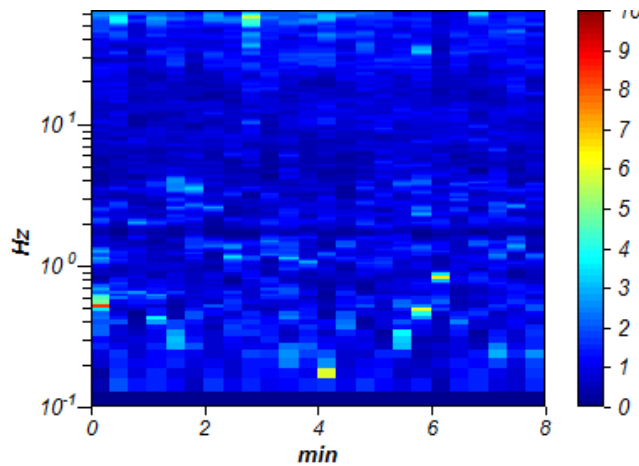
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

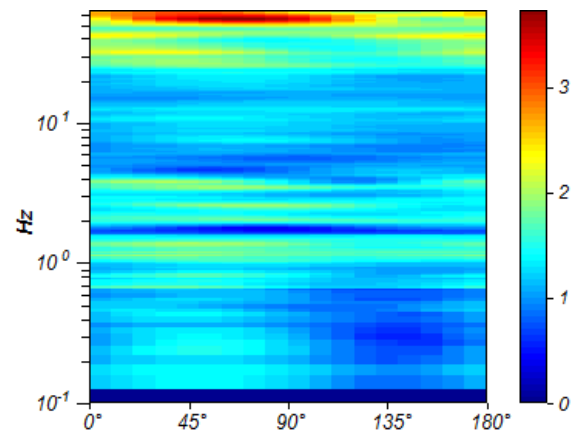
Max. H/V at 55.28 ± 22.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



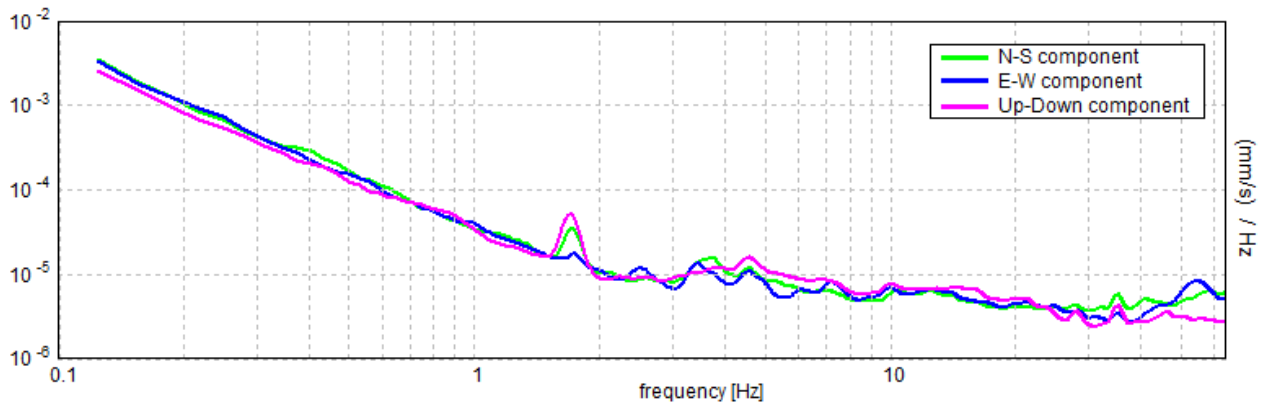
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 55.28 ± 22.37 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$55.28 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$26535.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1164 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	24.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$2.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.40461 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$22.36726 < 2.76406$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.9431 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

P1

Start recording: 06/04/19 12:12:32 End recording: 06/04/19 12:20:32

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analyzed 79% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

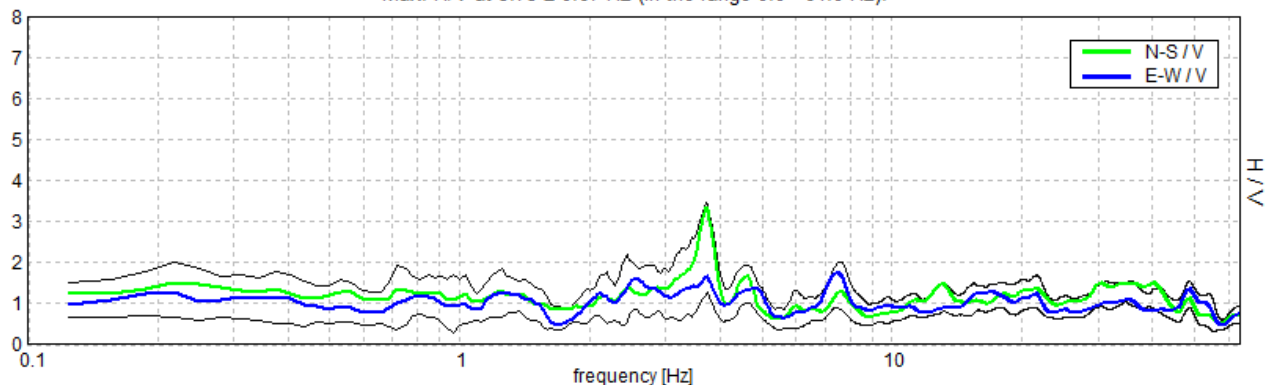
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

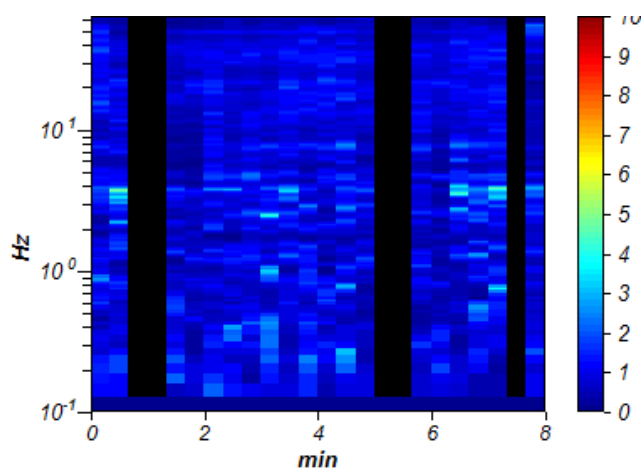
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

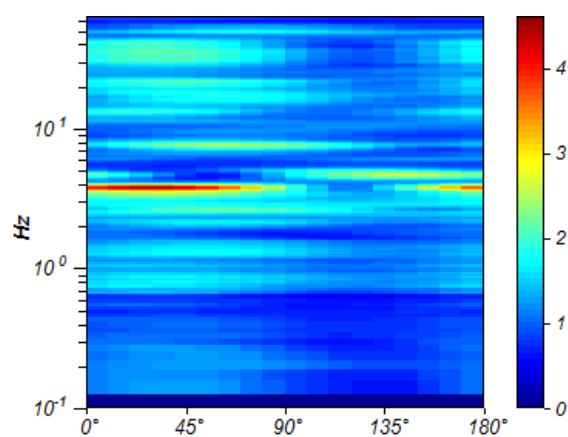
Max. H/V at 3.75 ± 0.67 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



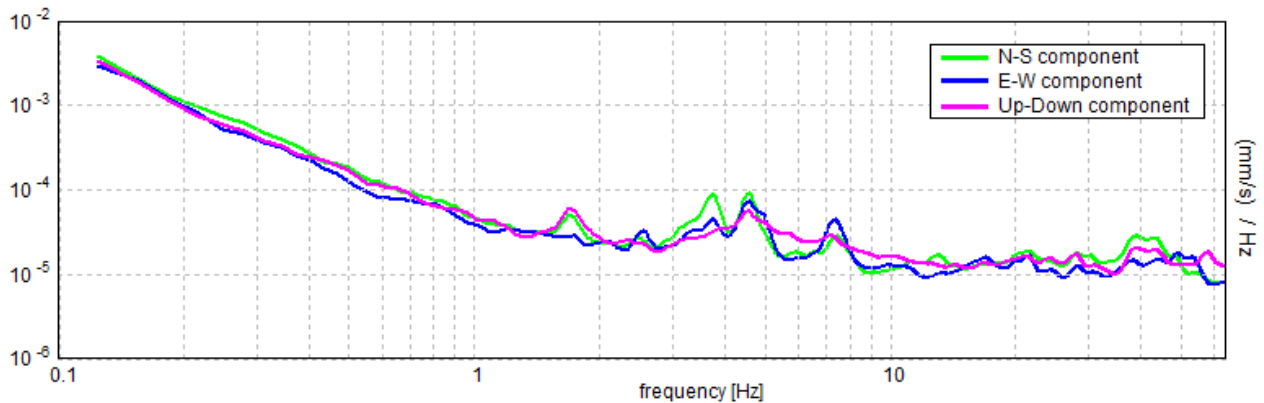
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.75 ± 0.67 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1425.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 181 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.344 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.34 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.17823 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.66836 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.0735 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

P2

Start recording: 06/04/19 12:02:12 End recording: 06/04/19 12:10:12

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analyzed 62% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

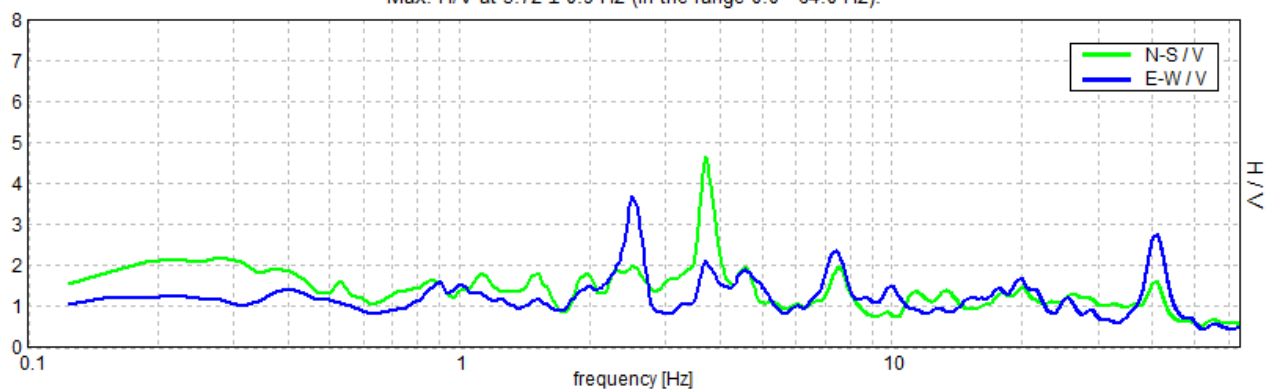
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

