

# REGIONE MOLISE



## COMUNE DI ISERNIA



RICOSTRUZIONE DI UN TRATTO DI MURA URBICHE DI VIA OCCIDENTALE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO GENERALE DI VALORIZZAZIONE DELLE EMERGENZE ARCHEOLOGICHE DELLA CATTEDRALE DI ISERNIA



### PROGETTO ESECUTIVO

SECONDO INDICAZIONI DELLA SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA DEL MOLISE  
( Nota Prot. 0006406-P del 10/07/2019)

#### Progettazione:

Ing. Gianluca VORIA  
Arch. Franca DI SALVO

#### Consulenza Archeologica:

Dott. Archeologo. Francesco GIANCOLA

#### Consulenza Geologica:

Dott. Geol. Aldo SUCCI

#### Coordinamento della Sicurezza:

Ing. Gianluca VORIA  
Arch. Franca DI SALVO

Il Responsabile del Procedimento Unico:

Ing. Roberto Potena

Titolo Elaborato:

**RELAZIONE TECNICA DESCRITTIVA**

TAVOLA:

**1.1**

Scala Disegno:

DATA :

AGOSTO 2019



CITTA' DI ISERNIA  
(PROVINCIA DI ISERNIA)  
"Settore 3° - Tecnico"

PROGETTO ESECUTIVO  
SECONDO INDICAZIONI DELLA SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGICA DEL MOLISE  
( Nota prot. 0006406-P del 10/07/2019)

"RICOSTRUZIONE DI UN TRATTO DI MURA URBICHE DI VIA OCCIDENTALE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO  
GENERALE DI VALORIZZAZIONE DELLE EMERGENZE ARCHEOLOGICHE DELLA CATTEDRALE DI ISERNIA"

**RELAZIONE GENERALE**

Sommario

<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE URBANISTICO E QUADRO VINCOLISTICO.....</b>	<b>5</b>
<b>2. STATO DI FATTO E METODOLOGIA DI STUDIO ADOTTATA .....</b>	<b>11</b>
<b>3. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE TIPOLOGICO/FORMALI E MATERICO/DIMENSIONALE DEL MURO CON VALUTAZIONE DELLE PATOLOGIE PRESENTI.....</b>	<b>12</b>
<b>3.2 - I TRATTO: MURO CROLLATO OGGETTO DEL PRESENTE INTERVENTO:.....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali .....</b>	<b>13</b>
<b>3.1.2- Caratteristiche Storico/Formali: Analisi dei Materiali e delle Tecniche Costruttive .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.3- Dissesto strutturale e crollo del muro .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2 - II TRATTO: PORTA E SCALA che consentiva il raggiungimento del giardino superiore; .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali .....</b>	<b>18</b>
<b>3.2.2 - Analisi del degrado.....</b>	<b>19</b>
<b>3.2.3- Presupposti metodologici e ipotesi progettuali per il restauro .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3 - III TRATTO: Parte finale muro , non oggetto di intervento;.....</b>	<b>21</b>
<b>3.3.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.2- Analisi Del Degrado .....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3- Intervento .....</b>	<b>23</b>
<b>4. PROGETTO ARCHITETTONICO: .....</b>	<b>24</b>
<b>4.1- Analisi dell'intervento di progetto .....</b>	<b>24</b>



<b>4.2- Il Muro .....</b>	<b>24</b>
<b>4.3- La Scarpata .....</b>	<b>25</b>
<b>4.4- Strati Componenti il rilevato.....</b>	<b>26</b>
<b>4.5- Componente Vegetazionale.....</b>	<b>26</b>
<b>5. PROGETTO DELLE OPERE GEOTECNICHE:.....</b>	<b>32</b>
<b>5.1- Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area interessata.....</b>	<b>32</b>
<b>5.2- Caratterizzazione sismica secondo la normativa vigente .....</b>	<b>35</b>
<b>5.3- Criteri di progettazione utilizzati nelle verifiche e della normativa di riferimento.....</b>	<b>36</b>
<b>5.4- Definizione del modello geotecnico .....</b>	<b>36</b>
<b>5.5- Previsioni progettuali delle opere geotecniche .....</b>	<b>39</b>
<b>5.6- Caratteristiche dimensionali, dei materiali e principali verifiche strutturali.....</b>	<b>39</b>
<b>5.7- Individuazione dei siti di cava e di deposito temporaneo .....</b>	<b>45</b>
<b>5.8- Individuazione e risoluzione delle interferenze .....</b>	<b>46</b>
<b>5.9- Individuazione delle esigenze economiche per le zone di occupazione temporanea .....</b>	<b>48</b>
<b>5.10- Quadro tecnico economico di progetto .....</b>	<b>49</b>

### **Premessa**

Il presente progetto è inerente la "Ricostruzione di un tratto di Mura urbiche di via Occidentale nell'ambito dell'intervento generale di valorizzazione delle emergenze archeologiche della Cattedrale di Isernia".

Il Soggetto attuatore dell'intervento è rappresentato dall'Amministrazione Comunale di Isernia, nel cui territorio ricadono, interamente, gli interventi.

Il Raggruppamento temporaneo dei professionisti, in qualità di tecnici incaricati, hanno redatto e consegnato il progetto Definito-Esecutivo, che è stato protocollato presso il Comune di Isernia in data 06/12/2018 al n. 47712.

La presente relazione tecnica è a corredo del progetto Esecutivo, redatto secondo le indicazioni della Soprintendenza Archeologica del Molise (nota prot. 0006406-P del 10/07/2019), ed ha lo scopo di fornire una rappresentazione esauriente tale da giustificare i contenuti della proposta progettuale (per i quali si rimanda agli elaborati specifici per gli approfondimenti del caso).

Lo studio condotto ha interessato la trattazione di un tratto di mura urbiche costeggiante la via Occidentale, tra la porta denominata "Porta castello" e la scuola elementare San Pietro Celestino, per una lunghezza complessiva di circa 40,00 mt, comprensivo della porzione di mura oggi non crollata per il quale si è analizzato in maniera approfondita le caratteristiche storico-formali verificandone anche le condizioni statiche attuali.

Il presente progetto in analisi sostituisce l'intervento auspicato nel progetto Definitivo-Esecutivo, che prevedeva in sostituzione del muro crollato la realizzazione di un muro a mensola in c.a. con sottostante struttura di fondazione su pali, con paramento di rivestimento in pietra e rispetta le indicazioni date dalla Soprintendenza Archeologica del Molise, che richiedono di conservare il muro esistente, consolidandolo nella suo stato di crollo e di intervenire per il mantenimento del terreno retrostante, realizzando un sistema a scarpata con una finitura superficiale vegetativa che costituisce anche arredo urbano.



*Visione aerea da Ovest del muro di cinta del Borgo Antico. Nel riquadro è indicata la parte implosa*



La notte del 13 marzo 2013 una parte del muro di cinta dell'Abitato di Isernia implode, accumulandosi su Via Occidentale che corre in adiacenza allo stesso Borgo Antico, come desumibile nelle foto di seguito riportate e scattate dal Dott. Geologo Aldo Succi poche ore dopo l'implosione. La documentazione fotografica dimostra che la causa dell'implosione, con successivo collasso del paramento murario, non è dovuta alla spinta del terreno, in quanto non è stata coinvolta la stessa sede stradale che non mostra alcun segno di dissesto.



*Parte implosa del muro di cinta del Borgo Antico*



*I materiali lapidei costituenti il paramento murario furono accatastati alla base della parte di muro non crollato*

La documentazione fotografica allegata consente di parlare d'implosione, di una parte della struttura muraria, generata da cause concomitanti, desumibili dallo studio del degrado della porzione della cinta muraria non oggetto di crollo, ovvero, la mancanza del legante idraulico, dall'altra mancanza di manutenzione nel tempo. Anche la parte di



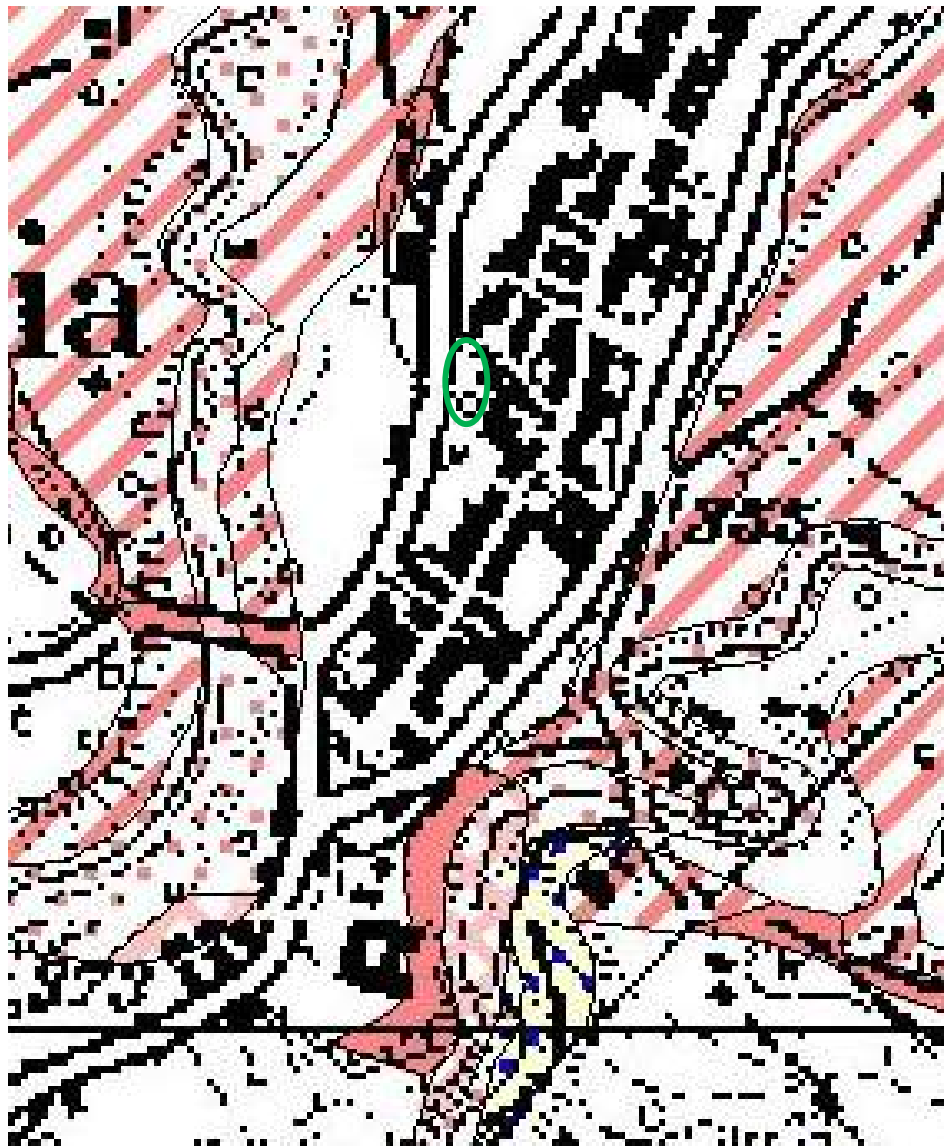
muro non oggetto di collasso presenta aggettamenti ed evidenti segni di deterioramento evolutivo, quali spanciamento, scorrimento relativo tra i vari elementi strutturali, oltre ad interventi di natura antropica che ne hanno accentuato le problematiche precedentemente esposte.

### 1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE URBANISTICO E QUADRO VINCOLISTICO

L'intervento è individuabile tramite la Carta Tecnica Regionale, edita dalla Regione Molise, al foglio n. 404031, ed ha coordinate riferite al sistema di riferimento ED50 alla Latitudine 41,588987 e Longitudine 14,225368, mentre nella Cartografia IGM l'elemento cartografico è la tavoletta 404 – I, Isernia.



L'area non è soggetta ad alcun tipo di vincolo da parte del PSAI-FR (Piano Stralcio dell'Assetto Idrogeologico – Pericolosità da frana) dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano-Volturno.




**AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4**

*Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.*

**AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4**

*Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frana a massima intensità attesa alta.*

 Delimitazione dell'area d'insistenza del muro crollato.

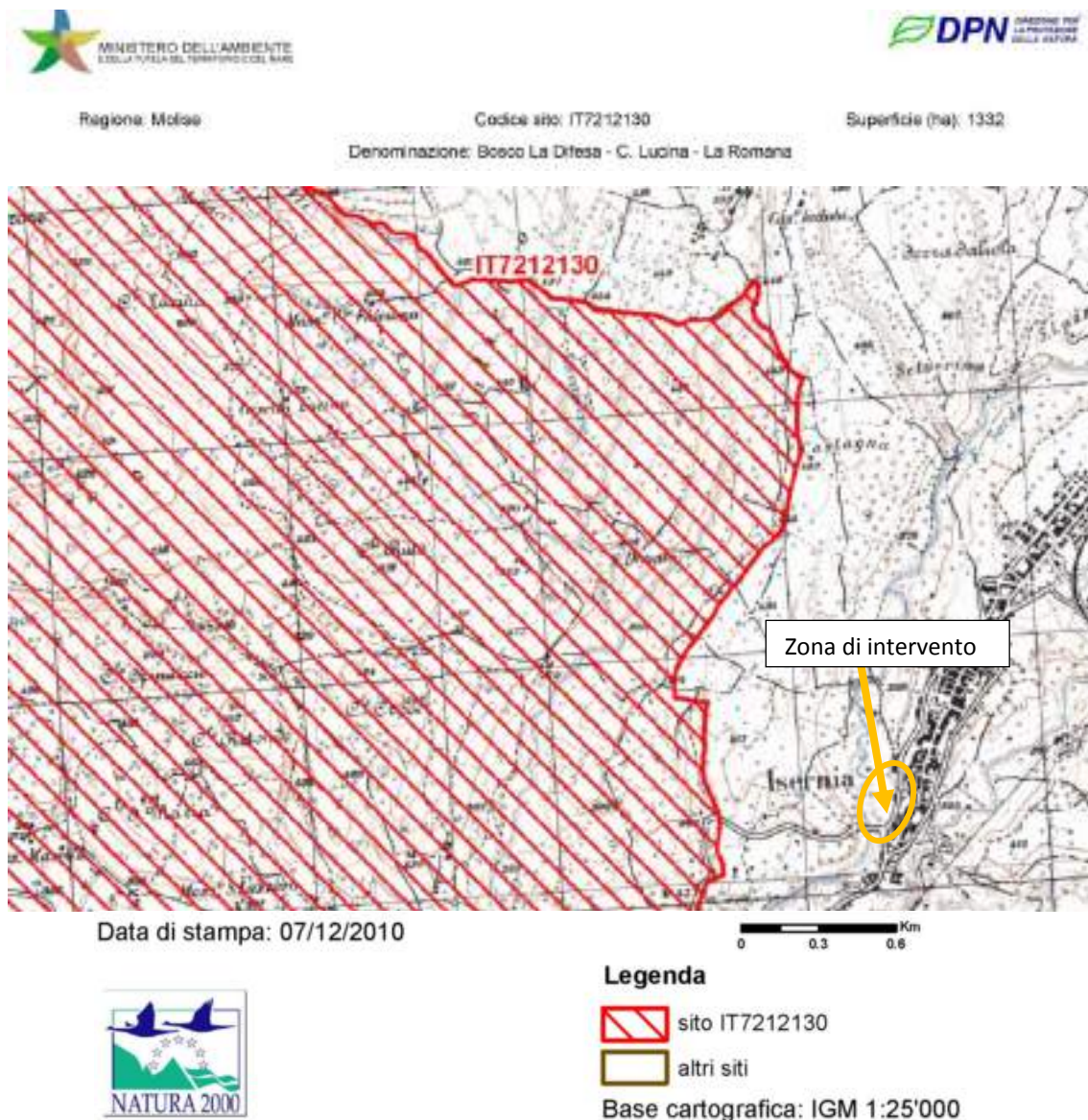
*Estratto dalla Carta della pericolosità da frana del Progetto Stralcio PSAI-FR dell'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano-Volturno.*

Dallo studio sovrapposizione della cartografia della zona SIC IT7212130 con l'ortofoto del 2012 realizzata dal Portale Cartografico Nazionale, si può evinere che l'area d'intervento è fuori dalla zona vincolata, si riporta inoltre la cartografia della rete Natura 2000.





*Sovrapposizione dell'ortofoto del 2012 con la cartografia tematica Rete natura 2000*



#### *Valutazione dell'interesse archeologico (VIARCH)*

La relazione per la valutazione dell'interesse archeologico è stata redatta su incarico del Comune di Isernia dal Dott. Francesco Giancola, iscritto all'elenco degli operatori abilitati alla redazione di valutazioni preventive dell'interesse



archeologico (VIArch) in quanto in possesso del diploma di Specializzazione in Archeologia Classica, conseguito nel Marzo del 2016, presso la Scuola di Specializzazione dell'Università della Basilicata, con sede a Matera, come richiesto dall'articolo 25 del D.lgs. 50/2016 e dall'articolo 3 del regolamento emanato con Decreto del Ministero per i Beni e le Attività Culturali e del Turismo del 20 marzo 2009, n. 60.

Lo studio svolto ha effettuato una sistematica ricerca della bibliografia edita e della documentazione presente nell'archivio Vincoli della Soprintendenza Archeologia del Molise, i dati sono stati inseriti all'interno di un database appositamente predisposto. Nel corso dello studio è stata prestata particolare attenzione agli elementi toponomastici riconoscibili sulle planimetrie IGM e sulla moderna cartografia di riferimento.

È stato quindi effettuato un sopralluogo mirato nell'area oggetto dell'intervento in progetto, per verificarne l'impatto sui possibili depositi archeologici. Questi sopralluoghi sul campo sono stati condotti a fine ottobre 2018.

L'arco cronologico preso in esame è piuttosto ampio: dal paleolitico al Medioevo, fino all'età Moderna, includendo anche i siti di interesse storico architettonico (chiese, cappelle, strutture difensive).

A seguito di queste verifiche è stato redatto lo studio che propone inizialmente una descrizione sintetica del progetto, con l'intenzione di evidenziare le metodologie di svolgimento e le lavorazioni che potrebbero avere una ricaduta su eventuali siti archeologici. Successivamente è stato analizzato prima il quadro geomorfologico, poi quello archeologico, suddividendolo per fasi storiche ed evidenziando la possibile percorrenza dei tracciati stradali antichi.

L'esame incrociato dei dati risultanti dalle diverse analisi effettuate ha portato ad esprimere sia una valutazione del potenziale archeologico, sia una valutazione del rischio di impatto archeologico, che contraddistingue l'area interessata dall'intervento. L'insieme delle informazioni riassume il quadro di un palinsesto archeologico articolato, la cui maggiore o minore complessità è stata determinata dalle dinamiche insediative che hanno caratterizzato il territorio in esame diverso nelle sue caratteristiche orografiche.

L'area in esame ricade all'interno della colonia latina di Aesernia e più precisamente lungo il limite occidentale, nei pressi della porta meridionale della città.

La ricognizione effettuata ha avuto un duplice scopo: il primo è stato quello di confermare i dati in nostro possesso andando ad individuare quei siti già conosciuti dalla ricerca archeologica, il secondo, invece, è stato quello di creare una sorta di "catalogo delle mura e torri" sia della colonia latina, sia della città medievale. In questo modo sono state create delle schede sia di sito, sia "murarie" e i dati raccolti in un sistema di riferimento cartografico.



