

# COMUNE DI ARCIDOSO

Provincia di Grosseto

## Interventi di riqualificazione e valorizzazione dell'area "La Fratta" sottostante le Mura del Centro Storico "Lavori di consolidamento statico del versante occidentale"

(Determina n° 87 del 17/09/2025)

### Progetto Esecutivo



### 2.RILIEVI SPECIALISTICI E DIAGNOSTICA 2.3 GEOLOGIA/GEOTECNICA/SISMICA

#### OGGETTO:

Relazione geologica di fattibilità di alcuni interventi di riqualificazione  
nell'area sottostante le mura del Centro storico di Arcidosso

Elaborato: **14**

Committente: Comune di Arcidosso (GR)

Scala: A4

Il Sindaco : Dott. Jacopo Marini

Data: Novembre 2025

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Simone Savelli

Aggiornamento:

Ingegneria strutturale: Ing. Giosuè Gifuni

Revisione:

Geologia e Geotecnica - Geoamata : Geol. Alessandro Nenci - Geol.Massimo Fanti

Rilievi specialistici :

Progettazione e valutazioni economiche:

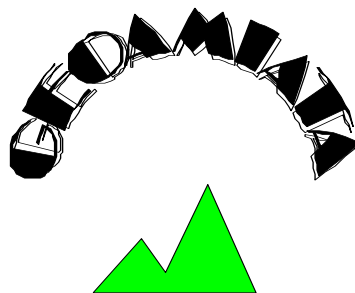
File : Elab.14\_GEO.03.pdf



Via Siria, 102 58100 Grosseto



Ing. Arch. Maurizio Di Stefano  
Via Medina 5  
80133 Napoli  
[maurizio.distefano@ordingna.it](mailto:maurizio.distefano@ordingna.it)



*Corso Toscana, 3 - 58031 ARCIDOSO*

*Tel. 0564/967404- Cell. 393/9478667*

*[a.nenci@geoamiata.it](mailto:a.nenci@geoamiata.it)*

*CF: NNCLSN87E08C085W*

*P.I.: IT02188730507*

**RELAZIONE GEOLOGICA PER IL PROGETTO  
DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA DI  
INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO DI UN  
AMMASSO ROCCIOSO**

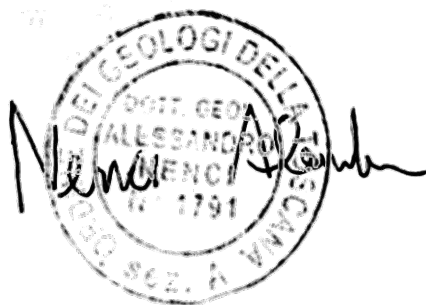
**Committente: Amm. Comunale di Arcidosso**

**Località: Piazza della Riconciliazione**

**Comune: ARCIDOSO (GR)**

**Incarico n.: 36/25**

**Data: OTTOBRE 2025**



## Sommario

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>15</b>
<b>3. MODELLAZIONE GEOLOGICA.....</b>	<b>16</b>
<b>3.1 Inquadramento territoriale .....</b>	<b>16</b>
<b>3.2. Geologia e Stratigrafia.....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Campagna di indagine.....</b>	<b>20</b>
3.3.1 Stratigrafia sondaggio geognostico S2 anno 2021.....	21
3.3.2 Stratigrafia sondaggio geognostico S1 anno 2025 (S1) .....	24
3.3.2 Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH.....	26
3.3.4 Indagine sismica a rifrazione .....	26
<b>3.4. Aspetti geomorfologici, idraulici ed idrogeologici dell'area.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Aspetti macrosismici e pericolosità sismica.....</b>	<b>33</b>
<b>3.6 P.A.I. e P.G.R.A. ....</b>	<b>36</b>
<b>4 DESCRIZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO.....</b>	<b>39</b>
<b>4.1 Descrizione strutturale Ammasso Roccioso .....</b>	<b>39</b>
<b>4.2 Caratteristiche meccaniche dell'Ammasso roccioso.....</b>	<b>43</b>
4.2.1 Metodo di Bieniawski e Romana.....	43
4.2.2 Metodo di Hoek&Brown.....	45
<b>4.3 Condizioni di stabilità dell'ammasso roccioso e possibili interventi .....</b>	<b>48</b>
<b>5. TERRE E ROCCE DA SCAVO .....</b>	<b>51</b>
<b>5.1 Gestione Ambientale delle terre e rocce da scavo .....</b>	<b>51</b>
<b>5.2 Aspetti idrogeologici per i movimenti terra in progetto.....</b>	<b>52</b>
<b>6. CONCLUSIONI.....</b>	<b>54</b>