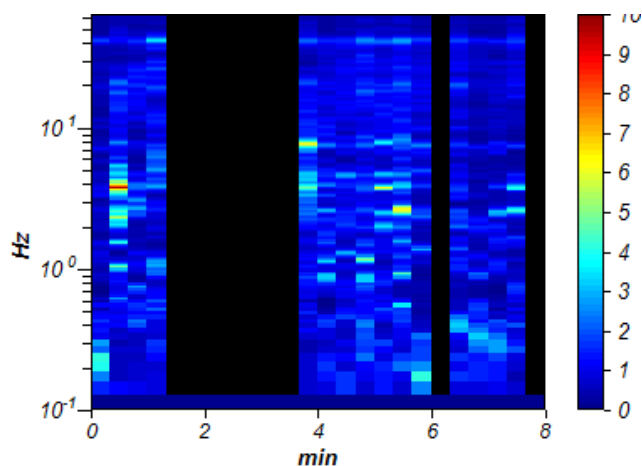
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

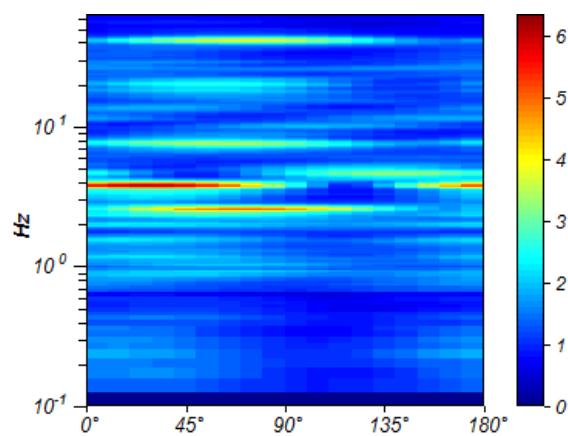
Max. H/V at 3.72 ± 0.9 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



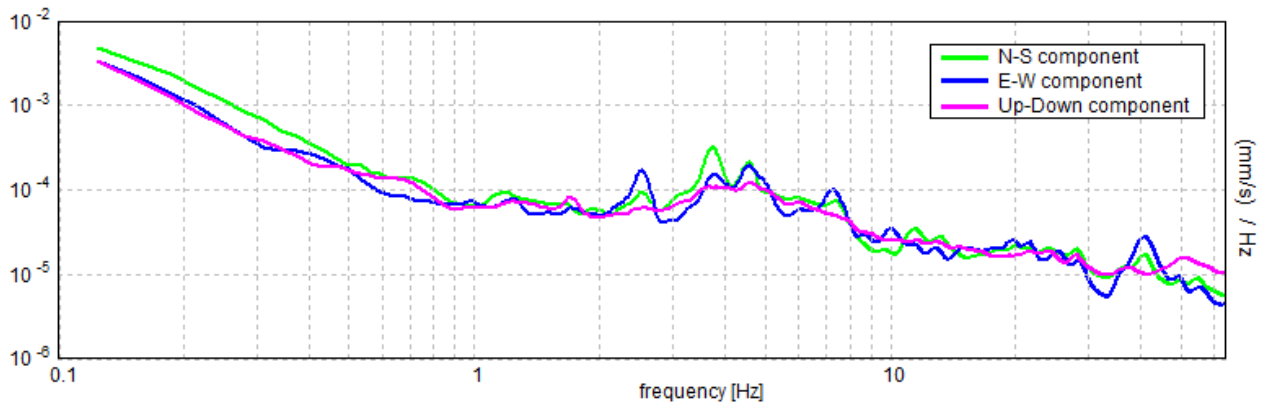
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.72 ± 0.9 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1115.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 4 out of 180 times		NO

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 $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.156 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.13 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.24304 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.9038 < 0.18594$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$2.2036 < 1.58$		NO

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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

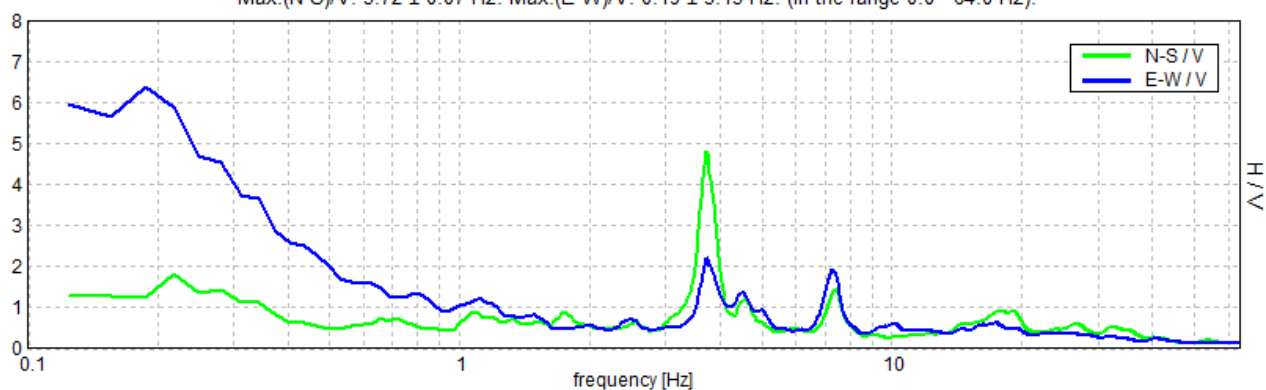
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40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

P3

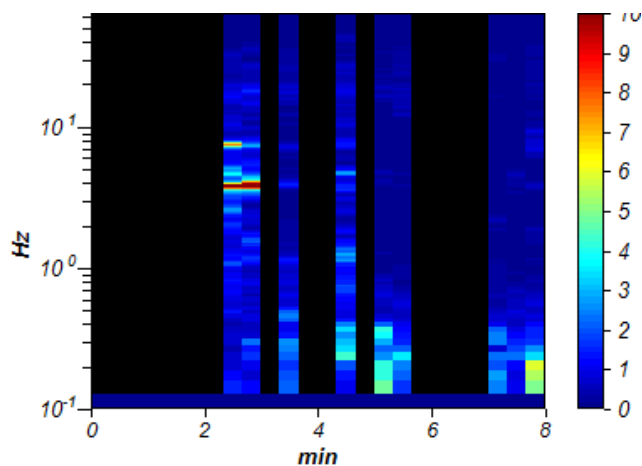
Start recording: 06/04/19 11:49:06 End recording: 06/04/19 11:57:06
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h08'00". Analyzed 38% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

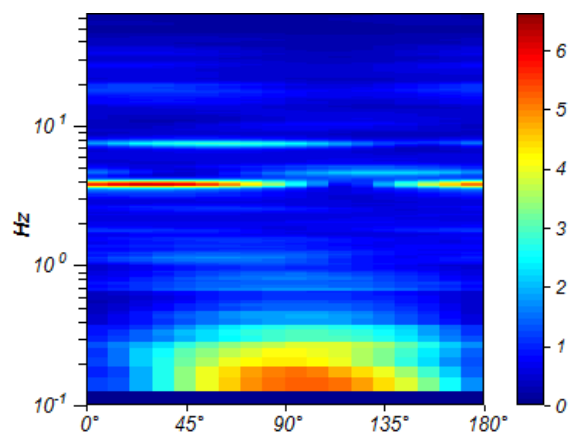
Max.(N-S)/V: 3.72 ± 0.07 Hz. Max.(E-W)/V: 0.19 ± 3.15 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



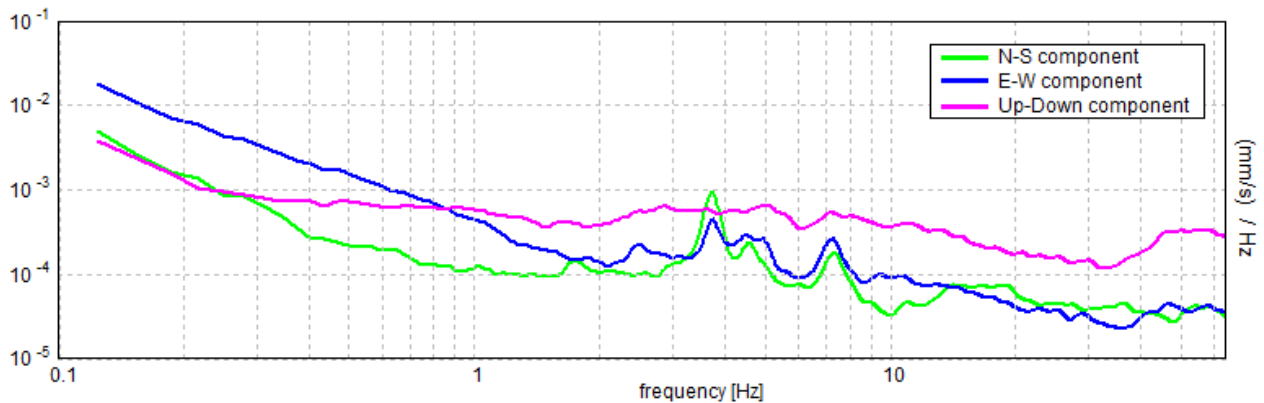
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.72 ± 0.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.72 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$669.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 22 out of 180 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.531 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.23 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0028 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01042 < 0.18594$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$4.621 < 1.58$		NO

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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Suolo

Start recording: 06/04/19 12:54:23 End recording: 06/04/19 13:10:23

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h16'00". Analyzed 71% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

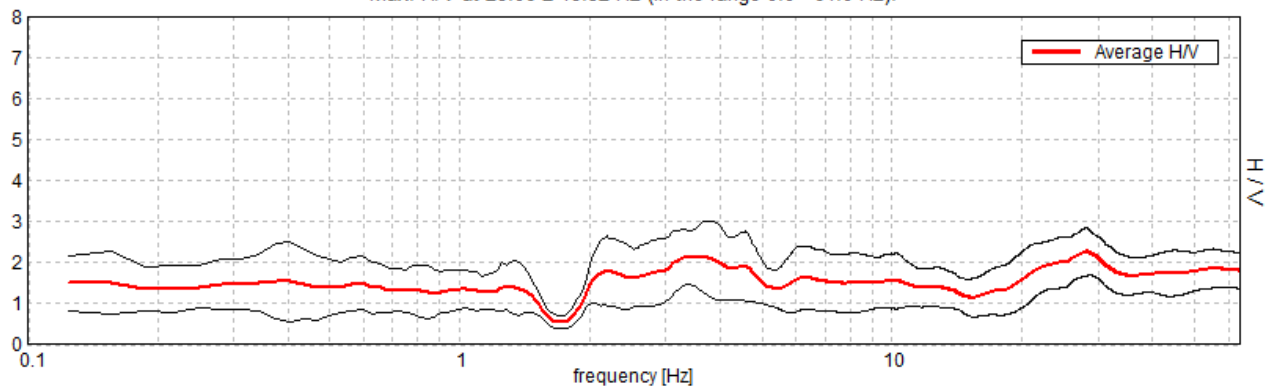
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

