

COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

Provincia di Fermo

PROGETTO: PIANO DI RECUPERO PER ACCORPAMENTO
ACCESSORIO IN LOCALITA' VIA VALLE OSCURA N.8 PORTO
SAN GIORGIO [FM] – RISANAMENTO CONSERVATIVO EDIFICIO
DI CIVILE ABITAZIONE CON AMPLIAMENTO MEDIANTE
RECUPERO VOLUMETRICO DEL CORPO ACCESSORIO.

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

Committente: sig. Mauro Vercelli

Data
Fermo, aprile 2014

Il Tecnico
Dott. Geol. Andrea Ambrogi

INDICE

1 - Premessa	pag.	2
2 - Caratteristiche geologiche e geomorfologiche	pag.	3
2.1 - Geologia	pag.	3
2.2 - Geomorfologia	pag.	4
3 - Idrogeologia	pag.	4
4 - Litologia e caratteri geomeccanici	pag.	5
5 - Sismicità	pag.	6
5.1 - Categoria di sottosuolo	pag.	6
5.2 - Categoria topografica	pag.	7
5.3 - Azioni sismiche di progetto	pag.	8
6 - Descrizione del progetto, analisi dei dati e prescrizioni	pag.	11
7 - Conclusioni	pag.	12

La presente relazione è composta da n°12 pagine e contiene i seguenti allegati:

- relazione geofisica: indagine sismica passiva a stazione singola [n.8 pagg.]
- corografia scala 1:25000/10000
- stralcio carta geologica [DOCUMENTAZIONE REPERITA]
- stralcio Piano Assetto Idrogeologico Regione Marche [DOCUMENTAZIONE REPERITA]
- planimetria generale scala 1:5000
- planimetrie scala 1:200
- sezione geolitologica scala 1:200
- diagrafia e tabelle n.1 prova penetrometrica statica CPT [n.2 pagg.]

COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

Provincia di Fermo

**PROGETTO: PIANO DI RECUPERO PER ACCORPAMENTO ACCESSORIO
IN LOCALITA' VIA VALLE OSCURA N.8 COMUNE DI PORTO SAN
GIORGIO [FM] - RISANAMENTO CONSERVATIVO EDIFICIO DI
CIVILE ABITAZIONE CON AMPLIAMENTO MEDIANTE RECUPERO
VOLUMETRICO DEL CORPO ACCESSORIO.**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

COMITENTE: **SIG. MAURO VERCELLI**

1 - PREMESSA

Nella presente relazione sono esposti i dati relativi ad un'indagine geologica, geotecnica e sismica eseguita in località via Valle Oscura n.8 in comune di Porto San Giorgio [FM]. Essa è finalizzata ad un Piano di Recupero di alcuni immobili ex colonici. Il progetto prevede il risanamento conservativo di un edificio da adibire a civile abitazione con ampliamento dello stesso mediante un recupero volumetrico di un corpo accessorio.

Lo studio intende fornire al progettista, limitatamente agli aspetti geologici, geotecnici e sismici del sito, tutti i dati necessari per indirizzare la progettazione, e per il dimensionamento ed il controllo delle opere da realizzare. L'indagine inoltre si pone come obiettivi:

- ✓ valutare la presenza, nel sito ove sorge l'edificio, di eventuali scenari di pericolosità sismica locale;
- ✓ la classificazione del terreno nelle categorie di sottosuolo di cui al punto 3.2.2 del D.M. 14 gennaio 2008 [Testo Unico per le Costruzioni].

L'indagine è stata svolta in ottemperanza alla normativa tecnica di riferimento: D.M. 11.03.88 [norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione], Circolare Min. LL.PP. 24.09.1988 n.30483 [istruzione riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii, i criteri

generali...], L. n. 64 del 02.02.74 [legge sismica], **DM 14.01.2008** [testo unico per le costruzioni].

È stato visionato anche il Piano per l'Assetto Idrogeologico (**P.A.I.**) approvato dalla Regione Marche con delibera del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 (pubblicato sul Supplemento n. 5 al BUR Marche n. 15 del 13/02/2004).

L'area ove ricade l'edificio in oggetto non interferisce con alcun ambito a rischio frana del P.A.I. [si veda l'allegato stralcio cartografico], per un intorno significativamente ampio.

La ricostruzione della locale successione stratigrafica dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area, è stata eseguita per mezzo di n°1 prova penetrometrica statica CPT.

In quanto alla **risposta sismica locale**¹ [amplificazione locale], è stata eseguita n.1 indagine di sismica passiva a stazione singola [HVSR].

L'ubicazione dei punti d'indagine sono indicati nell'allegata planimetria.

2 - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

2.1 Geologia - Il territorio di Prto San Giorgio si trova nel bacino Periadriatico [bacino di avampaese], ovvero un bacino geologico colmato da sedimenti post-orogenici.

Il ciclo sedimentario marino in oggetto ha inizio nel Pliocene medio con una fase trasgressiva ed un graduale approfondimento del bacino, con deposizione di una spessa sequenza di sedimenti a dominante argillosa (circa 4000 m) all'interno della quale si rinvencono, a varie altezze stratigrafiche, corpi clastici torbiditici a litologia sabbiosa e argilloso-sabbiosa. Nel Pleistocene inferiore si instaura un trend regressivo con deposizione di sedimenti via via di ambiente meno profondo [da epibatiale a neritico], fino alla chiusura del ciclo sedimentario con la deposizione delle sabbie di spiaggia e dei sovrastanti conglomerati di ambiente continentale [depositi di tetto di Lapedona, Moresco, Fermo, Monterubbiano, Altidona, ecc].

¹ *Risposta sismica locale [amplificazione sismica locale]: modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito. Si può quantificare mediante il rapporto tra il moto sismico alla superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale. Se questo rapporto è maggiore di 1, si parla di amplificazione locale.*

L'assetto strutturale è quello di una "Monoclinale" con immersione verso est-nord-est ed inclinazione media degli strati pari a 8-10°.

L'area di Porto San Giorgio, tuttavia rispetto al ciclo sedimentario descritto in precedenza, presenta caratteristiche peculiari. Essa, infatti, viene a trovarsi su un'area di dorsale più rilevata rispetto al bacino contiguo, ove si sono depositati sedimenti prevalentemente argillosi riferibili al Pliocene inferiore. In altre parole, l'area di Porto San Giorgio nel Pleistocene, ovvero nelle fasi finali dell'Orogenesi, era già emersa e rappresentava una vera e propria isola nel mare.

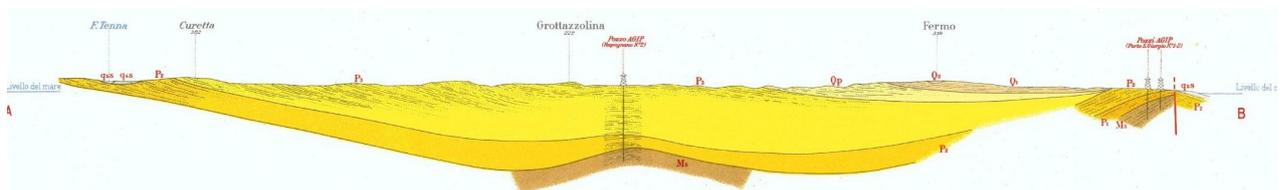


Figura 1: sezione geologica tratta dalla carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Sulla destra è visibile l'Anticlinale di Porto San Giorgio.

2.2 Geomorfologia - L'area oggetto d'intervento è situata in cresta ad un crinale collinare con direzione sud ovest-nord est, bordato su ampi i lati da versanti dotati di acclività medio-alta. Entrambi i pendii sono interessati da fenomeni vari di dissesto geomorfologico per frana, di differente intensità ed estensione. Tuttavia l'area specifica è esente da interferenze per frana per un intorno sufficientemente ampio, come confermato dal Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche.

Non si rilevano altre forme e processi geomorfologici degni di nota che possano in qualche modo interagire con le opere in progetto.

Sulla base della configurazione geomorfologica dell'area, al sito specifico è attribuibile una **categoria topografica T1**.

3 - IDROGEOLOGIA

Nell'area investigata non è presente una circolazione idrica sotterranea degna di nota. Ciò in virtù della natura argillosa dei sedimenti che compongono il sottosuolo. Come è noto, le argille sono rocce a permeabilità molto bassa che non consentono l'instaurarsi di falde

acquifere. Sotto il profilo idrogeologico esse costituiscono un buon acquiclude.

4 - LITOLOGIA E CARATTERI GEOMECCANICI

La locale successione stratigrafica dei terreni presenti è stata ricostruita sulla base delle conoscenze dirette dello scrivente sulla geologia dei luoghi, nonché dai risultati della prova penetrometrica statica eseguita nell'area in esame.

