



COMUNE DI CASTELBUONO

Lavori per l'esecuzione delle indagini di laboratorio propedeutiche all'attività di progettazione esecutiva dei lavori di "Recupero e ristrutturazione dell'ex cine-teatro Le Fontanelle finalizzato alla costituzione di uno spazio polifunzionale"

ELABORATO:

R.01

**Relazione finale sulla risultanza delle
indagini e prove con giudizio finale**

DATA:

SCALA :

IL DIRETTORE DEI LAVORI

Ing. Antonello Sferruzza

**IL RESPONSABILE
UNICO DEL
PROCEDIMENTO**

PREMESSA

Il sottoscritto Antonello Sferruzza , n.q. di Direttore dei Lavori in oggetto, premette che:

- Ha effettuato la consegna dei lavori in data 05/11/2019;
- I lavori sono stati effettuati sotto la direzione del sottoscritto e con la supervisione dei tecnici dell'AIG (incaricati della progettazione esecutiva);
- l'ultimazione dei lavori in oggetto è avvenuta il giorno 16/12/2019.

Secondo quanto previsto in progetto sono state effettuate, dall'impresa esecutrice GEOLAB, sulle strutture murarie e sulle fondazioni dell'ex cine-teatro le Fontanelle le seguenti indagini e prove:

- rilievo delle caratteristiche materiche dell'apparato murario attraverso esami endoscopici, saggi diretti con scavo in breccia delle murature e carotaggi continui in assetto orizzontale;
- sondaggi geognostici a carotaggio continuo per la determinazione della stratigrafia dei terreni di fondazione, sia all'interno che all'esterno dell'edificio con prelievo di campioni indisturbati;
- una prova sismica passiva di determinazione della frequenza di risonanza e sua deviazione standard (HVSR) dei terreni di fondazione;
- pozzetti esplorativi per la caratterizzazione della geometria delle fondazioni;
- prove geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geognostici.

Tutti i dati sperimentali sono stati restituiti dalla GEOLAB in specifici certificati di prova ed in schede tecniche informative allegate alla presente.

In particolare sono state eseguite le seguenti indagini e prove (cfr. allegati elaborati grafici "PIANTA A QUOTA 1,00" e "PIANTA A QUOTA 3,50"):

- N.3 pozzetti esplorativi delle fondazioni del fabbricato.

- N.8 indagini endoscopiche dei paramenti murari del fabbricato, di cui n.7 comprese di saggio con scavo in breccia della muratura.
- N.1 prova di sismica passiva a stazione singola.
- N.3 sondaggi geognostici eseguiti sul terreno di fondazione, di cui n.2 eseguiti all'interno del fabbricato e n.1 all'esterno;nell'ambito di detti sondaggi sono stati prelevati n.5 campioni indisturbati sui quali sono state eseguite n.40 prove geotecniche.
- N°2 indagine a carotaggio continuo in assetto orizzontale sui muri perimetrali del fabbricato.

1 SAGGI IN FONDAZIONE

Sono stati eseguiti i seguenti n.3 pozzetti esplorativi delle fondazioni del fabbricato (cfr. allegati elaborato grafico "PIANTA A QUOTA 1,00" e "DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA"):

pozzetto PZ1- sez. X-X – foto F32-42 - MURATURA TIPO B - PIETRAMA
ARENARIO IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

Il pozzetto è stato eseguito nella parte interna del fabbricato in prossimità di uno degli ingressi del fabbricato da piazza Castello.

Si è riscontrato il piano di posa delle fondazioni ad 1,0 mt di profondità dal p.c.

La muratura di tale fondazione è costituita da conci di pietrame arenario appena sbozzati di forma irregolare con ricorsi discontinui in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

pozzetto PZ2 - sez. Y-Y – foto F57-56 - MURATURA TIPO A - PIETRAMA
ARENARIO IRREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

Il pozzetto è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro ed il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello.

Si è scavato fino alla profondità di 1,8 mt dal p.c. e si è riscontrato che il setto murario prosegue in profondità, e pertanto non si è potuto stabilire la profondità del piano di posa delle fondazioni.

La muratura di tale fondazione è costituita da pietrame arenario di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malta di calce di scadente qualità.

pozzetto PZ3 - sez. Z-Z - foto F63-65 - MURATURA TIPO A - PIETRAMA
ARENARIO IRREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

Il pozzetto è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno del belvedere del castello.

