

COMUNE DI MONTE S.PIETRANGELI

Intervento per la ricostruzione di un tratto di mura medioevali a monte di Via Guglielmo Marconi

relazione geologica e geotecnica

STUDIO GEOGNOSTICO
Lenzi Umberto -Lenzi Alessandra
60015 FALCONARA M. (AN)
Via Giacomo Matteotti 41/ a
tel. 071-910.861 - fax 914582
Partita I.V.A. 00161790423
e - mail: lenzicav@libero.it

INDICE

1.0.	<u>Premessa</u>	Pag.	2
2.0.	<u>Geomorfologia e geologia</u>	Pag.	3
3.0.	<u>Indagini eseguite</u>	Pag.	4
3.1.	Stratigrafia e caratteristiche geotecniche	Pag.	5
3.1.1.	Terreno di riporto	Pag.	5
3.1.2.	Eluvioni	Pag.	6
3.1.3.	Formazione Plio - Pleistocenica alterata ed inalterata	Pag.	6
4.0.	<u>Rischio sismico</u>	Pag.	8
4.1.	Pericolosità sismica di base	Pag.	9
4.2.	Risposta sismica locale	Pag.	9
4.2.1.	S_s Coefficiente di amplificazione stratigrafica	Pag.	10
4.2.2.	S_T Coefficiente di amplificazione topografica	Pag.	10
4.3.	Parametri sismici di progetto	Pag.	10
5.0.	<u>Nuove opere di sostegno</u>	Pag.	12

COMUNE DI MONTE S.PIETRANGELI

*** **

INTERVENTO PER LA RICOSTRUZIONE DI UN TRATTO DI MURA MEDIOEVALI A MONTE DI VIA GUGLIELMO MARCONI

Relazione geologica e geotecnica

1.0. Premessa.

L'indagine è stata svolta in particolare attraverso un assaggio in corrispondenza del tratto di mura medioevali crollato sul lato sud - est dell'abitato storico e dopo una ricerca bibliografica delle indagini effettuate nella zona sia nell'archivio comunale che di questo Studio.

La ricostruzione di almeno questo tratto di mura è necessaria in quanto, data la pendenza del versante interessato, la formazione in posto su cui si appoggiano le fondazioni dei fabbricati adiacenti fra Via Luigi Fontana e la sottostante circonvallazione Via G. Marconi, potrebbe facilmente subire sforzi di taglio mettendoli in pericolo.

2.0. **Geomorfologia e geologia.**

La pendenza fra le abitazioni su Via Luigi Fontana, Via Guglielmo Marconi e la sottostante Strada Provinciale per Torre S.Patrizio, può raggiungere anche il 100% e pertanto anche interventi eseguiti per la realizzazione di parte della viabilità furono effettuati su pali per ovviare, con le loro pressioni, a favorire sforzi di taglio sulle formazioni affioranti.

Dallo studio geologico, in gran parte a suo tempo effettuato, ed in particolare dai sopralluoghi eseguiti nelle molteplici grotte esistenti sotto l'abitato storico di Monte S.Pietrangeli e più specificatamente in alcuni palazzi storici molto vicini all'area attualmente studiata, si è verificato che la formazione in posto affiorante all'interno delle mura medioevali è costituita dalla formazione Plio-Pleistocenica.

Con questa denominazione si indica generalmente la formazione del Pliocene Medio su cui, con la medesima tipologia, si è sedimentato il Pleistocene Inferiore.

La giacitura è più spesso concordante ma non sempre. Anche le caratteristiche geotecniche, almeno in questa zona, sono analoghe come pure il tipo di stratificazione.

Questa formazione è costituita da una fitta alternanza di livelli sabbiosi (molasse) prevalenti verso il tetto, e strati argillitici con giunti di stratificazione sempre siltosi o sabbiosi.

I loro spessori passano da millimetrici a centimetrici con bancate di alcuni decimetri.

3.0. Indagini eseguite.

Avendo notato che ciò che rimane del muro medioevale crollato in questo tratto evidenzia un notevole fuoripiombo, come del resto anche alcuni tratti di mura, anche se con effetto decisamente inferiore, si è ritenuto necessario eseguire un assaggio per verificare su quale litotipo furono realizzate le fondazioni.