Procedendo dall'alto verso il basso, sono stati distinti i seguenti litotipi [rif. verticale prova penetrometrica P1]:

- da m 0.00 a m 0.40 **RIPORTO ANTROPICO** [litotipo "A"] - Trattasi di terreni eterogenei e rimaneggiati, a tessitura prevalentemente limosa. Lo spessore è pari a 4.20m. Questo litotipo non è classificabile sotto il profilo geomeccanico.
- da m 0.40 a m 1.20 **ARGILLE SABBIOSE** [litotipo "B" - Pliocene inf.] - Argille limoso-sabbiose di colore nocciola intensamente alterate e fratturate. L'ambiente di deposizione è marino [ambiente neritico]. Questo litotipo rappresenta la porzione più superficiale del substrato. L'intensa fratturazione è frutto degli alterni e ciclici fenomeni di espansione e ritiro cui sono soggetti al variare delle temperature stagionali [e del conseguente contenuto in acqua del terreno]. Rappresenta il terreno di fondazione dell'edificio e i suoi malevoli effetti sono visibili nelle numerose lesioni presenti sulle murature. Il grado di consistenza deve considerarsi medio-basso in funzione della fratturazione estesa alla scala dell'ammasso **[SUBSTRATO INTENSAMENTE ALTERATO E FRATTURATO]**.
- **ARGILLE SABBIOSE** [litotipo "C" - Pliocene inf.] - Argille limose di colore nocciola, con intercalazioni sabbiose. L'ambiente di deposizione è marino [ambiente neritico]. Il grado di consistenza è mediamente elevato ed aumenta progressivamente con la profondità **[SUBSTRATO ALTERATO]**. Alla profondità di 12-15m tale litotipo assume una colorazione grigio-azzurra ed un aspetto più omogeneo.

I parametri geotecnici caratteristici medi dei vari litotipi sono:

Parametri Geomeccanici	argille sabbiose [LITOTIPO B]	argille sabbiose [LITOTIPO C]	
γ [g/cm ³]	1.90	2.05	
Cu [Kg/cm ²]	1.20	2.60	
C' [Kg/cm ²]	0.08	0.30	
ϕ [gradi]	21°	24°	
Eu [Kg/cm ²]	400	1000	
² Eed [Kg/cm ²]	75	140	
E' [Kg/cm ²]	-	-	

γ [g/cm³] = peso di volume
 Cu [Kg/cm²] = coesione non drenata
 C' [Kg/cm²] = coesione drenata
 ϕ [°] = angolo di attrito interno
 Eu [Kg/cm²] = modulo di deformazione non drenato
 E' [Kg/cm²] = modulo di deformazione drenato
 Eed [kg/cm²] = modulo di deformazione edometrico

5 - SISMICITÀ

Con l'Ordinanza del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 Marzo 2003, l'intero territorio nazionale è stato oggetto di un aggiornamento e revisione della classificazione sismica. Esso è stato suddiviso in quattro zone a livello decrescente di pericolosità sismica di base.

Il territorio del comune di Porto San Giorgio è interamente incluso nella **zona 2**. Pertanto per esso valgono tutte le norme tecniche per le costruzioni in zona sismica (L.64/74 e successive).

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

5.1 Categoria di sottosuolo - Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 del D.M. 14 Gennaio 2008. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

Ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la

² I valori indicati del Modulo Edometrico, sono riferiti ad un range di pressioni compreso tra 1.00-2.00 kg/cm².

classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*) N_{SPT} nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente c_u nei terreni prevalentemente a grana fina.

Nel presente lavoro è stata eseguita n.1 indagine sismica a stazione singola HVSR³. Dalla misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite e vincolate ad un limite stratigrafico, è possibile ricostruire un profilo sismostratigrafico del sottosuolo e risalire così al valore V_{s30} e da qui alla categoria di sottosuolo assegnabile al sito.

Sulla base di quanto esposto è possibile ascrivere il profilo stratigrafico in oggetto, alla **categoria "C"** - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $15 < N_{SPT} < 50$ o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ Kpa).*

5.2 categoria topografica - Come già detto in precedenza, al sito in esame è associabile una categoria topografica T1 [superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione medi $\leq 15^\circ$]. Pertanto ad essa si associa un fattore di amplificazione topografica $S_T=1$.

³ Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione geofisica allegata.

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

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

Tab. 3.2.II del Testo Unico per l'Edilizia [Dlgs 14.01.2008]

5.3 Azioni sismiche di progetto - L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una *pericolosità sismica di base*, in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria **A** nelle **NTC**).

Le valutazioni della "pericolosità sismica di base" debbono derivare da studi condotti a livello nazionale. La *pericolosità sismica di base*, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La *pericolosità sismica* in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le **NTC** e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

1. in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle **NTC**, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite

2. in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
3. per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un *intervallo di riferimento* compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle **NTC**, per tener conto delle modifiche prodotte dalle *condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente* nel sito di costruzione e dalla *morfologia della superficie*. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle **NTC**, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle **NTC** sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50_{simo} percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- F_0 e T_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle **NTC** scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Le forme spettrali previste dalle **NTC** sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione;

le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di *pericolosità sismica* disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del *reticolo di riferimento*, i valori dei parametri p (a_g , F_o , T^*_c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del *reticolo di riferimento* contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI SISMICI				
Classe dell'edificio: 2 [Affollamento normale, assenza di fun..]			Vita nominale: 50 anni	
Coordinate sito in oggetto ⁴ : latitudine: 43.105539 longitudine: 13.662040				
Coordinate nodi reticolo di riferimento e rispettive distanze dal sito in esame:				
ID: 22759	Lat: 43.1847	Lon: 13.7643	Distanza: 967.64 [m]	
ID: 22760	Lat: 43.1845	Lon: 13.8328	Distanza: 4695.66 [m]	
ID: 22982	Lat: 43.1345	Lon: 13.8326	Distanza: 6961.27 [m]	
ID: 22981	Lat: 43.1347	Lon: 13.7641	Distanza: 5226.40 [m]	
Stato limite	T_r [anni]	a_g	F_o	T'_c [s]
Operatività [SLO] ⁵	30	0.048 g	2.414	0.278
Danno [SLD] ⁶	50	0.061 g	2.484	0.289
Salvaguardia vita [SLV] ⁷	475	0.182 g	2.459	0.310
Prevenzione collasso [SLC] ⁸	975	0.236 g	2.519	0.318
Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50				

⁴ Coordinate espresse ne sistema ED50

⁵ Probabilità di superamento: 81%

⁶ Probabilità di superamento: 63%

⁷ Probabilità di superamento: 10%

⁸ Probabilità di superamento: 5%

CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI				
Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni				
Categoria sottosuolo: C		Categoria topografica: T1		
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss:coeff.amplif. stratigrafica	1.50	1.50	1.43	1.34
Cc:coeff. funzione categoria	1.60	1.58	1.55	1.53
St:coeff.amplif. topografica	1.00	1.00	1.00	1.00
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
Kh	0.014	0.018	0.062	0.089
Kv	0.007	0.009	0.031	0.044
Amax [m/s ²]	0.707	0.900	2.547	3.107
β	0.200	0.200	0.240	0.280

6 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO, ANALISI DEI DATI E PRESCRIZIONI

Il Piano di Recupero prevede il risanamento conservativo di un edificio da destinare a civile abitazione, ed il suo ampliamento mediante accorpamento di un accessorio. L'area d'intervento si trova in una zona A2.2 del P.R.G [edifici e complessi nel territorio collinare di interesse storico-architettonico a ambientale, art.52 delle N.T.A].

In merito alla fattibilità geologica dell'intervento, si osserva:

1. l'area di sedime dei fabbricati non è interessata da fenomeni e/o processi geomorfologici che possano in qualche modo interagire e/o condizionare le opere da realizzare; pertanto l'area è stabile sotto il profilo geomorfologico;
2. nel sottosuolo sono presenti litotipi argillosi di buona consistenza già a circa 1.50m dal p.c.; la consistenza aumenta gradualmente con la profondità;
3. non sono presenti falde acquifere degne di nota, in virtù della bassa permeabilità delle argille;
4. le indagini sismiche effettuate hanno evidenziato un suolo di categoria "C"; per quanto relativo alla curva HVSR, essa ha un andamento suborizzontale [ovvero non si evidenziano picchi

significativi al alcuna frequenza], denotando modesta amplificazione sismica in caso di sisma

5. il quadro fessurativo dell'edificio principale è legato a cedimenti fondali connessi con lo strato più superficiale delle argille [substrato intensamente fratturato ed alterato].