Si è scavato fino alla profondità di 1,96 mt dal p.c. e si è riscontrato che il setto murario prosegue in profondità, e pertanto non si è potuto stabilire la profondità del piano di posa delle fondazioni.

La muratura di tale fondazione è costituita da pietrame arenario di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malte di calce di scadente qualità.

2 INDAGINI ENDOSCOPICHE

L'indagine endoscopica è stata condotta mediante l'effettuazione di fori orizzontali di circa 30 mm di diametro, opportunamente "puliti", all'interno dei quali viene inserito un endoscopio che permette di visualizzare, fotografare e registrare le immagini dell'interno del foro (cfr. allegato elaborato "2) INDAGINI VIDEOENDOSCOPICHE" della GEOLAB).

Sono stati eseguite le seguenti N.8 indagini endoscopiche dei paramenti murari del fabbricato, di cui n.7 comprese di saggio con scavo in breccia della muratura (cfr. allegati elaborati grafici "PIANTA A QUOTA 1,00" e "PIANTA A QUOTA 3,50", e "DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA"):

EN1 - SB1 - foto F2-15 - MURATURA TIPO A - PIETRAMA
ARENARIO IRREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro ed il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=60 cm – H=63 cm, P=61 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=150 cm – P=83 cm;

La muratura riscontrata è costituita da pietrame arenario di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malte di calce di scadente qualità.

EN2 – SB2 – foto F70-71 - MURATURA TIPO B - PIETRAMA ALENARIO
IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro ed il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=60 cm – H=60 cm, P=15 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=376 cm – P=83 cm;

La muratura riscontrata è costituita da conci di pietrame arenario appena sbozzati di forma irregolare con ricorsi discontinui in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

EN3 – SB3 – foto F10-38 - MURATURA TIPO B - PIETRAMA ALENARIO
IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro ed il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=80 cm – H=80 cm, P=4 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=150 cm – P=70 cm;

La muratura riscontrata è costituita da conci di pietrame arenario appena sbozzati di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

EN4 – SB4 – foto F8 - MURATURA TIPO B - PIETRAMA ALENARIO
IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro ed il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=90 cm - H=110 cm, P=3 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=150 cm - P=65 cm;

La muratura riscontrata è costituita da conci di pietrame arenario appena sbazzati di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

EN5 - SB5 - foto F33-34 - MURATURA TIPO B - PIETrame ARENARIO IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario in comune tra il teatro (zona palco) ed il fabbricato adiacente che si affaccia sul vicolo del Poggio S. Pietro, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=60 cm - H=60 cm, P=1.5 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=116 cm - P=80 cm;

La muratura riscontrata è costituita da conci di pietrame arenario appena sbazzati di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

EN6 - foto F40 - MURATURA TIPO C - BLOCCHI DI PIETRA ARENARIA SQUADRATI CON GIUNTI REGOLARI IN MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno del belvedere del castello che trovasi all'interno del tunnel che collega la piazza Castello con il teatro, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Endoscopia Hperf-pavim.=123 cm - P=80 cm;

In detto saggio si è riscontrato un paramento murario costituito da blocchi di pietra arenaria squadrati, disposti alternati in strati regolari, con giunti in malta di calce di buona qualità.

EN7 – SB7 – foto F49-50 - PARAMENTO MURARIO COSTITUITO DA CONTROPARETE IN FORATI DI CLS E STRATO SUCCESSIVO IN ROCCIA DI ARGILLA SCAGLIOSA

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno del belvedere del castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=60 cm – H=60 cm, P=1.5 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=48 cm – P=100 cm;

In detto saggio si è riscontrato un paramento murario costituito da una contro-parete in forati di cls e da un successivo strato in roccia di argilla scagliosa in posto.

EN8 – SB8 – foto F82 - MURATURA TIPO B - PIETRAMA ALENARIO IRREGOLARE CON RICORSI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno della scalinata di accesso al castello, con le seguenti caratteristiche dimensionali:

- Scavo in breccia L=73 cm – H=66 cm, P=49 cm;
- Endoscopia Hperf-pavim.=105 cm – P=60 cm;

La muratura riscontrata è costituita da conci di pietrame arenario appena sbazzati di forma irregolare con ricorsi discontinui in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità.