Pertanto l'Ufficio Tecnico dell'Amministrazione Comunale ha messo a disposizione un bob-cat (vedere Documentazione fotografica allegata in calce alla relazione) per effettuare un assaggio proprio in corrispondenza del tratto dove la parte alta del muro era crollata.

Purtroppo non è stato possibile raggiungere la base del muro per la presenza di una condotta fognaria, probabilmente oggi dismessa, parallela alle mura stesse. Tuttavia, a valle della fogna, è stato proseguito l'assaggio in profondità fino al limite dell'escavatore per poter individuare almeno il tetto della formazione in posto.

L'inizio della formazione Plio - Pleistocenica è stato reperito soltanto a m. 1,60-1,70 dall'attuale piano di campagna in condizioni di estrema alterazione cioè in fase eluviale con concrezioni carbonatiche di origine secondaria portate dalle acque percolanti.

Pur mancando qualsiasi accenno di stratificazione, si è potuta osservare la presenza della componente argillitica e molassica della formazione Plio - Pleistocenica.

3.1. Stratigrafia e caratteristiche geotecniche.

Dall'assaggio si è potuto riscontrare che detta formazione in posto, in condizioni eluviali, è stata rilevata a m. 1,60-1,70 dall'attuale piano di campagna sotto del riporto sia antico che recente dovuto al ribaltamento della parte superiore del muro.

Generalmente in tutte le altre zone studiate si è riscontrato che le eluvioni manifestano uno spessore intorno ai due metri e successivamente si trova la formazione alterata e quindi inalterata.

3.1.1. *Terreno di riporto.*

E' costituito da rottami di laterizi a forte matrice di prevalente terreno vegetale.

Si fa presente che le caratteristiche geotecniche approssimative che si indicano hanno effetto negativo sulle fondazioni della nuova struttura.

Peso di volume	γ	=	14,0-15,0	KN/m ³
Angolo d'attrito interno	φ	=	10-12°	
Coesione drenata	c'	=	0	
Coesione non drenata	c_u	=	0	

3.1.2. *Eluvioni.*

Sono costituite da argilliti e molasse molto alterate nei loro reticoli ed hanno perduto qualsiasi accenno di stratificazione.

Anche la parte argillitica ha perduto la sua impermeabilità e pertanto sono presenti noduli di CaCO_3 di origine secondaria depositati da acque di percolazione.

Peso di volume	γ	=	18,0-18,5	KN/m^3
Angolo d'attrito interno	φ	=	14-16°	
Coesione drenata	c'	=	0	
Coesione non drenata	c_u	=	10-60	KN/m^2

Si ritiene che lo spessore delle eluvioni sia intorno a m. 2,00 come riscontrato in molteplici indagini.

3.1.3. *Formazione Plio - Pleistocenica alterata ed inalterata.*

Si ripete che questa formazione è costituita da straterelli e strati di argilliti e sabbie (molasse) che a letto delle eluvioni si possono presentare da beige a marrone-grigio e successivamente grigio-azzurro; nel primo caso la formazione può considerarsi alterata e nel secondo ~~Galoteria~~ ^{Galoteria} inalterata. Infatti le numerose prove di laboratorio ed in foro attraverso S.P.T. hanno dato gli stessi valori, infatti la variabilità del colore è data più che altro da una maggiore ossidazione.

Le argilliti sono state sovraconsolidate sotto ingentissimi carichi idrostatici e geologici e si presentano, si ripete, con la classica colorazione

grigio - azzurra. Anche le molasse sono sovraconsolidate, si presentano con una colorazione giallo - ocra, quando hanno subito una certa ossidazione, e sono costituite da sabbie finissime a matrice limosa.

Dal punto di vista idrogeologico queste formazioni hanno una certa permeabilità soltanto negli orizzonti siltosi o molassici in maniera orizzontale rispetto alla propria giacitura che oscilla intorno a 10^{-6} cm/sec, mentre le argilliti sono impermeabili con un valore che oscilla fra 10^{-8} e 10^{-9} cm/sec. Se ne deduce quindi che, perpendicolarmente alla giacitura degli strati, si ha assoluta impermeabilità.