7 - CONCLUSIONI

L'indagine svolta ha messo ha evidenziato per il sito in esame caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche favorevoli alla realizzazione delle previsioni del Piano di Recupero.

Per quanto concerne la progettazione esecutiva delle opere, essa dovrà essere oggetto di ulteriori valutazioni in ordine agli scavi e alle fondazioni.

Fermo, aprile 2014

Il Tecnico
Dott. Geol. Andrea Ambrogi

COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO

Provincia di Fermo

**PROGETTO: PIANO DI RECUPERO PER ACCORPAMENTO
ACCESSORIO IN LOCALITA' VIA VALLE OSCURA N.8 COMUNE
DI PORTO SAN GIORGIO [FM] - RISANAMENTO CONSERVATIVO
EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE CON AMPLIAMENTO
MEDIANTE RECUPERO VOLUMETRICO DEL CORPO ACCESSORIO.**

RELAZIONE GEOFISICA: INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Committente: sig. Mauro Vercelli

Data
Fermo, aprile 2014

Il Tecnico
Dott. Geol. Andrea Ambrogi

INDICE

1 - Premessa	pag. 2
2 - Strumentazione impiegata	pag. 3
3 - Definizioni	pag. 3
4 - Ubicazione delle misure e acquisizione dei dati	pag. 3
5 - Procedura di analisi per stazioni singole H/V	pag. 4
6 - Stima del Vs30 mediante inversione della curva H/V	pag. 7
7 - Conclusioni	pag. 8

La presente relazione è composta da n°8 pagine

PROGETTO: PIANO DI RECUPERO PER ACCORPAMENTO ACCESSORIO IN LOCALITA' VIA VALLE OSCURA N.8 COMUNE DI PORTO SAN GIORGIO [FM] - RISANAMENTO CONSERVATIVO EDIFICIO DI CIVILE ABITAZIONE CON AMPLIAMENTO MEDIANTE RECUPERO VOLUMETRICO DEL CORPO ACCESSORIO.

RELAZIONE GEOFISICA: INDAGINE SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Committente: SIG. MAURO VERCELLI

1 - PREMESSA

In corrispondenza di un'area ove si trova un edificio di civile abitazione, ed in concomitanza con le indagini geologiche per il progetto dell'immobile, è stata eseguita un'indagine di sismica passiva a stazione singola [HVSR]. L'area in oggetto si trova in località via Valle Oscura n.8 in comune di Porto San Giorgio [FM].

La tecnica utilizzata è basata sui rapporti spettrali o HVSR [Horizontal to Vertical Spectra Ratio]. Essa è totalmente non invasiva, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazioni esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque¹. In altre parole la tecnica utilizza il rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione.

I risultati delle registrazioni sono utilizzati per determinare la **frequenza caratteristica di risonanza del sito**. Questa rappresenta un parametro fondamentale per la progettazione di edifici in termini di risposta sismica locale; i progettisti, infatti, devono adottare adeguate precauzioni onde evitare che la frequenza di risonanza dell'edificio da progettare sia prossima a quella del terreno.

Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce una notevole amplificazione delle onde sismiche, inducendo sollecitazioni sulle strutture con grande potere distruttivo [**fenomeno della doppia risonanza**].

Ogni sito può generare più di una risonanza e non esiste una risonanza fondamentale in assoluto. Ai fini della vulnerabilità sismica non è necessariamente il picco H/V più ampio che conta ma quello la cui frequenza è più prossima a quella dell'edificato e/o dell'edificio da realizzare. In altre parole, in funzione di ciò che si va a costruire su un sito, o di ciò che ivi esiste, saranno di volta in volta importanti picchi H/V a diverse frequenze.

¹*Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai fenomeni atmosferici [onde oceaniche, vento], dall'attività antropica oltre e dai processi legati alla dinamica terrestre. Esso è conosciuto anche come -microtremore- poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti.*

Infine le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono anche di stimare le Vs30 [velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di sottosuolo], parametro la cui determinazione è richiesta dalla normativa sismica vigente [D.M. 14.01.2008]. Tale procedura richiede la conoscenza di un vincolo noto in modo indipendente (profondità di un riflettore o Vs del primo strato). Dalla formula:

$$fr = \frac{Vs1}{4H}$$

nota la profondità del vincolo [H] e la frequenza [misurata], si ottiene la velocità delle onde di taglio relativa al primo strato. In realtà, in un sistema multistrato, la curva H/V contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza [e quindi allo spessore] di ciascuno di essi.

Effettuando il fitting della curva sperimentale con una curva teorica ricostruita per tentativi [inserendo nel programma, di volta in volta, lo spessore del sismostrato e la sua velocità], si ottiene una modellazione dei sismostrati del sottosuolo investigato.

2 - STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

La misura del microtremore ambientale è stata eseguita per mezzo di un Tromografo digitale portatile, progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento [Tromino®, Micromed s.p.a.] è dotato di tre sensori elettrodinamici [velocimetri] ortogonali. I dati di microtremore ambientale, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti per 12 min alla frequenza di campionamento di 128Hz.

3 - DEFINIZIONI

Il tipo di stratigrafia che le tecniche sismiche possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

4 - UBICAZIONE DELLE MISURE E ACQUISIZIONE DEI DATI

La prova a stazione singola è ubicata come in figura 1. Lo strumento è stato accoppiato direttamente sul terreno, rimuovendo lo strato vegetale [10 cm].

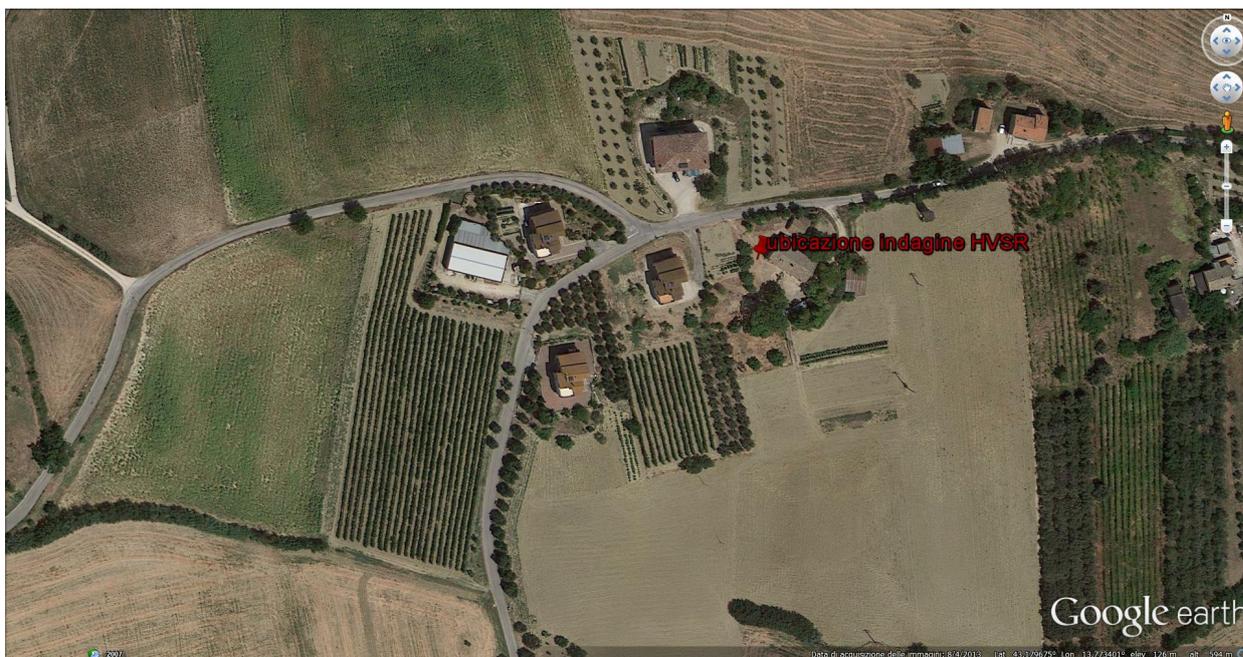


Figura 1 – Ubicazione del punto di registrazione dei microtremori. La misura è stata effettuata accoppiando lo strumento direttamente sul terreno naturale.

5 - PROCEDURA DI ANALISI PER STAZIONI SINGOLE H/V

Dalla registrazione del rumore sismico ambientale in campo libero sono state ricavate le curve H/V, secondo la procedura classica descritta per esempio in SESAME (2005) con parametri:

- ✓ larghezza delle finestre d'analisi 20 s;
- ✓ lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- ✓ rimozione dei transienti sulla serie temporale degli H/V.