Fig. 4. Stradito catastale di Isernia. Ricostruzione ipotetica del tratto di mura della colonia latina di Aesernia nelle particelle 35 e 34.

Le ricognizioni effettuate intorno all'area oggetto del progetto, non hanno consentito il rinvenimento di nuovi siti poiché l'uso del suolo non ha dato modo di riconoscere persistenze archeologiche.

Il muro crollato in Via Occidentale era parte della cinta muraria medievale ricostruita dagli angioini, ma di fondazione longobarda, vedasi tavola 23 allegata alla relazione di valutazione. Prima del crollo, come si può notare da fotografie storiche, il muro era leggermente a scarpa sulla base e costituito da blocchi lapidei di diversa dimensione legati tra loro da una malta molto friabile. La

porzione di muro più a nord era costituita da due archi ciechi che avevano una funzione di scarico; gli archi erano riempiti da materiali di riutilizzo: si riconoscono blocchi squadrati, blocchi dentellati, blocchi di architravi e mezzi fusti di colonna.

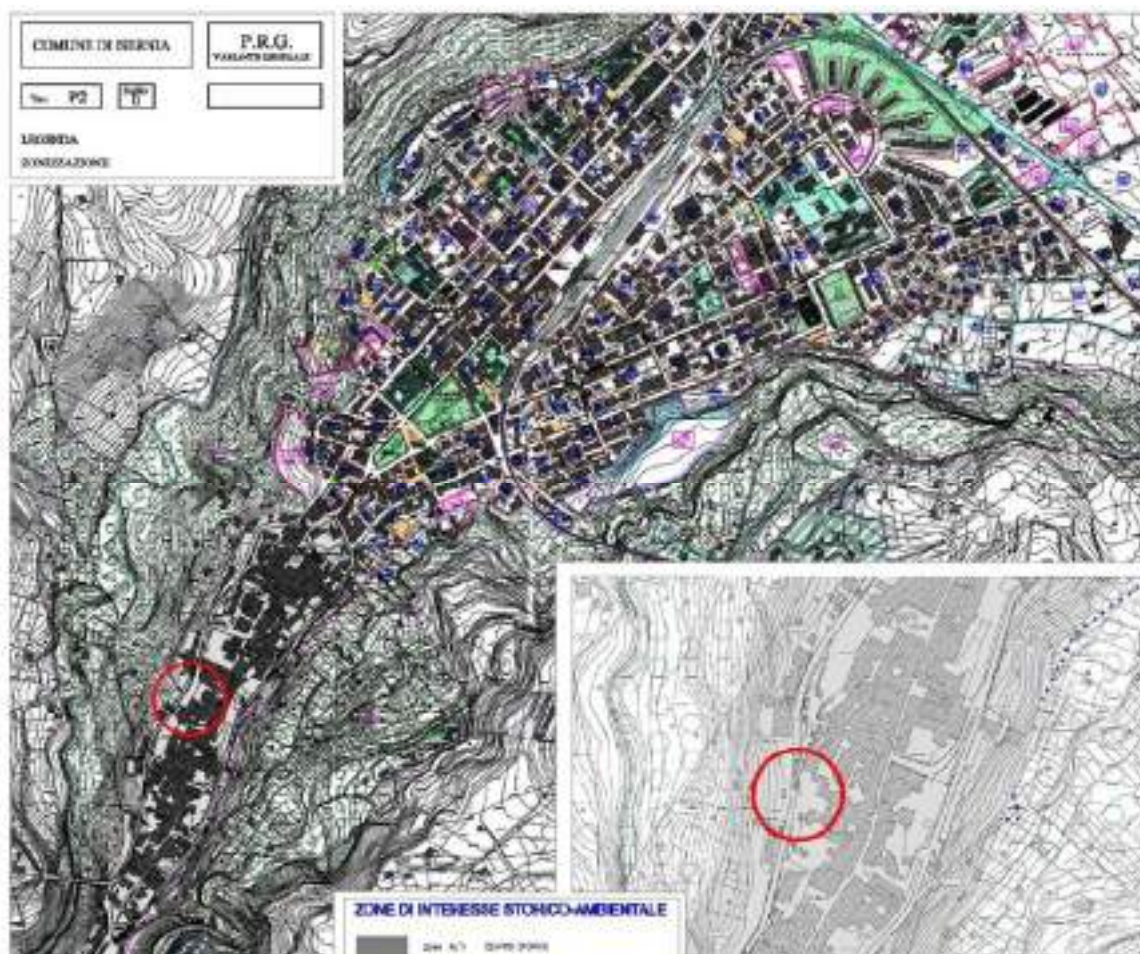
Il muro crollato e la sua continuazione, ancora in piedi seppur molto spanciato, sono i limiti delle particelle 35, 82, 87, 88, 300 e 301, esse sarebbero i classici orti/giardino rialzati di Isernia. Al di sotto di queste particelle è ipotizzabile la presenza della continuazione della cinta muraria della colonia latina di Aesernia, visibile, in elevato, lungo la particella 2092 (foglio 55) posta a sud a meno di 50 metri di distanza e lungo la particella 33 (foglio 54) posta a nord della zona oggetto di intervento.

#### *Inquadramento urbanistico e vincoli*

Il muro storico oggetto dell'intervento si colloca nel centro storico della città a delimitazione della particella catastale n. 35 del foglio di mappa 55.

Per tale Zona l'elaborato specifico di PRG è costituito dall'Allegato A, inerente il Centro Storico, nelle Tavole di progetto:

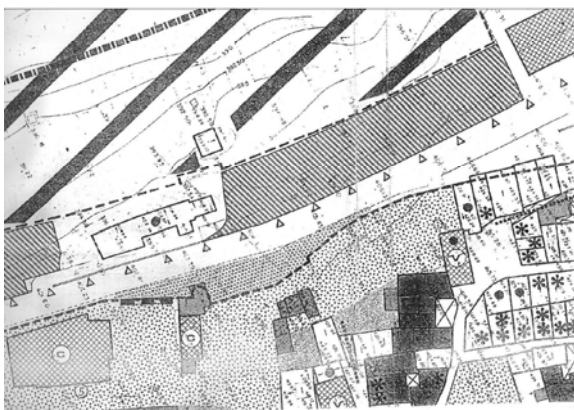
- Tav.1- Planimetria generale di riferimento degli interventi annessi e dei gradi degli interventi;
- Tav.2- Planimetria generale di riferimento della previsione dello stato finale;
- b) Norme Tecniche di attuazione.







TAV 1 ZONA A/1 di PRG : CENTRO STORICO  
PLANIMETRIA GENERALE DI RIFERIMENTO DEGLI INTERVENTI AMMESSI E DEI GRADI DI PROTEZIONE



TAV 2 ZONA A/1 di PRG : CENTRO STORICO  
PLANIMETRIA GENERALE DI RIFERIMENTO DELLA PREVISIONE DELLO STATO FINALE



Dall'analisi dei disegni si evince che la particella oggetto d'intervento e le altre riferite al muro oggi non crollato, da un punto di vista urbanistico, sono disciplinate da un parametro specificante il Grado di Protezione e la Categoria di intervento, e ricadono in aree contrassegnate come **"aree ed elementi archeologici con GRADO DI PROTEZIONE VIII"**, trattandosi di "Mura storiche" delimitanti aree a verde privato vincolato.

L'intervento proposto, inerente la ricostruzione del muro storico a seguito del crollo, si contraddistingue per il suo carattere di urgenza.

Dall'analisi delle Norme di attuazione di Piano per la Zona A/1, nell'art. 16 - Determinazione dei tipi di intervento- si evince che essendo il crollo uno stato di "degrado" subentrato in seguito al rilevamento, analisi ed elaborazione dei caratteri edilizi, tipologici e di " degrado" riscontrati durante l'indagine per il PRG della Zona A/1, possono essere ammessi interventi più consistenti diversi da quelli previsti dal " Grado di Protezione" , sempre però da comprovare con la dovuta documentazione e parere della Commissione edilizia comunale e degli organi superiori di competenza.

Nel successivo art. 17 - *Rispetto del "Tipo edilizio" negli interventi da effettuare* - si sottolinea che per le opere di riparazione dagli agenti atmosferici, la demolizione e costruzione di elementi strutturali è ammissibile quando sussiste una delle seguenti motivazioni:

- a) condizioni di dissesto tali da non poter adempiere alla funzione statica né da consentire la previsione di un risultato positivo di possibili interventi di consolidamento;
- b) risultante della verifica statica.

**L'intervento proposto è preceduto da una analisi storica e tipologico-strutturale tesa a confermare l'importanza del manufatto, corredata da una idonea documentazione grafica e fotografica di rappresentazione dello stato di fatto al fine di elaborare un intervento di ricostruzione eseguito nel rispetto del profilo volumetrico originario; si avrà cura di ricavare gli irrigidimenti all'interno dei profili murari originali e di curare le finiture esterne in continuità ed analogia con quelle esistenti;**



## 2. STATO DI FATTO E METODOLOGIA DI STUDIO ADOTTATA

La predisposizione del presente progetto definitivo-esecutivo è avvenuta successivamente ad attenti sopralluoghi condotti in sito e ad indagini puntuali sui fenomeni di dissesto che hanno riguardato l'ambito territoriale di interesse, con particolare attenzione alla porzione già crollata del muro ma anche della parte oggi non crollata che oggi verte in condizione di equilibrio instabile e costituisce pericolo per la Pubblica incolumità.

Il muro oggetto di intervento, localizzato lungo la Via Occidentale come già detto costituiva parte della cinta fortificata urbana.

Facente parte di un sistema terrazzato svolgeva una funzione statica di contenimento della terra dei giardini posti ad una quota superiore rispetto a quella della strada lungo la quale si sviluppava.

La tecnica muraria originaria utilizzata per la realizzazione della cortina muraria è quella cosiddetta del **"muro di contenimento a secco"**, si tratta di una tipologia di costruzione è quella che caratterizza il muro in oggetto e prende comunemente il nome di terrazzamento.

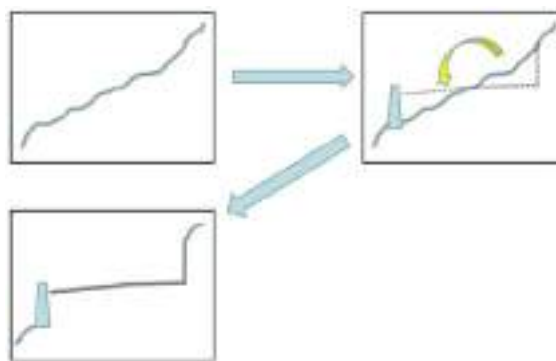
(Per la trattazione e lo studio delle caratteristiche tecniche inerenti la realizzazione di un muro a secco si rimanda alla relazione paesaggistica allegata al progetto)

Nel corso del tempo il muro è stato sottoposto a rifacimenti dovuti sia ai cedimenti localizzati che alle trasformazioni per consentire il diverso utilizzo delle parti di terreno superiore e ciò ha fortemente compromesso la staticità del muro. Attualmente, infatti, la cortina di muro superstite versa in uno stato di abbandono ed incuria totale sottoposta ai continui danneggiamenti degli agenti atmosferici e dagli interventi antropici su di esso apportati.

Percorrendo la strada in direzione sud, il tratto di muro crollato, si colloca subito dopo la cosiddetta "Porta castello" e si sviluppava per una lunghezza di circa 12 metri, fino alla porta che da accesso alla scala che collega il piano strada ai giardini superiori, non compromessa dal crollo e rimasta intatta nella sua configurazione originaria ma resa inaccessibile dal crollo in quanto l'arrivo in quota al giardino avveniva in adiacenza del muro oggi andato perso.

Del muro, oggetto dell'intervento descritto dal presente documento, non rimane purtroppo alcuna testimonianza materica.

Per indagare le caratteristiche tipologico-formali che caratterizzano il muro, analisi imprescindibile in considerazione della natura storico-artistica del manufatto, si è ritenuto fondamentale sottoporre come base di studio una porzione di muro comprensiva anche della parte oggi non crollata e non interessata dall'intervento in itinere, costituente la cortina muraria.



Per eseguire lo studio dimensionale si è utilizzato un rilievo plano-altimetrico eseguito sul manufatto, attraverso una restituzione quanto più possibile fedele e rispettosa del manufatto murario e dello stato dei luoghi.

Per lo studio tipologico formale e le caratteristiche propriamente costruttive dell'apparecchiatura muraria si ci è avvalsi, invece del metodo indiretto attraverso l'uso della fotogrammetria.

I prospetti del muro, sia della porzione crollata che della parte di manufatto in cui si innesta, oggi non rilevabile per la presenza di una folta vegetazione, sono stati riprodotti attraverso la ricostruzione fotografica mediante fotoraddrizzamenti e fotopiani, utilizzando gli scatti fotografici di "Google Maps" riferite agli anni 2009, 2011 e 2017.

Con l'ausilio della ricostruzione fotografica è stato possibile risalire alla composizione frontale del muro, realizzando la



lettura stratigrafica delle murature.

Ciò ha consentito di analizzare, anche dopo il crollo, la mappatura dei materiali impiegati nel paramento murario mettendone in evidenza sia le caratteristiche materiche e dimensionali e le tecniche costruttive che caratterizzano il manufatto storico, ma anche lo stato del muro con la valutazione di eventuali patologie in esso presenti.



Durante questa preliminare fase di studio, scaturita dai sopralluoghi e dalla fotogrammetria, si è constatato che tutto il complesso delle Mura di Cinta è interessato da un esteso fenomeno di degrado, protrattosi negli anni e caratterizzato da diverse tipologie di ammaloramento.

Il muro è stato oggetto nel corso del tempo di rimaneggiamenti e superfetazioni di diverso genere, e presenta allo stato attuale delle criticità e condizioni di degrado chiaramente visibili attraverso lo studio del quadro fessurativo e all'analisi delle parti mancanti o trasformate.

Dato il diffuso stato di degrado che caratterizza le mura per tutta l'intera estensione, nelle presenti linee guida vengono fornite indicazioni per approfondire la campagna di indagini anche nelle restanti parti, non oggetto di intervento.

Grazie alla plasticità delle strutture a secco, il cedimento non ha interessato tutto il muro, ma solo un tratto, il che favorisce l'osservazione e lo studio dei caratteri tecnici costruttivi anche se l'analisi mette in evidenza criticità che con l'andar del tempo si diffondono in quanto nella fase attuale di abbandono gli agenti naturali tornano a prevalere su quello antropico che aveva a suo tempo modificato lo stato dell'ambiente locale.

### **3. ANALISI DELLE CARATTERISTICHE TIPOLOGICO/FORMALI E MATERICO/DIMENSIONALE DEL MURO CON VALUTAZIONE DELLE PATOLOGIE PRESENTI**

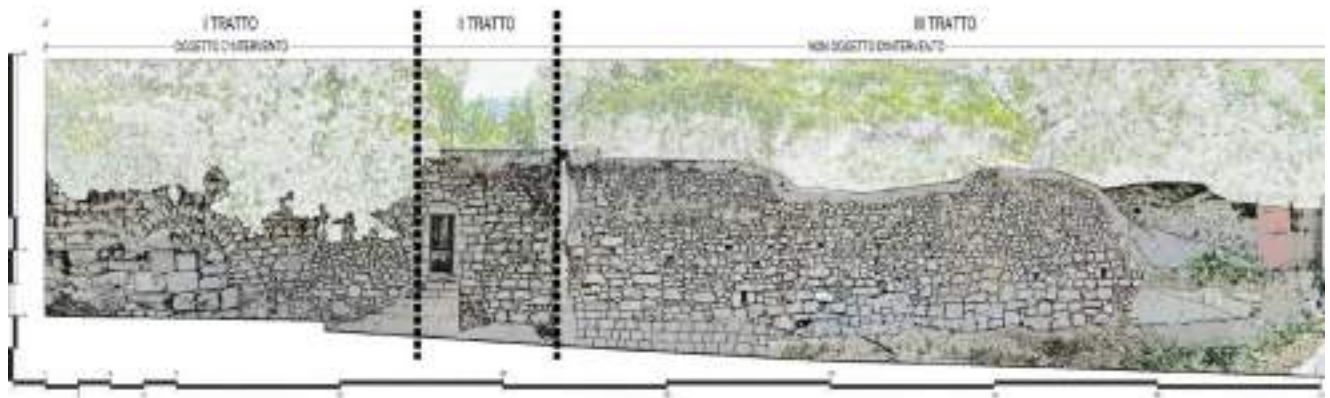
Questa relazione è inerente l'intervento di "ricostruzione" del tratto di mura urbiche crollato in seguito ad un evento meteorologico eccezionale in data marzo 2013. Per raccogliere le informazioni necessarie relative al muro è stato necessario realizzare una ricerca avente il fine di raccogliere tutte le informazioni riguardanti il muro nell'intera estensione attraverso rilievi, sul campo e grafici, grazie ai quali è stato possibile individuare le diverse tipologie di materiali utilizzati, le effettive dimensioni, la reale configurazione statica e lo stato di degrado in cui si trova attualmente il manufatto.

Come precedentemente detto l'analisi verrà effettuata sull'intero muro pertanto per distinguere le diverse parti e facilitare la lettura dei caratteri peculiari del manufatto lo stesso si è diviso in tre tratti caratteristici:

**3.1 - I TRATTO: Muro crollato e oggetto del presente intervento;**

**3.2 - II TRATTO: PORTA E SCALA che consentiva il raggiungimento del giardino superiore;**

**3.3 - III TRATTO: cortina di muro ancora esistente;**



Di seguito, si riporta una descrizione dei singoli tratti con la rappresentazione delle evidenze rilevate durante le ispezioni lungo le mura di cinta.

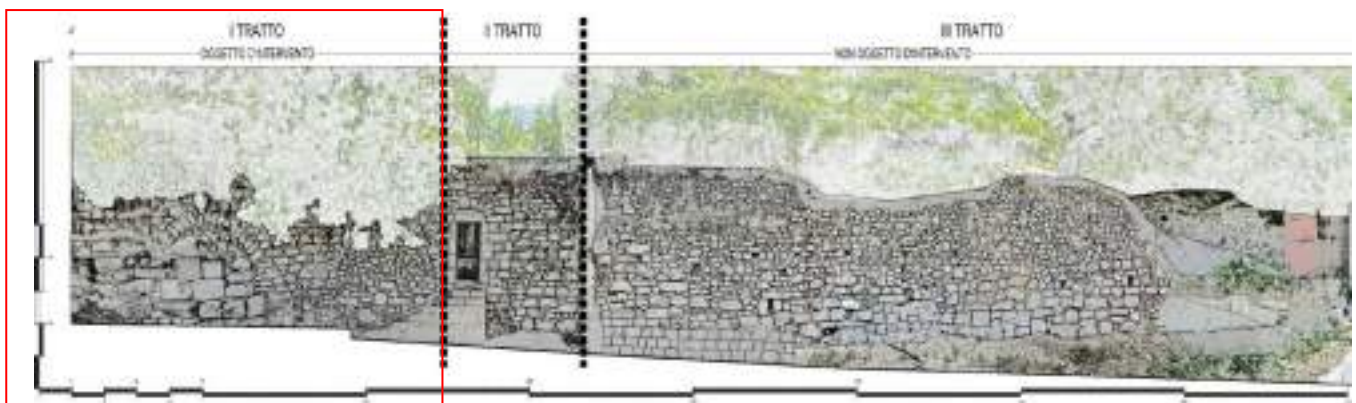
La modalità di analisi effettuata ammette come obiettivo la conoscenza delle murature storiche per giungere alla descrizione della "tipologia della muratura" che costituisce un presupposto fondamentale sia ai fini di un'attendibile valutazione della sicurezza sismica attuale.