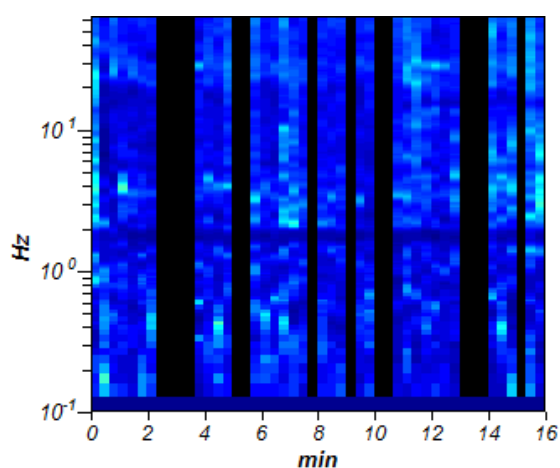
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

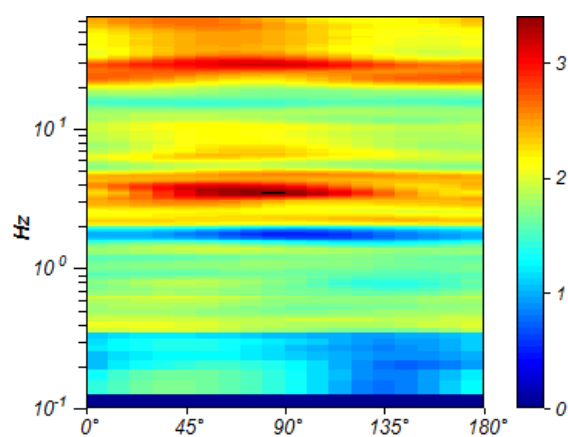
Max. H/V at 28.06 ± 18.32 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



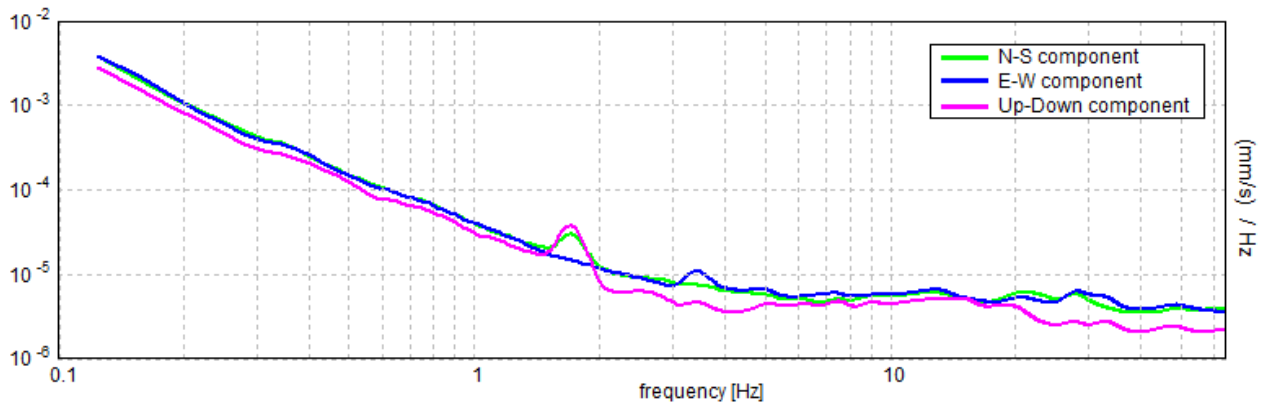
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 28.06 ± 18.32 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	28.06 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	19082.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1348 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.27 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.65291 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	18.32229 < 1.40313		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.5906 < 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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

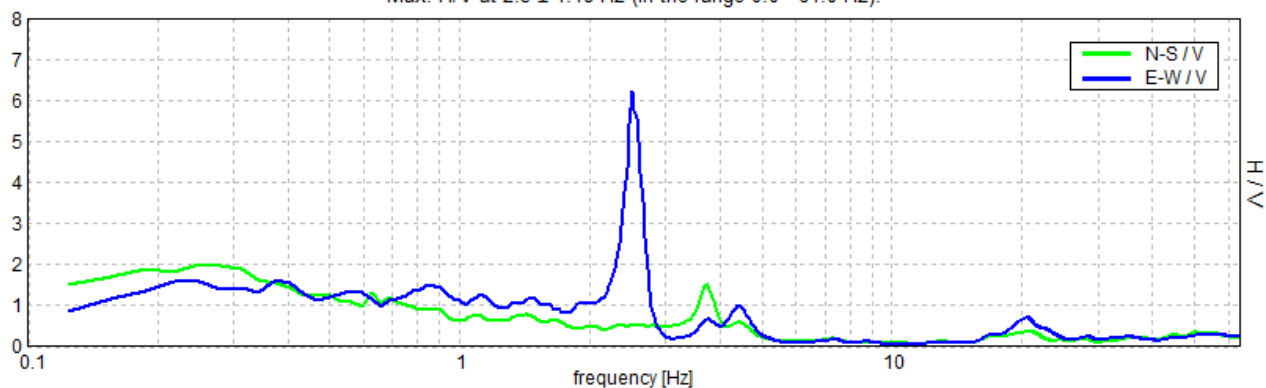
Edificio B – lato N-W

P2

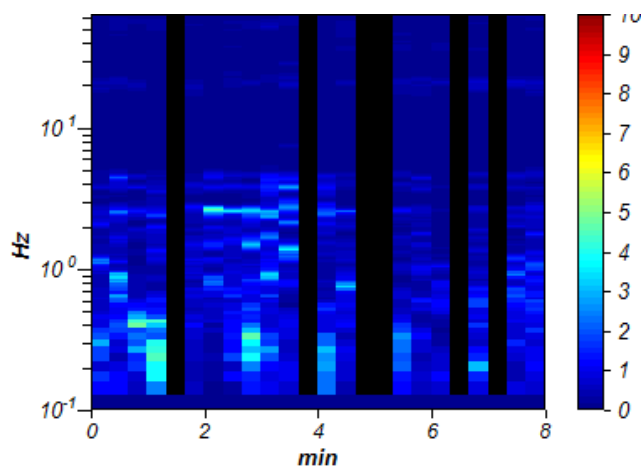
Start recording: 06/04/19 10:57:50 End recording: 06/04/19 11:05:50
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h08'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

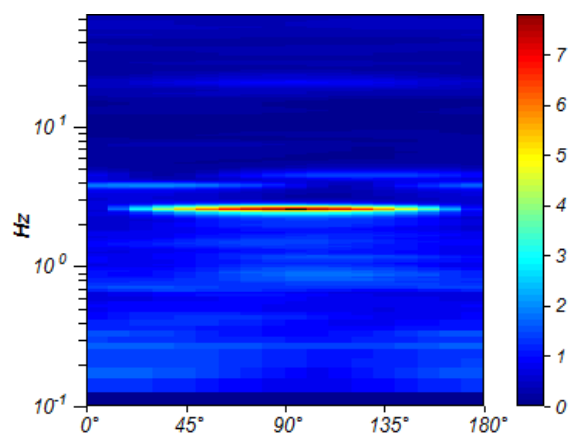
Max. H/V at 2.5 ± 1.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



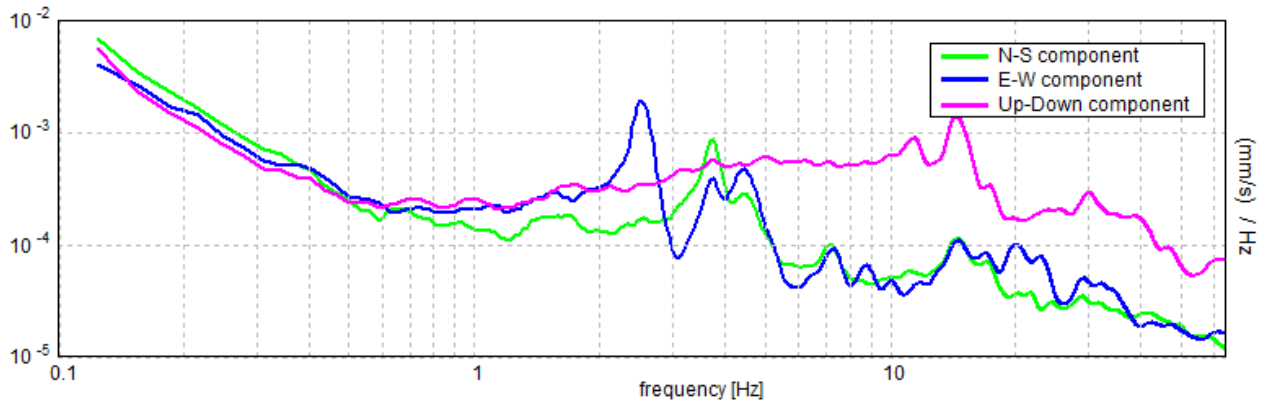
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.5 ± 1.18 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$900.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 121 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.25 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.79 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.47387 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.18466 < 0.125$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1812 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

P1

Start recording: 29/03/19 17:56:14 End recording: 29/03/19 18:04:14

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

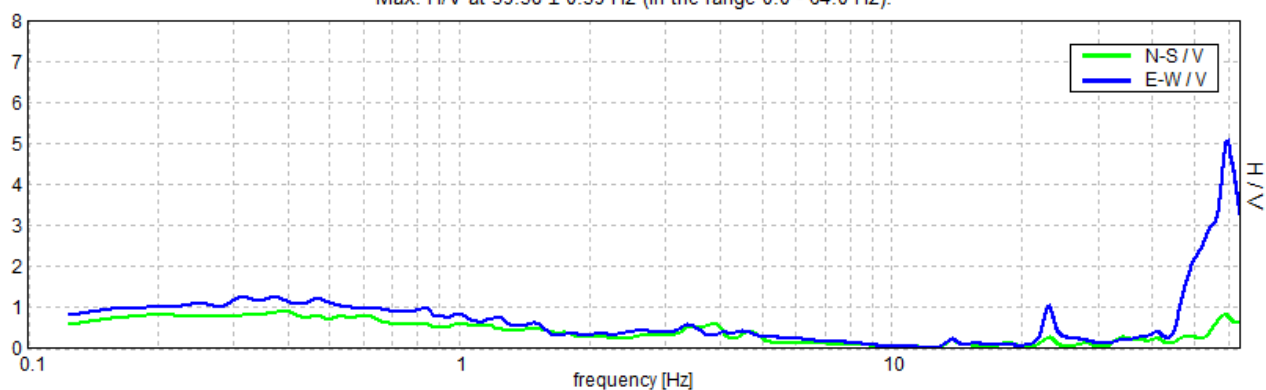
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