L'analisi della curva H/V relativa alla registrazione effettuata evidenzia quanto segue:

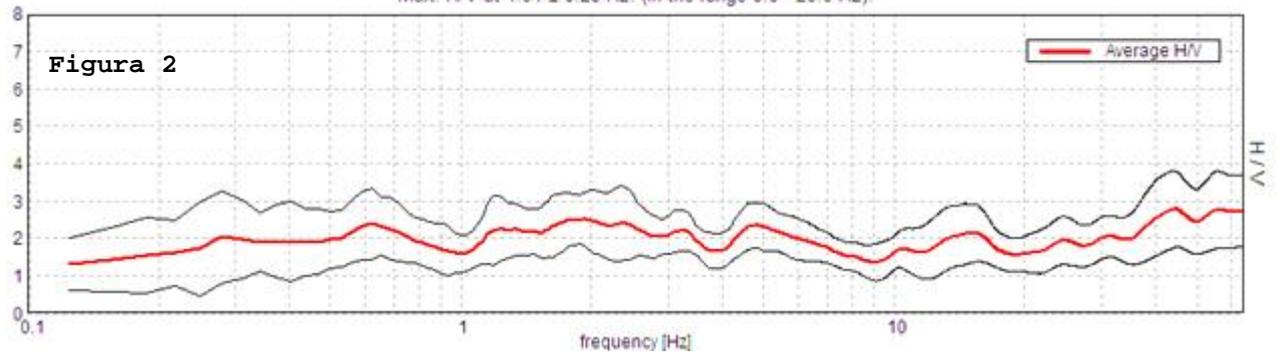
- ✓ un picco massimo di risonanza a 1.91Hz legato ad un contrasto d'impedenza all'interno del substrato marino tra un livello arenaceo più competente e le sovrastanti argille;
- ✓ vari picchi di modesta ampiezza su varie frequenze, indicativi di una successione composta da alternanze di strati a differente rigidità.

La risonanza registrata appare significativa all'analisi statistica secondo i criteri SESAME [2005] riportati nell'allegata tabella I.

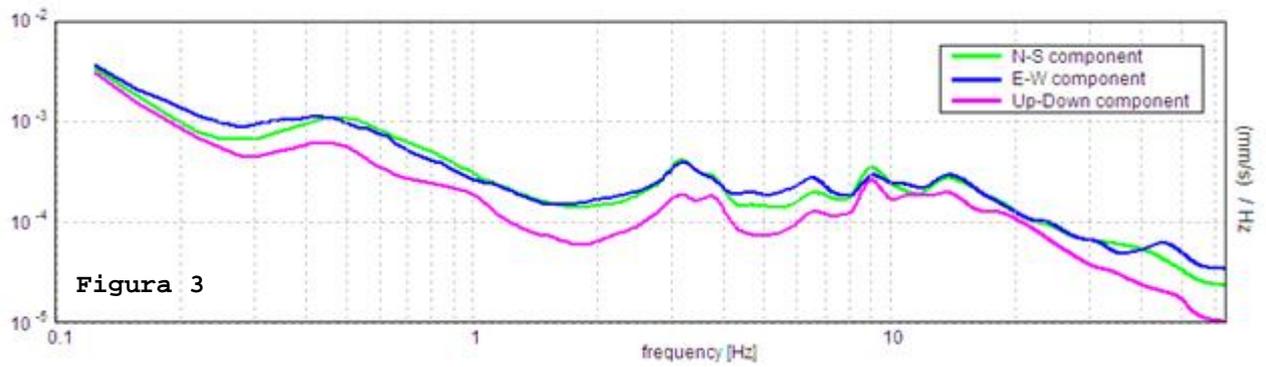
Il picco della curva H/V alla suddetta frequenza è indicativo di amplificazione modesta [curva quasi orizzontale].

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

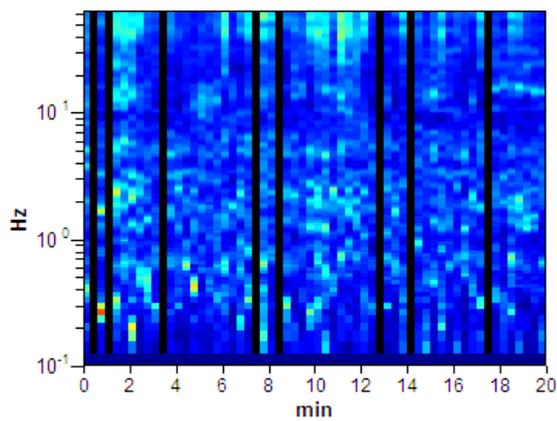
Max. H/V at 1.91 ± 0.25 Hz. (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



SINGLE COMPONENT SPECTRA



SERIE TEMPORALE H/V



DIREZIONALITA' H/V

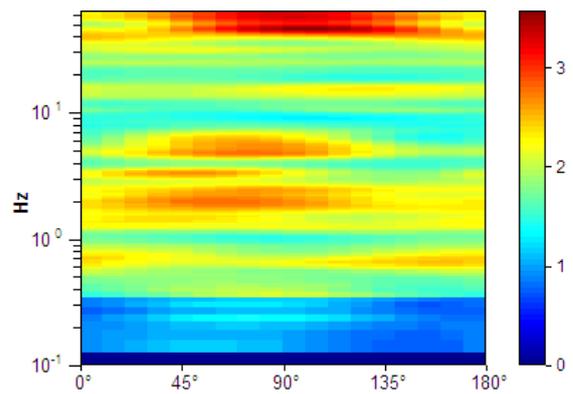


Figura 4

TABELLA I

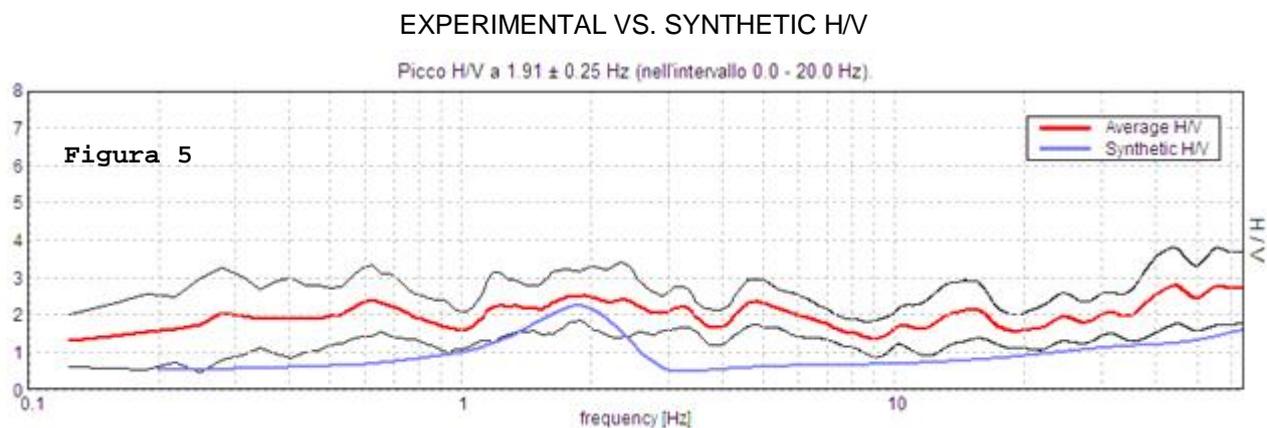
Picco H/V a 1.91 ± 0.25 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).			
Criteri per una curva H/V affidabile [Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]			
$f_0 > 10 / L_w$	1.91 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1982.5 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 92	OK	
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz			
Criteri per un picco H/V chiaro [Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]			
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	2.51 > 2	OK	
$f_{\text{picco}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06448 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.12292 < 0.19063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3409 < 1.78$	OK	
L_w	lunghezza della finestra		
n_w	numero di finestre usate nell'analisi		
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi		
f	frequenza attuale		
f_0	frequenza del picco H/V		
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V		
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$		
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0		
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f		
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$		
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$		
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa		
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$		
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$		

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [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
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

6 - STIMA DEL Vs30 MEDIANTE INVERSIONE DELLA CURVA H/V

Come già accennato in precedenza, le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, consentono di stimare il parametro Vs30, ovvero la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri di profondità. Questo parametro è richiesto dalla normativa sismica vigente [D.M. 14.01.2008] per la stima dell'amplificazione sismica locale dovuta ad effetti stratigrafici.