Si sono analizzati per i diversi tratti di muro i seguenti parametri:

- Caratteristiche geometriche/dimensionali;
- Caratteristiche storico/formali: Analisi dei materiali e delle tecniche costruttive;
- Dissesto strutturale e crollo del muro.

Ciò che è stato evidenziato da tali informazioni, ha permesso di individuare le criticità presenti che compromettono la staticità del muro, oggi in uno stato di degrado pericoloso per l'incolumità pubblica.

### **3.2 - I TRATTO: MURO CROLLATO OGGETTO DEL PRESENTE INTERVENTO:**

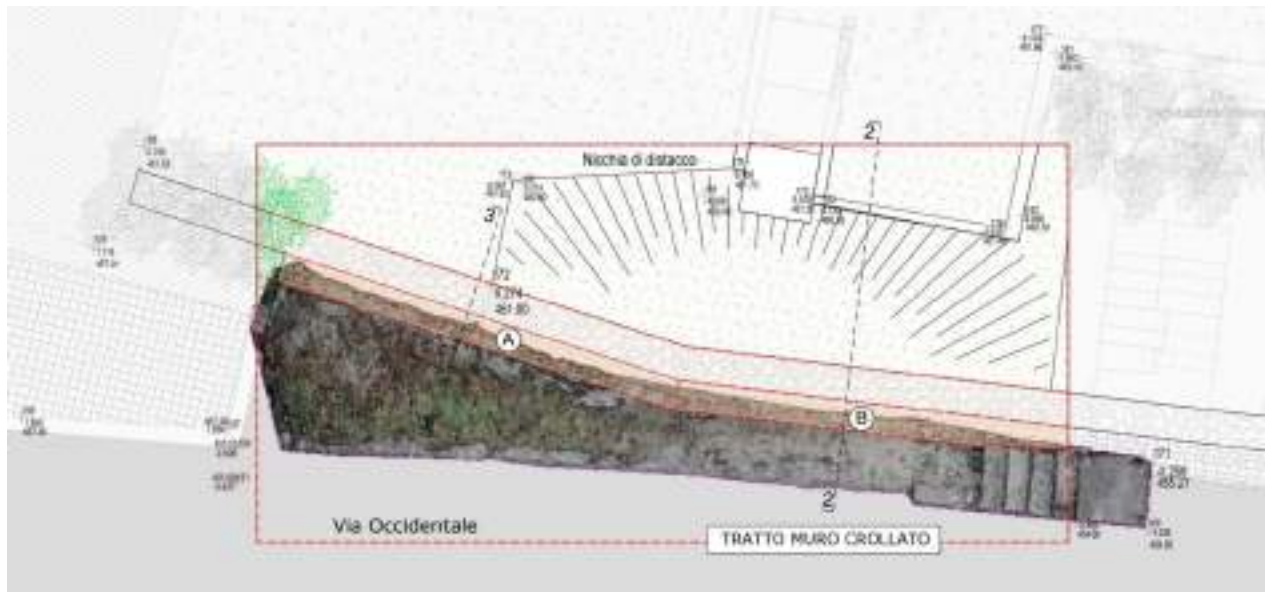


#### **3.1.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali**

L'andamento longitudinale del muro non era rettilineo. Un angolo di circa 170 ° univa i prolungamenti delle direttrici dei tratti rimasti oggi in piedi nei lati opposti al crollo, per una lunghezza rispettivamente di circa 6,15 mt ognuno.

Il muro caratterizzato da un'altezza di circa 6 mt, oggi comprensiva delle sopraelevazioni fatta con muretti di cemento posti sulla sommità del muro, e presentava la caratteristica costituzione "a **scarpa**" cioè l'inclinazione di un angolo di circa 3 ° rispetto al filo esterno del muro.





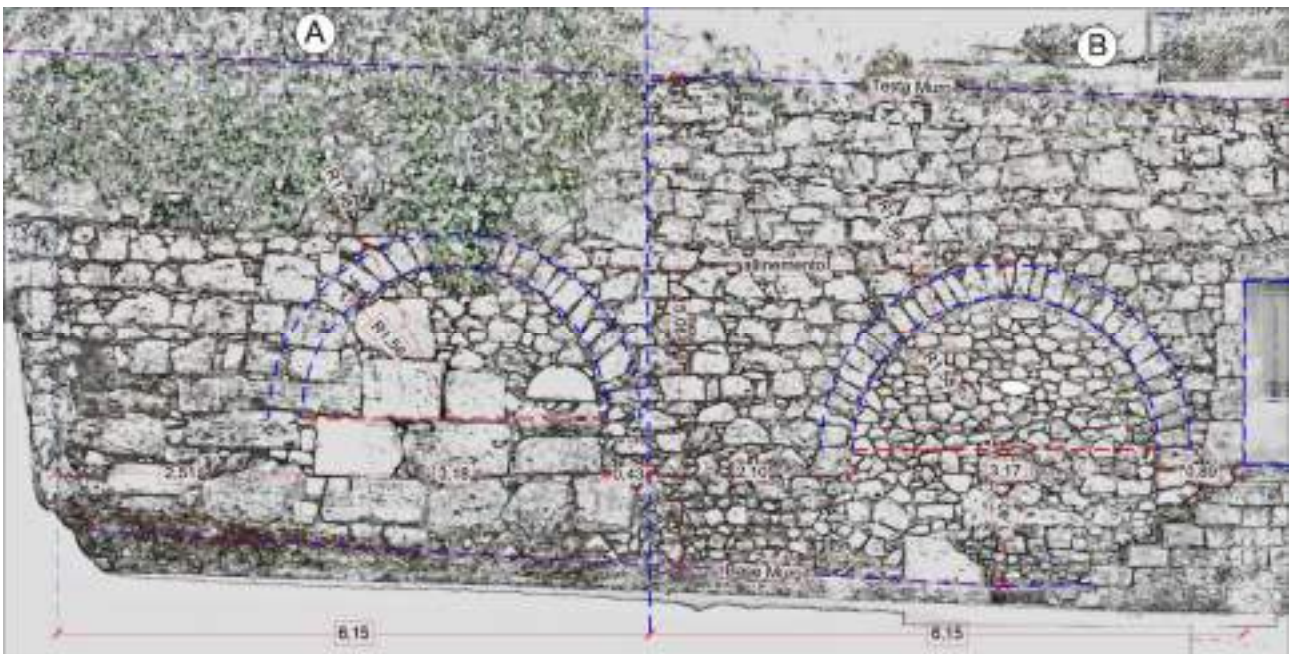
L'inclinazione del muro, ottenuta mediante leggero arretramento degli elementi del paramento esterno nei vari corsi, era introdotta per evitare il ribaltamento del muro dovuto al peso e all'altezza.

La **larghezza del muro** è funzione della sua altezza che a sua volta è funzione della pendenza del versante, è risulta di circa 100 centimetri, tipica dei muri con altezza superiore ai 3 metri.

Due archi a tutto sesto, realizzati con pietre sbazzate ed irregolari, erano presenti su entrambe le facce dell'apparecchio murario e aprivano due nicchie nello spessore murario.

Nel corso del tempo tali nicchie furono riempite con pietre ed in particolare in quella adiacente alla porta castello erano stati inseriti reperti archeologici la cui provenienza risulta sconosciuta ancora oggi.





### 3.1.2- Caratteristiche Storico/Formali: Analisi dei Materiali e delle Tecniche Costruttive

La **costruzione caratteristica del muro** si inserisce nella tradizione locale, e, in particolare, in quella tipologia di murature in cui la dimensione delle pietre impiegate nei paramenti sembra prediligere un taglio piuttosto grande, mentre il nucleo è prevalentemente composto da materiale di minore dimensione, non omogeneo e non apparecchiato per strati.

La muratura presentava un **paramento esterno** costituito per lo più da pietre a spacco di origine calcarea.

Le pietre componenti erano di media pezzatura di 800-1100 cm<sup>2</sup> di superficie con forma irregolare e dimensione variabile composte in un'apparecchiatura a **corsi sub-irregolari** con zeppe in pietra e assenza di ricorsi e listatura.

Il piano di posa, non era disposto lungo uniformi piani orizzontali, ma era regolarizzato con elementi lapidei di minore dimensione e scaglie con giunti fra le grandi pietre privi di malta, e l'altezza dei corsi era determinata dall'altezza delle pietre di maggiore dimensione impiegate nel paramento esterno.

Nella parte basamentale erano posizionate le pietre più grandi e mano a mano al crescere dell'altezza del muro le



dimensioni degli elementi utilizzati tendevano a diminuire.

Le pietre erano disposte di punta con le facce di maggiore sviluppo disposte perpendicolarmente al **paramento esterno**.

Il **nucleo** era composto da materiale mediamente di pezzatura piccola e sporadici blocchi più grandi disposti "a sacco".

La disposizione irregolare del materiale lapideo denuncia la carenza della creazione di una massa compatta e uniforme e perciò ne consegue una presenza di vuoti elevata.

Vere e proprie legature tra il paramento e il nucleo, così come elementi diatonici, sono assenti.

Le pietre, piuttosto piccole (100-400 cm<sup>2</sup>) presentavano una disposizione irregolare con matrice di legante terrigno.

Le pietre dei paramenti, profonde ca. 30-40 cm, sono a volte disposte "di testa", vale a dire con il lato lungo rivolto verso il nucleo, così da stabilire un collegamento strutturale con il nucleo.

Il riempimento degli spazi tra il muro e a terra, detto "drenaggio", è estremamente importante poiché consente di dissipare la spinta idraulica che il terrapieno esercita sul muro, catturando e drenando appunto l'acqua nel terreno, il riempimento non è visibile perché nascosto dalla scarpa del muro e deve essere fatto con materiale di piccola pezzatura (scaglie pietrose avanzate dalla lavorazione dei sassi, ciottoli medio piccoli).

**La testa del muro** in origine era caratterizzata dall'utilizzo di pietre di grande pezzatura così da dare una maggiore stabilità nella parte sommitale, e nel tempo sono stati introdotti muretti in calcestruzzo per il supporto di una recinzione per l'intera lunghezza.



### 3.1.3- Dissesto strutturale e crollo del muro

Il 15 marzo 2013 a seguito ad un evento meteorologico eccezionale il tratto di mura è collassato.

La destabilizzazione statica del muro a secco in analisi, oltre che dagli agenti atmosferici è scaturita dall'incuria in cui versava lo stato di conservazione del manufatto non soggetto nel tempo ad interventi conservativi ma piuttosto alterato nella configurazione iniziale dall'introduzione di muretti in cemento sulla parte sommitale.

Per ciò che concerne il degrado generato da fattori naturali non dipendenti dalla struttura dei muri è necessario sottolineare che la buona stabilità nel tempo di un muro a secco è direttamente dipendente dallo stato dei sassi



impiegati.

La situazione si è ulteriormente aggravata vista la natura geologica della roccia (calcareo/sedimentaria), soggetta essa stessa a notevoli alterazioni fisiche/meccaniche dovute agli agenti atmosferici e gli sbalzi termici, che ha causato nel corso del tempo, la disgregazione dei litotipi determinando, in questo modo, un'instabilità delle pietre con il conseguente slittamento

I sassi proprio per la natura geologica calcareo/sedimentaria, nel corso del tempo a causa della esposizione agli agenti atmosferici, agli sbalzi di temperatura o sotto la pressione delle file di sassi possono frantumarsi e subire alterazioni fisiche/meccaniche provocando sia crolli di parte della muratura per perdita di stabilità dovuta alle deformazioni che il muro può subire a causa della spinta del terreno, sia delle traslazioni dovute alla spinta del terreno.

È bene sottolineare come le singole cause precedentemente elencate possano agire anche contemporaneamente ed indurre come nel caso in questione a forme di crollo complesse.

Quello che nel caso in analisi ha inciso in maniera determinante all'aumentare del "degrado" del muro provocandone nel corso del tempo il collasso, è stata l'introduzione sulla parte sommitale dei muretti in cemento.

La testa del muro è la parte sommitale, ovvero l'ultimo corso di pietre che chiude il paramento ed è la parte del muro maggiormente esposta a i fattori di degrado, eventi meteorologici, ruscellamento dell'acqua.

Con la cementificazione e quindi l'introduzione di muretti in cementi si è apportato un peso sulla struttura sottostante, che probabilmente già presentava degradi connessi a fattori naturali intrinseci, ma soprattutto si è creato un vero e proprio imbuto per le acque di ruscellamento superficiali sino ad intaccare la parete del muro a secco.

La caduta degli elementi litici posti sulla sommità del muro ha favorito il fenomeno di ruscellamento delle acque superficiali e ha dato l'avvio a processi di degrado delle murature e del terrazzamento

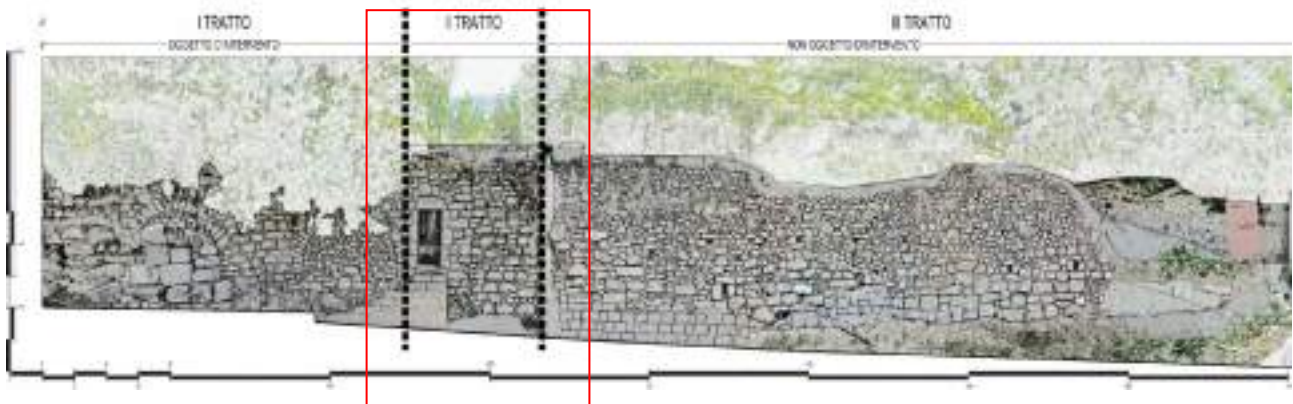
Il crollo degli elementi sommitali del muro a causa del ruscellamento di acque superficiali deriva dal fatto che l'acqua in eccesso - non assorbita dal terreno - può nella continuità della sua azione, nel saltare da un piano all'altro, provocare la caduta degli elementi litici di piccola pezzatura che costituiscono la parte sommitale del muro di terrazzamento.

La depressione che lascia la caduta di uno o più elementi litici impiegati nel muro costituisce un punto di concentrazione delle acque di ruscellamento, accelerando il processo di asportazione sia del materiale terroso presente a ridosso del muro, sia gli elementi litici posti al fianco dell'elemento originariamente scalzato (se anche questi sono di piccola pezzatura). L'imbuto di raccolta delle acque spesso tende ad ampliarsi fino a raggiungere, al limite, dimensioni paragonabili a quelle che può assumere la superficie di distacco di un crollo per deformazione. Il crollo di parte della muratura per perdita di stabilità dovuta alle deformazioni che il muro può subire a causa della spinta del terreno è un fenomeno che ha origine dall'azione di forze esterne alla struttura del muro stesso. Queste forze inducono la deformazione di una parte della struttura rispetto alla geometria originaria, secondo un processo di sviluppo che porta ad una progressiva accentuazione della deformazione (detta più semplicemente "spanciamento"); oltre un certo limite di deformazione, si ha la perdita di stabilità in alcuni degli elementi impiegati nel paramento esterno e la formazione di mancanze che possono mettere in



crisi la stabilità complessiva del muro.

### 3.2 - II TRATTO: PORTA E SCALA che consentiva il raggiungimento del giardino superiore;



#### 3.2.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali

Il muro, non coinvolto nel crollo, si sviluppa per una lunghezza di 4,20 mt e presenta le caratteristiche tipiche dei manufatti in pietra a secco costruiti in prossimità del centro storico lungo un'arteria stradale storica.

E' proprio in questo tratto di muro che sono conservate chiare tracce della sua costituzione originaria in quanto è possibile leggere in una parte dell'apparecchiatura delle pietre un sistema più raffinato di posa costituita da pietre regolarizzate secondo una configurazione parallelepipeda e allineate con lunghi piani di posa.

Tale maniera porterà alla realizzazione dell'opus quadratum contraddistinto dall'uso di elementi lapidei lavorati in modo da ottenere parallelepipedi perfettamente squadrati, disposti avendo cura di realizzare uno sfalsamento regolare dei giunti tra filari sovrapposti. Tale lavorazione viene di norma riservata alle murature degli edifici di culto o alle dimore signorili, nonché alle strutture che delimitano le principali arterie stradali storiche, in particolare quelle ad uso militare. Molti dei muri di controripa o sottoscarpa che definiscono il sedime delle strade più antiche, inoltre, sono

Una rampa esterna composta da cinque gradini, costruiti con pietrame squadrato con paramento faccia a vista bugnato, conduce ad un piccolo pianerottolo dove si colloca la porta che da accesso ad una scala a cielo aperto composta da due rampe composte da gradini in pietra sbazzata e posta frontalmente all'ingresso. Da qui era possibile raggiungere il giardino posto alla quota superiore rispetto al piano strada ed oggi risulta inaccessibile in quanto l'arrivo in quota era in adiacenza al muro oggi andato perso.



Foto anno 2009





Foto al momento del crollo (anno 2013)



Foto del 2017

Nella sua connotazione formale risultano evidenti le radici di origine medievale con la presenza in facciata dei conci di grande dimensione impiegati per i gradini, la soglie, il foro della porta ed i cantonali.

La costruzione caratteristica del muro si inserisce in quella tipologia di murature in cui la dimensione delle pietre impiegate nei paramenti sembra prediligere un taglio piuttosto grande, mentre il nucleo è prevalentemente composto da materiale di minore dimensione, non omogeneo e non apparecchiato per strati.

**Il paramento esterno**, presenta nella parte basamentale le pietre di maggiore dimensione e a mano a mano che si sale in altezza la dimensione degli elementi utilizzati tende a diminuire.

Tutte le pietre sono disposte di punta, con le facce di maggiore sviluppo disposte perpendicolarmente al **paramento esterno** per consentire l'ammorsamento di tutta la muratura tra **paramento esterno** e **riempimento**. Le pietre, di forma irregolare e dimensione variabile, hanno la faccia a vista spianata sommariamente, quanto necessario per garantire la verticalità del paramento, mentre le altre facce sono appena sbazzate. Il paramento è composto da pietre di media pezzatura disposte per corsi sub-orizzontali, vale a dire non sempre disposti lungo uniformi piani orizzontali, e il piano di posa è spesso regolarizzato con elementi lapidei di minore dimensione e scaglie disposti orizzontalmente, di dimensione e disposizione variabile. I giunti fra le grandi pietre sono privi di malta.

Non esiste un'altezza predefinita, infatti l'altezza di ogni corso viene determinata dall'altezza delle pietre di maggiore dimensione impiegate nel paramento esterno.