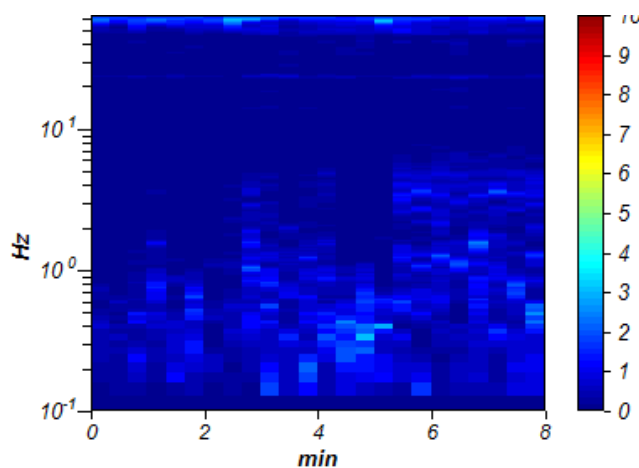
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

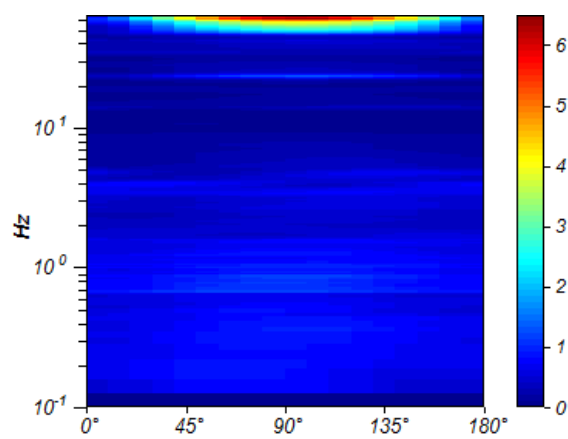
Max. H/V at 59.38 ± 0.39 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



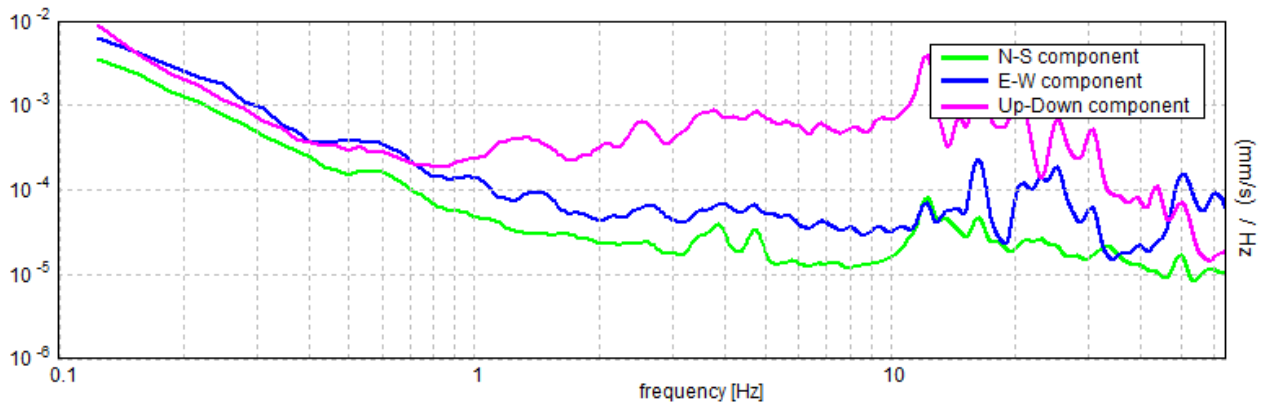
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 59.38 ± 0.39 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	59.38 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	28500.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1099 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	54.031 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	1.96 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00661 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.39244 < 2.96875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4447 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

PT

Start recording: 29/03/19 17:20:27 End recording: 29/03/19 17:28:27

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

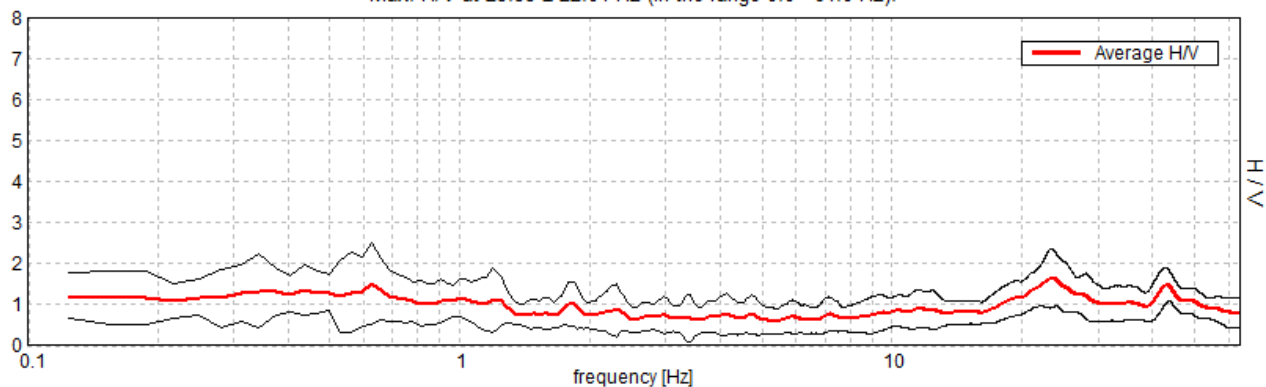
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

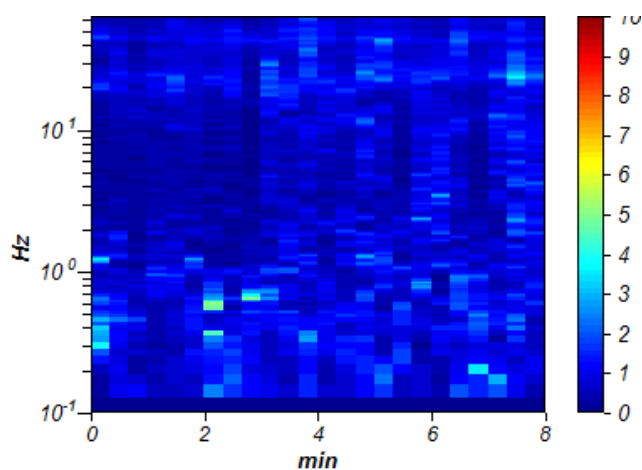
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

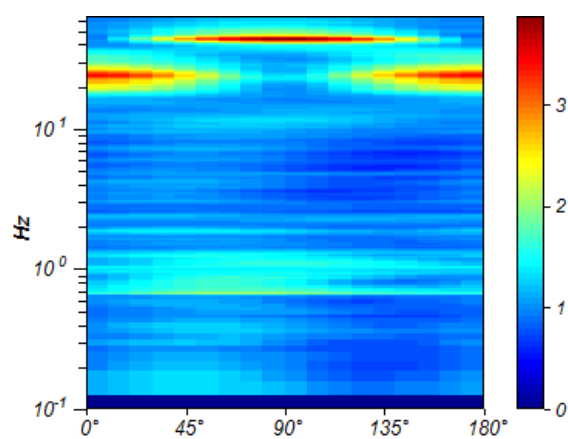
Max. H/V at 23.53 ± 22.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



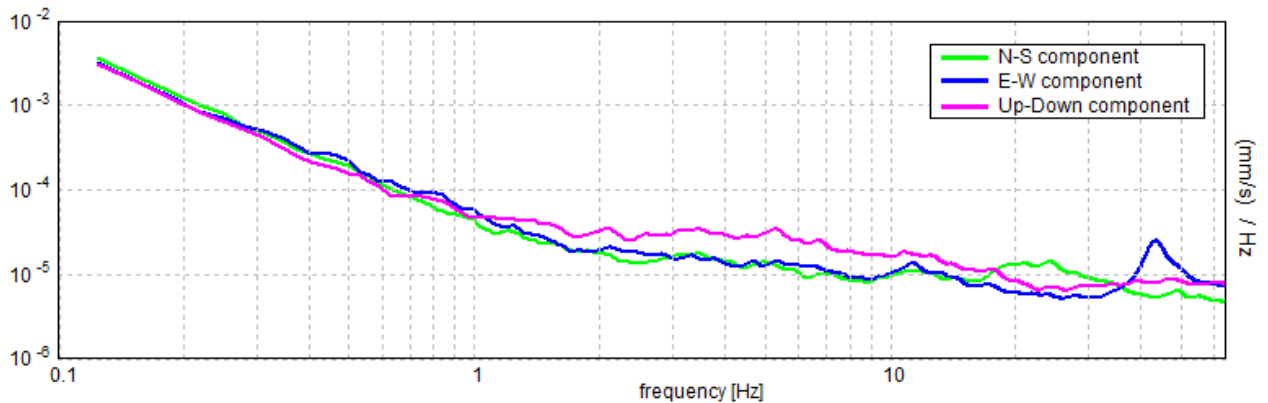
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 23.53 ± 22.01 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	23.53 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	11295.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 1130 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.375 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	58.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	1.65 > 2		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.93542 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$22.01162 < 1.17656$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7024 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Suolo

Start recording: 29/03/19 16:05:47 End recording: 29/03/19 16:21:47

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h16'00". Analyzed 94% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

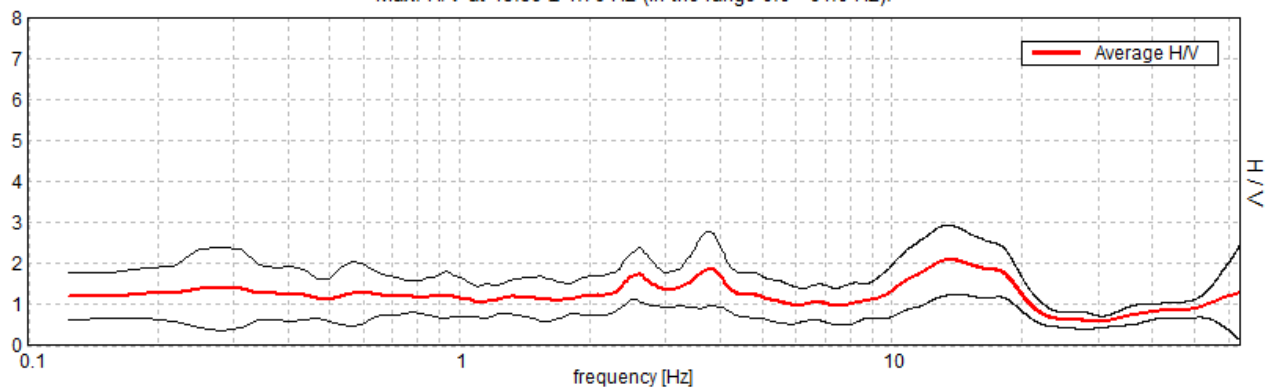
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