Caratteristiche geotecniche:

Argilliti:

Indice di plasticità	I.P. =	13-28	
Contenuto in acqua	W_n =	16-21%	
Indice di consistenza	I.C. =	1,0-2,0	
Resistenza a compressione semplice	q_u =	> 600	KN/m ²
Coesione non drenata	c_u =	> 200	KN/m ²
Modulo edometrico	E_{ed} =	8,0-10,0	MN/m ² (eluvioni)
Coesione drenata	c' =	20-50	KN/m ²
Angolo d'attrito interno	φ =	22-24°	
Peso di volume	γ =	20,0-21,0	KN/m ³

Molasse:

Angolo d'attrito interno	φ =	30-32°	
Coesione drenata	c' =	0	
Peso di volume	γ =	18,5-19,5	KN/m ³
Modulo edometrico	E_{ed} =	10,0-12,0	MN/m ²

Vista la variabilità litologica della formazione Plio-Pleistocenica nell'area in oggetto, si ritiene che sia utile per l'Ingegnere Strutturista usare i seguenti valori medi:

Angolo d'attrito interno	φ	=	24°	
Peso di volume	γ	=	19,5	KN/m ³
Coesione drenata	c'	=	20	KN/m ²
Coesione non drenata	c_u	=	150	KN/m ²
Modulo edometrico	E_{ed}	=	10	MN/m ²
Coeff. di sottofondo ⁽¹⁾	K_s	=	12-13	MN/m ³

4.0. Rischio sismico.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D. Min. Infr. 14-01-2008) prevedono una procedura di calcolo del rischio sismico in 3 fasi, le ultime due parzialmente sovrappoventesi:

- 1.- si acquisisce la pericolosità sismica di base propria del sito;
- 2.- si determina la risposta sismica locale;
- 3.- si valuta l'azione sismica di progetto.

Per un normale edificio in cui non siano previsti affollamenti significativi, si hanno i seguenti parametri di progetto:

Vita nominale:	V_N	=	50	anni
Classe d'uso	II			

¹ Nota: valido per una piastra quadrata di 1 m. di lato.

Coefficiente d'uso $C_U = 1,0$

Tempo di ritorno $T_R = 475$ anni

Ferma restando ovviamente la competenza del Progettista per quanto concerne la strategia di progettazione, si sviluppa il procedimento particolarmente allo scopo di determinare l'amplificazione sismica locale.

4.1. Pericolosità sismica di base.

I parametri che la determinano sono i seguenti:

- 1.- a_g = accelerazione massima del terreno su suolo rigido orizzontale, espressa in frazione di g (accelerazione di gravità);
- 2.- F_o = fattore di amplificazione spettrale massimo in accelerazione orizzontale;
- 3.- T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri citati sono tabellati (All. B delle N.T.C.) per ognuno dei nodi del reticolo sismico di riferimento prodotto dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia); per i punti intermedi si procede ad interpolazione.

4.2. Risposta sismica locale.

E' il prodotto di due coefficienti: si esprime con la formula:

$$S = S_s \times S_T$$

dove:

- S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica, che assume valori diversi a seconda della categoria di sottosuolo;

- S_T = coefficiente di amplificazione topografica, che assume valori diversi a seconda della morfologia di superficie.

4.2.1 S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Ai fini delle NTC 2008 la stratigrafia dei primi trenta metri del sito è schematicamente rappresentata da 1 m. di terreno di riporto da 2 m. di eluvioni e da 27 m. di formazione in posto (Plio Pliocene: costituito da un'alternanza di argilliti e molasse)

Avendo eseguito numerosi indagini sismiche tipo MASW su questa formazione si ascrive il sottosuolo (Tab.3.2.II) alla categoria C.

4.2.2 S_T = coefficiente di amplificazione topografica

L'area è ubicata in piano e quindi non è suscettibile di amplificazione topografica).

4.3. Parametri sismici di progetto.

Nella tabella seguente sono elencati i valori sismici risultanti:

CALCOLO SPETTRI

Dati:

Latitudine: 43,19324

Longitudine: 13,19231

Anni:	50
Classe d'uso:	II
Stato Limite:	SLV
Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T2

Risultato:

Tempo di ritorno (anni):	475
Ag:	1,760
Ag/g:	0,180
F0:	2,480
T*C (sec):	0,332

Vicini nella griglia:

P1 (ID: 22751, LAT: 43,18500, LON: 13,21600)	Ag: 1,759	F0: 2,480	T*C: 0,330
P1 (ID: 22750, LAT: 43,18400, LON: 13,14700)	Ag: 1,783	F0: 2,500	T*C: 0,330
P1 (ID: 22529, LAT: 43,23500, LON: 13,21600)	Ag: 1,744	F0: 2,460	T*C: 0,340
P1 (ID: 22528, LAT: 43,23400, LON: 13,14700)	Ag: 1,753	F0: 2,480	T*C: 0,330