## FIGURE

- FIG.1: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA (STRALCIO DA R.U.) IN SCALA 1:1.500;  
FIG.2: CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (STRALCIO DA R.U.) IN SCALA 1:1.500;  
FIG.3: CARTA DELLA VULNERABILITÀ DELLA FALDA (STRALCIO DA PIANO STRUTTURALE) IN SCALA 1:1.500;  
FIG.4: CARTA D IDROGEOLOGICA (STRALCIO DA PIANO STRUTTURALE) IN SCALA 1:1.500;  
FIG.5: STRALCIO PERICOLOSITÀ GEOLOGICA (STRALCIO DA PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE) IN SCALA 1:2.500;  
FIG.6: CARTA DELLE MOPS (STRALCIO DA STUDI MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO) IN SCALA 1:2.500;  
FIG.7: CARTA PERICOLOSITÀ IDRAULICA (STRALCIO DA PIANO STRUTTURALE INTERCOMUNALE) IN SCALA 1:1.500;  
FIG.8: CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGIA IN SCALA 1:2.500;  
FIG.9: STRATIGRAFIA SONDAGGIO S2-2021  
FIG.10: STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1-2025

*Relazione geologica per il progetto di fattibilità tecnico ed economica di alcuni interventi ubicati nei pressi di piazza della riconciliazione capoluogo del comune di Arcidosso*

---

FIG.11: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA CON INDICAZIONE DELLE AREE D'INTERVENTO PRINCIPALI  
FIG.12A: PLANIMETRIA DINSAR CON UBICAZIONE DEI POINT SCATTERER  
FIG.12B: GRAFICO SPOSTAMENTO DEI POINT SCATTERER  
FIG.13: PLANIMETRIA MORFOLOGICA DELL'AREA D'INTERVENTO CON INDICAZIONE DEI CORSI D'ACQUA;  
FIG.14: PLANIMETRIA DELL'AREA D'INTERVENTO CON INDICAZIONE DELLE INDAGINI;  
FIG. 15: CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E ZONAZIONE SISMICA ZS9;  
FIG.16: CARTA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA DEL P.A.I.;  
FIG.17: FOTOGRAFIA AFFIORAMENTO DIREZIONE SUD NORD (FOTO 1)  
FIG.18: FOTOGRAFIA AFFIORAMENTO DIREZIONE OVEST EST (FOTO 2)  
FIG.19: STEREOGRAMMA EQUATORIALE EMISFERO SUD)  
FIG.20: FOTOGRAFIA AFFIORAMENTO DIREZIONE OVEST EST CON INDICAZIONE DEI BLOCCHI (FOTO 1)

## **TABELLA**

Tabella 1: schema riepilogativo Prove SPT sondaggio S2 2021 .....	22
Tabella 2: schema riepilogativo Prove SPT sondaggio 2025.....	24
Tabella 3: Sintesi prove DPSH .....	26
Tabella 4: Lista degli eventi sismici più importanti avvenuti nel Comune di Arcidosso.....	34
Tabella 5: Risultati delle prove di laboratorio sui campioni di roccia .....	43
Tabella 6: Risultati della caratterizzazione con metodo Bieniawski e Romana .....	44
Tabella 7: Parametri geotecnici affioramento Beniawski.....	45
Tabella 8: Parametrizzazione delle caratteristiche delle discontinuità finalizzate al calcolo del GSI.....	47
Tabella 9: Confronto fra i risultati ottenuti da vari metodi di caratterizzazione con meccanica della roccia	48