Non si riscontra una disposizione per corsi orizzontali delle pietre del nucleo, ma piuttosto il ricorso della tecnica "a sacco", con riempimento del nucleo dopo aver alzato il paramento per alcuni filari. Il materiale lapideo impiegato nei nuclei, non sempre omogeneo, sembra condizionato da una modesta selezione e rilavorazione del materiale, che, così come ricavato dai giacimenti rocciosi che affiorano a banchi distaccandosi secondo le faglie naturali, viene minimamente lavorato prima di essere messo in opera.

### 3.2.2 - Analisi del degrado

Lo stato esterno del muro presenta criticità di degrado percettibili fin da subito anche attraverso un'indagine diretta.

Nella fase attuale di abbandono gli agenti naturali tornano a prevalere su quello antropico che aveva a suo tempo modificato lo stato dell'ambiente locale.

Prima di intraprendere ogni attività, il muro necessita di essere innanzitutto sottoposto ad una scrupolosa pulizia, al fine di rimuovere i più recenti strati di crollo ed eliminare la presenza di rovi, sterpaglie e piante infestanti. Questi ultimi, insieme alla lunga esposizione agli agenti atmosferici, hanno determinato situazioni estese di sconnessione





delle masse murarie e di degrado; si rende, pertanto, utile il diserbo con irrorazione di composti chimici ad azione biocida e rimozione manuale e la disinfezione dei muri attraverso la eliminazione delle colonie biologiche vive, poco aderenti al substrato.

Dall'analisi del paramento esterno emerge la presenza di parecchi vuoti fra una pietra e l'altra, sintomo che la struttura nel corso del tempo si è mossa creando uno stato di equilibrio differente rispetto alla condizione iniziale.

Questo movimento naturale ha dato luogo a delle fessure nel corpo interno, le stesse, a loro volta sono state riempite dal materiale libero sovrastante che, per effetto della gravità, è precipitato verso il basso innescando una situazione a catena. Nella sostanza il pietrame d'intaso non è più sufficiente perché la struttura si è allargata, quindi si creano i vuoti. Le dimensioni di un muro possono solo crescere, mai decrescere.

Si riscontrano, inoltre, fisiologiche discontinuità costruttive in corrispondenza degli elementi architettonici di delimitazione delle aperture o di decorazione dello stipite e dell'architrave. Tali fenomeni, nonostante siano costruttivamente naturali, rappresentano dei fattori di criticità localizzata relativa alla possibilità di disammorsamento dell'elemento costruttivo.

### ***3.2.3- Presupposti metodologici e ipotesi progettuali per il restauro***

Tenendo conto del quadro fessurativo scaturito dall'analisi di studio del manufatto, svolto allo scopo di approcciare in via preliminare lo studio delle criticità presenti, si ipotizzata in prima istanza interventi seppur non contemplati nel progetto in oggetto sono volti a far conseguire al muro un maggior grado di sicurezza rispetto alle azioni sismiche, in termini assolutamente conservativi dell'antica materia superstite. Operazioni moderate di consolidamento o, meglio di 'restauro statico', proposte sotto forma di scheda di interventi specifici e orientate tramite azioni puntuali sugli alzati e di contrasto ai fenomeni di infiltrazione e percolamento delle acque meteoriche.

Prima di intraprendere ogni attività, il muro necessita di essere innanzitutto sottoposto ad una scrupolosa pulizia al fine di rimuovere i più recenti strati di crollo ed eliminare la presenza di rovi, sterpaglie e piante infestanti. Questi ultimi, insieme alla lunga esposizione agli agenti atmosferici, hanno determinato situazioni estese di sconnessione delle masse murarie e di degrado; si rende, pertanto, utile il diserbo con irrorazione di composti chimici ad azione biocida e rimozione manuale e la disinfezione dei muri attraverso la eliminazione delle colonie biologiche vive, poco aderenti al substrato.

Il progetto d'intervento sul tessuto murario, si propone di restituirgli piena omogeneità, uniformità nella resistenza, continuità nella rigidità.

Esso prevede l'inserimento di 'integrazioni' in corrispondenza delle più importanti lacune, che rischiano di compromettere la stabilità globale e la realizzazione di un bauletto sulla testa del muro a protezione delle creste murarie e a protezione dalle infiltrazioni d'acqua nella muratura.

La scelta progettuale sarebbe quella di eseguire con rigore metodologico un progetto di 'pura conservazione' basato sul presupposto etico di massimizzazione della permanenza limitandosi ad intervenire sui fenomeni di degrado e dissesto, senza operare in alcun modo azioni di selezione ma al contrario rispettando ogni stratificazione storica, ha infine imposto delle soluzioni - non invasive e rimovibili - che non alterassero in modo significativo l'identità del muro e quindi anche il comportamento strutturale generale.

L'intervento si propone di sottolineare queste stratificazioni storiche al fine di semplificarne la lettura e permetterne una più profonda comprensione. Per ottenere ciò l'intervento da attuare è un lavoro di cucì e scucì.

### 3.3 - III TRATTO: Parte finale muro , non oggetto di intervento;

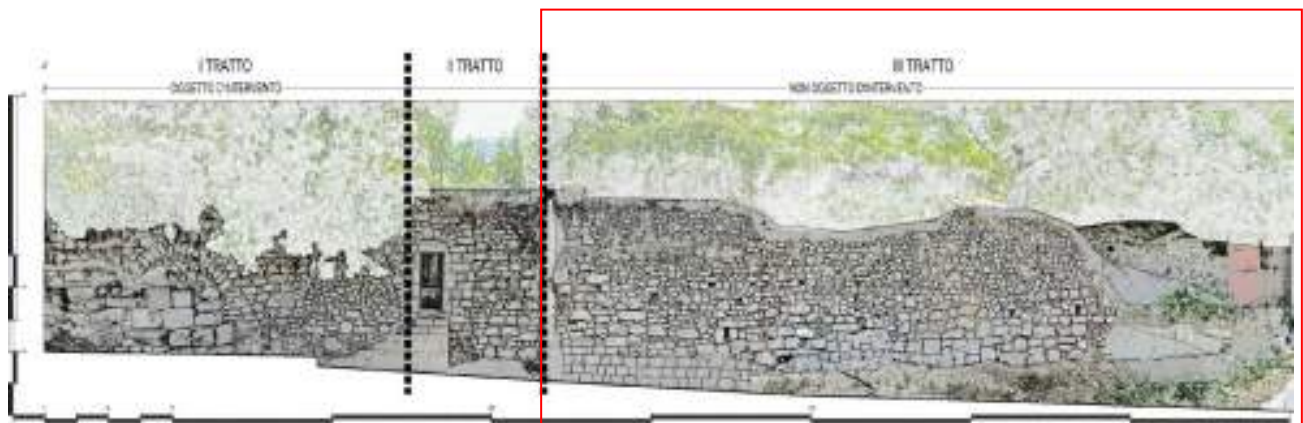


Foto anno 2009



Foto anno 2011



Foto anno 2018

### 3.3.1- Caratteristiche Geometriche/Dimensionali

Il muro presenta nella sua struttura e nella sua configurazione tutte le caratteristiche salienti della costruzione di "muro a secco" anche se nello stato attuale verte in uno stato di abbandono caratterizzato anche da criticità importanti da un punto di vista statico, di cui si parlerà nel successivo paragrafo.

Seppur sono evidenti le "riparazioni" e i rimaneggiamenti del muro durante il corso del tempo, da un'indagine diretta è possibile, sin da subito, riscontrare la costituzione originaria del muro individuando nell'apparecchiatura muraria le tracce "dell'antica nomenclatura".

Nella parte basamentale del muro, per un tratto, sono ancora presenti pietre squadrate con paramento faccia a vista bugnato e man mano che si sale si trovano pietre di media dimensione aventi forma sbazzata e parallelepipedica.

I ripianamenti orizzontali sono ancora leggibili anche se l'allineamento orizzontale risulta modificato dallo spostamento degli elementi costituenti il muro, ma rimangono rintracciabili anche per la presenza, ad intervalli regolari, delle buche pontali sormantate dalle pietre di fascia.

Le pietre diminuiscono di dimensione man mano che si sale in altezza ed il muro presenta la caratteristica inclinazione a scarpa necessaria a contrastare la spinta del terreno retrostante.

### 3.3.2- Analisi Del Degrado



La mappatura delle lesioni è stata condotta come pre-diagnosi dei dissesti, caratterizzati da sistemi cinematici esistenti e spostamenti oggi in atto. Si tratta di considerazioni sommarie condotte sia in situ attraverso l'individuazione e l'ordinata analisi degli elementi di particolare gravità o pericolo che con l'ausilio della restituzione grafica in scala del quadro fessurativo.

La lettura del degrado e dissesto, possibili in virtù della comparazione con l'analisi stratigrafica e l'analisi materica, ha facilitato l'interpretazione dello stato di danno e le sue

possibili cause, evidenziando l'andamento generale delle lesioni, le deformazioni murarie e le eventuali inflessioni dei paramenti le dimensioni e la direzione di apertura dei cigli.

La prima causa di degrado in un muro in pietra calcarea va sempre ricondotta alla sua stessa natura geologica, in quanto i sassi nel corso del tempo a causa della esposizione agli agenti atmosferici, agli sbalzi di temperatura o sotto la pressione delle file di sassi possono frantumarsi e subire alterazioni fisiche/meccaniche provocando sia crolli di parte della muratura per perdita di stabilità dovuta alle deformazioni che il muro può subire a causa della spinta del terreno, sia delle traslazioni dovute alla spinta del terreno.

Molte delle lesioni presenti possono essere ricondotte a discontinuità dovute a questo processo evolutivo accentuate, in seguito, dal susseguirsi di eventi calamitosi naturali e/o dall'abbandono.

Il manufatto presenta diffuse decoesioni e caduta di materiale dai paramenti lapidei che determinano condizioni di debolezza localizzate, che potrebbero accentuarsi in seguito a nuovi eventi tellurici o con il proseguire dello stato di abbandono, e che agevolano l'infiltrazione delle acque meteoriche all'interno dell'elemento murario con conseguente incremento dei fenomeni di disgregazione e caduta degli elementi lapidei, nonché di colonizzazione vegetale.

La configurazione originaria del muro era volta a permettere un rapido allontanamento delle acque di infiltrazione ed





a ridurre quindi, le spinte agenti su di esso, influenzate da azioni permanenti ( i carichi posizionati sul terreno stesso la spinta del terreno secco) e da azioni variabili, come il contenuto di acqua nel terreno (terreno saturo) e le sollecitazioni sismiche.

Osservando la conformazione attuale del muro appare evidente, nel primo tratto, un marcato rigonfiamento che evidenziano come la capacità drenante dello stesso non sia più garantita.

Con la cementificazione e quindi l'introduzione di muretti in cementi si è apportato un peso sulla struttura sottostante, ma soprattutto si è creato un vero e proprio imbuto per le acque di ruscellamento superficiali sino ad intaccare la parete del muro a secco.

La caduta degli elementi litici posti sulla sommità del muro ha favorito il fenomeno di ruscellamento delle acque superficiali e ha dato l'avvio a processi di degrado delle murature e del terrazzamento

Il crollo degli elementi sommitali del muro a causa del ruscellamento di acque superficiali deriva dal fatto che l'acqua in eccesso -non assorbita dal terreno– può nella continuità della sua azione, nel saltare da un piano all'altro, provocare la caduta degli elementi litici di piccola pezzatura che costituiscono la parte sommitale del muro di terrazzamento.

La depressione che lascia la caduta di uno o più elementi litici impiegati nel muro costituisce un punto di concentrazione delle acque di ruscellamento, accelerando il processo di asportazione sia del materiale terroso presente a ridosso del muro, sia gli elementi litici posti al fianco dell'elemento originariamente scalzato (se anche questi sono di piccola pezzatura).

L'imbuto di raccolta delle acque spesso tende ad ampliarsi fino a raggiungere, al limite, dimensioni paragonabili a quelle che può assumere la superficie di distacco di un crollo per deformazione. Il crollo di parte della muratura per perdita di stabilità dovuta alle deformazioni che il muro può subire a causa della spinta del terreno è un fenomeno che ha origine dall'azione di forze esterne alla struttura del muro stesso. Queste forze inducono la deformazione di una parte della struttura rispetto alla geometria originaria, secondo un processo di sviluppo che porta ad una progressiva accentuazione della deformazione (detta più semplicemente "spanciamento"); oltre un certo limite di deformazione, si ha la perdita di stabilità in alcuni degli elementi impiegati nel paramento esterno e la formazione di mancanze che possono mettere in crisi la stabilità complessiva del muro.

Tale configurazione risulta pericolosa per la stabilità degli elementi strutturali, ma anche per coloro che si trovano a passare sulla strada esistente a valle del muro.

### 3.3.3- Intervento

La trattazione specifica del tipo di intervento non è contemplata in questa preliminare fase di studio, in quanto si richiede di approfondire lo stato statico del muro con studi tridimensionali in riferimento alle deformazioni specifiche e di intraprendere scelte progettuali precise.

La modalità di analisi effettuata ammette, infatti, come obiettivo la conoscenza delle murature storiche per giungere alla descrizione della "tipologia della muratura" che costituisce un presupposto fondamentale ai fini della valutazione della sicurezza sismica, nel rispetto dell'incolumità pubblica.

In linea puramente orientativa si potrebbe auspicare lo smantellamento del tratto di muratura che presenta lo spanciamento e ricostruirlo mediante un procedimento simile a quello utilizzato nel I Tratto, prevedendo un muro in





cemento su pali con paramento esterno e proporre una ricostruzione tramite smantellamento della restante parte terminale.

#### **4. PROGETTO ARCHITETTONICO:**

##### **4.1- Analisi dell'intervento di progetto**

Così come richiesto dalla Soprintendenza Archeologica del Molise (nota prot.0006406-P del 10/07/2019).

Il progetto in analisi sostituisce l'intervento auspicato nel progetto Definitivo-Esecutivo, che prevedeva in sostituzione del muro crollato la realizzazione di un muro a mensola in c.a. con sottostante struttura di fondazione su pali e paramento di rivestimento in pietra, rispettando le indicazioni date dalla Soprintendenza Archeologica del Molise, di conservare il muro esistente consolidandolo nella suo stato di crollo e di intervenire per il mantenimento del terreno retrostante realizzando un sistema a scarpata .

##### **4.2- Il Muro**

Come sopra indicato l'intervento in oggetto prevede il restauro e la conservazione del muro nel suo stato di crollo, così come verrà rinvenuto quando il materiale detritico derivato dal crollo avvenuto nel marzo 2013 sarà asportato riportandolo alla luce.

L'intervento prevede il recupero del rudere del muro, che verrà "congelato" in una configurazione estetico-formale derivata dall'atto del crollo e costituirà un vero e proprio segno urbano costituendo memoria e testimonianza storica di se stesso.

Il muro, ad intervento ultimato, non svolgerà più la sua originale funzione di contenimento del terreno, funzione quest'ultima affidata alla realizzazione di un sistema a scarpata, ma rappresenterà una vera e propria "quinta scenica" di quest'ultima che verrà rifinita superficialmente con una componente vegetativa opportunamente studiata per divenire arredo urbano ed ambientale come di seguito verrà descritto.

Liberato il muro dai detriti si procederà allo studio delle criticità del manufatto operando sin da subito un'operazione scrupolosa di pulizia interstiziale della terra entrata nei giunti delle pietre prive di malta cementizia, trattandosi come precedentemente esposto di una tipologia di muro a secco e quindi privo di malta cementizia.

Il progetto d'intervento sul tessuto murario, si propone di restituirgli piena omogeneità, uniformità nella resistenza e continuità nella rigidità, prevedendo l'inserimento di 'integrazioni' in corrispondenza delle più importanti lacune, che rischiano di compromettere la stabilità globale, attraverso un intervento di cucì e scuci, e la realizzazione di un bauletto sulla testa del muro a protezione delle creste murarie e a protezione dalle infiltrazioni d'acqua nella muratura.

La scelta progettuale sarebbe quella di eseguire con rigore metodologico un progetto di 'pura conservazione' basato sul presupposto etico di massimizzazione della permanenza limitandosi ad intervenire sui fenomeni di degrado e dissesto, senza operare in alcun modo azioni di selezione ma al contrario rispettando ogni stratificazione storica.

La stabilità del paramento sarà assicurata impiegando del legante, con malta di calce con finitura a giunti arretrati e scagliati con pietrame di pezzatura minuta per ottenere visivamente la realizzazione di un paramento in pietra a vista. Una attenta posa in opera dei blocchi di pietra recuperati, un giusto dosaggio nel colore della malta e nella finitura dei giunti, garantiranno un intervento corretto ed in linea anche sotto l'aspetto percettivo che rappresenta la componente da tenere in maggior considerazione sotto il profilo ambientale.

L'intervento interesserà anche il II TRATTO- Porta e scala, compromesso anche quest'ultimo dal crollo, realizzando

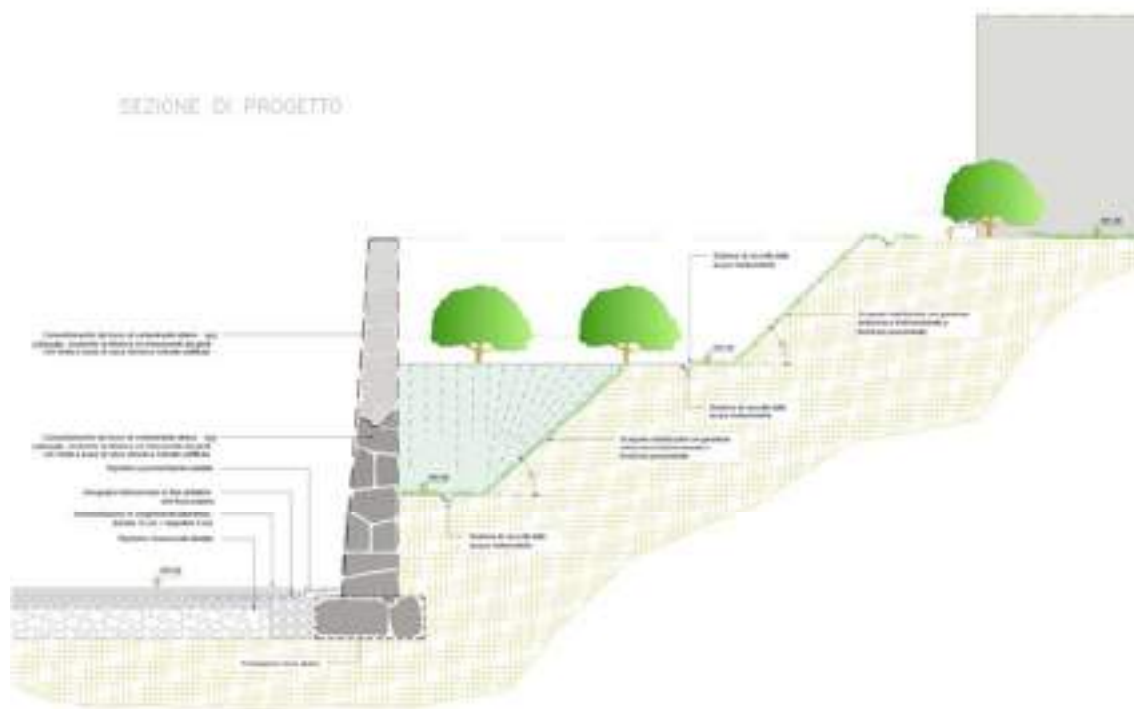
opere di puntellamento per la messa in sicurezza del manufatto in vista di un successivo intervento sull'apparto murario.