In Figura 5 si riporta il confronto tra le curve H/V sperimentale e teorica, ottenuta per il modello di sottosuolo di Figura 6 (secondo il procedimento descritto in *Castellaro e Mulargia, 2009, Bull.Seism. Soc. Am., 99, 761-773*) usando come vincolo lo spessore dei depositi colluviali e della porzione più alterata del substrato [vedi prova penetrometrica effettuata].



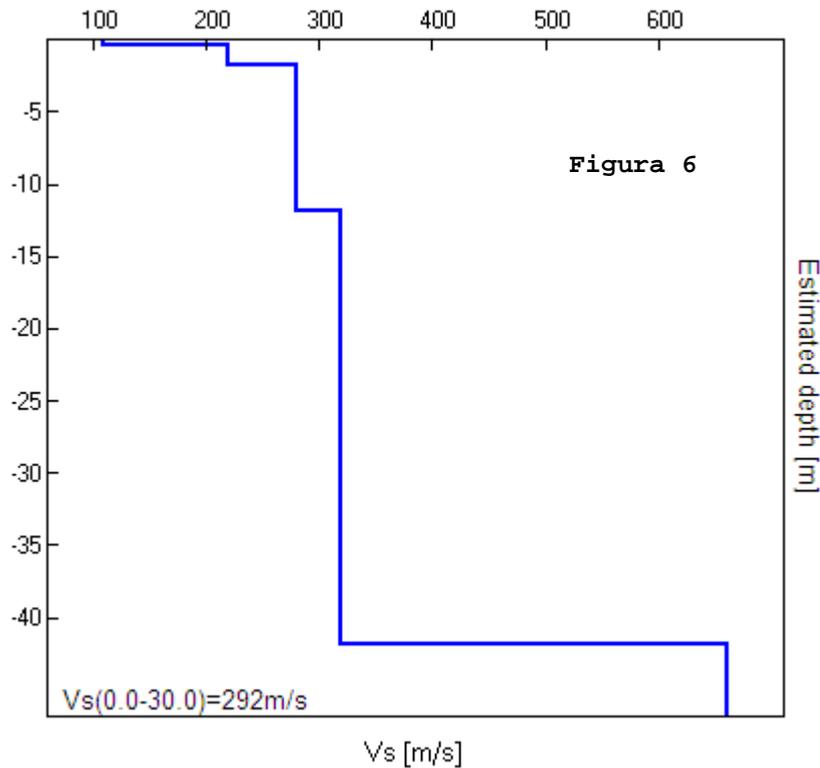
Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	110	0.35
1.80	1.40	220	0.35
11.80	10.00	280	0.35
41.80	30.00	320	0.35
inf.	inf.	660	0.35

Il valore di velocità delle onde di taglio nello strato omogeneo equivalente ai primi 30 m di profondità (Vs30) calcolato secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (2008) come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono gli spessori e le velocità dei singoli strati.

$V_{s(0.00-30.00)}=292\text{m/s} \Rightarrow$ suolo di categoria C



7 - CONCLUSIONI

L'analisi del profilo delle velocità mostra una successione di terreni caratterizzati da un aumento progressivo delle velocità con la profondità. L'andamento della curva H/V, con vari picchi di modesta ampiezza su varie frequenze, è indicativo di una successione composta da alternanze di strati a differente rigidità; tuttavia il contrasto d'impedenza non è tale da generare picchi di ampiezza significativa.

Come è noto l'ampiezza dei picchi nella curva sperimentale può essere considerato un indice qualitativo di maggiore o minore amplificazione sismica alle frequenze considerate. **Una curva H/V siffatta, ovvero con picchi di ampiezza di poco superiore a due, è indicativa di un sito in cui il livello di amplificazione sismica locale è basso-moderato.**