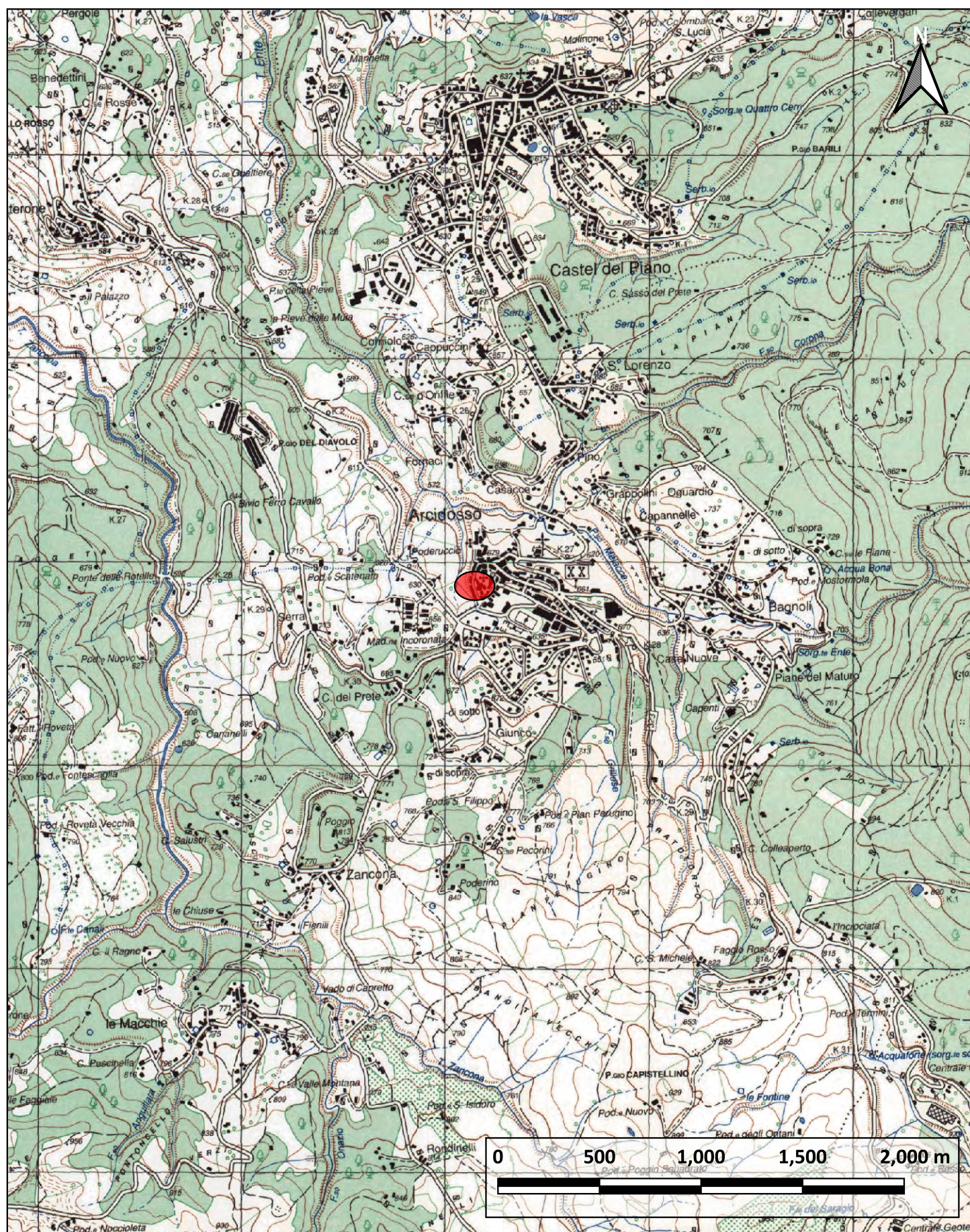
## **ALLEGATI**

ALLEGATO 1: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S2 ESEGUITO NELL'AREA D'INDAGINE - 2021  
ALLEGATO 2: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 ESEGUITO NELL'AREA D'INDAGINE - 2025  
ALLEGATO 3: REPORT E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE NEL 2025  
ALLEGATO 4: SEZIONE GEOTECNICHE DELL'AREA D'INDAGINE  
ALLEGATO 5: POINT LOAD TEST ESEGUITO SU CAMPIONE SUPERFICIALE SU CAMPIONE DI ROCCIA - 2021  
ALLEGATO 6: CERTIFICATO CAMPIONE PRELEVATO NEL 2021