Coefficiente stratigrafico:	1,438
Coefficiente topografico:	1,200

Coefficiente sismico per stabilità dei versanti e per verifica della capacità portante

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito:	0,240
Coefficiente sismico orizzontale Kh:	0,074
Coefficiente sismico verticale kv:	0,037

Coefficiente sismico per muri di sostegno

Coefficiente riduzione accelerazione attesa al sito :	0,240
Coefficiente sismico orizzontale K_h :	0,074
Coefficiente sismico verticale k_v :	0,037

I valori sopra elencati subiscono inoltre variazioni significative a seconda del tipo di edificio e della strategia di progettazione, e sono pertanto di competenza del Progettista la scelta di questa e la conseguente valutazione dei parametri suddetti.

5.0. Nuove opere di sostegno.

Da quanto sopra esposto si ha la necessità di ricostruire un'opera di sostegno almeno per i tratti crollati e quelli con evidenti fuoripiombo.

La causa dei crolli e dei fuoripiombo va ricercata non tanto sulla carenza di fondazioni, visto che furono messe in opera alcune centinaia di anni fa, ed ancora non hanno subito danni, ma piuttosto perché, nel tempo, i giardini pensili, prevalentemente costituiti da riporti, sostenuti dalle mura, raccoglievano sempre più acqua perdendo la possibilità di farla fuoriuscire all'esterno e facendo aumentare la spinta del terreno su di esse in quanto il contenuto in acqua faceva diminuire le loro caratteristiche geotecniche plasticizzandole sempre più.

Infatti, come si può osservare, i muri restanti sono andati in fuoripiombo, quasi dalla quota delle fondazioni, evidenziando che la spinta si è avuta tutta prevalentemente nella parte alta dell'opera di sostegno.

Per consentire all'Ingegnere Strutturista un adeguato calcolo di una nuova opera di sostegno, anche per non mettere in pericolo i fabbricati esistenti a monte per sforzi di taglio nei litotipi su cui insistono le loro fondazioni, sono state disegnate due sezioni geologiche, una in scala 1:50 per evidenziare l'assaggio effettuato ed una seconda in scala 1:100 per indicare quella che si ritiene possa essere la reale sezione geologica dall'altezza dei fabbricati esistenti su Via L.Fontana e la sottostante via G.Marconi che costituisce la più recente circonvallazione sud di Monte S.Pietrangelì.

Ovviamente tale sezione si è dovuta ricostruire sulla base del solo assaggio effettuato vista la difficoltà della situazione morfologica attuale, tuttavia, da quest'ultima si possono verificare le stratigrafie che consentono di poter progettare le nuove opere di sostegno al posto delle attuali mura medioevali.

A questo proposito si consiglia che gli interventi di demolizione, sia dei resti del suddetto tratto di mura che di quelle pericolanti, vengano fatti per piccoli tratti di pochissimi metri per limitare i possibili sforzi di taglio nei litotipi affioranti, in quanto più è largo il tratto sbancato, maggiore è la possibilità che avvengano naturalmente sforzi di taglio.

La fondazione più facile per la nuova opere di sostegno è su pali calcolati a taglio e flessione alla quota della formazione in posto alterata ricavabile dalla sezione geologica generale ed applicando i relativi parametri geotecnici indicati con l'applicazione dei risultati sismici.

Probabilmente sarà necessario realizzare più file di pali, ma purtroppo delle fondazioni su diaframmi posti ortogonalmente all'opera di sostegno più facili a resistere a flessione e taglio, si teme che siano di ben difficile messa in opera su di una simile situazione morfologica.

Si raccomanda che dietro il nuovo muro sia messo del materiale drenante fino alla sua base come ghiaia monogranulare da cm 1-3 ben lavata ed alla base una cunetta che possa raccogliere l'acqua percolate e portarla in fogna.

Anche in superficie, all'altezza dei futuri giardini, si raccomanda che al bordo del nuovo muro contro terra sia posta un'ulteriore cunetta che raccolga le acque meteoriche e le porti in fogna per non farle ristagnare nei giardini e non consentire loro di percolare in profondità.