3 INDAGINE SISMICA PASSIVA TIPO HVSR

La sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto di contrasto di impedenza degli orizzonti stratigrafici presenti.

Con tale scopo, è stata eseguita n.1 prova di sismica passiva (rilievo del "noise" sismico) a stazione singola (cfr. allegato elaborato grafico "PIANTA A QUOTA 3,50").

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica locale, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione dei terreni costituenti il substrato. In particolare, un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto, ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine.

Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti. Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=V_s/4h$ (formula semplificata) dove V_s è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato.

Dalle registrazioni del rumore sismico presente nel sito, mediante processing ed elaborazione con software GEOPSY e DINVER, sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- gli spettri medi di tutte e tre le componenti, lo spettro medio complessivo e la deviazione standard;
- valutazione della stazionarietà e della direzionalità del rapporto H/V;
- le curve HVSR con l'individuazione della frequenza di risonanza (f_0), in corrispondenza della quale il suddetto rapporto presenta un picco significativo.

Le curve risultanti nelle due indagini effettuate e le rispettive aree circostanti la frequenza di picco, o f_0 , soddisfano i noti criteri SESAME.

Per i dettagli si rimanda agli appositi allegati RAPPORTO DI PROVA INDAGINI GEOFISICHE (cfr. allegato elaborato "5) INDAGINI HVSR (SISMICA PASSIVA)" della GEOLAB).

4 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

Sono stati eseguiti n. 3 sondaggi geognostici (cfr. allegato elaborato grafico "PIANTA A QUOTA 3,50") mediante perforazione a carotaggio continuo ad

andamento verticale, con diametro di perforazione pari a 101 mm ed impiego di doppio carotiere per il campionamento dei litotipi riscontrati. Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati n°5 campioni indisturbati su cui sono state eseguite le prove geotecniche così come indicate dai progettisti.

La stratigrafia dettagliata dei sondaggi con i relativi certificati di prova sui campioni indisturbati è allegata alla presente (cfr. allegati elaborati "4) STRATIGRAFIA SONDAGGI GEOGNOSTICI" e "6) CERTIFICATI DI PROVE GEOTECNICHE" della GEOLAB).

Nel dettaglio si è riscontrata per i 3 sondaggi geognostici la suddetta stratigrafia (cfr. allegati elaborati "PIANTA A QUOTA 3,50", "DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA" e "4) STRATIGRAFIA SONDAGGI GEOGNOSTICI" della GEOLAB):

SN1 – foto F17/ F86 – SN1 – 0/5 m / F87 – SN1 – 5/10 m – prelievo n.2
campioni indisturbati P=5,50/5,80 m – P=9,00/9,40 m

Da profondità 0,00 m ad 1,80 m – Terreno di riporto;

Da profondità 1,80 m a 10,00 m – Limo con argilla, debolmente sabbioso, moderatamente consistente e poco plastico, ricco di clasti a spigoli vivi di natura arenacea;

SN2 – foto F16/ F83 – SN2 – 0/5 m / F84 – SN2 – 5/10 m

Da profondità 0,00 m ad 2,30 m – Manufatto composto da elementi lapidei di natura quarzoarenitica legati tra loro con calcestruzzo;

Da profondità 2,30 m a 3,70 m – Ciottoli con ghiaia, di natura quarzoarenitica, a spigoli vivi;

Da profondità 3,70 m a 5,80 m – Ghiaia grossolana con sabbia, debolmente limosa, addensata;

Da profondità 5,80 m a 10,00 m - Limo con argilla, debolmente sabbioso, moderatamente consistente e poco plastico, ricco di clasti a spigoli vivi di natura arenacea;

SN3 – foto F30/ F88 – SN3 – 0/5 m/ F90 – SN3 – 5/10 m / F91 – SN3 – 10/15 m
– prelievo n.3 campioni indisturbati P=4,00/4,40 m – P=6,00/6,40 m –
P=14,00-14,40 m

Da profondità 0,00 m ad 2,30 m – Terreno di riporto;

Da profondità 2,30 m a 15,00 m – Limo con argilla, debolmente sabbioso, moderatamente consistente e poco plastico, ricco di clasti a spigoli vivi di natura arenacea;