# LOCALIZZAZIONE DELL'AREA D'INDAGINE

*Scala 1:25.000*





## 1. PREMESSA

Nel presente lavoro si riferisce su un'indagine geologica effettuata, su richiesta e per conto della Amministrazione comunale di Arcidosso per il progetto di fattibilità tecnico ed economica di interventi di riqualificazione e valorizzazione dell'area compresa tra via Talassese e piazza della Riconciliazione ubicata nell'area sottostante la parte SW delle mura del centro storico del capoluogo del comune di Arcidosso. Quanto in progetto si concretizza nella realizzazione dei seguenti interventi (vedi documentazione fotografica di figura 11 e planimetria figura 14):

1. Intervento 1: Passerella di accesso al camminamento presente intorno alle mura del centro storico di Arcidosso
2. Intervento 2: Muro di controscarpa con la funzione di sostegno degli elementi strapiombanti dell'affioramento roccioso;
3. Intervento 3: Realizzazione di una trincea necessaria all'arresto di alcuni blocchi disaggiati dal fronte roccioso;
4. Intervento 4: Consolidamento strutturale dello sperone di arenaria Pietraforte presente sotto il muro del ristorante *Bastarda Rossa*.

*Fa parte del progetto anche il consolidamento del muro di sostegno in pietra che delimita il giardino del ristorante "Bastarda Rossa"; questo intervento sarà oggetto di una specifica relazione redatta da un altro professionista, incaricato della relazione geologica a supporto del progetto delle opere di rinforzo del muro stesso. Pertanto, nella presente relazione non vengono fornite indicazioni in merito a tale intervento. Per i dettagli del progetto si rimanda alla prassi progettuale.*

L'area all'interno della quale si prevede di intervenire è distinta catastalmente alla particella 301 e 302 foglio 30 del comune di Arcidosso.

Il Comune di Arcidosso è dotato di Piano Strutturale approvato con Delibera C.C. n. 140 del 29/12/2000 così come modificato con successiva Variante Generale approvata con Delibera C.C. n. 49 del

13/10/2010, e redatto secondo le norme del D.P.G.R.T. 26/R/2007. Consultando le tavole del Piano Strutturale del Comune di Arcidosso, emerge quanto segue:

- L'intervento 1, 2 e 4 ricadono in aree con Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2 (pericolosità MEDIA) mentre l'intervento 3 ricade in aree con Classe di Pericolosità Geomorfologica G.4. (MOLTO ELEVATA) vedi fig.1, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale;
- Tutti gli interventi ricadono in aree con Classe di Pericolosità idraulica I.1 (pericolosità IRRILEVANTE) vedi fig.2, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale;
- Tutti gli interventi ricadono in aree con Classe di vulnerabilità media (Acquifero in arenaria) vedi fig.4, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale;