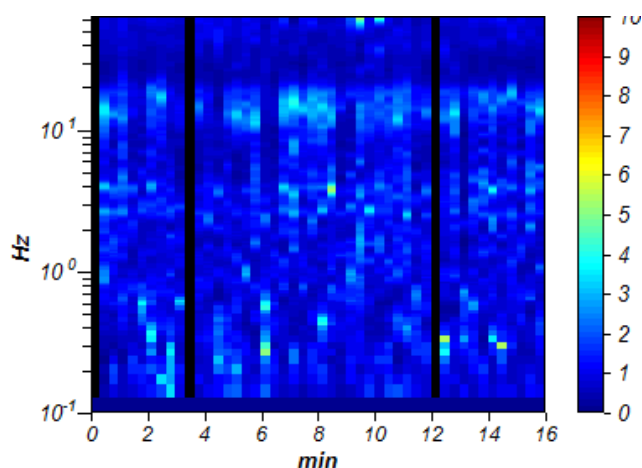
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

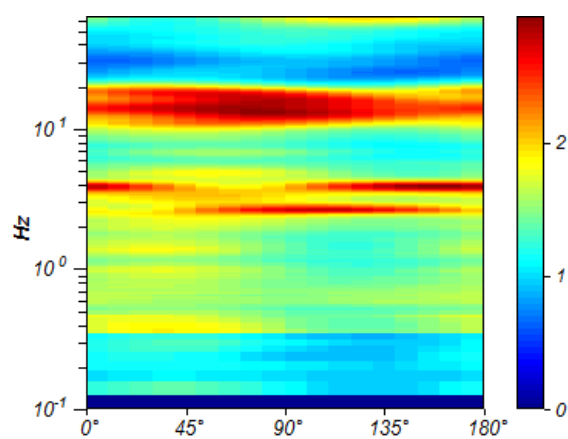
Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



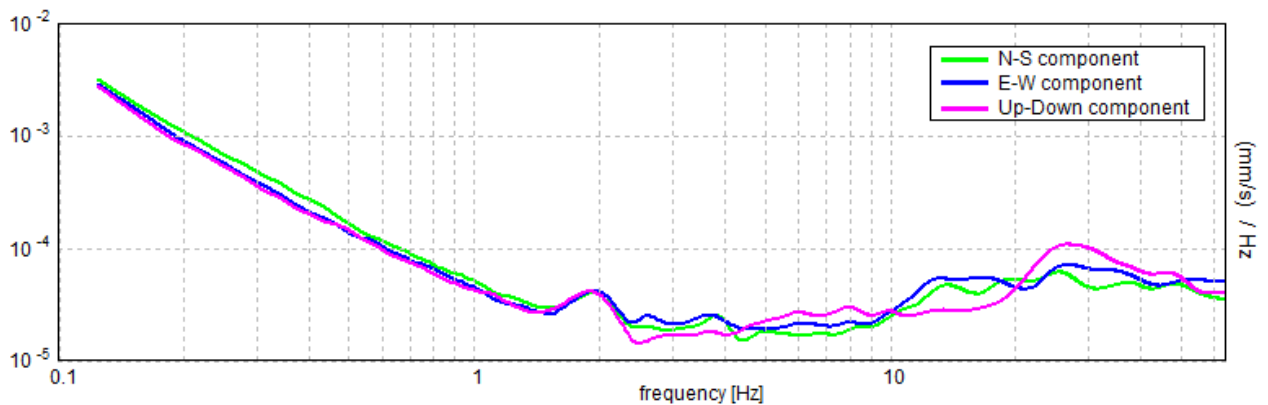
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 13.59 ± 4.76 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	13.59 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	12234.4 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 654 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	8.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	20.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.09 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.34999 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$4.75763 < 0.67969$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8478 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

$\theta(f_0)$	
---------------	--

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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

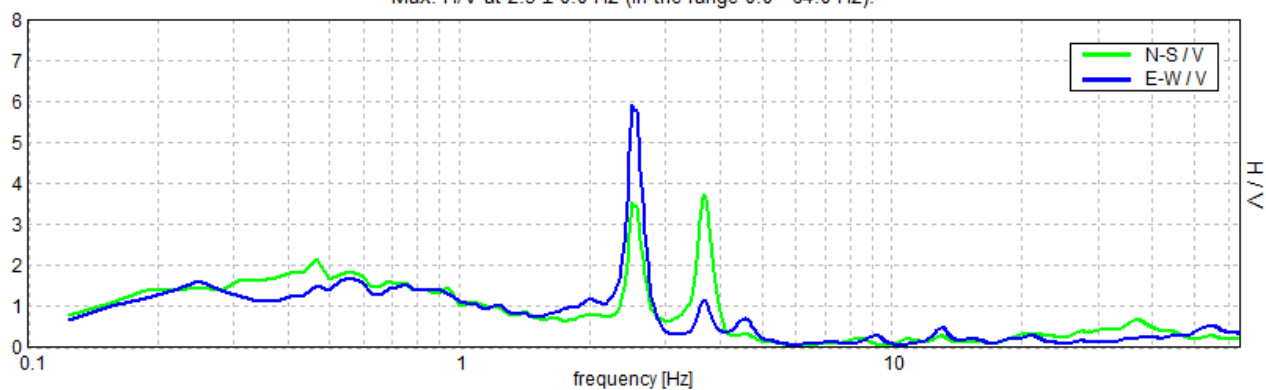
Edificio B – lato N-E

P2

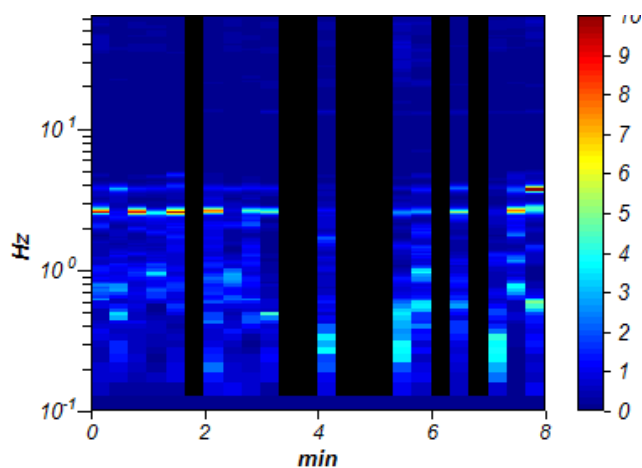
Start recording: 06/04/19 11:10:25 End recording: 06/04/19 11:18:25
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h08'00". Analyzed 67% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

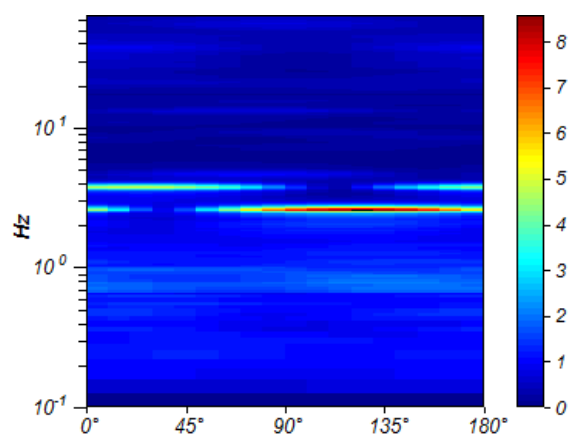
Max. H/V at 2.5 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



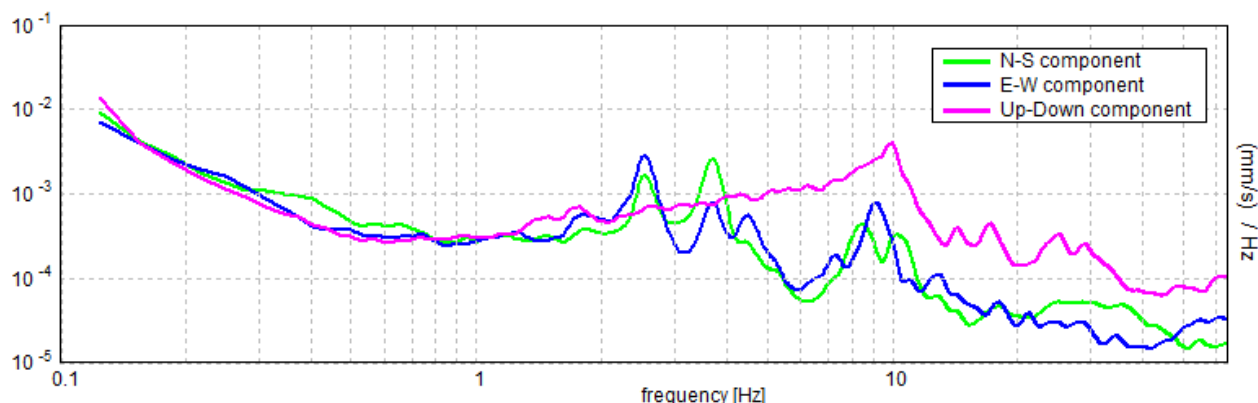
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.5 ± 0.0 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.50 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$800.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 11 out of 121 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.406 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.688 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.57 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0 < 0.125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$2.9847 < 1.58$		NO

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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Edificio B – lato S-E

P1

Start recording: 06/04/19 11:25:24 End recording: 06/04/19 11:33:24

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h08'00". Analyzed 38% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

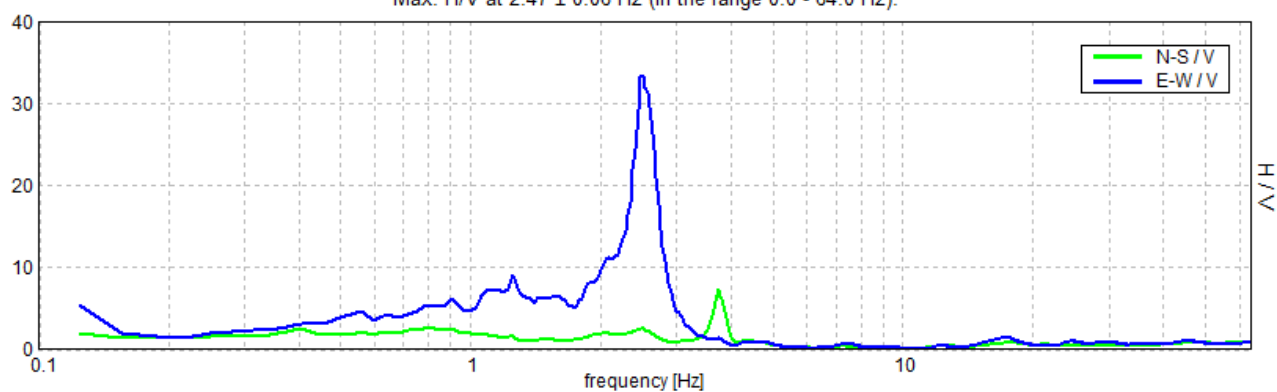
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