Nelle zone restanti del muro medioevale sarebbe opportuno sia mettere in opera una possibile raccolta d'acqua negli attuali giardini e contemporaneamente operare dei fori per circa un metro di lunghezza che consentano, a varie quote, sia la fuoriuscita di acqua al di sotto dell'attuale superficie che una possibile aereazione per migliorare le caratteristiche geotecniche dei terreni contenuti dal suddetto muro.

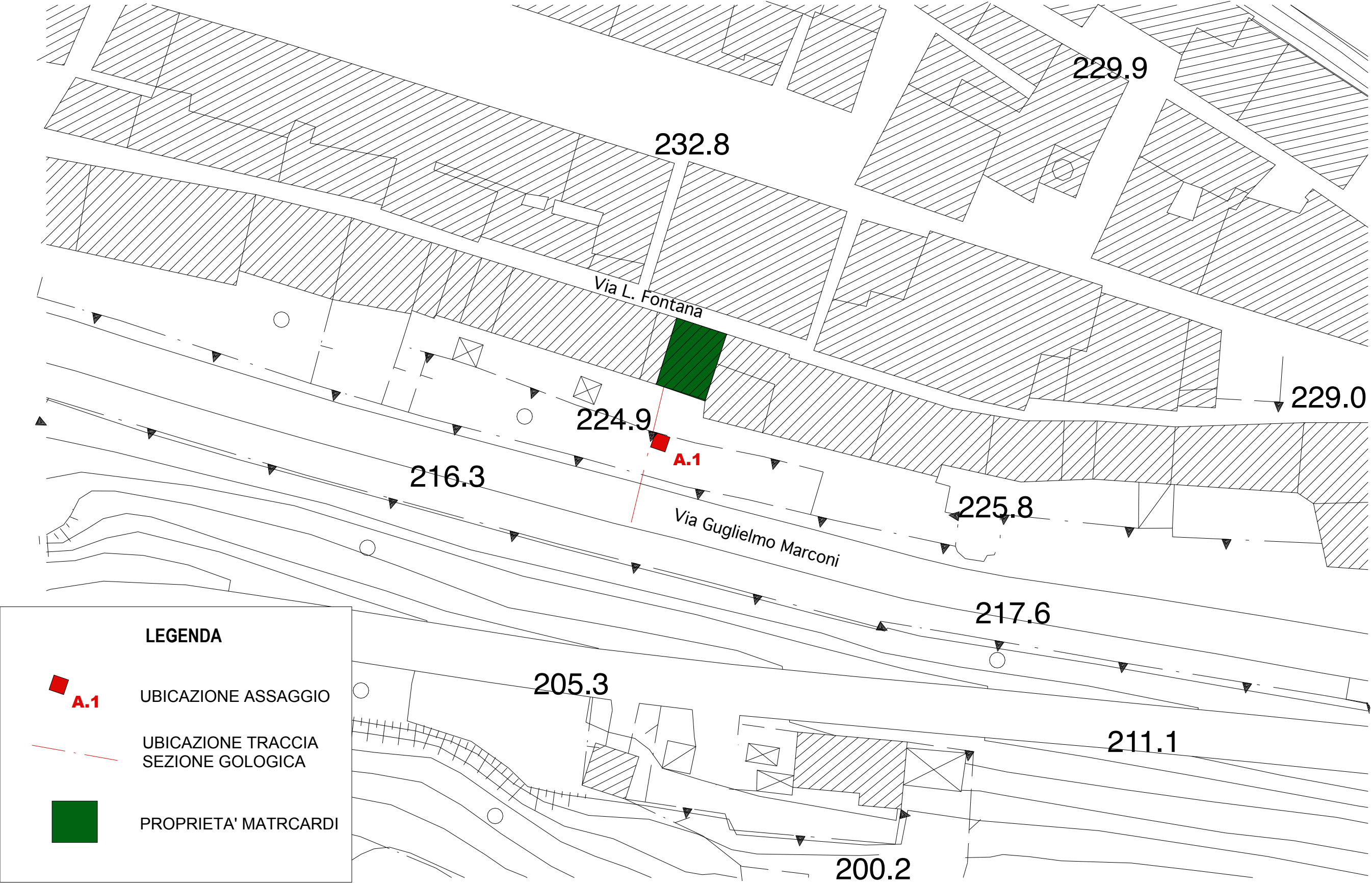
Si raccomanda che detti fori drenanti non si avvicinino troppo alle fondazioni degli edifici in quanto potrebbero avere effetti di ritiro dei litotipi che sostengono le fondazioni.