I 5 campioni indisturbati sono stati prelevati nel litotipo “Limo con argilla, debolmente sabbioso, moderatamente consistente e poco plastico” e su di essi sono state eseguite le seguenti prove geotecniche (cfr. allegato elaborato “6) CERTIFICATI DI PROVE GEOTECNICHE” della GEOLAB):

- DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA
- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE (metodo con misurazioni lineari)
- ANALISI GRANULOMETRICA
- DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA REALE
- DETERMINAZIONE DEL LIMITE LIQUIDO COL PENETROMETRO A CONO
- DETERMINAZIONE DEL LIMITE PLASTICO
- DETERMINAZIONE DELLA RESISTENZA AL TAGLIO DIRETTO

Dall’analisi dei risultati delle prove geotecniche il litotipo “Limo con argilla, debolmente sabbioso, moderatamente consistente e poco plastico” risulta essere un terreno con basso contenuto d’acqua, bassa plasticità e avente discreti valori geomeccanici di coesione ed angolo d’attrito interno, che aumentano con la profondità.

5 INDAGINE A CAROTAGGIO CONTINUO IN ASSETTO ORIZZONTALE

L’indagine è stata condotta mediante l’effettuazione di fori orizzontali di circa 100 mm di diametro, a carotaggio continuo con l’estrazione dei campioni di muratura

(cfr. allegati elaborati "PIANTA A QUOTA 1,00", "DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA" e "3) STRATIGRAFIA CAROTAGGI CONTINUI" della GEOLAB).

Sono stati eseguite le seguenti N.2 indagini a carotaggio continuo dei paramenti murari del fabbricato (cfr. allegati elaborati grafici "PIANTA A QUOTA 1,00" e "DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA"):

SO1 - foto F105-109 - Øperf.=75 mm - MURATURA TIPO D - 1°TRATTO CONGLOMERATO CEMENTIZIO GROSSOLANO L=50 cm E 2° L=30 cm IN PIETRAMA ARENARIO CON MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno del belvedere del castello, per una profondità pari a 100 cm ed una altezza di perforazione dal p.c. pari a 164 cm:

La muratura riscontrata ha le seguenti caratteristiche:

- da 0 a 50 cm da conglomerato cementizio grossolano;
- da 50 a 80 cm è composta da pietrame arenario di forma irregolare e giunti in malte di calce di scadente qualità;
- oltre 80 cm da argilla scagliosa rimaneggiata.

SO2 - foto F92-93 - Øperf.=90 mm - MURATURA TIPO A - PIETRAMA ARENARIO IRREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE

L'esame è stato eseguito nella parte interna del fabbricato, nel setto murario a tergo del terrapieno del belvedere del castello, per una profondità pari a 157 cm ed una altezza di perforazione dal p.c. pari a 51 cm:

La muratura riscontrata ha le seguenti caratteristiche:

- da 0 a 100 cm è composta da pietrame arenario di forma irregolare e giunti in malte di calce di scadente qualità;
- da 100 a 57 cm è composta da materiale di riporto retrostante il muro costituito da terreno rimaneggiato frammisto ad elementi di laterizi centimetrici ed elementi lapidei arenacei decimetrici.

6 GIUDIZIO FINALE

Dalle indagini e prove effettuate e dalle indagini visive sul fabbricato (cfr. foto F1 (V.)-4 (V.)-7(V.)-9(V.)-11(v.)-12(V.)-29(V.)-51(v.)-52(V.)-53(V.)- 55(v.)-56(V.)-62(V.)- 68(V.)- 74(V.)- 77(V.) si rileva che il fabbricato in oggetto ha struttura così distinta:

- struttura in muratura portante in elevazione costituita in generale dalla succitata tipologia "B" (conci di pietrame arenario appena sbazzati di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malta di calce di discreta qualità)
- la galleria ha struttura in c.a. formata da n.2 mensole che sono incastrate alla muratura portante, sulle quali si appoggiano le gradonate realizzate con solaio in latero cemento gettato in opera;
- la struttura di copertura è del tipo a volta realizzata con solaio in latero cemento gettato in opera;
- le fondazioni sono costituite dalle succitate tipologie di muratura "A" e "B" , ed in particolare quelle di tipologia "A" (probabilmente muraure più antiche di quella del teatro) hanno notevole profondità dal p.c.;
- il teatro ha un setto murario in comune con il fabbricato adiacente che si affaccia su piazza Castello, detto setto murario è costituito dalla suddetta tipologia "A" di muratura (pietrame arenario di forma irregolare con inserti in laterizio e giunti in malte di calce di scadente qualità);
- La muratura di base del teatro a tergo del terrapieno del castello ha composizione eterogenea: muratura tipo "A", roccia in argilla scagliosa, conglomerato cementizio grossolano.