Prima di intraprendere ogni attività, il muro necessita di essere innanzitutto sottoposto ad una scrupolosa pulizia al fine di rimuovere i più recenti strati di crollo ed eliminare la presenza di rovi, sterpaglie e piante infestanti. Questi ultimi, insieme alla lunga esposizione agli agenti atmosferici, hanno determinato situazioni estese di sconnessione delle masse murarie e di degrado; si rende, pertanto, utile il diserbo con irrorazione di composti chimici ad azione biocida e rimozione manuale e la disinfezione dei muri attraverso la eliminazione delle colonie biologiche vive, poco aderenti al substrato.

#### 4.3- La Scarpata

Così come richiesto dalla Soprintendenza il progetto prevede la realizzazione di un sistema a scarpata, realizzato mediante uno sbancamento a tergo del muro per una profondità di circa 8.50 mt, caratterizzato da due ordini di scarpa sovrapposti di uguale superficie e pendenza pari a 45° separati da due banche di 2.00 mt, una alla base del manufatto dietro il muro crollato e l'altra nella parte centrale, dove si collocano i fossi per la raccolta delle acque.

L'intervento apporta un'evidente trasformazione del paesaggio ambientale-urbano e proprio in vista di ciò è chiaro sin da subito che bisogna intervenire paesaggisticamente per consentire al manufatto una perfetta integrazione ambientale.

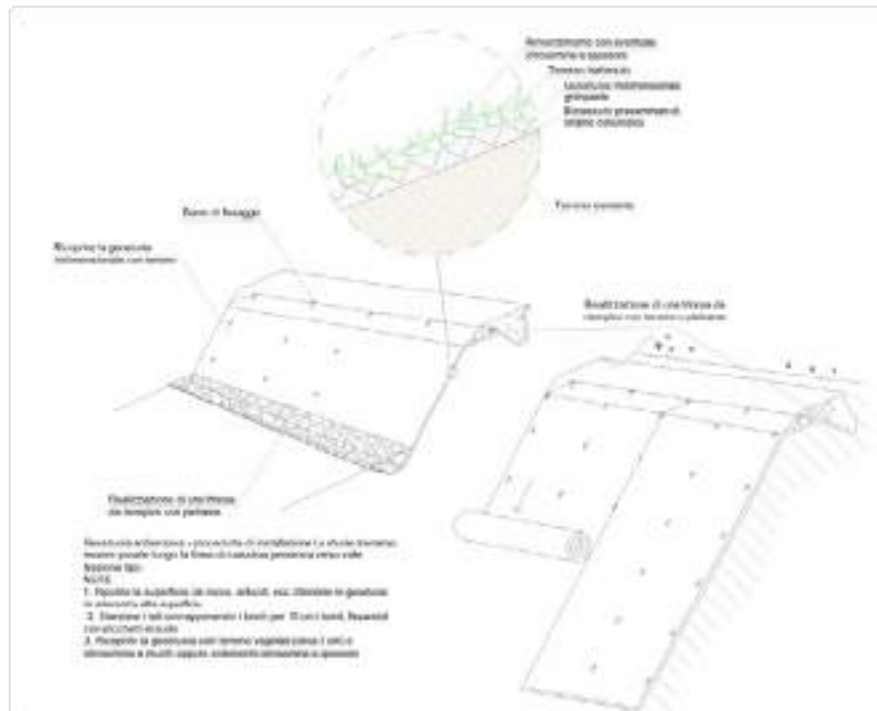


Per apportare l'opera di mitigazione, si prevede una sistematica e generalizzata opera di piantumazione dell'area con specie arbustive autoctone in numero necessario e sufficiente a rinaturare i contorni del tracciato, anche con il fine non secondario di conferire stabilità ai versanti.

Le scarpate inverdite e fiorite rappresentano dunque strutture vive, capaci di interagire sia a livello epigeo sia a livello ipogeo con i fattori ambientali circostanti, andando ad assolvere diverse ed importanti funzioni.



#### 4.4- Strati Componenti il rilevato



In terreni fortemente declivi la vegetazione, garantisce una azione di “retinazione”, che svolge un ruolo di primaria importanza nel consolidamento del suolo e nel controllo dell’erosione superficiale. Gli apparati radicali di alberi ed arbusti imbrigliano infatti le particelle terrose, contribuendo alla formazione di un orizzonte ben strutturato e meccanicamente stabile. Particolare importanza per la buona riuscita dell'attecchimento delle specie arboree viene data agli strati componenti posti al di sopra del terreno.

Un ruolo prioritario è svolto dallo strato di geostuoia, posta al di sopra del biotessuto di origine cellulosa.

La geostuia da impiegare nel seguente intervento, presenta una struttura tridimensionale (tipo l'Enkammat) realizzata in filamenti di poliammide impiegata per la prevenzione immediata e permanente dell'erosione.

Più del 95% del suo volume può essere intasato con del terreno garantendo un'immediata stabilizzazione dello strato superficiale ed instaurando contemporaneamente un ambiente favorevole allo sviluppo della vegetazione.

La prima operazione è quella della semina all'interno della stuoia, successivamente la stessa viene intasata con idoneo terreno vegetale. Grazie alla sua struttura tridimensionale trattiene il terreno fertile di riempimento ed i semi in fase di germinazione e consente la crescita delle piante. Dopo alcuni mesi il sistema radicale incorpora la geostuoia fornendo un insieme integrato che stabilizza lo strato di terreno superficiale.

Una volta stabilizzata la coltre vegetazionale, la geostuoia costituisce un rinforzo permanente per le radici dando luogo ad un efficace sistema antierosione. Il nucleo della struttura rallenta la velocità del vento e dell'acqua di corruzione, prevenendo così l'erosione e favorendo contemporaneamente la sedimentazione.

#### 4.5- Componente Vegetazionale

I criteri di ordine paesaggistico che hanno informato il percorso progettuale, unitamente a criteri di ordine ingegneristico e naturalistico sono specificamente di ordine conservativo, ovvero di mantenimento di un equilibrio di

forme rispetto all'area vasta circostante e di tutela della qualità percettiva rispetto al contesto esistente.

La piantumazione delle scarpate e delle banche ha lo scopo di garantire un elevato livello di integrazione paesaggistica e naturalistica tra il manufatto stesso e l'ambiente naturale circostante che caratterizza il contesto geo-morfologico.

L'idea è quella di creare un giardino in scarpata seguendo i criteri di realizzazione caratterizzanti il "verde verticale".

Particolare attenzione è stata data alla scelta della componente vegetazionale, posta a finitura delle scarpate.

Le sequenze vegetazionali costituiscono il modo in cui i gruppi di piante della stessa specie o di specie diversa vengono disposti o mescolati in funzione del disegno e dello schema generale desiderato tenendo in conto prioritariamente degli aspetti climatici, ambientali e di esposizione alla luce oltre che alle dinamiche di crescita e delle caratteristiche cromatiche e morfologiche.

L'aspetto non secondario ma molto importante è stato quello di scegliere specie arboree in grado di contenere nel tempo l'apporto di manutenzione limitando sia l'impiego dell'acqua, risorsa sempre più contesa e preziosa, sia il costo della manodopera.

Alla luce di questa premessa risulta immediato e necessario l'utilizzo di specie autoctone, che risultano essere le meglio adattate alle condizioni pedologiche e climatiche della zona, in quanto insediatesi spontaneamente nel territorio. Tale scelta garantirà una migliore capacità di attecchimento e maggior resistenza ad attacchi parassitari o a danni da agenti atmosferici (es. gelate tardive e siccità) consentendo al contempo di diminuire anche gli oneri della manutenzione. Inoltre, si è cercato di privilegiare le specie che possiedono doti di reciproca complementarità, in modo da formare associazioni vegetali polifitiche ben equilibrate e con doti di apprezzabile stabilità nel tempo.

COSTRUZIONE FOTOGRAMMETRICA DEL MURO DOPO L'INTERVENTO



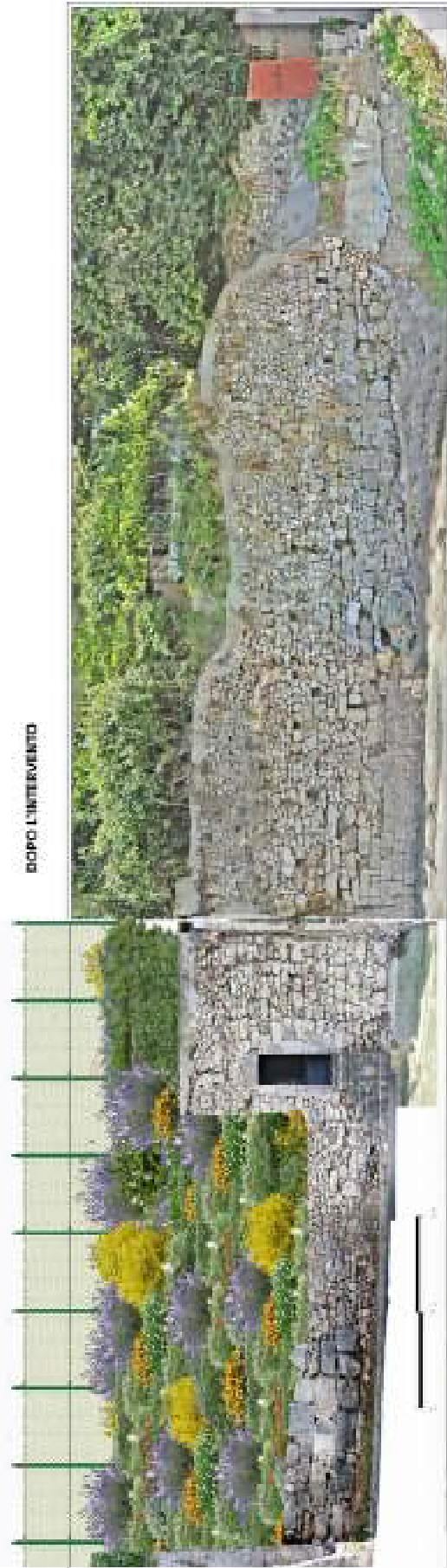
[illegible]



PRIMA DELL'INTERVENTO



DOPO L'INTERVENTO



#### 4.5- Abaco delle specie arboree utilizzate

Il sistema di scarpata si colloca lungo la direttrice ovest ed è pertanto oggetto di situazioni di criticità nel periodo tardo primaverile ed estivo, per il forte irraggiamento.

Nella scelta delle specie vegetazionali si sono predilette quelle che fioriscono in primavera-estate (quindi con termoperiodo longidurne) e neutrodiurne.

Le specie maggiormente indicate sono quelle eliofile, con foglie ispessite e lamina fogliare di dimensione contenuta



- le aromatiche come **timi**, **santoline**, **rosmarino**, **lavanda**, **i cisti**;
- le caducifoglie arbustive: **gaura lindheimeri**, **Iperico nano**;
- le arbustive: **Cotonastro strisciante** (*Cotoneaster* spp.), **Lonicera nana** (*Lonicera pileata*), **ginestra** (*Spartium junceum*).



L'ampia palette botanica rende possibile la creazione di schemi vegetali sempre differenti con texture, effetti cromatici, aromi e pattern ed il risultato estetico finale è sorprendente, come corposi e mutevoli quadri astratti conquistano la scena ambientale introducendo una natura rigogliosa.


Di seguito si riportano LE SCHEDE DESCRITTIVE DELLE PIANTE MAGGIORMENTE INDICATE PER SCARPATE

Piante aromatiche		
<b>Santolina</b>	Santolina è un genere di piante nella tribù della camomilla all'interno della famiglia dei girasoli, principalmente dalla regione del Mediterraneo occidentale. Sono piccoli arbusti sempreverdi che crescono alti 10–60 cm.	
<b>Timo</b>	Queste piante, arbustive o subarbustive ma anche erbacee, raggiungono i 50 cm di altezza. La forma biologica si caratterizza con aspetto arbustivo e ramificato con gemme svernanti poste ad un'altezza dal suolo	
<b>Rosmarino</b>	Pianta arbustiva sempreverde che raggiunge altezze di 50–300 cm, con radici profonde, fibrose e resistenti, ancoranti; ha fusti legnosi di colore marrone chiaro, prostrati ascendenti o eretti, molto ramificati, i giovani rami pelosi di colore grigio-verde sono a sezione quadrangolare. Le foglie, persistenti e coriacee, sono lunghe 2–3 cm e larghe 1–3 mm, sessili, opposte, lineari-lanceolate addensate numerosissime sui rametti; di colore verde cupo lucente sulla pagina superiore e biancastre su quella inferiore per la presenza di peluria bianca; hanno i margini leggermente revoluti; ricche di ghiandole oleifere.	





<b>Lavanda</b>	Le specie di questo genere hanno un portamento arbustivo o subarbustivo, raramente erbaceo di breve durata. Queste piante sono fortemente aromatiche. L'indumento può essere glabro o variamente pubescente talvolta con peli stellati. La forma biologica prevalente (almeno per le specie della flora spontanea italiana) è nano-fanerofite (NP), ossia sono piante perenni e legnose, con gemme svernanti poste ad un'altezza dal suolo tra i 30 cm e i 2 metri.	
<b>Cisti</b>	I cisti hanno fiori vistosi, a simmetria raggiata, con calice persistente a 3-5 sepali, corolla dialipetala a 5 petali bianchi o rosei, androceo con numerosi stami poco sviluppati in lunghezza, ovario composto da 3-5 carpelli sormontato da uno stilo semplice. Il frutto è una capsula a 5 valve contenente più semi. È pianta mellifera, non di grande quantità, ma di ottima qualità di miele.	

Piante caducifoglie arbustive		
<b>Gaura lindheimeri</b>	E' una pianta erbacea arbustiva perenne di altezza compresa tra 50 e 150 cm, dal fusto densamente ramificato che si sviluppa da un rizoma sotterraneo. Le foglie, lanceolate, dal margine grossolanamente dentellato e ricoperte da una fine peluria, sono lunghe tra 1 e 9 cm e hanno uno spessore compreso tra 1 e 13 mm. Fiorisce tra la primavera e l'inizio dell'autunno producendo una infiorescenza racemosa di 10–80 cm di altezza. I fiori sono di colore rosa o bianco; hanno un diametro di 2-3 cm, quattro petali di 10–15 mm e otto stami lunghi e sottili.	
<b>Iperico nano</b>	Comunemente nota anche col nome di erba di San Giovanni, è una pianta officinale perenne semisempreverde, glabra, con fusto eretto percorso da due strisce longitudinali in rilievo. È ben riconoscibile anche quando non è in fioritura perché le sue foglie in controluce appaiono "bucherellate": si tratta in realtà di piccole vescichette oleose da cui deriva il nome perforatum; ai margini sono invece visibili dei punti neri, strutture ghiandolari contenenti Ipericina (un olio color rosso), queste strutture ghiandolari sono presenti soprattutto nei petali. Le foglie sono opposte oblunghe. I fiori giallo oro hanno 5 petali delicati e sono riuniti in corimbi.	

Piante arbustive		
<b>Cotonastro strisciante</b>	comunemente detto cotonastro (conosciuto anche con il nome volgare di cotognastro) comprende arbusti della famiglia delle Rosacee, con piccoli frutti simili a mele.	
<b>Lonicera nana</b>	Lonicera nitida ( nana ) è un arbusto sempreverde cespuglioso con foglie appaiate ovate, lunghe fino a 1 cm, verde scuro sopra più chiare sotto . I primavera ascelle fogliari produce paia di fiori tubulari , color bianco crema, lunghi fino a 1 cm, seguiti	





	da bacche nero porpora, lucide.	
<b>Ginestra</b>	Nome com. di varie piante arbustive delle Leguminose appartenenti a generi diversi. Ginestra comune ( <i>Spartium junceum</i> ), con fusti verdi, eretti, foglie semplici e scarse (che cadono all'inizio dell'estate), fiori grandi, odorosi, giallo-dorati, riuniti in racemi e frutti a legume ricchi di semi; è un elemento caratteristico del paesaggio vegetale italiano.	

## 5. PROGETTO DELLE OPERE GEOTECNICHE:

### 5.1- Inquadramento geologico e geomorfologico dell'area interessata

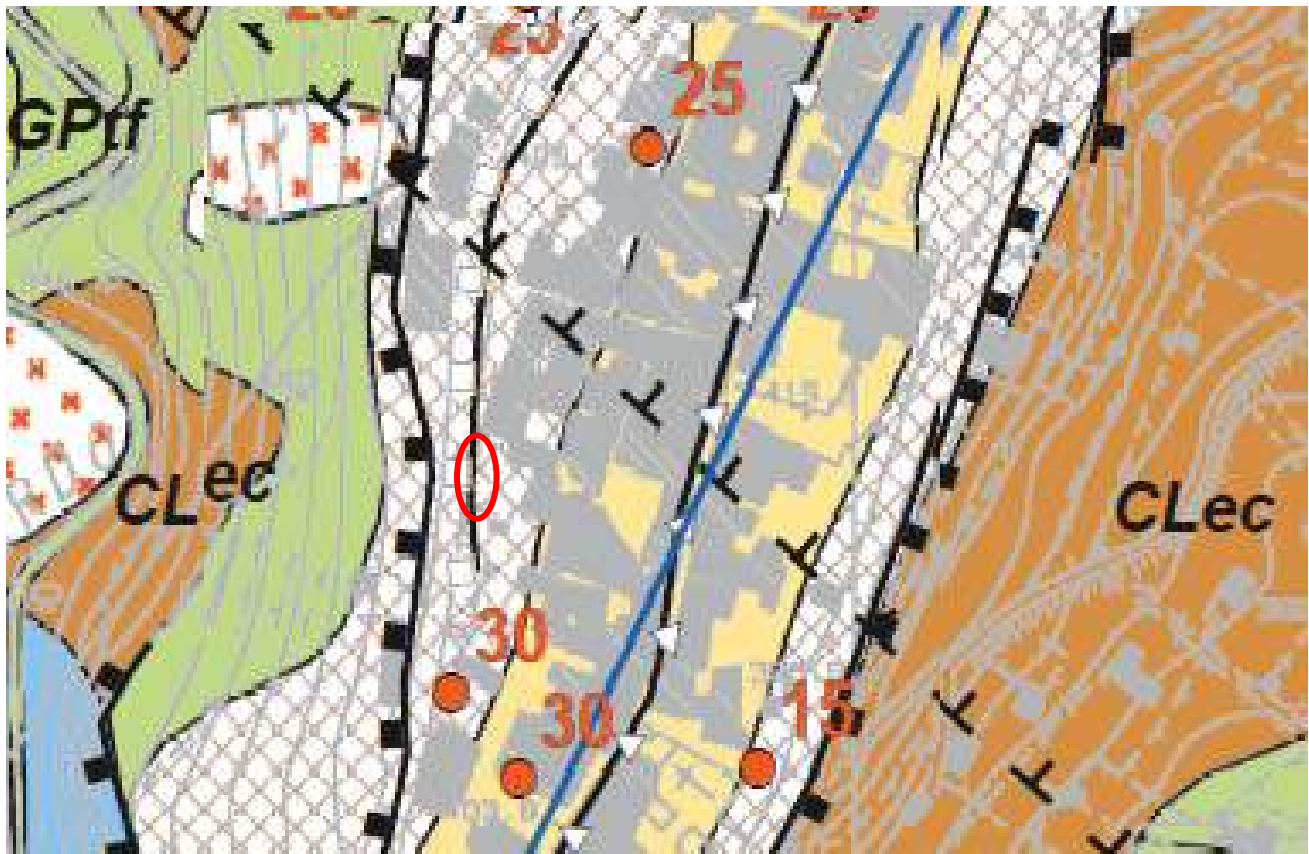
L'area interessata dalle opere progettuali è ubicata nel settore sud-occidentale del Centro Storico isernino, in adiacenza alla Via Occidentale, ed occupa la parte alta della dorsale su cui si sviluppa tutto il centro urbano.