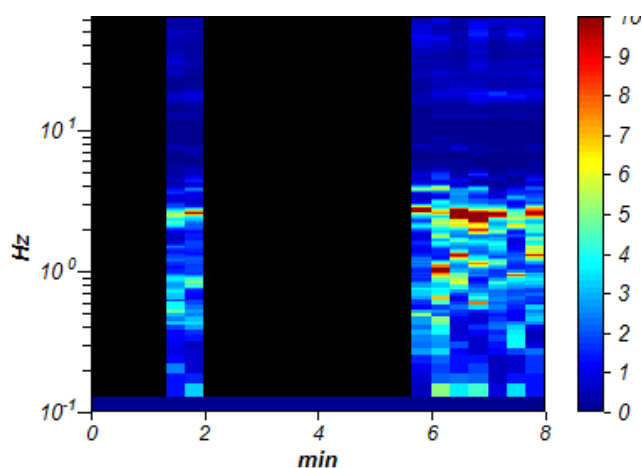
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

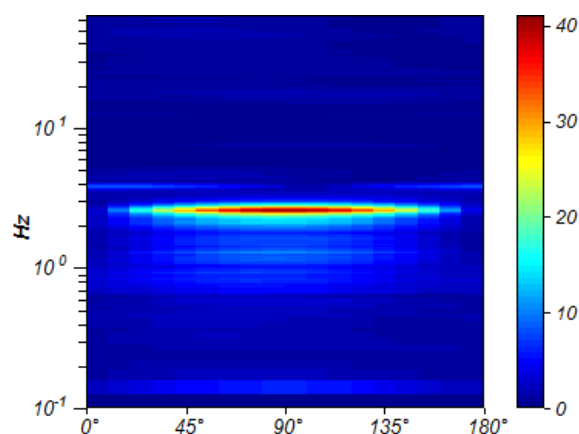
Max. H/V at 2.47 ± 0.06 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



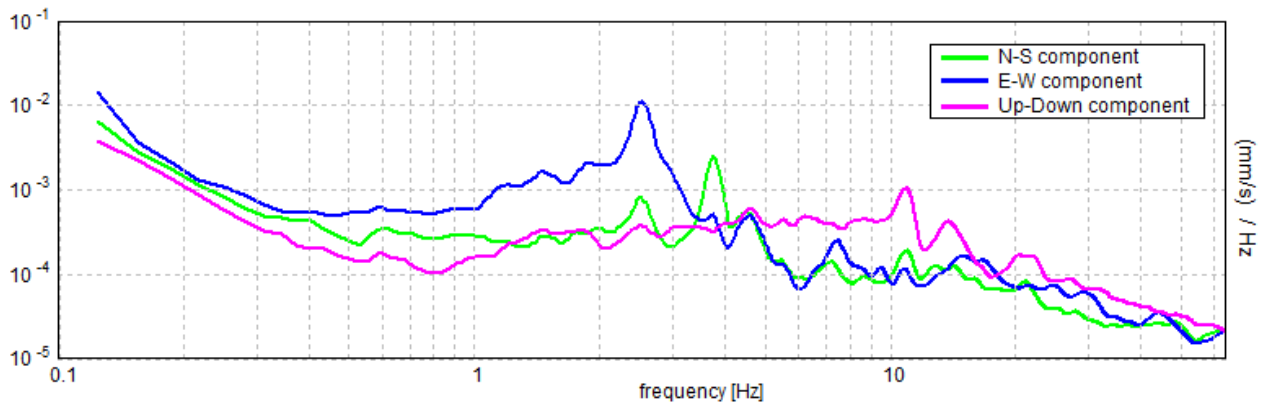
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 2.47 ± 0.06 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$444.4 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 24 out of 120 times		NO

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.188 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$9.31 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02567 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.06336 < 0.12344$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$3.7251 < 1.58$		NO

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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

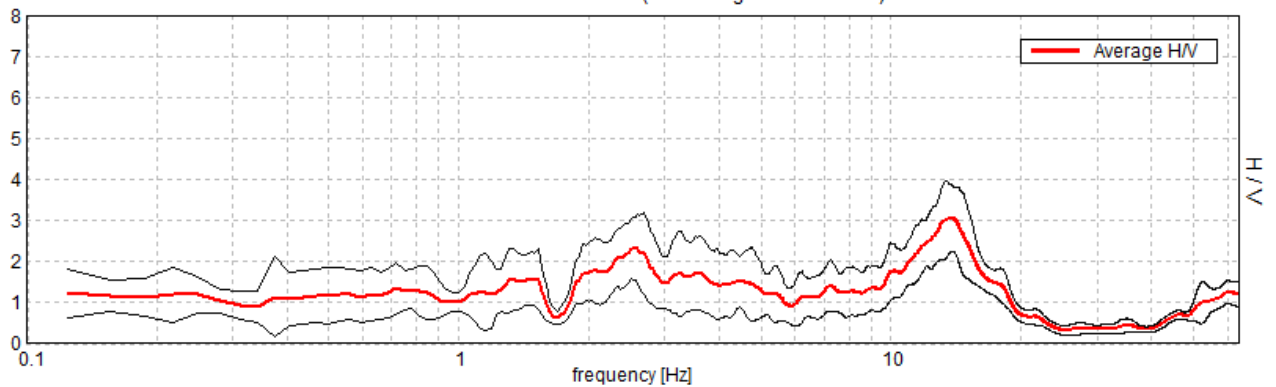
Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40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

PT

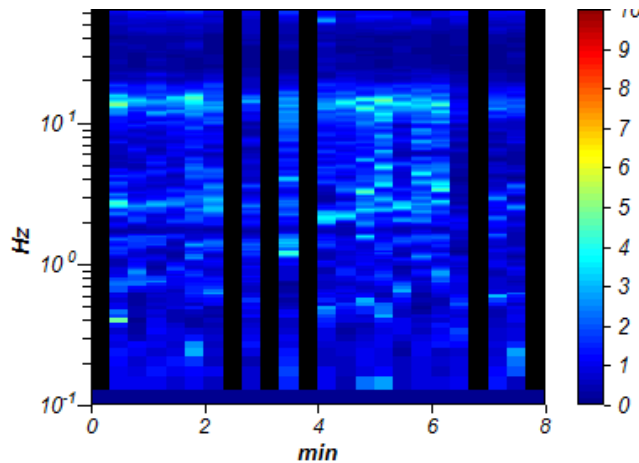
Start recording: 06/04/19 12:34:56 End recording: 06/04/19 12:42:56
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h08'00". Analyzed 75% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 5%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

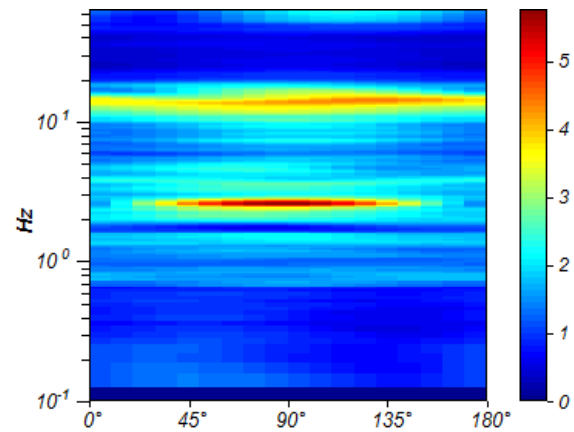
Max. H/V at 13.75 ± 0.16 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



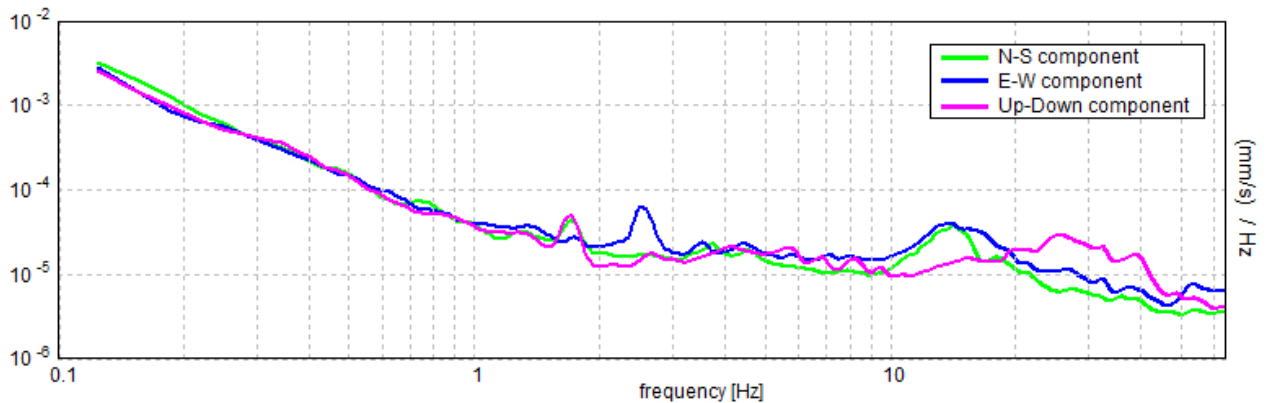
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 13.75 ± 0.16 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4950.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 661 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	9.719 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	16.938 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.06 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01138 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15642 < 0.6875$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.8206 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Suolo

Start recording: 29/03/19 16:39:35 End recording: 29/03/19 16:55:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h16'00". Analyzed 42% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

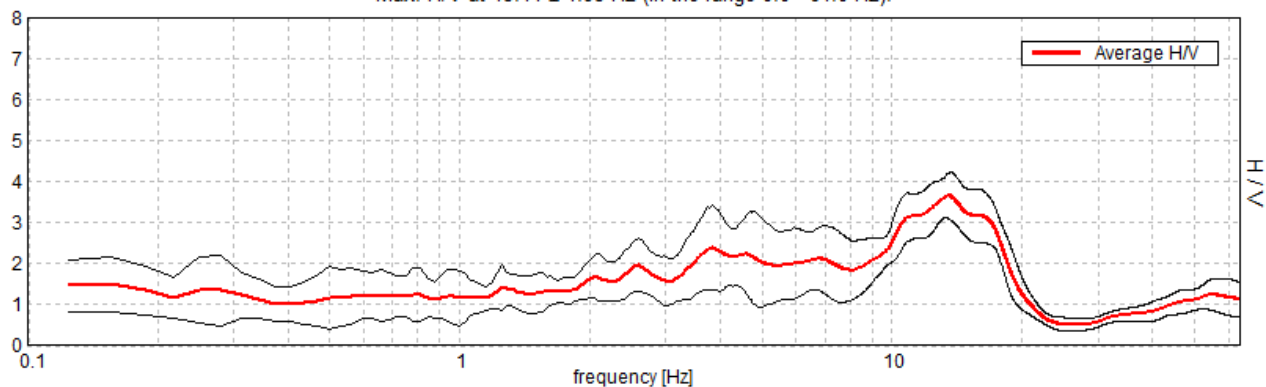
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