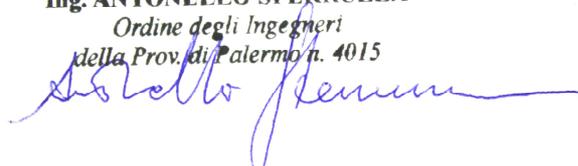
Alla luce di quanto sopra esposto si può concludere che il fabbricato in oggetto ha struttura in muratura di diverso tipo e consistenza e trovasi in discrete condizioni statiche; non si riscontrano infatti stati fessurativi o lesivi.

Si rileva inoltre un terreno di fondazione con discrete caratteristiche geomeccaniche.

Palermo 30/12/2019

Ing. ANTONELLO SFERRUZZA

Ordine degli Ingegneri
della Prov. di Palermo n. 4015



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



F1 (V.)



F2



F4 (V.)



F7 (V.)



F8



F9 (V.)



F10



F11 (V.)



F12 (V.)



F15



F16



F17



F28



F29 (V.)



F30



F32



F33



F34



F38



F40



F42



F49



F50



F51 (V.)



F52 (V.)



F53 (V.)



F55 (V.)



F56 (V.)



F57



F62 (V.)



F63



F65



F66



F68 (V.)



F70



F71



F74 (V.)



F77 (V.)