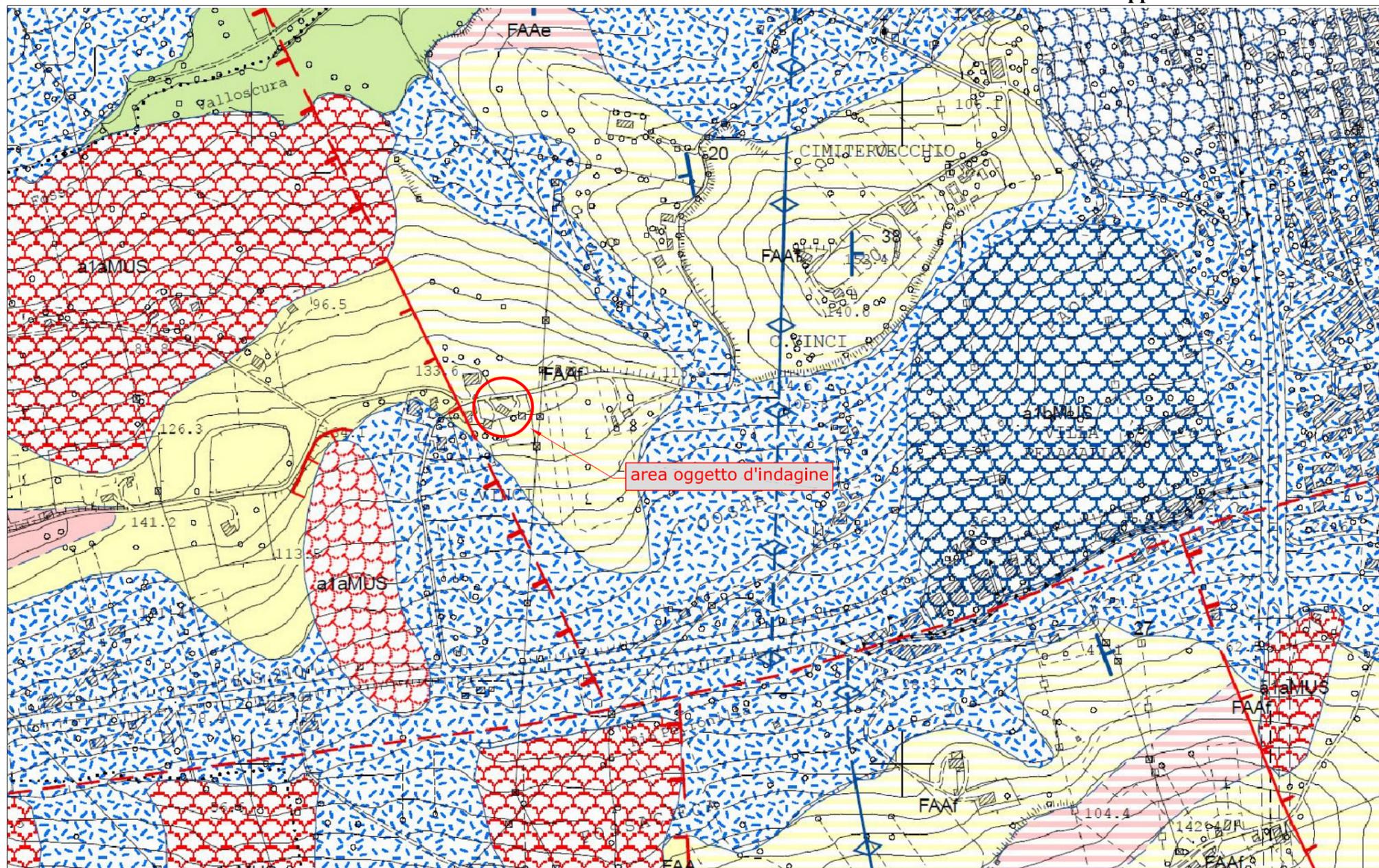
Fermo, maggio 2014

Il Tecnico

Dott. Geol. Andrea Ambrogi

CARTA GEOLOGICA

NOTA: rappresentazione non in scala

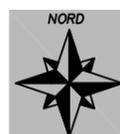


tratto da: Carta geologia Regione Marche alla scala 1:10.000

STRALCIO LEGENDA

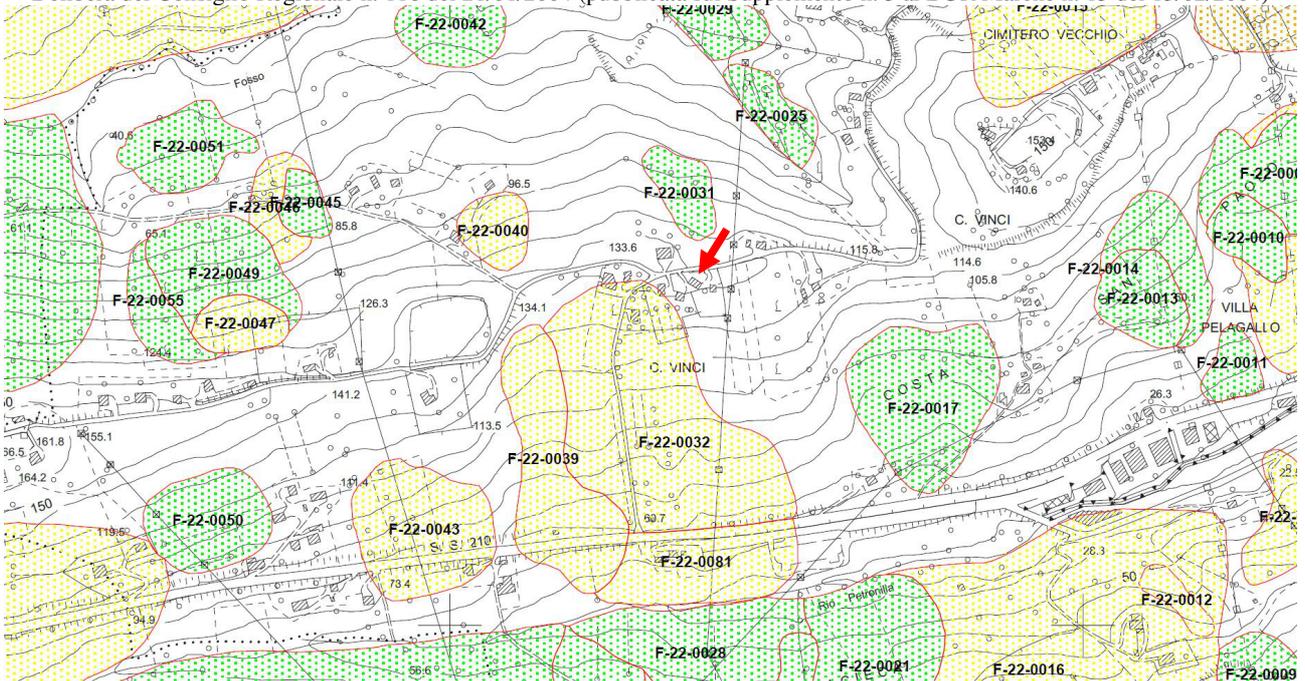
	Depositi eluvio-colluviali - b2MUS Depositi eluvio-colluviali limoso-argillosi e, subordinatamente, limoso-sabbiosi.
	Depositi di frana - a1aMUS Materiali prevalentemente argilloso-marnosi e argilloso-sabbiosi e, subordinatamente, calcareo-marnosi, arenaceo-marnosi, calcarei ed arenacei, coinvolti da movimenti franosi con indizi di evoluzione.
	Depositi di frana - a1bMUS Materiali prevalentemente argilloso-marnosi e argilloso-sabbiosi e, subordinatamente, calcareo-marnosi, arenaceo-marnosi, calcarei ed arenacei, coinvolti da movimenti franosi senza indizi di evoluzione.
FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE (Pleistocene inf. p.p.-Pliocene inf.)	
SUCCESSIONE DI BACINO	
	Associazione conglomeratica - FAA5a Conglomerati poligenici ed eterometrici, in scarsa matrice sabbiosa da grossolana a fine, organizzati in strati spessi e molto spessi (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inferiore).
	Associazione arenaceo-conglomeratica - FAA5b Arenarie a granulometria medio-grossolana in strati tabulari e lenticolari con lenti e livelli conglomeratici (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inferiore).
	Associazione arenacea - FAA5c Arenarie a granulometria da grossolana a fine in strati tabulari e lenticolari con sottili interstrati pelitici (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inferiore).
	Associazione arenaceo-pelitica - FAA5d Altemanze di strati, da sottili a medio-spessi, di sabbie e peliti (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inf.).
	Associazione pelitico-arenacea - FAA5e Peliti di colore grigio-azzurro fittamente stratificate con intercalazioni sabbiose ocracee di spessore variabile (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inferiore).
	Associazione pelitica - FAA Peliti di colore grigio-azzurro e grigio-avana con sottili e sottilissimi strati di silt o, più raramente, di sabbie gialle o grigie, fini e finissime, che ne evidenziano la stratificazione (Pleistocene inferiore p.p.-Pliocene inf.).
SUCCESSIONE DI DORSALE	
	Livello calcareo conchigliare - FAAg Calcari e calcari marnosi fossili ferri, passanti al tetto a sabbie oolitiche (Pleistocene inferiore p.p.).
	Associazione pelitico-arenacea - FAAe Altemanze di argille silteose grigio-azzurre e di strati sabbiosi torbiditici ocracei, a granulometria medio-fine (Pliocene inferiore).
	Associazione pelitica - FAAf Peliti di colore azzurro in strati medi e sottili, intercalate a sottili livelli sabbiosi (Pliocene inferiore).

DOCUMENTAZIONE REPERITA



STRALCIO PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO APPROVATO DALLA REGIONE MARCHE (Tavola RI 60a)

Delibera del Consiglio Regionale n. 116 del 21/01/2004 (pubblicata sul Supplemento n. 5 al BUR Marche n. 15 del 13/02/2004)



NOTA: la freccia di colore rosso indica l'ubicazione dell'edificio in oggetto.

LEGENDA

Aree a rischio frana
(Codice F-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio esondazione
(Codice E-xx-yyyy)

- Rischio moderato (R1)
- Rischio medio (R2)
- Rischio elevato (R3)
- Rischio molto elevato (R4)

Aree a rischio valanga
(Codice V-xx-yyyy)

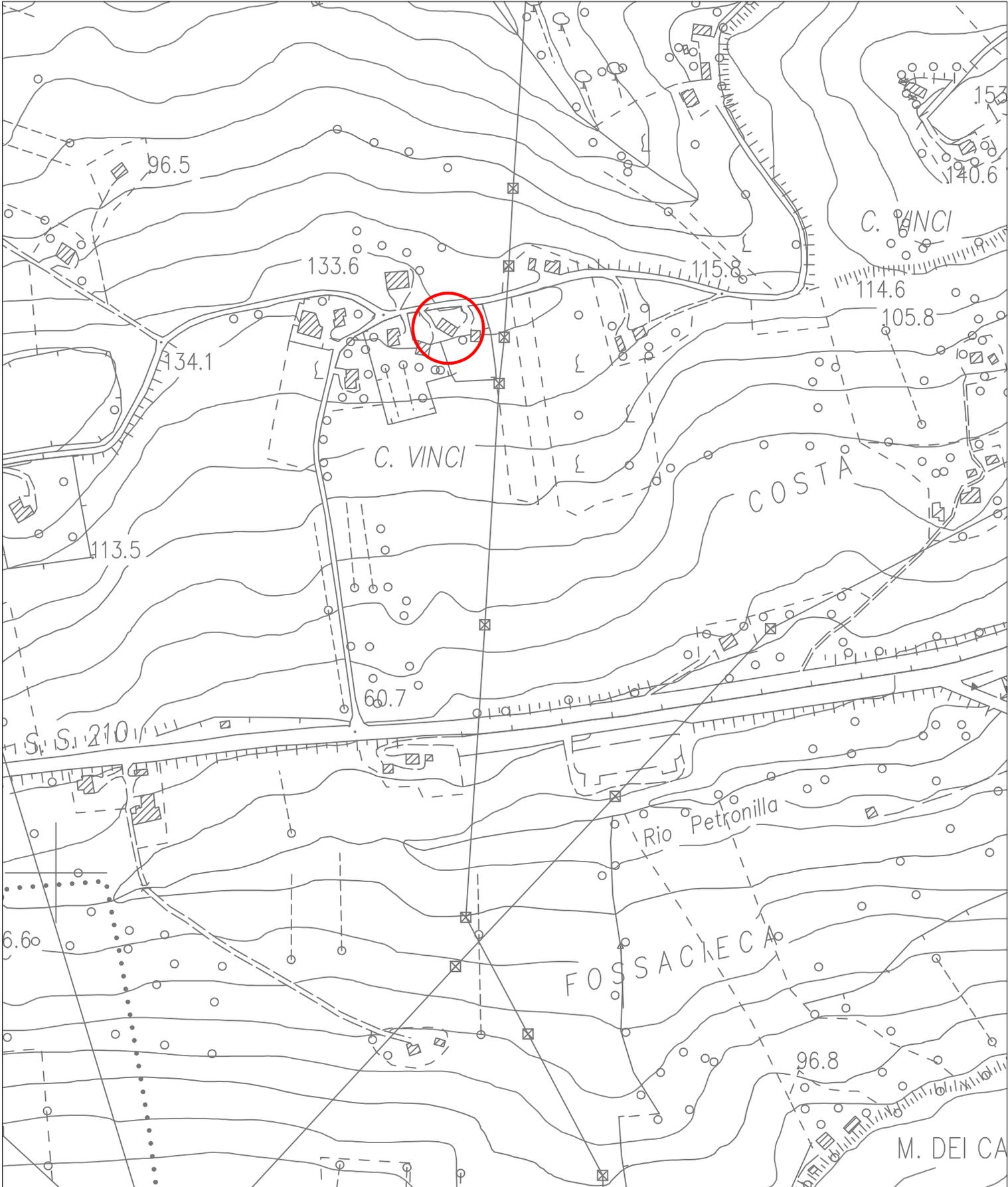
- Rischio molto elevato (R4)