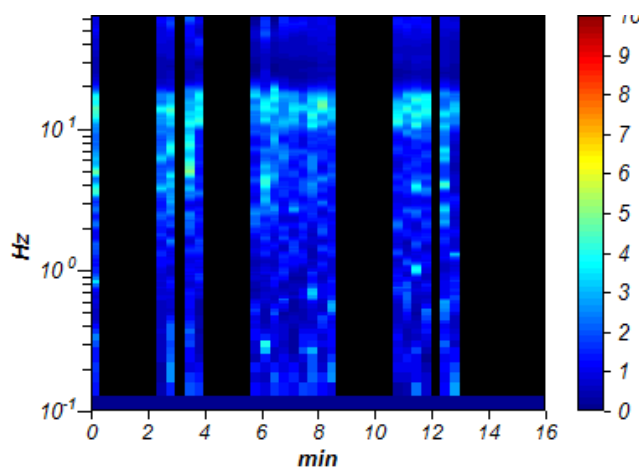
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

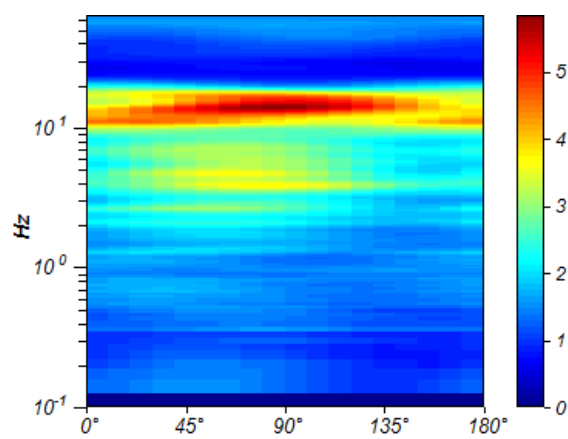
Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).



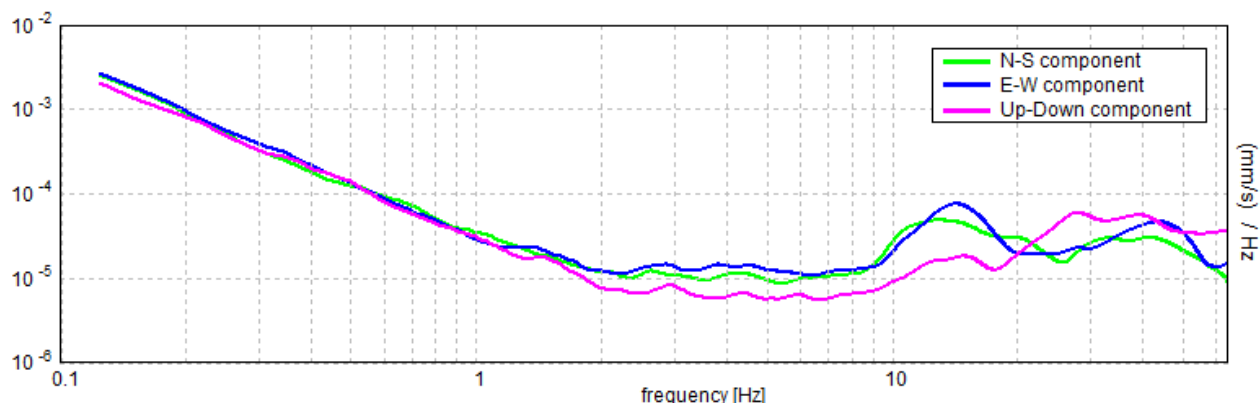
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 13.44 ± 1.95 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$13.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5375.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 646 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	18.844 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.64 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14496 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$1.94788 < 0.67188$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5441 < 1.58$	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
$\sigma_{\log H/V}(f)$	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 $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE SVILUPPO ECONOMICO E SOCIALE

Servizio Edilizia

Piazzale Mazzini, 2

16122- GENOVA

INCARICO

**VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E
PROGETTAZIONE DI FATTIBILITA' TECNICA ED
ECONOMICA I.P.S.E.O.A. MARCO POLO
SUCCURSALE DI VIA AGOSTINO SORACCO, 7
Comune di SAN COLOMBANO CERTENOLI
(SER.18.00010- CEA 268A)**

OGGETTO

PROGETTO FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA

- Prime indicazioni per la stesura dei piani di sicurezza MP.P.T04.R00

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

SINGEO SRL - SOCIETA' DI INGEGNERIA

STUDIO DI GEOLOGIA ROMANELLI Dott.Geol. Stefano

STUDIO DI ARCHITETTURA MOTTOLA Dott.Arch. Laura

mandataria

mandante

mandante

CHIAVARI (GE) - Via Giuseppe Bontà 71/1-A

tel 0185-307745 / email info@singeo.it / PEC info@pec.singeo.it

CAPOGRUPPO



SCALA

=

COMMESSA

2018_040

FASCICOLO

MP.P.T04.R00

COMPOSTO DA

=

00

10/05/19

1^ EMISSIONE

REV

DATA

DESCRIZIONE

Visto: il Responsabile del Procedimento

dott. ing. Gianni MARCHINI



Progettista e coordinatore R.T.

dott. ing. Cristiano RICCAMPONI

Collaboratore

Progettista

dott. arch. Laura MOTTOLA

INDICE DEI CAPITOLI

1.	DESCRIZIONE DEL SITO	2
2.	DESCRIZIONE DELL'OPERA	2
3.	DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	4

1. DESCRIZIONE DEL SITO

Il sito di interesse si posiziona nel Comune di San Colombano Certenoli, lungo la SP225 della Val Fontanabuona, nel tratto compreso tra il nucleo insediativo di Calvari e il versante orografico sinistro del Torrente Lavagna, ad una quota di circa 50 m s.l.m.: l'area è pressoché pianeggiante con una debolissima acclività verso valle.

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il complesso scolastico Marco Polo è composto da n. 4 corpi di fabbrica, facilmente identificabili in quattro volumi distinti:

- Fabbricato Expo, sviluppato su 3 livelli, per una superficie complessiva di circa 1400mq (seminterrato, terra a doppia altezza e secondo);
- Fabbricato Uffici, di oltre 600 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Servizi, circa 300 mq sviluppato su 4 livelli (seminterrato, terra, primo e secondo);
- Fabbricato Biglietteria/Reception, di circa 100 mq sviluppato su un unico livello al piano terreno.

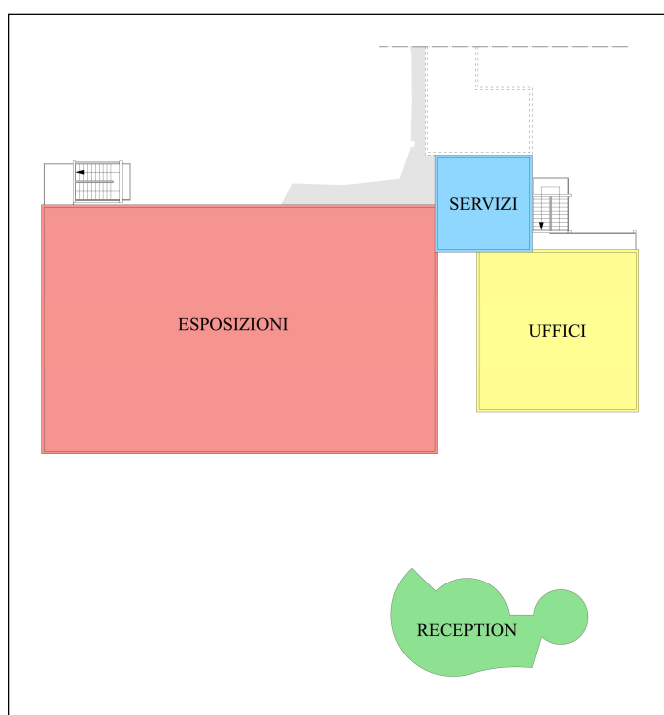


Figura 1 - Edifici facenti parte dell'istituto Marco Polo

In realtà esiste anche una quinta porzione costruita: si tratta del blocco “locali tecnici” che risulta complanare con il piano seminterrato del blocco “servizi” e si sviluppa in direzione ortogonale al complesso nel suo insieme.

Fanno parte del compendio anche una tensostruttura e due scale metalliche esterne di sicurezza: per motivi diversi non saranno considerate nell’analisi di vulnerabilità sismica oggetto dell’incarico.

Lo studio condotto dallo scrivente R.T. riguarda dunque solo tre (expo, uffici e servizi) dei numerosi manufatti che costituiscono il complesso immobiliare sorto per ospitare la prima edizione di Expo Fontanabuona nel 1996, adattato nel 2013 prendendo spunto dall’iniziale ipotesi di trasferimento dell’Istituto agrario Marsano successivamente decaduta a favore della succursale dell’Istituto Alberghiero Marco Polo.

I tre corpi di fabbrica, pur accomunati da prevalente struttura prefabbricata, sono molto diversi tra loro riguardo il comportamento strutturale:

- Il fabbricato Expo è caratterizzato da una maglia regolare di pilastri prefabbricati con mensole per l'appoggio di travi-pannello posizionate perimetralmente, poggia su plinti di fondazione a bicchiere in parte inglobati nella ciabatta interna di fondazione del muro di contenimento e in parte isolati. Il piano terra, a doppia altezza è adibito ad area espositiva, mentre il piano superiore accoglie le aule dell'Istituto Alberghiero Marco Polo. I solai intermedi sono in tegoli prefabbricati a doppio T, mentre il solaio di copertura è formato da tegoli denominati “Triglifo” in appoggio sulle travi di bordo perimetrali.
- Il fabbricato Servizi è caratterizzato da una platea con travi di irrigidimento solidale al muro di sostegno perimetrale con integrazione di plinti prefabbricati, i pannelli di tamponamento verticali in calcestruzzo sono stati ancorati direttamente alla sottostante fondazione a platea e fra loro da getti di completamento in modo da creare una struttura rigida e collaborante, priva di pilastri. L'architrave che sormonta le pareti, scarica direttamente sui piedritti laterali, i solai e ballatoi interpiano sono semi-prefabbricati di tipo predalles, la rampe sono interamente prefabbricate mentre la copertura, in muretti e tavelloni a 4 falde, è rifinita in coppi e tegole in ardesia. Questo edificio contiene solamente vano scale e vano ascensore e consente il collegamento fra blocco uffici e blocco expo.
- Il fabbricato Uffici è composto da una maglia di pilastri prefabbricati che sorreggono solai in predalles con altezza interpiano di circa 2,80m, i plinti di fondazione sono in parte inglobati nella fondazione del muro di contenimento e in parte isolati, mentre i pannelli prefabbricati di tamponamento esterno scaricano direttamente a terra, e si sviluppano per tutta l'altezza del fabbricato.

3. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Intervento	Blocco edificato	Quota da P.C. [m]	Descrizione Intervento
1	EXPO	-3.60	Consolidamento sottosuolo plinti fondazione
2 (continua)	EXPO	-1.60	Cordolo in c.a. tra i plinti di fondazione
3 (segue)	EXPO	da -1.60 a +2.50	Confinamento pilastri tramite FRP
4	EXPO	da +4.50 a +6.30	Confinamento pilastri tramite FRP
5	EXPO	+ 10.00	Collegamenti tra i pannelli esterni tramite elementi in tensione (in copertura)
6	EXPO	+2.50 / 4.50 / +10.00	Consolidamento collegamenti tra pilastro e pannelli esterni
7	EXPO	----	Inserimento di elementi di collegamento tra i pannelli tra i esterni
8	EXPO	----	Consolidamento ammortamento giunto tra pannelli esterni
9	EXPO	Da +0.40 a +2.50	Sostituzione infissi
10	EXPO	-1.00	Riqualificazione statica e funzionale mensole PT
11	EXPO	+5.30	Riqualificazione statica e funzionale mensole P1
12	UFFICI	----	Inserimento di elementi di collegamento fra i pannelli esterni
13	UFFICI	----	Riqualificazione con adeguamento giunti pannelli esterni
14	SCALE	----	Riqualificazione con adeguamento giunti pannelli

4. AREA DI CANTIERE ED INTERFERENZE

L'area cantiere sarà prevedibilmente organizzata nelle pertinenze esterne dell'istituto scolastico Marco Polo evitando interferenze con l'accesso pedonale degli alunni e quello carrabile di personale docente e di servizio.

Sarà inevitabile che alcune lavorazioni interferiscano direttamente con l'attività didattica e per questo il cronoprogramma (v. elaborato MP.P.CP.R00) prevede l'esecuzione di questi interventi durante il periodo estivo di chiusura; per il resto sarà sufficiente garantire la massima limitazione possibile di emissioni rumorose in quanto se da un lato gli interventi più invasivi si collocano nel piano terra della zona expo e nel piano seminterrato dall'altro l'immobile appare privo di ogni accorgimento mirato all'isolamento acustico dell'involucro e delle compartimentazioni interne.

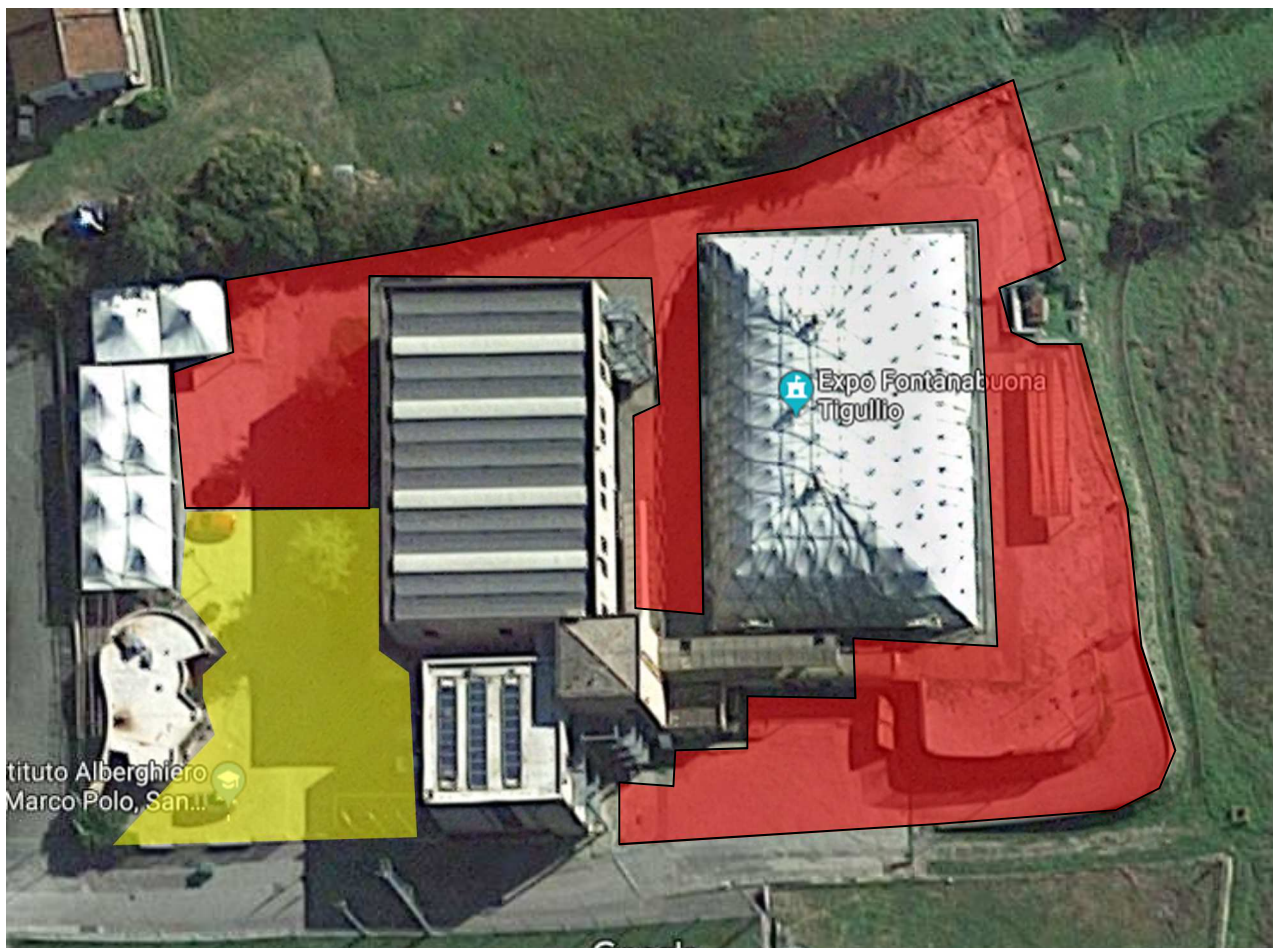


Figura 2- Planimetria edificio e spazio esterno dell'Istituto Marco Polo. In giallo area di utilizzo esclusivo del personale scolastico e degli alunni, in rosso area di cantiere.

L'area di cantiere, in rosso nella Figura 2, dovrà essere adeguatamente recintata per separare in maniera chiara e sicura l'attività di cantiere (accesso di mezzi e maestranze) dall'attività scolastica.

5. GESTIONE DEL CANTIERE E DELLE LAVORAZIONI

Il cantiere dovrà essere energeticamente indipendente dall'istituto scolastico; in particolare esso dovrà essere dotato di:

- a) alimentazione elettrica gestita da quadro a norma
- b) alimentazione idrica gestita da contatore dedicato
- c) locale (anche prefabbricato) spogliatoio e WC per gli operai
- d) locale deposito attrezzi (anche prefabbricato)
- e) locale Ufficio Direttore di cantiere e Direzione Lavori (anche prefabbricato)
- f) Area delimitata e adibita a deposito provvisorio materiali in fornitura e di risulta (detriti).
- g) Spazi di manovra automezzi di cantiere e di servizio

Di seguito si richiamano alcuni principi contrattuali generali che dovranno essere adattati e/o integrati in funzione dell'organizzazione delle diverse ditte che parteciperanno alla realizzazione dell'opera.

5.1 Allestimento cantiere e scavi – considerazione preliminari

- Adeguata recinzione dell'area di lavoro
- Disturbo della viabilità; i veicoli del cantiere non interferiranno sulla viabilità in quanto la successione delle fasi lavorative potrà avvenire in modo omogeneo.

Sarà cura dell'appaltatore, in particolare:

- l) realizzare un cantiere adeguatamente attrezzato e recintato, in relazione alla natura dell'intervento e in conformità alle vigenti disposizioni in materia, nonché dotato di tutti i più moderni e perfezionati impianti per assicurare una perfetta e rapida esecuzione di tutte le opere (ponteggi esterni e interni, montacarichi, ecc..), cantiere ed impianti che dovranno essere messi a disposizione delle ditte subappaltatrici, con particolare riguardo all'impianto elettrico di cantiere che dovrà essere eseguito ed eventualmente trasformato in corso d'opera in funzione dell'esigenze di tutte le ditte, appaltatrici e subappaltatrici, operanti in cantiere.

- II) realizzare aree, piste , piazzali, aree di manovra provvisorie, e loro manutenzione, per tutta la durata del cantiere, per consentire un agevole e sicuro transito ed impiego dei mezzi di trasporto e sollevamento ed in genere dei mezzi impiegati in cantiere. Dette piste, piazzali, ecc dovranno essere messe a disposizione delle altre ditte appaltatrici e subappaltatrici nonché alle ditte che il committente riterrà di far concorrere all'esecuzione di parte delle opere, senza che l'appaltatore possa richiedere alcun compenso aggiuntivo né al committente né alle altre ditte
- III) predisporre le opere provvisorie ordinate dalla direzione dei lavori per garantire la continuità dei pubblici servizi, inclusi quelli d'emergenza, e del transito dei veicoli e dei pedoni
- IV) provvedere alla protezione del cantiere e dei ponteggi con idonei sistemi di anti-intrusione, inclusi eventuali impianti allarme
- V) sgomberare completamente il cantiere dai materiali, mezzi d'opera ed impianti di proprietà sue e delle ditte subappaltatrici, entro 15 giorni dal verbale di ultimazione lavori

5.2 Dispositivi di protezione individuale

L'impresa prima di iniziare i lavori, dovrà consegnare alle proprie maestranze i D.P.I previsti come dotazione personale standard di sicurezza.

Durante i processi di esecuzione non standard ogni lavoratore dovrà essere messo in sicurezza attraverso apparecchiature certificate.

Chiavari, 14 maggio 2019

I tecnici incaricati

Dott.ing. Cristiano Riccamboni (SINGEO SRL)

Dott.arch. Laura Mottola

Ha collaborato:

Dott.ing. Tomaso Lolli (SINGEO SRL)