F82



F83 – SN2 – 0/5 m



F84 – SN2 – 5/10 m



F86 – SN1 – 0/5 m



F87 – SN1 – 5/10 m



F88 – SN3 – 0/5 m



F90 – SN3 – 5/10 m



F91 – SN3 – 10/15 m



F92 – SO2



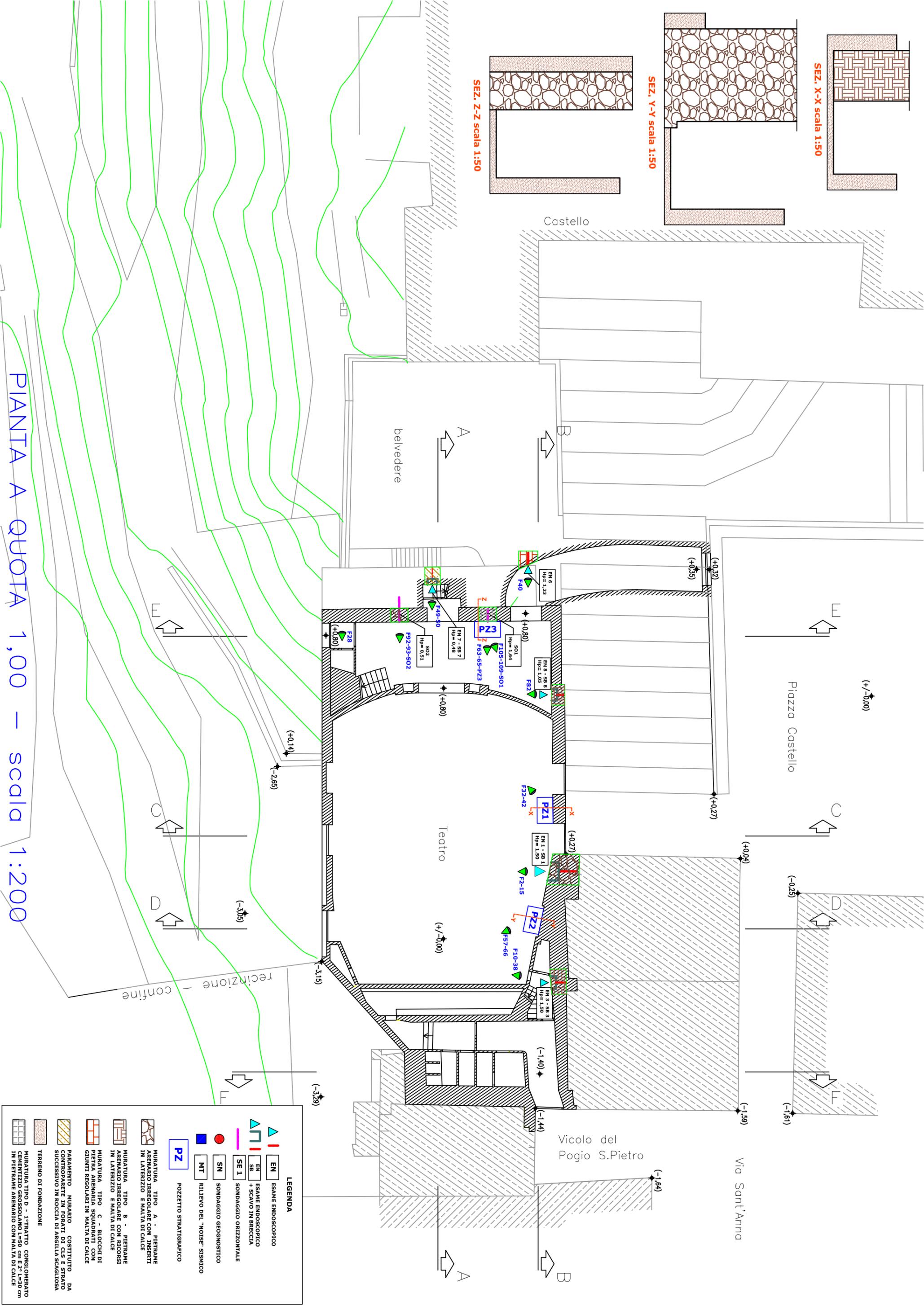
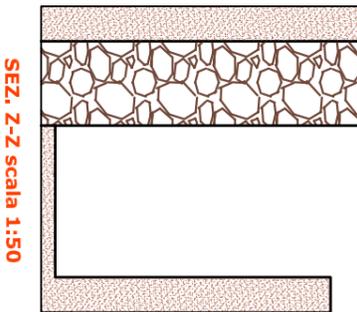
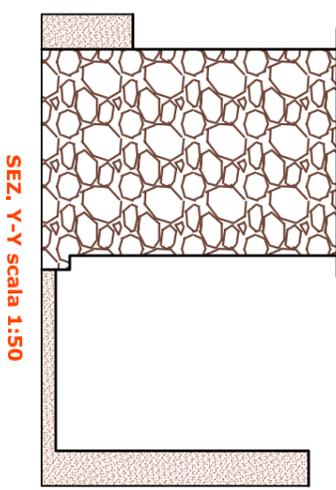
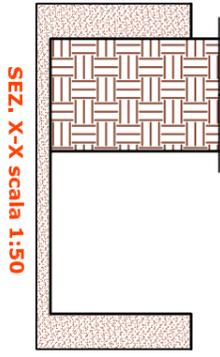
F93 –SO2



F105 – SO1



F109 – SO1



PIANTA A QUOTA 1,00 — scala 1:200

LEGENDA	
	EN ESAME ENDOSCOPICO
	EN ESAME ENDOSCOPICO + SCAVO IN BRECCIA
	SE 1 SONDAGGIO ORIZZONTALE
	SN SONDAGGIO GEONOSTICO
	MT RILIEVO DEL "NOISE" SISMICO
	PZ POZZETTO STRATIGRAFICO
	MURATURA TIPO A - PIETREME AREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE
	MURATURA TIPO B - PIETREME AREGOLARE CON INSERTI IN LATERIZIO E MALTA DI CALCE
	MURATURA TIPO C - BLOCCHI DI PIETRA AREGOLARE QUADRATI CON GIUNTI REGOLARI IN MALTA DI CALCE
	PARAMENTO MURARIO COSTITUITO DA CONTROPERTE IN FORATI DI CIS E STRATO SUCCESSIVO IN ROCCIA DI ARGILLA SCAGLIOSA
	TERRENO DI FONDAZIONE
	MURATURA TIPO D - 1° TRATTO CONGOMERATO CEMENTIZIO GROSSOLANO 1:50 CON E 2° TRATTO 1:30 IN PIETREME AREGOLARE CON MALTA DI CALCE