La dorsale si estende secondo la direttrice SW-NE con un assetto morfologico interessato da classi di acclività generale dell'ordine dei 10°-12°, fatta eccezione dei salti morfologici naturali o antropici, al cui piede di uno di essi è localizzato il muro oggetto di ricostruzione e di risanamento.

Il muro di cinta del Borgo Antico isernino, che in parte è stato oggetto di cedimenti strutturali (implosione), rientra in una fascia di territorio localizzata in adiacenza alla Via Occidentale, sulle alte falde della dorsale su cui si estende il Centro Abitato.

L'ossatura della dorsale è costituita da litofacies carbonatiche in ammasso roccioso, tra cui prevale una componente travertinosa, a copertura delle quali stanno depositi sabbioso-ghiaiosi variamente addensati a cui si associano sabbie limose e limi sabbiosi con ghiaie, talora frammisti a riporti terrigeni di natura antropica e di modesto spessore, vedasi estratto della Carta geologica dello Studio di Microzonazione Sismica.

L'area in esame è stata oggetto di studi approfonditi sia per gli interventi di riattazione post-terremoto del 7-11 maggio 1984, sia per lo studio di vulnerabilità sismica della vicina Scuola Elementare "San Pietro Celestino" (2003).



## Terreni di copertura



**RI** Riperti antropici: depositi contenenti resti di attività antropica sciolti



**GPtf** Ghiaie e sabbie pulite poco addensate, arrotondate, clasto-sostenute e poco assortite, caratterizzanti le aree dei terrazzi fluviali sospesi a pochi metri dal fondovalle



**SMzz** Alberanza di livelli travertini stromatolitici e fitoermali litoidi e di travertini fitoclastici e detritici scarsamente cementati



**CLec** Limi-sabbiosi con ghiaie centimetriche coesive consistenti di origine eluvio-colluviale caratterizzanti le aree poste alla base di scarpate e/o il fondo di depressioni morfologiche

## Instabilità di versante



**Complessa - quiescente**



**Faglia diretta non attiva (presunta)**



**Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato rigido**



**Area interessata dai lavori di ricostruzione del muro di**

cinta

*Estratto dalla Carta Geologica dello Studio di Microzonazione Sismica (art. 11 – Legge 24/6/2009 n. 77)*



## Legenda

### Zone stabili

Substrato lapideo stratificato

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- |   |                                                                                                                                                                                                            |   |                                                                                                                                                                                                                         |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | ZONA 1: argille limose, ghiaiose o sabbiose, argille lineate, di spessore medio maggiore di 50m                                                                                                            | 2 | ZONA 2: sabbie limose, miscela di sabbie e limo associabili a travertini liscivi e sabbiosi di spessore fino a 25m, sovrapposti alle argille limose, ghiaiose o sabbiose CL                                             |
| 3 | ZONA 3: ghiaie limose, miscela di ghiaie sabbie e limo, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaiose-sabbiose CL                                                                  | 4 | ZONA 4: ghiaie pulite con granulometria ben accorta, miscela di ghiaie e sabbie con spessore di almeno 20m, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaiose-sabbiose CL                           |
| 5 | ZONA 5: limo, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi del bacino intermedio di le Rose, di spessore di almeno 25m sovrapposti al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaiose-sabbiose CL | 6 | ZONA 6: ghiaie limose, miscela di ghiaie sabbie e limo, di fondo detritico o conoidi, sovrapposte al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaiose-sabbiose CL o al limo, sabbie fini limose o argillose di ML |
| 7 | ZONA 7: argille ghiaiose, sabbiose, o limose, elevati colluviali                                                                                                                                           | 8 | ZONA 8: ghiaie pulite con granulometria ben accorta, di ambiente di lora, canale o argine fluviale                                                                                                                      |
| 9 | ZONA 9: Terreni contenenti resti di attività antropica, di spessore fino a 15m, sovrapposti al substrato lapideo stratificato o alle argille ghiaiose-sabbiose CL                                          |   |                                                                                                                                                                                                                         |

### Zone suscettibili d'instabilità

- Instabilità di versante attiva
- Instabilità di versante quiescente

### Forme di superficie e sepolte

- Conoidi alluvionali
- Fanali detritici
- Orlo di scarpata morfologica (10-20 m)
- Orlo di scarpata morfologica (1-20 m)
- Orlo di terrazzo fluviale (10-20 m)
- Crete
- Pizzo isolato

### Tracce di sezione topografica

Tracce per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

### Punti di misura di rumore ambientale

Punti di misura di rumore ambientale con indicazione del valore di R

Estratto dalla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica dello Studio di Microzonazione Sismica





## 5.2- Caratterizzazione sismica secondo la normativa vigente

Il presente progetto definitivo – esecutivo è stato predisposto in conformità della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 pubblicato nel Supplemento Ordinario della G.U. 20.2.2018, n. 42.

Il sito di intervento è, alla attualità, individuabile con coordinate:

Sito di intervento Via Occidentale	
Sistema di riferimento ED50	
Latitudine	41,588987
Longitudine	14,225368
Sistema di riferimento WGS84	
Latitudine	41,58727484
Longitudine	14,22452985

Le coordinate e le valutazioni di seguito riportate, permettono di definire i parametri spettrali, ai sensi di quanto stabilito Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018, si ha quindi:

- Classe delle opere II, scelta in base alla tipologia di struttura, ovvero, *“Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti”*;
- Vita nominale di 50 anni.

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato limite	Tr (anni)	$a_g/g$	$F_0$	$T_c^*$
Operatività	30	0.071	2.381	0.280
Danno	50	0.091	2.379	0.290
Salvaguardia Vita	475	0.263	2.350	0.364
Prevenzione Collasso	975	0.349	2.375	0.381

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè, dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido, con superficie topografica orizzontale, i sottosuoli oggetto degli interventi appartengono alla categoria B, come definito al paragrafo 3.2.2 della NTC 2018.

Il sottosuolo di categoria B, è segnalato come *“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", la categoria topografica T1 per l'intervento, come dichiarato dal Dott. Geologo Aldo Succi nella Relazione Geologica allegata alla presente relazione.

L'adozione dei valori dei carichi permanenti ed accidentali è avvenuta, dopo un'attenta valutazione delle azioni sulla strutture che determinano le massime sollecitazioni.

Ai sensi della normativa NTC 2018, per la determinazione del modello geotecnico schematico si sono utilizzate le risultanze delle prove penetrometriche dinamiche, i sondaggi a carotaggio continuo della campagna indagini commissionata dai privati e dall'Amministrazione Comunale, con prelievo di campioni e prove S.P.T.

Per la caratterizzazione della risposta sismica del terreno è stata rielaborata una prospezione sismica Down-Hole (DH), in corrispondenza del sondaggio S11L a carotaggio continuo, per il suo posizionamento "vedasi la Relazione Geologica" allegata alla presente progettazione.

### 5.3- Criteri di progettazione utilizzati nelle verifiche e della normativa di riferimento

Le NTC 2018 per i **fronti di scavo e rilevati** al punto 7.11.4 prevede l'utilizzo dei metodi pseudo-statici per la determinazione dell'azione sismica rappresentata da un'azione statica equivalente.

Le componenti, orizzontale e verticale, possono esprimersi  $F_h = k_h \times W$  e  $F_v = k_v \times W$  con  $k_h$  e  $k_v$ , rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontali e verticali:

$$k_h = \beta_s \times a_{max}/g \quad [7.11.3]$$

$$k_v = \pm 0,50 \times k_h \quad [7.11.4]$$

dove:

- $g$  è l'accelerazione di gravità;
- $a_{max}$  = accelerazione orizzontale massima attesa;
- $\beta_s$  è il coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito pari a 0,38 per lo stato limite ultimo SLV 0,47 per stato limite di esercizio SLD.

Si ha per cui che i coefficienti sismici orizzontali verticali sono quelli riportati nella figura di seguito, lo stato limite di riferimento per la verifica di stabilità e SLV.

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera

Fronti di scavo e rilevati

SL	amax [m/s²]	β	k <sub>h</sub> [-]	k <sub>v</sub> [-]
SLO	0,852	1,0	0,0869	0,0434
SLD	1,08	0,47	0,0518	0,0259
SLV	2,9857	0,38	0,1157	0,0579
SLC	3,6646	1,0	0,3737	0,1869

Stato limite di riferimento

SLV

### 5.4- Definizione del modello geotecnico

Dallo studio geologico commissionato dall'Amministrazione Comunale, nello specifico gli elaborati denominati "Relazione Geologica" e "Quaderno indagini", nonché, dalle compagnie indagini pregresse, sono state desunte una serie informazioni utili, su cui si è basata la progettazione definitiva – esecutiva, di seguito si riportano i principali



parametri geotecnici utilizzati per il dimensionamento strutturale geotecnico, per quanto non espressamente dichiarato nel presente paragrafo si rimanda alla Relazione Geotecnica allegata alla presente progettazione.

<b>INTERVENTO RICOSTRUZIONE MURA URBICHE</b>			
<b>Unità A</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	1900	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2000	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo
$c'$	0.12	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco*
$\phi'$	28°	°	angolo di resistenza al taglio di picco*
Cu	1,184	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata
<b>Unità B</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	1900	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2000	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo
$c'$	0.15	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco*
$\phi'$	25°	°	angolo di resistenza al taglio di picco*
Cu	1,554	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata
<b>Unità C</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	2000	kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2100	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo
$c'$	-	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco
$\phi'$	30°	°	angolo di resistenza al taglio di picco
Cu	-	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata
<b>Unità D</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	2000	kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2100	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo
$c'$	0,2	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco
$\phi'$	23°	°	angolo di resistenza al taglio di picco
Cu	2,264	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata
<b>Unità E</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	2000	kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2100	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo
$c'$	0,14	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco
$\phi'$	21°	°	angolo di resistenza al taglio di picco
Cu	1,776	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata
<b>Unità F</b>			
<i>parametro</i>	<i>valore</i>	<i>unità di misura</i>	<i>descrizione</i>
$\gamma$	2000	kN/m <sup>3</sup>	peso di volume naturale
$\gamma_{sat}$	2100	kgf/m <sup>3</sup>	peso di volume saturo





c'	0,10	Kgf/cm <sup>2</sup>	coesione efficace di picco
φ'	28°	°	angolo di resistenza al taglio di picco
Cu	-	Kgf/cm <sup>2</sup>	Coesione non drenata

La classificazione sismica del terreno è di **categoria di suolo di tipo B**, appartenente alle *"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"*, si è utilizzata la categoria topografica T1 come risultante nella "Relazione Geologica".

Non è stata rinvenuta od intercettata alcuna falda freatica, come dichiarato dal consulente geologo nella relazione geologica allegata alla presente progettazione.

### 5.5- Analisi dei carichi e dei sovraccarichi

L'intervento prevede quindi la demolizione del muro a gravità esistente in pietra e la realizzazione di muro a mensola in c.a. con altezza massima del paramento pari 600 cm. A tergo del muro sarà creato un drenaggio, con materiale arido avvolto nel geotessuto, le acque raccolte dal drenaggio saranno convogliate tramite la tubazione microfessurata in PEAD alla zanella esistente su via Occidentale.

I carichi agenti sul muro sono stati valutati tramite il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018. Valutata la tipologia di opera a si è considerato un carico costituito dalla folla compatta, agente con intensità nominale, comprensiva degli effetti dinamici pari a 5,00 kN/m<sup>2</sup>, tale carico è individuabile tramite la tab. 3.1. Il *"Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni"*, alla categoria C per "Ambienti suscettibili di affollamento", per l'ambiente C3.

Il carico da neve al suolo è stato calcolato conformante alle NTC 2018, si riporta di seguito i principali dati per l'implementazione ed il risultato del sovraccarico:

<u>Provincia</u> :	ISERNIA
<u>Zona</u> :	2
<u>Altitudine a<sub>s</sub></u> :	400 m s.l.m.
<u>Esposizione</u> :	Normale
<u>Periodo di ritorno</u> :	50 anni

Il carico neve sulle coperture viene valutato con la seguente espressione:

$$q_s = m_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t \text{ KN/m}^2$$

dove:

- $m_i$ , corrisponde al Coefficiente di forma della copertura;
- $C_E = 1.0$ , corrisponde al Coefficiente di esposizione;
- $C_t = 1.0$ , corrisponde al Coefficiente termico;
- $q_{sk} = 1,44 \text{ KN/m}^2$ , corrisponde al Carico neve al suolo.

Si ha quindi un valore del sovraccarico dovuto alla neve pari a 146,84 Kg/mq, a vantaggio di sicurezza si utilizzerà un valore pari a 150,00 Kg/mq.



Si è inoltre, considerato per il dimensionamento ai fine strutturali e geotecnici il carico del rivestimento del paramento in pietra, avente uno spessore di circa 30 cm con un peso per unità di volume pari a 2000,00 Kg/mq.

Per la verifica numerica è stato necessario effettuare la stima del carico dell'edificio, gravante a circa 10,00 ml dal paramento del muro a gravità esistente, essendo in muratura a tre livelli il suo carico è stato posto pari a 10.000,00 kg/mq.

L'effettivo posizionamento dei carichi è desumibile dallo schema grafico di modellazione, vedasi elaborato specifico allegato alla presente progettazione.

#### **5.5- Previsioni progettuali delle opere geotecniche**

L'intervento prevede la riprofilatura del terreno a monte del muro collassato, la messa in opera di un sistema antiersivo e la sua successiva rinaturalizzazione, nelle seguenti fasi:

- Riprofilatura del terreno di monte secondo le indicazioni degli elaborati grafici di progetto, le scarpate avranno la pendenza massima data dal rapporto di 1:1, al fine di garantirne la stabilità sono state previste due banche, una iniziale ed una intermedia, che hanno il compito, data l'altezza compressiva di circa 6,00 ml, di evitare la creazione di superfici di scivolamento di tipo circolare che ne possono compromettere la stabilità;
- Messa in sicurezza della porzione di muro a gravità non collassato, avente altezza massima di 2,00 ml, mediante operazioni di cuci e scuci, di stillatura ed intasamento dei giunti mediante geo malte certificate;
- Realizzazione del rivestimento corticale della scarpata, costituita da una biostuoia in fibra di paglia e cocco con il compito di fertilizzare il terreno da coltivo, precedentemente steso, il posizionamento della geogriglia tridimensionale grimpante, che avrà il compito di trattenere il terreno ed evitare fenomeni di erosione superficiale, data però la necessità di posizionare essenze per naturalizzare la scarpata che comporta la creazione di fori sulla geogriglia si è posizionata una rete a maglia romboidale in acciaio che consente la stabilizzazione del sistema mediante picchetti in acciaio di L=70-100 cm. La successiva stesa di un ulteriore strato di terreno vegetale per l'intasamento della geogriglia e consente di mascherare tutti gli elementi stabilizzanti, è stato altresì previsto la semina delle scarpate con essenze erbose al fine di naturalizzare rapidamente la zona;
- Sistema di raccolta delle acque meteoriche mediante canalette in acciaio ondulato, che consento la tenuta idraulica, non disperdendo le acque nella riprofilatura che ne potrebbero compromettere la stabilità, inoltre, tali elementi non saranno visibili dal piano viario essendo interrati e mascherati dalla essenze vegetative. Le canalette sono a basso onere manutentivo e maggiore durabilità;
- Rifacimento del manto stradale in conglomerato bituminoso, binder, per uno spessore di 7 cm ed uno strato di usura, tappetino, di 3cm.

#### **5.6- Caratteristiche dimensionali, dei materiali e principali verifiche strutturali**

Le verifiche sono state condotte secondo il punto "6.3 Stabilità dei pendii naturali" e "6.8 Opere di materiali sciolti e fronti di scavo" del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 pubblicato nel Supplemento Ordinario della G.U. 20.2.2018, n. 42.

Il coefficiente di sicurezza pari a 1,10 è stato scelto dal progettista, come richiesto al punto 6.8.2 in funzione del



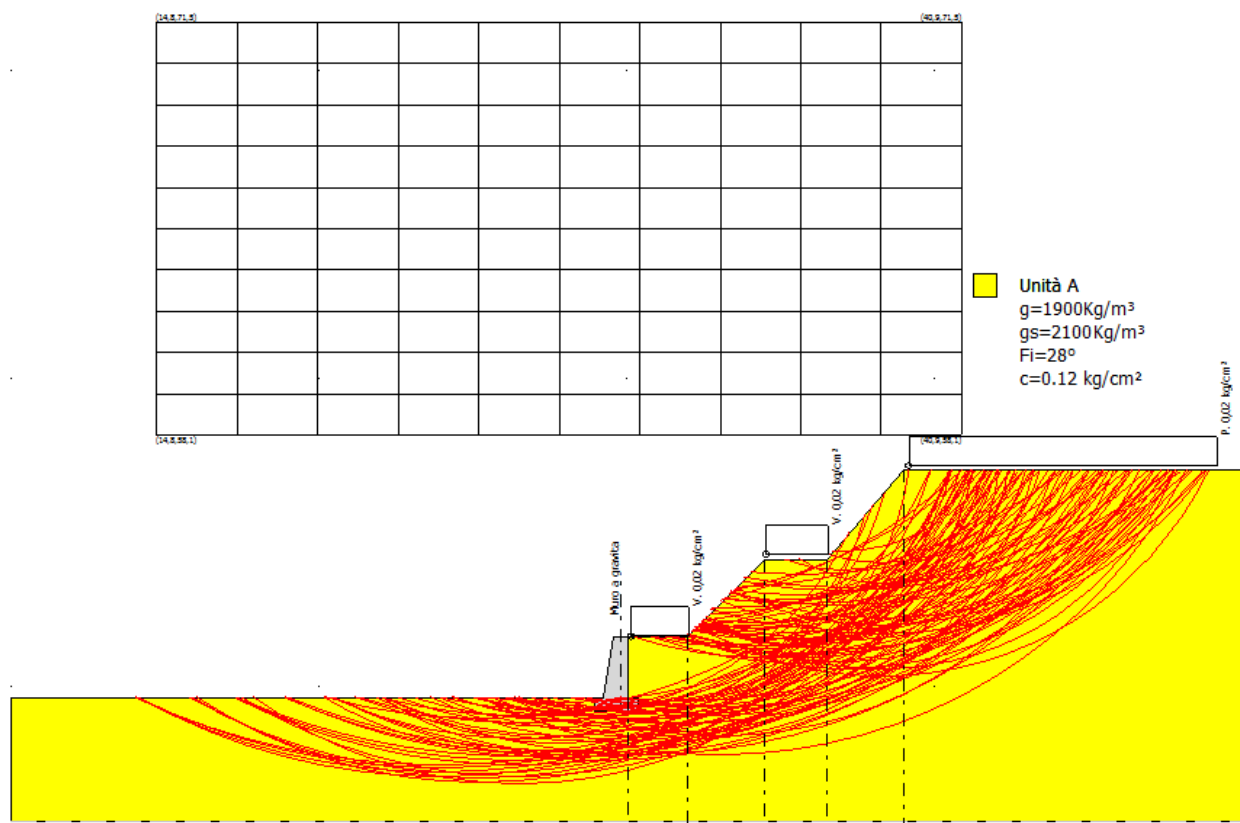
rapporto tra la resistenza al taglio disponibile lungo la superficie di scorrimento e lo sforzo di taglio mobilitato lungo di essa, è stato imposto, considerando quello che la norma prescrive per i fronti di scavo, vedasi Tab. 6.8.I "Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di materiali sciolti e fronti di scavo" e come consigliato dall'Eurocodice 7 per lo studio dei versanti.