Limite di Bacino Idrografico

DESCRIZIONE CODICE LEGATO AI FENOMENI

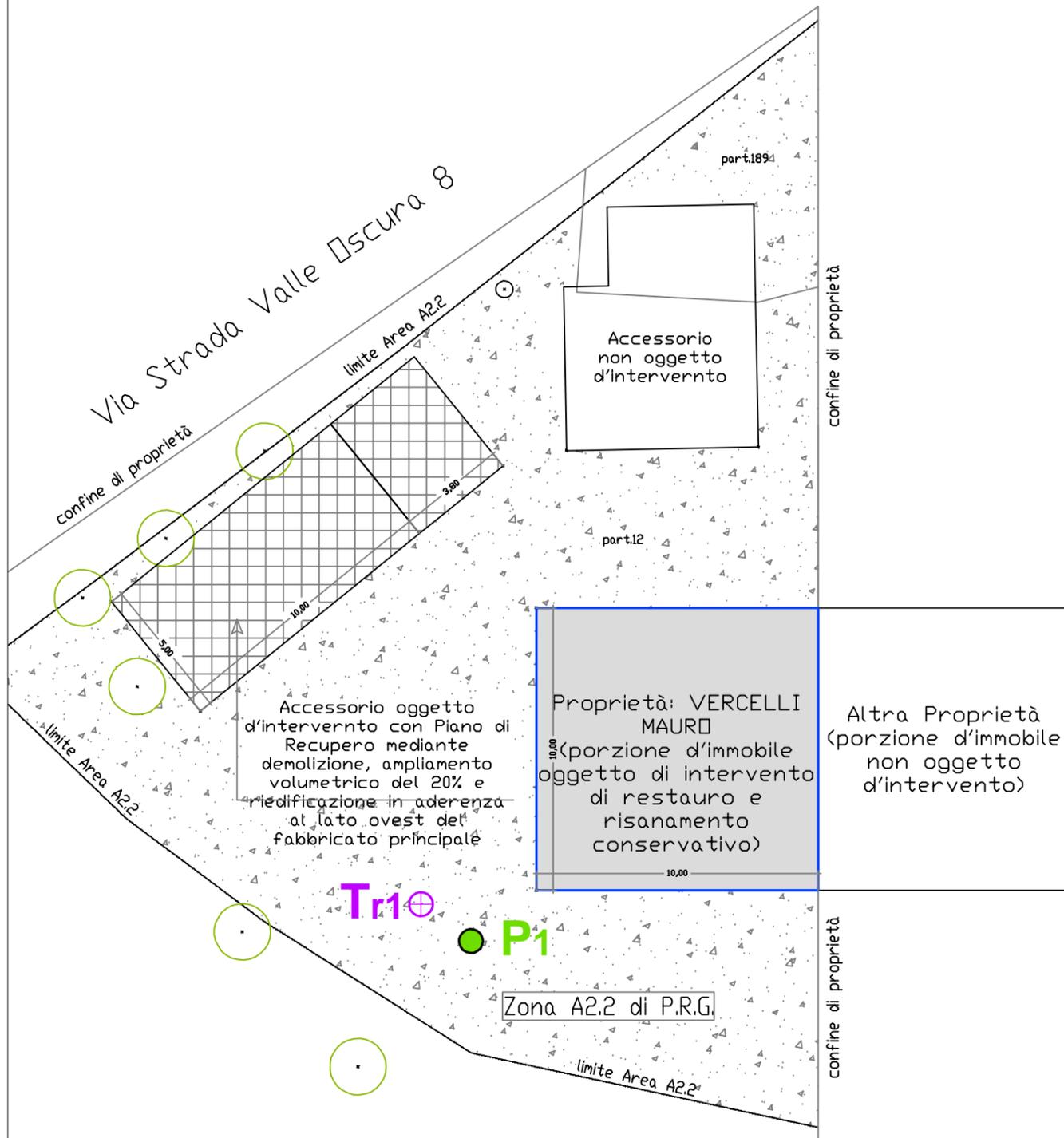
numero identificativo di bacino
Z - XX - YYYY
 numero progressivo fenomeno
 iniziale tipo di rischio