--o0o--

Falconara M.ma, 22/06/2012

Allegati:

- All.1 Planimetria generale con ubicazione assaggio scala 1:1000
- All.2 Sezione geologica dell'assaggio eseguito scala 1:50
- All.3 Sezione geologica generale scala 1:100
- All.4 Documentazione fotografica



STUDIO GEOGNOSTICO

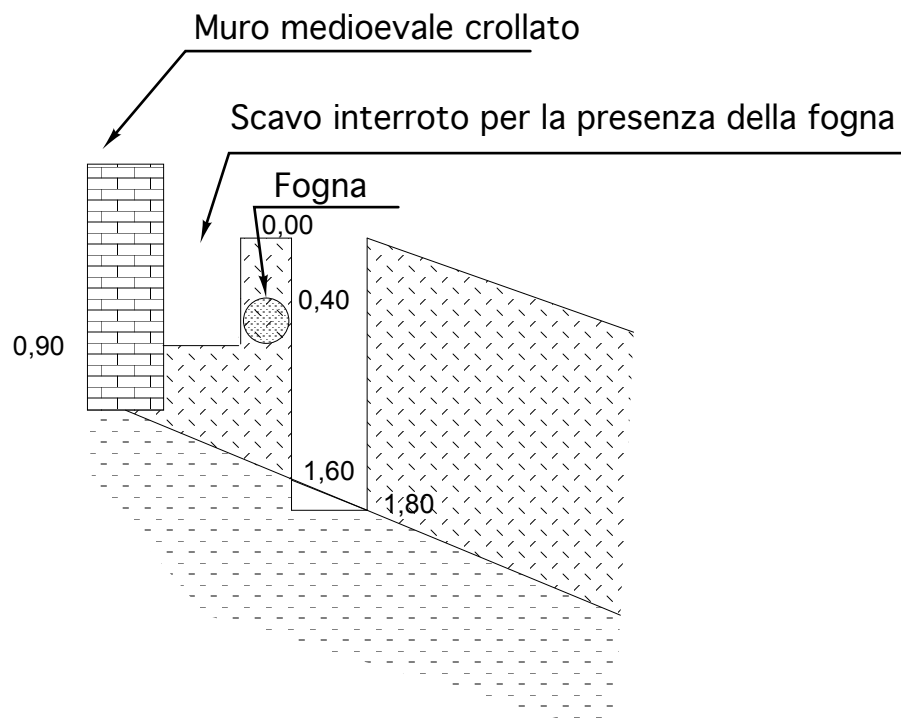
Lenzi Umberto - Lenzi Alessandra

via Matteotti 41/a - Falconara M.(AN)

tel. 071. 910861 - fax 071. 914582

e-mail: lenzicav@libero.it

Comune di Monte San Pietrangeli
Intervento per la ricostruzione di un tratto di mura medioevali a monte
di via Guglielmo Marconi a Monte San Pietrangeli
ALL.2 *Sezione geologica dello scavo Scala 1:50*