Il valore di resistenza di verifica lungo la superficie di scorrimento sarà eseguita impiegando sia i parametri geotecnici risultanti dal modello geotecnico, precedentemente indicato e considerando i coefficienti riduttivi della tabella 6.2.II delle NTC 2018.

Tab. 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

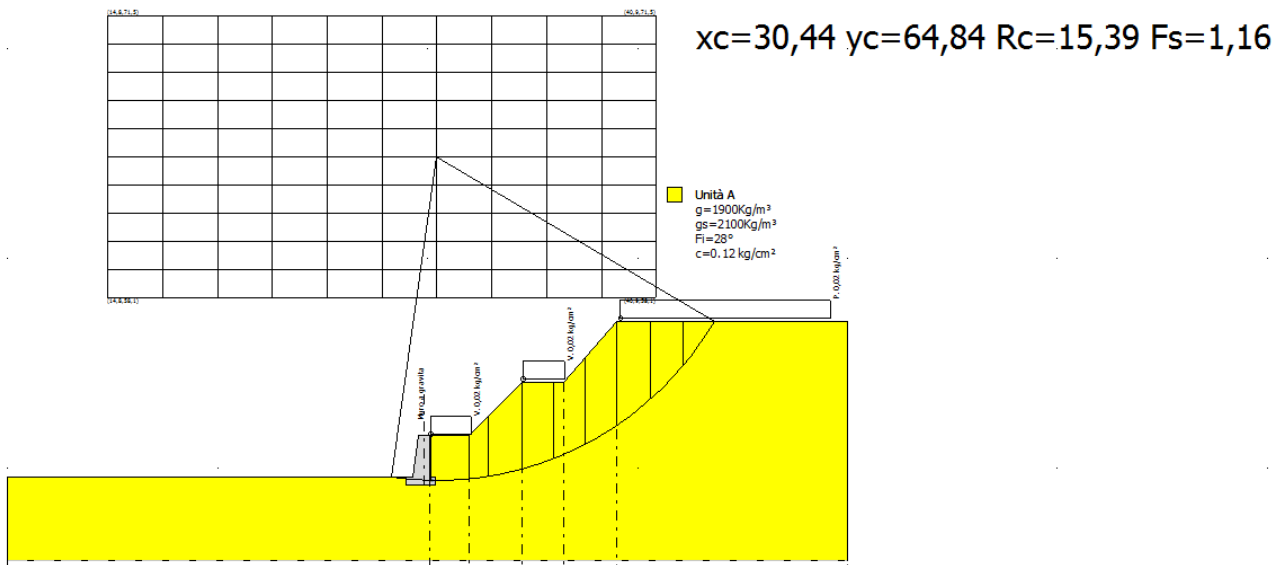
Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_\varphi$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_v$	$\gamma_v$	1,0	1,0

Le verifiche di sicurezza di studio, successivamente riportate, sono state effettuate tenendo conto del tipo di risistemazione e dei possibili cinatismi, considerando forma e posizione della eventuale superficie di scorrimento possibili.



Superfici calcolate



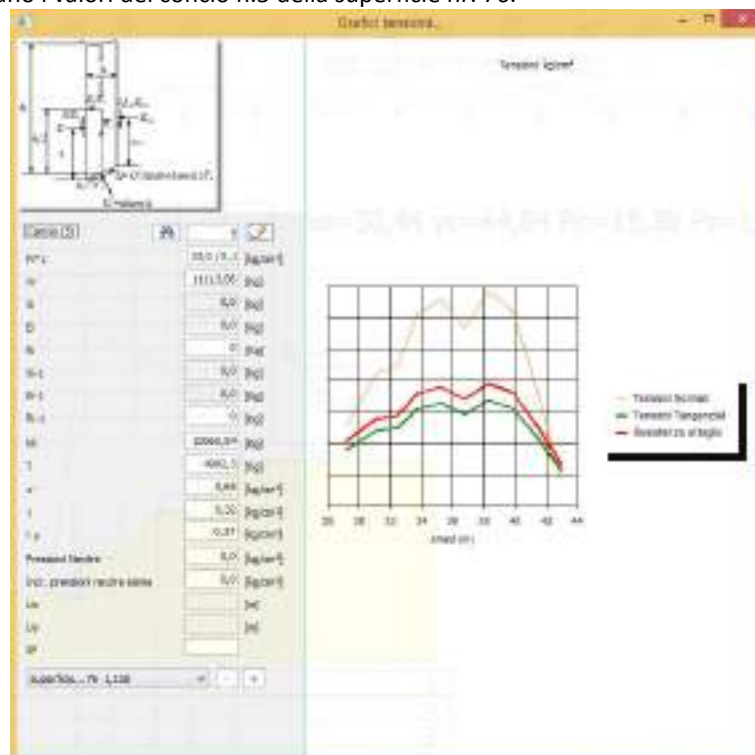


*Superficie caratteristica con coefficiente di sicurezza minimo*

Si ha quindi la conferma che la modellazione basata sul calcolo, mediante il software Slope 2018 della casa Geostru, individua una superficie con coefficiente inferiore all'unità e quindi con grado di mobilitazione tale da poter considerare i valori dell'angolo di attrito residuo.

In programma Slope della Geostru, utilizzato per le verifiche di stabilità in questione, consente inoltre, di visualizzare gli sforzi agenti sulla superficie di calcolo e di visualizzare l'andamento degli sforzi normali, quelli tangenziali, delle pressioni neutre e dell'incremento delle pressioni neutre dovute al sisma. Le pressioni neutre sono calcolate dal programma se è stata introdotta la falda e gli strati lungo la superficie di scorrimento sono stati dichiarati permeabili. I risultati sono rappresentati graficamente ed in forma numerica, i valori delle tensioni sono restituiti concio per concio e per ciascuna superficie di scorrimento esaminata.

Nello specifico si riportano i valori del concio n.5 della superficie nr. 76.



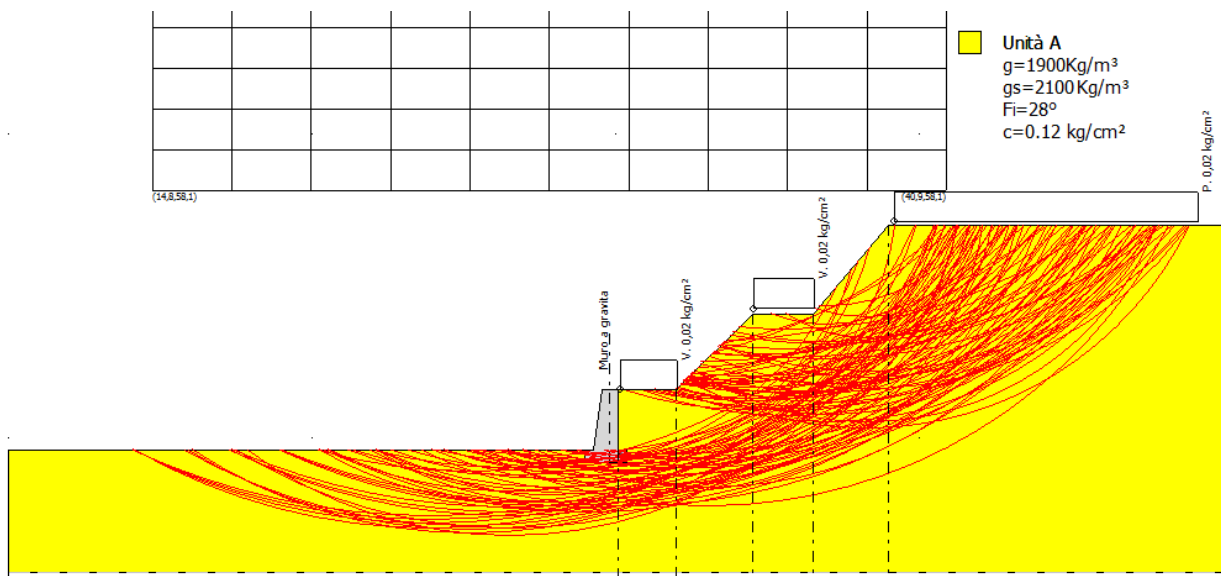


Si ha quindi che il valore di sicurezza minimo dato dal rapporto tra resistenza al taglio disponibile, con il suo valore caratteristico e sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento effettiva o potenziale, ovvero:

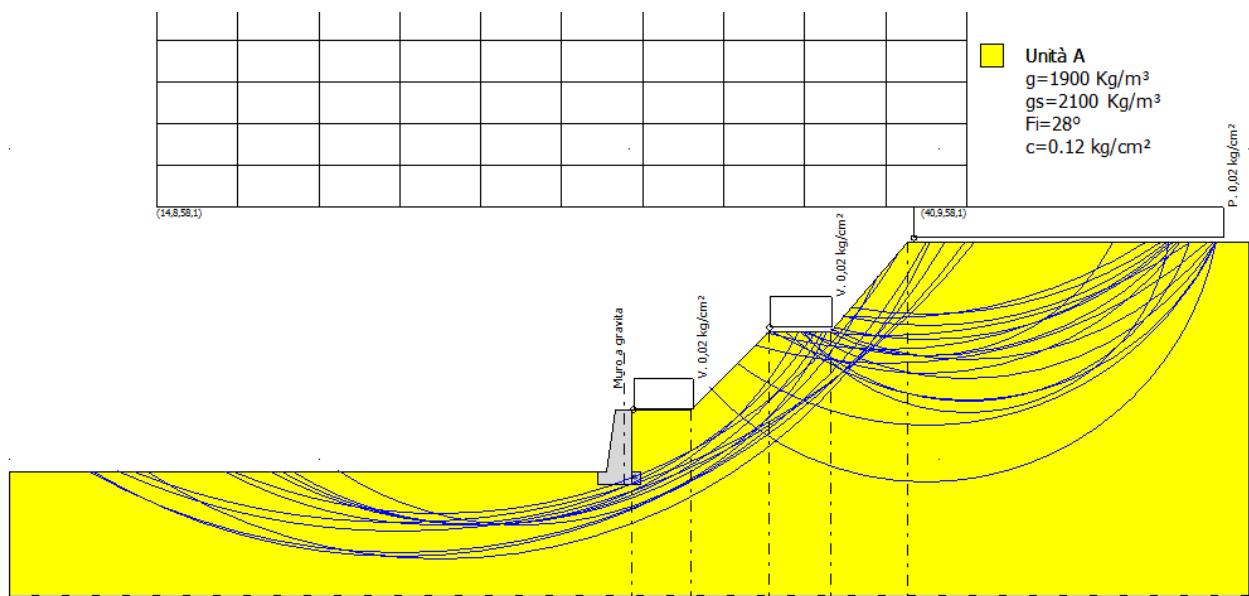
$$FS = \tau_s / \tau_m = 0,37 / 0,32 = 1,158$$

- $\tau_s$  resistenza al taglio disponibile valutata con parametri caratteristici;
- $\tau_m$  sforzo di taglio mobilitato lungo la superficie di scorrimento, effettiva o potenziale.

Appare adeguato sulla base del livello di conoscenze raggiunto, dell'affidabilità dei dati disponibili e del modello di calcolo adottato in relazione alla complessità geologica e geotecnica.



*Superfici calcolate, con coefficiente di sicurezza compreso tra 1,16 e 1,95*



*Superfici calcolate, con coefficiente di sicurezza compreso tra 1,95 e 2,75*

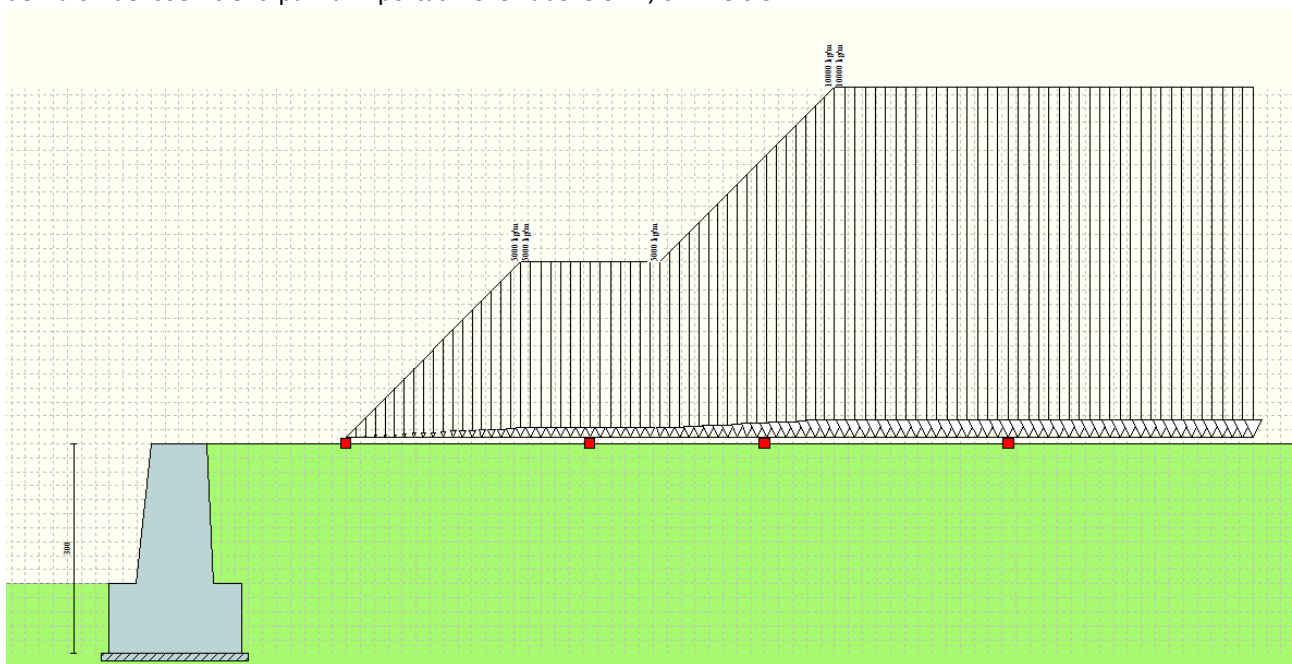
Il muro di sostegno esistente in materiale lapideo a gravità è stata verificata agli stati limite, accertando che la condizione [6.2.1] sia soddisfatta per ogni stato limite considerato, in conformità della normativa tecnica per le costruzioni in zona sismica di cui al Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018

pubblicato nel Supplemento Ordinario della G.U. 20.2.2018, n. 42:

- *SLU di tipo geotecnico (GEO)*
  - scorrimento sul piano di posa;
  - collasso per carico limite del complesso fondazione-terreno;
  - ribaltamento;
  - stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno;
- *SLU di tipo strutturale (STR)*
  - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali.

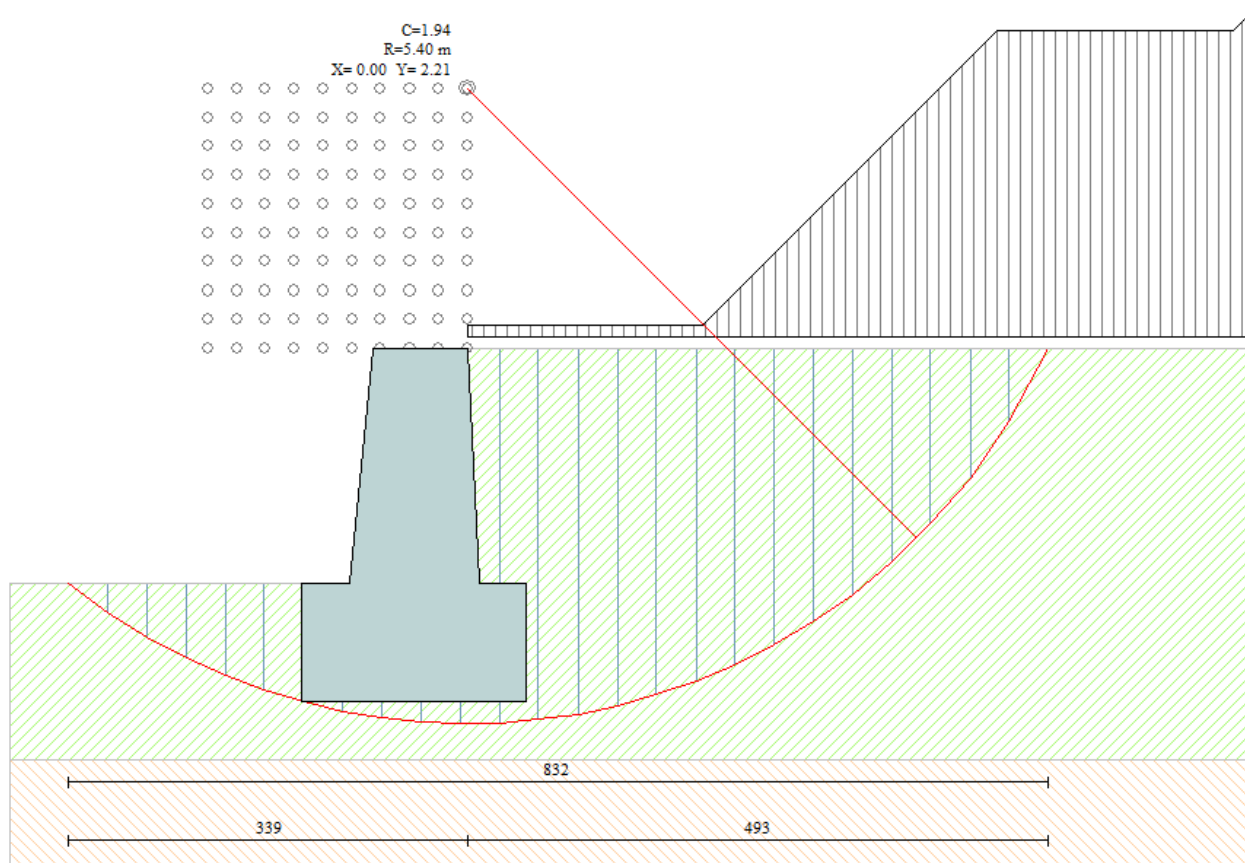
La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno-terreno è stata effettuata, analogamente a quanto previsto al § 6.8, secondo l'Approccio 1, con la Combinazione 2 (A2+M2+R2), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I e 6.2.II per le azioni e i parametri geotecnici e nella Tab. 6.8.I per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo.

Le rimanenti verifiche sono state effettuate secondo l'Approccio 2, con la combinazione (A1+M1+R3), tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.5.I.