PLANIMETRIA GENERALE

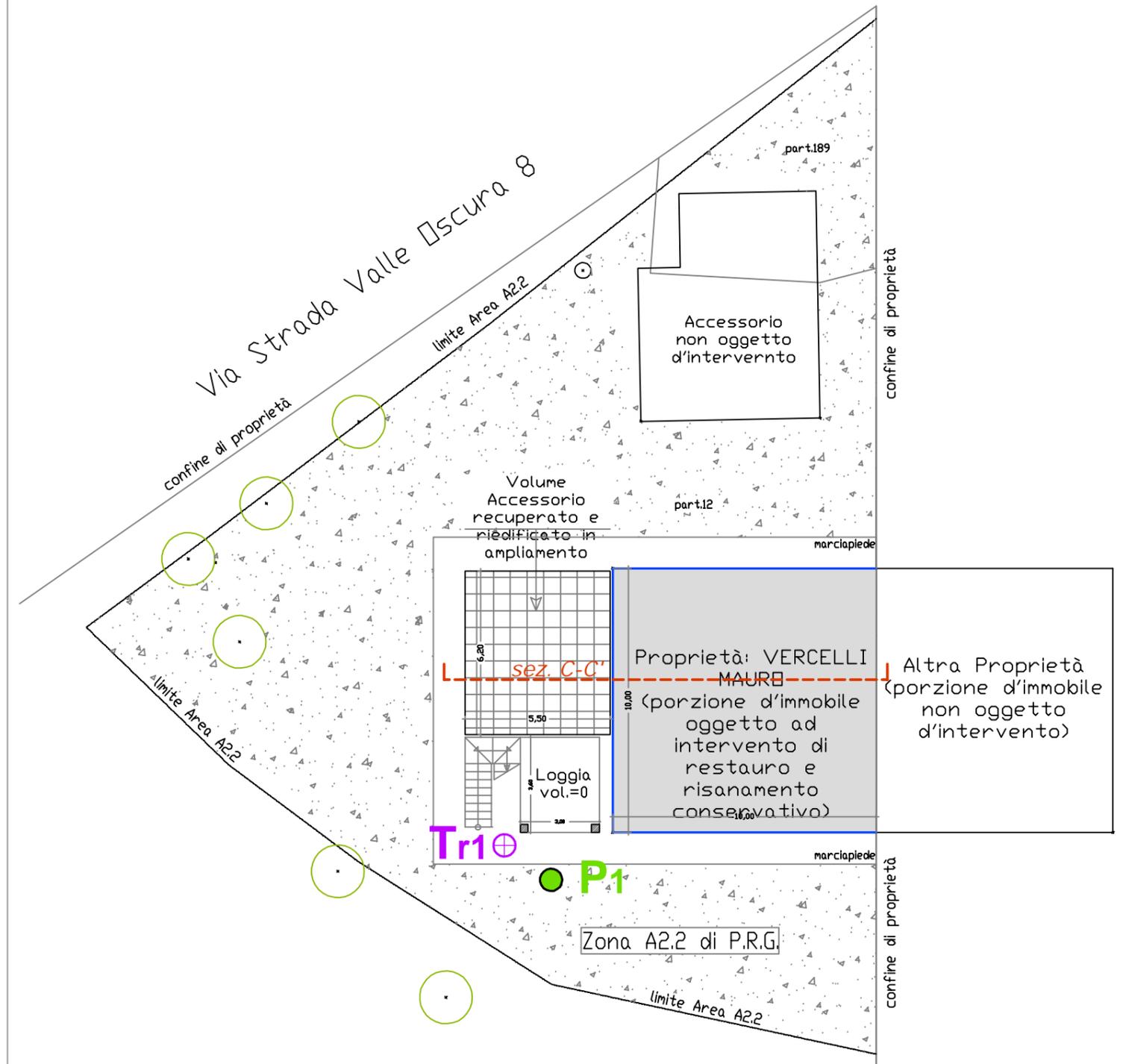


PLANIMETRIA

STATO ATTUALE



STATO MODIFICATO

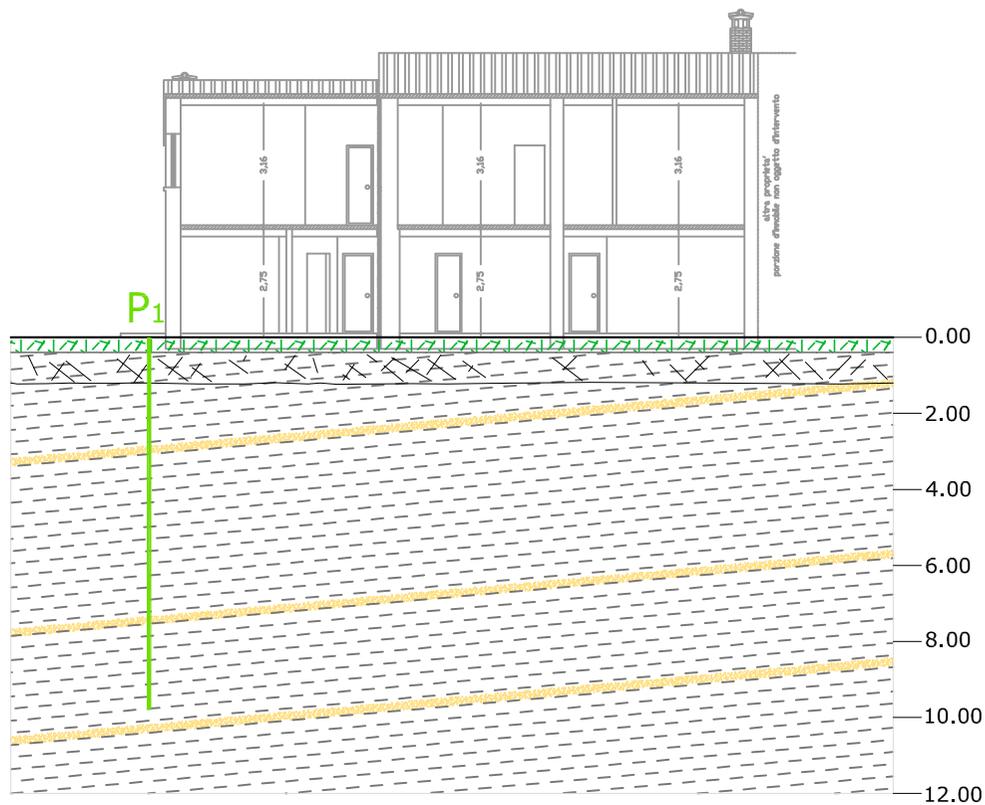


LEGENDA	● P_n	ubicazione prova penetrometrica
	⊕ Tr1	indagine sismica HVSr
	- - - sez. B-B'	traccia sezione geolitologica



SEZIONE GEOLITOLOGICA

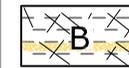
STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA DOTT. GEOL. ANDREA AMBROGI



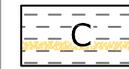
LEGENDA SEZIONE



riporto antropico e terreno vegetale



argille sabbiose nocciola-grigiastre
(DEPOSITI MARINI - SUBSTRATO INTENSAMENTE ALTERATO E FRATTURATO)



argille sabbiose nocciola-grigiastre
(DEPOSITI MARINI - SUBSTRATO ALTERATO/SUBSTRATO)

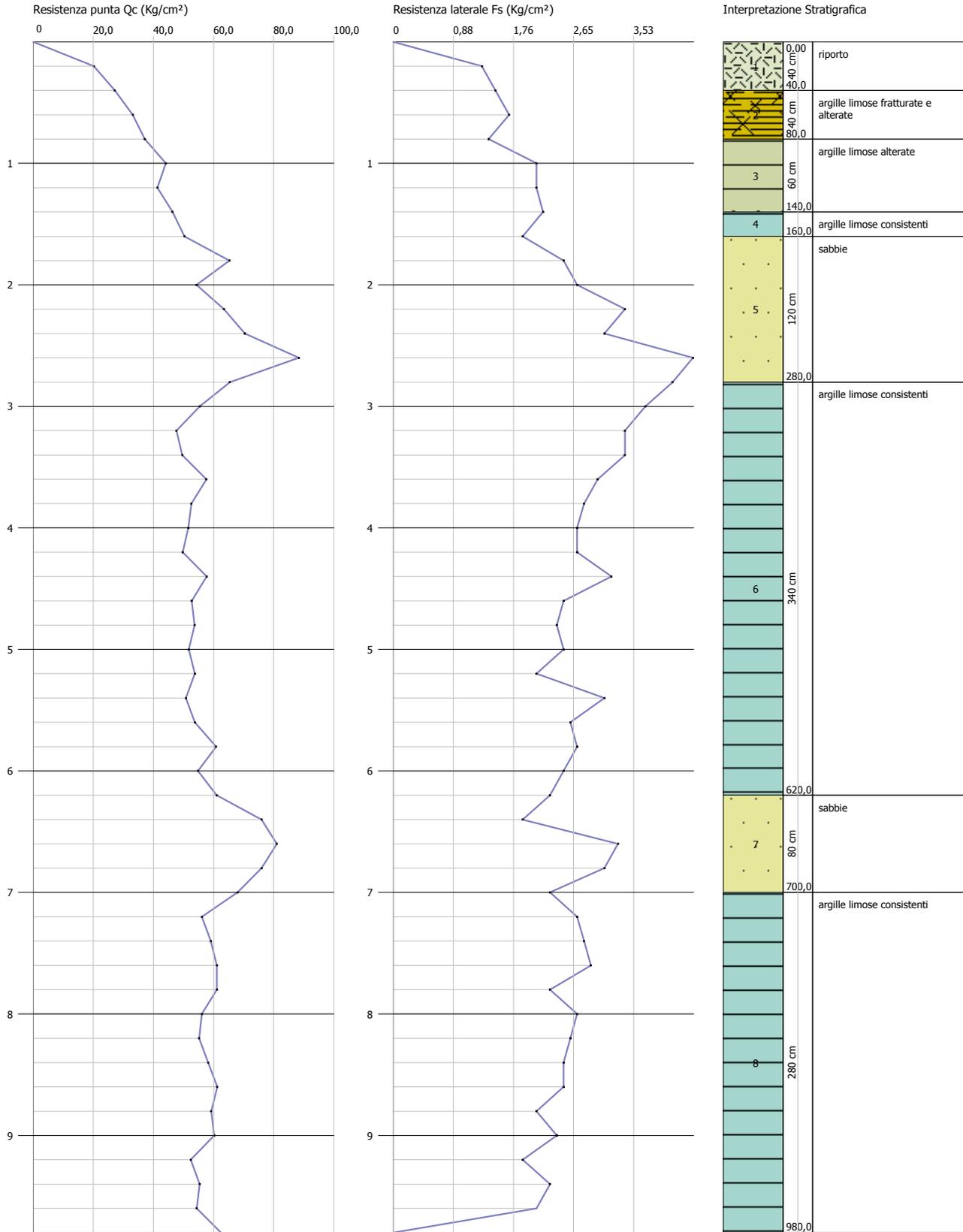


traccia prova penetrometrica CPT

Probe CPT - Cone Penetration P.1
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: sig. Mauro Vercelli
Cantiere:
Località: via Valle Oscura n.8 - PORTO SAN GIORGIO [FM]

Data: 06/05/2014



STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	0,40	23,6	1,4	0,0	0,0	Terzaghi	1,2
Strato 2	0,80	35,1	1,6	0,0	0,0	Terzaghi	1,8
Strato 3	1,40	43,9	2,1	0,0	0,0	Terzaghi	2,2
Strato 4	1,60	50,3	1,9	0,0	0,0	Terzaghi	2,5
Strato 6	6,20	53,8	2,8	0,0	0,0	Terzaghi	2,7
Strato 8	9,80	58,0	2,3	0,0	0,0	Terzaghi	2,9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	0,40	23,6	1,4	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=59,00 Medio=40,12 Min=23,6
Strato 2	0,80	35,1	1,6	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=87,75 Medio=59,69 Min=35,1
Strato 3	1,40	43,9	2,1	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=109,75 Medio=74,63 Min=43,9
Strato 4	1,60	50,3	1,9	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=125,75 Medio=85,51 Min=50,3
Strato 6	6,20	53,8	2,8	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=134,50 Medio=91,45 Min=53,8
Strato 8	9,80	58,0	2,3	0,0	0,0	Mitchell & Gardner (1975)	Max=145 Medio=98,6 Minimo=58