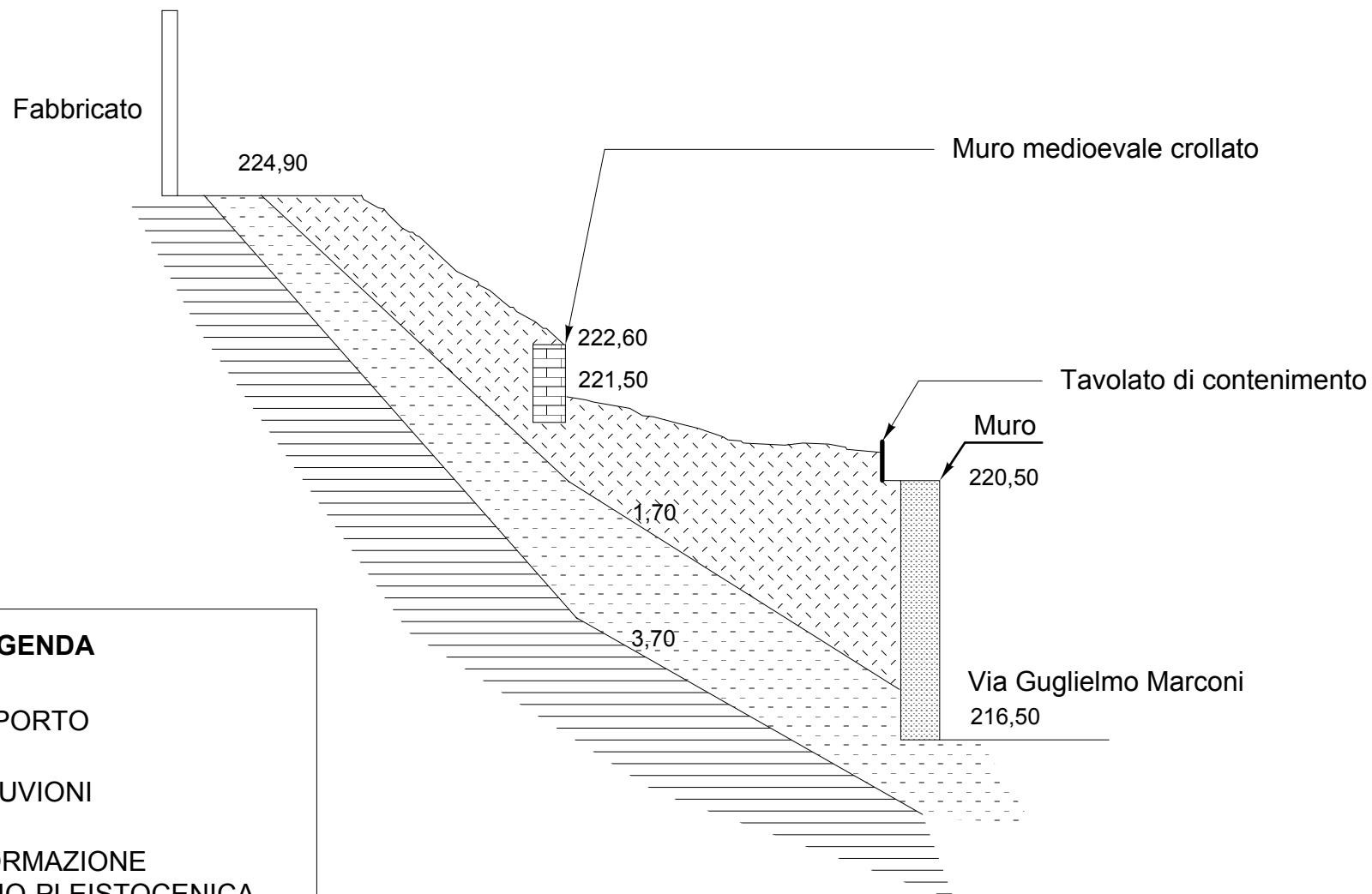
LEGENDA



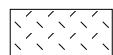
RIPOSTO



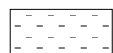
ELUVIONI



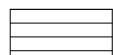
LEGENDA



RIPORTO



ELUVIONI



FORMAZIONE
PLIO-PLEISTOCENICA



FOTO 1: Assaggio A1.

La freccia bianca indica con esattezza l'ubicazione dell'assaggio immediatamente a valle del muro medioevale in parte ribaltato a valle, i cui detriti sono contenuti da lunghi robusti tavoloni (freccia verde), mentre parte del muro è coperto da un telone impermeabile (freccia rossa). Il tutto è contenuto da un muro più recente lungo la più attuale strada di circinnvallazione su cui è fermo il camion per il trasporto dell'escavatore.



FOTO 2: Assaggio A1.

L'assaggio, adiacente al muro medioevale con la parte superiore crollata, si è dovuto interrompere per la presenza della fognatura troppo vicina, a m. 0,90 dall'attuale piano campagna, ma la fondazione continua nonostante il fuori piombo del restante muro, mentre la tubazione inizia a m. 0,40.



FOTO 3: Assaggio A1.

L'assaggio si è continuato, con un piccolo escavatore, immediatamente a valle della tubazione della fognatura. La freccia indica l'inizio delle eluvioni, formazione in posto estremamente alterata, a m. 1,60-1,70 dall'attuale piano di campagna.



FOTO 4: Assaggio A1.

La freccia indica, tramite campione prelevato quasi alla base dell'assaggio, l'inizio delle eluvioni parte in argilla e parte in sabbia.