*Distribuzione dei carichi sul profilo*





Stabilità globale combinazione 6, coefficiente di sicurezza minimo pari a 1,94

Dettagli coefficienti di sicurezza globali e spinte

Comb.	Tipo comb.	Sisma	FS (ribalt)	FS (scorr)	FS (quilt)	FS (stab)	Spinta[kg]	Incr. sism.[kg]
1	A1-M1 - [1]	--	--	2,88	8,91	--	1441,61	0,00
2	EQU - [1]	--	20,49	--	--	--	1441,61	0,00
3	STAB - [1]	--	--	--	--	1,98	1733,71	0,00
4	A1-M1 - [2]	--	--	2,68	8,78	--	1570,11	0,00
5	EQU - [2]	--	17,94	--	--	--	1570,11	0,00
6	STAB - [2]	--	--	--	--	<b>1,94</b>	1864,58	0,00
7	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	<b>1,70</b>	<b>8,59</b>	--	622,52	933,87
8	A1-M1 - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	1,78	9,60	--	622,52	652,08
9	EQU - [3]	SismaH + SismaV positivo	2,86	--	--	--	622,52	1660,80
10	EQU - [3]	SismaH + SismaV negativo	<b>2,57</b>	--	--	--	622,52	1221,30
11	STAB - [3]	SismaH + SismaV positivo	--	--	--	2,02	622,52	933,87
12	STAB - [3]	SismaH + SismaV negativo	--	--	--	2,07	622,52	652,08
13	A1-M1 - [4]	SismaH + SismaV positivo	--	1,70	8,59	--	622,52	933,87
14	SLEQ - [1]	--	--	6,58	8,88	--	622,52	0,00
15	SLEF - [1]	--	--	6,47	8,86	--	634,11	0,00
16	SLER - [1]	--	--	6,03	8,77	--	683,82	0,00

Quadro sintetico dei coefficienti di sicurezza



### 5.7- Individuazione dei siti di cava e di deposito temporaneo

Il presente paragrafo contiene le indicazioni e gli accertamenti fatti ai sensi dell'art. 19 del D.P.R. n. 207 del 05/10/2010, ovvero, per le parti ancora non abrogate dal D.Lgs. 50/2016, relative alla disponibilità sul territorio del Comune di Isernia, in particolare nelle vicinanze dell'area di intervento, di siti di cava per quanto riguarda il prelievo delle materie prime necessarie alla realizzazione dell'opera e delle discariche per quanto concerne la gestione e lo smaltimento dei rifiuti provenienti dalle lavorazioni e soprattutto dallo scavo a tergo del muro collassato.

La Regione Molise con la legge n. 11 del 5 aprile 2005, disciplina l'attività di coltivazione delle cave e delle torbiere da parte dei soggetti interessati, di seguito si riporta l'elenco delle cave attive redatta dagli uffici regionali competenti.

I dati sono stati raccolti al fine di appurare la possibilità di soddisfare le esigenze del progetto nell'ambito di un'area non eccessivamente estesa, individuando all'interno di quest'ultima gli impianti in grado di fornire materiali dalle caratteristiche e quantità simili a quelle richieste dal progetto, e i siti più vicini e facilmente raggiungibili per il conferimento dei materiali provenienti dagli scavi e dalle demolizioni.

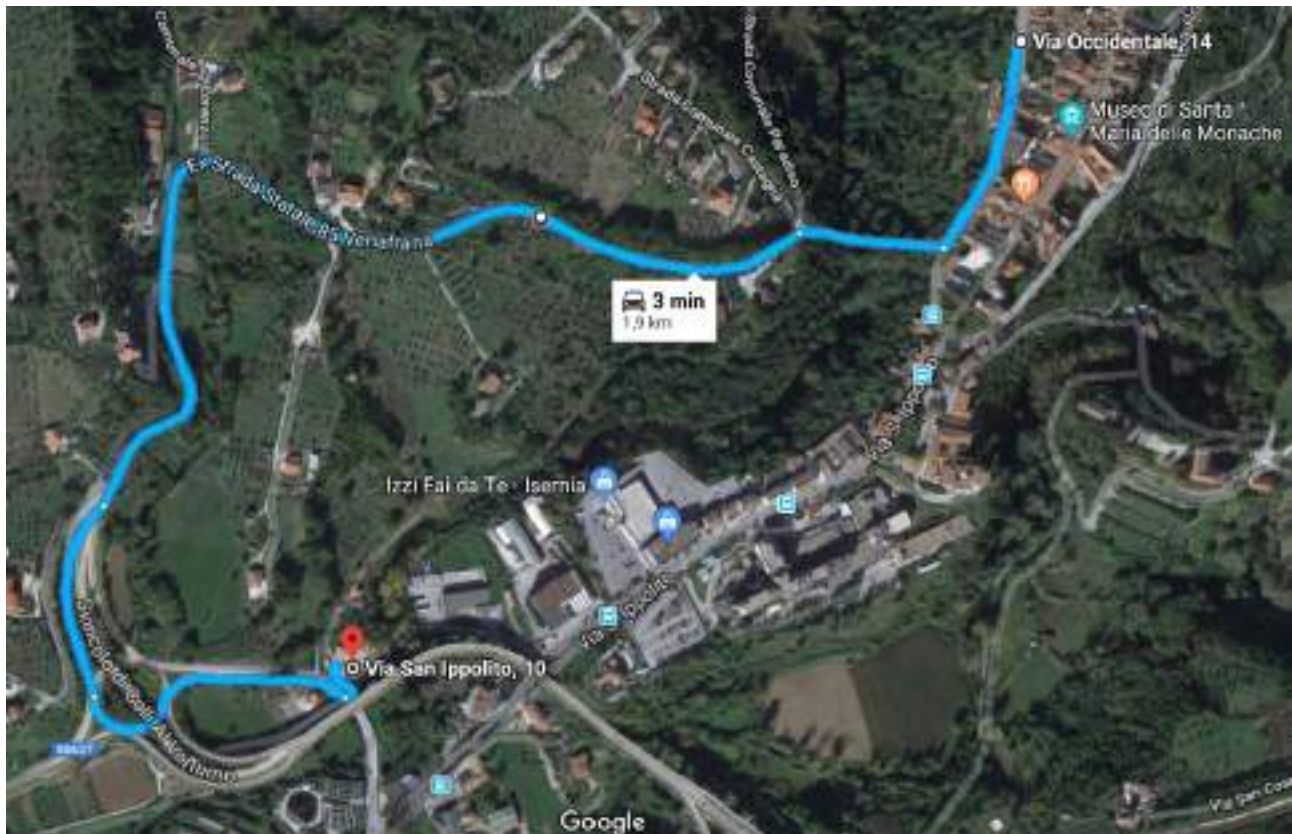
Le informazioni riportate di seguito sono scaturite da contatti sul territorio con le imprese di costruzione e lavorazione e/o recupero materiale di cava nonché contatti con Enti Locali, sono riportate nell'elaborato specifico allegato al progetto esecutivo.

La localizzazione dell'area da adibire a deposito temporaneo per il materiale proveniente dagli scavi, prodotti dalle attività di cantiere, è stata individuata dal gruppo di progettazione sulla base dei seguenti criteri:

- La superficie dedicata al deposito temporaneo deve, in via preferenziale, essere individuata in un'area di impianto già adibita a piazzale, allo scopo di evitare l'eventuale contaminazione dei suoli, altrimenti, se non si individuano aree esistenti, il coordinatore dovrà provvedere alla sistemazione dell'area mettendo in atto opportuni sistemi per garantire una separazione fisica del piano di appoggio delle aree di deposito dai suoli interessati;
- le aree di deposito devono risultare poste planimetricamente in zone tali da minimizzare i percorsi dei mezzi interni al cantiere dalle aree di lavorazioni al deposito stesso;
- il percorso dei mezzi trasportatori a destino finale per le operazioni di carico, cercando di evitare interferenze dello stesso con le attività di cantiere.

L'area è stata individuata Via San Ippolito n.10, ovvero il deposito degli autobus comunali, di seguito si riporta il percorso che i mezzi di cantiere dovranno effettuare.

Ufficio Attività Estrattive, Isernia - elenco cave attive - giurisdizione di ISERNIA aggiornamento al 14.07.09				
N.	COMUNE	LOCALITA'	DITTA	MATERIALI
1	ASONE	PETRA DEL MELO	DI NINO MICHELE	CALCARE
2	ASONE	ROCCATAMBURI	CORTINAZZI E APPALTI R. PARRINELLO Snc	CALCARE
3	CARPONE	COLLE PROSSIMO	SEPC S.p.A.	CALCARE
4	FLIGNANO	COLLE TACCOSSA	M.C. GROUP	CALCARE
5	FROSOLONE	GRUTTE	PALLANTE	CALCARE
6	FROSOLONE	MOROS CARISIMI	COLUMBUS MICHELE	CALCARE
7	ISERNIA	TIGRO	SEPC	CALCARE
8	ISERNIA	COLLE DEI CERRI	STUVA SIMONE	CALCARE
9	MACCHIADEOLERA	CRETA ROSA	SARILE LIBERATO	MARSA CALCARE
10	MONTESODUNI	PIETRALATE	D'LAURO (FRANCESCO E FIGLI)	PIETRA VERDELLA
11	ROCCAMANDOLFI	S. LUCA	EDIL STRADE E TERMICA (SRL)	CALCARE
12	ROCCASPIERA	MONTESANO	LOMBARDI LUISANO	CALCARE
13	S. ADAMATO	LE ARSE	D'LEONARDO ANTONIO	CALCARE
14	SESTO CAMPANO	CASTELLO DIRITO	MERIDIANA S.R.L.	CALCARE
15	VENAFRO	MARTINE	M.C. GROUP	SABBA E GHIAIA



*Area di deposito temporaneo dei materiali di risulta*

#### 5.8- Individuazione e risoluzione delle interferenze

Il censimento delle interferenze è avvenuta conformemente art.26 lettera l) del DPR 207/2010 “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163”, ovvero, per le parti ancora non abrogate dal D.Lgs. 50/2016.

Le interferenze riscontrabili nella fase di progettazione sono state ricondotte a tre tipologie principali:

- Interferenze aeree, fanno parte di questo gruppo tutte le linee elettriche, l’illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- Interferenze interrato, fanno parte di questo gruppo i gasdotti, le fognature, gli acquedotti;
- Interferenza puntuali, fanno parte di questo gruppo tutte le essenze arboree che possono ostacolare od interferire con le lavorazioni o con la movimentazione dei mezzi e dei materiali.

Per quanto riguarda le interferenze superficiali, come le linee ferroviarie e i canali e i fossi irrigui a cielo aperto nell’ambito del presente progetto non sono state riscontrate.

Nello specifico sono state valutate i seguenti aspetti riguardanti la presenza di impiantistiche interne ed esterne alle opere oggettivamente o potenzialmente interferenti, che sono:

- la presenza di linee elettriche con conseguente rischio di elettrocuzione/folgorazione per contatto diretto o indiretto;
- il rischio di intercettazione, specie nelle operazioni di scavo, di linee o condotte del servizio idrico, di scarico, telefonico, ecc;

Il censimento delle interferenze è avvenuto mediante dal rilievo fotografico che ha permesso di redigere la planimetria delle interferenze come si evince dall’elaborato specifico del progetto definitivo – esecutivo.



Inoltre, durante la realizzazione del sondaggio veniva riscontrato la presenza di alcuni sottoservizi non commissionati e gestiti dal Comune di Isernia. L'ATP riferiva che dalla documentazione raccolta la presenza di un cavidotto della fibra ottica posata tramite il sistema No dig dall'ente gestore.

In data veniva effettuato 15 novembre 2018, veniva richiesto dall'ATP un sopralluogo con il personale del Servizio di Manutenzione del Comune di Isernia al fine di accertare l'effettivo posizionamento e profondità del cavidotto della fibra ottica posata tramite il sistema No-Dig.

In data 17 novembre 2018 veniva commissionata dall'ATP un indagine georadar per l'individuazione del cavidotto, che confermava il possibile posizionamento indicato dal personale comunale.

L'utilizzo di questo sistema ha consentito di individuare la presenza del cavidotto della fibra ottica posata tramite il sistema No-Dig, inoltre ha consentito di escludere la presenza di cunicoli, allacci idrici, linee elettriche sotterranee limitrofe alla zona di intervento, riducendo il rischio di un ritardo nelle lavorazioni ed un pericolo per le maestranze, oltre che la ovvia interruzione di un pubblico servizio.

Il sistema georadar utilizzato per la localizzazione di tutte le reti tecnologiche, ha consentito di non arrecare fastidi alla popolazione, agli utenti della viabilità cittadina, infatti il sistema non necessita di scavi nel suolo ed è capace ad individuare le reti tecnologiche indipendentemente dal materiale con il quale sono state realizzate.

Il georadar, infatti, utilizza l'indagine ecografica-elettromagnetica che consente la mappatura dei sottoservizi laddove esistono condizioni fisiche di contrasto "dielettrico" tra la tubazione interrata e il terreno circostante.

Attraverso il georadar è, inoltre, possibile determinare, anche, le caratteristiche litologiche del terreno, per una profondità limitata, a supporto di una scelta appropriata della tecnica di scavo e del posizionamento delle nuove reti tecnologiche.

L'utilizzo di questa tecnologia consente all'Amministrazione Comunale di dotarsi, nei tratti interessati dal rilevamento, di una approfondita conoscenza di tutti i servizi tecnologici, con la possibilità, di adeguarsi alla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 03/03/1999, avente per oggetto "Razionale sistemazione nel sottosuolo degli impianti tecnologici", nonché di elaborare scelte definitive sul posizionamento di nuove reti, nell'ambito di interventi successivi. Nell'ambito delle attività di progettazione, invece, questa tecnologia ha consentito il corretto posizionamento della fondazione del muro, senza incorre, in fase esecutiva, in varianti con il conseguente dilatamento dei tempi di consegna dell'opera.



*Report fotografico con indicazione dei sottoservizi presenti nella zona di intervento*



### 5.9- Individuazione delle esigenze economiche per le zone di occupazione temporanea

Le unità immobiliare risulta essere di proprietà dei:

- Sig.ra CEFALOGGI Rita descritto al foglio 55 particella 35 qualità Orto Irriguo, classe 1, sup. catastale 79 mq;
- Sig.ra CEFALOGGI Rita descritto al foglio 55 particella 82 qualità Orto Irriguo, classe 1, sup. catastale 250 mq;

Il prezzo base riferito ai valori agricoli riferiti all'anno 2014 e valevoli per l'anno 2015 (v.a.m.) ai sensi del 4° comma dell'art.41 d.l. 327 del 08 giugno 2001 e succ. mod. e int. è pari 61.523,00 Euro/Ha, si ha quindi un valore di 6,15 Euro/m<sup>2</sup>.

Dalla ricerca di mercato effettuata su terreni agricoli della zona si è potuto riscontrare un valore pari a circa 8,00 €/mq, in tale quotazione si deve evidenziare però la possibilità di realizzare piccoli manufatti ad uso agricolo secondo gli standard previsti dal P.R.G. del Comune di Isernia.

Il d.p.r. 321/2001 recante "testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di espropriazione per pubblica utilità" consente la cosiddetta "occupazione temporanea per le aree di cantiere", quando, cioè, per la esecuzione dell'opera pubblica, si presenta l'esigenza della occupazione provvisoria di suoli confinanti con quello previsto per la costruzione dell'opera.

In tale ipotesi, l'autorità espropriante può emettere una ordinanza che autorizza l'occupazione temporanea di aree non soggette al procedimento espropriativo (art.49, co.1), destinata a cessare allorché venga meno l'esigenza che lo ha determinato.

Rispetto a quello che si verifica nel caso dell'espropriazione, l'occupazione determina un effetto privativo in capo al proprietario, non riferito, però al contenuto del diritto di proprietà, quanto, in materia più circoscritta, e limitatamente ad un determinato lasso di tempo, alle facoltà di godimento del bene.

Al proprietario del fondo deve essere comunicato con atto notificato a mezzo di ufficiale giudiziario un avviso contenente l'indicazione del luogo, giorno e ora in cui è prevista l'esecuzione dell'ordinanza per l'occupazione temporanea.

In tali fattispecie al proprietario è dovuto, per ogni mese o frazione di mese, un dodicesimo dell'indennità annua, a sua volta commisurata ad un dodicesimo di quanto si sarebbe dovuto corrispondere al proprietario dell'area qualora si fosse trattato di espropriazione (art.50, co.1).

Se manca l'accordo sul corrispettivo la determinazione viene rimessa alla commissione tecnico-amministrativa; l'importo così definito viene comunicato al proprietario con atto notificato mediante ufficiale giudiziario, al fine di consentire l'eventuale giudizio di opposizione alla stima, secondo le modalità previste dal codice di procedura civile.

Foglio n.	Particella n.	Coltivazione	Occupazione mq
55	82	Orto irriguo 1	130,00
TOTALE			130,00

Valori Agricoli Medi della Provincia di Isernia annualità 2014, per seminativo irriguo VAM = 61.523,00 Euro/Ha, si ha quindi un valore di 6,15 Euro/m<sup>2</sup>, per cui 120,00 x 6.15= 738,00 euro.

Indennità per occupazione temporanea prevista in due mesi è pari a €128,12.

Il valore di mercato base per le due aree è stato posto pari a 8,00€/mq, per la particella n.82, è stato aumentato di ulteriori 5,00 €/mq al fine di considerare gli elementi accessori presenti sul fondo, si ha per cui il prospetto di seguito



riportato.

Il valore complessivo per l'esproprio aumentato del 50% considerando quindi la cessione volontaria è € 3.231,02 a cui vanno aggiunti l'indennità per occupazione temporanea prevista in due mesi è pari a €128,12 e la pratica catastale per il frazionamento posta pari a € 150,00.

#### 5.10- Quadro tecnico economico di progetto

La relazione archeologica ha messo in evidenza che al di sotto di queste particelle è ipotizzabile la presenza della continuazione della cinta muraria della colonia latina di Aesernia, visibile, in elevato, lungo la particella 2092 (foglio 55) posta a sud a meno di 50 metri di distanza e lungo la particella 33 (foglio 54) posta a nord della zona oggetto di intervento., per questo motivo sono stati previsti nel computo metrico dei pozzetti geognostici al fine di verificare, sotto diretto controllo dell'archeologo deputato alla sorveglianza, la presenza di reperti, sono stati altri allocati delle somme nel Quadro tecnico economico per realizzare ulteriori approfondimenti e/o trattamento delle risultanze.

• A) Lavori ed oneri di sicurezza	€	127.950,00
• A1) Oneri della sicurezza interni (non soggetti a ribasso d'asta pari, in termini presuntivi, al 3% di A):	€	3.515,48
• A2) Oneri del piano operativo della sicurezza (non soggetta a ribasso d'asta):		10.767,33
• A3) Lavori (soggetti a ribasso d'asta):	€	113.667,19
• B) Somme a disposizione della Stazione Appaltante:	€	72.050,00
• B1) IVA sui lavori (10% di A)	€	12.795,00
• B2) Indagini geognostiche (sondaggi - prove ed analisi di laboratorio)	€	1.923,27
• B3) IVA su indagini geognostiche (22% di B2)	€	423,12
• B2) Spese tecniche relative alla progettazione, alle necessarie attività preliminari, al coordinamento della sicurezza in fase di progettazione, alla direzione lavori ed al coordinamento della sicurezza in fase di esecuzione, assistenza giornaliera e contabilità, liquidazione, certificato di regolare esecuzione:	€	27.496,10
• B3) C.N.P.A.I.A. e I.V.A. su B2	€	7.390,95
• B4) Relazione geologica compreso Cassa Previdenza e IVA	€	5.475,26
• B5) Assistenza archeologica compreso IVA (relazione, rilievi, elaborati cartografici e sorveglianza archeologica in corso d'opera)	€	4.000,00
• B6) Spese generali 2% di A (compreso RUP)	€	2.559,00
• B7) Imprevisti e/o lavori in economia da realizzarsi secondo le indicazioni della Soprintendenza Archeologica del Molise nei limiti del 5% di A	€	5.897,55
• B8) IVA su B7(10% di B8)		589,75
• B9) Acquisizione aree ed immobili	€	3.500,00
• C) Totale generale:	€	200.000,00