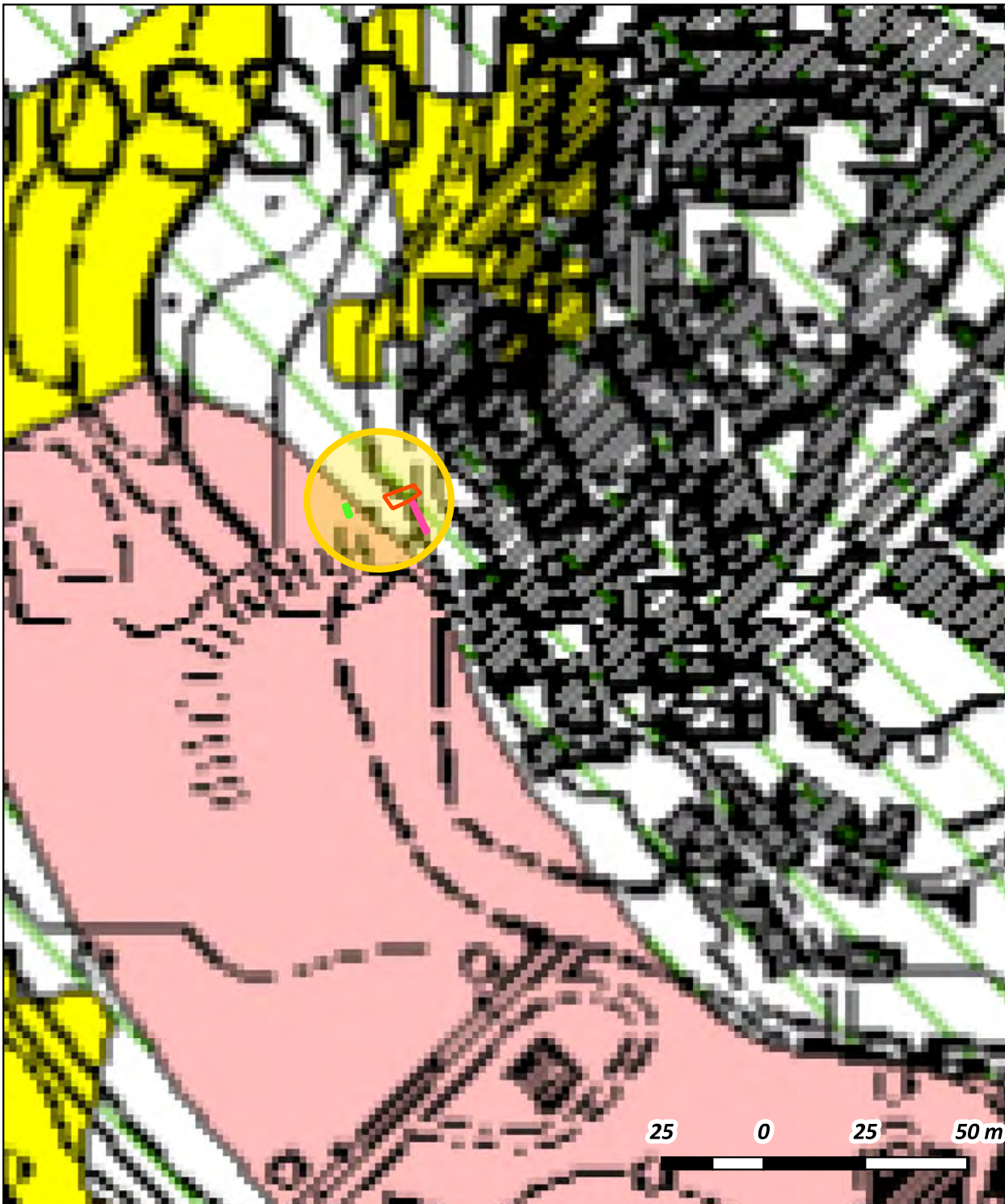
Per quanto riguarda la **zona sismica**, ai sensi della Deliberazione GRT n. 421 del 26/05/2014, il Comune di Arcidosso rientra nella **ZONA 3**. Nella cartografia delle "microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)" l'area si trova nella zona 2007 caratterizzata dalla presenza di una coltre di alterazione di spessore inferiore ai 5 m che sta sopra ad un substrato con spessore maggiore di 50 m e con pendenza del versante maggiore di 15° (fig.6)

Con delibera giunta dell'unione dei comuni Amiata Grossetana n. 173 del 16/12/2020 è stato adottato il piano strutturale intercomunale redatto secondo le norme della 65/2014. Consultando le tavole del Piano Strutturale, tutti gli interventi, escluso l'intervento 3, sono esterni alle aree con pericolosità da inondazione (Fig.7), mentre, tutti gli interventi sono interamente contenuti in zone con pericolosità geomorfologica elevata (Fig.5).

L'area studiata è ubicata al margine SW del centro storico di Arcidosso dove la morfologia è caratterizzata da uno sperone di Arenaria Pietraforte che digrada con pendenza maggiore di 40° verso il fosso del Giunco che in questo tratto è parzialmente Tombato. L'area si trova ad una quota compresa tra 618 e 640 metri s.l.m., e ricade nella sezione 320210 della carta tecnica regionale della regione Toscana.

I sopralluoghi per l'accertamento delle condizioni a base della presente relazione sono stati compiuti a **settembre e Ottobre 2025**. Lo studio, onde consentire la definizione di un quadro geologico e

geomorfologico attendibile, è stato esteso alle zone limitrofe. Quest'area è stata già nel 2021 oggetto di una campagna d'indagine per definire alcuni aspetti dell'assetto geologico dell'area al fine di realizzare la stessa passerella di accesso al centro storico oggetto anche di questa relazione in cui erano stati definiti alcuni interventi per il consolidamento dello sperone roccioso posto a valle del camminamento di accesso al centro storico.



# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA




*Stralcio da Piano Strutturale Comunale*


*Scala 1:1.500*

*Fig.1*




## Legenda

### CLASSI DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

-  Classe G.2 : Pericolosità media
-  Classe G.3 : Pericolosità elevata - P.F.E. Ombrone - P.F.3 Fiora
-  Classe G.4 : Pericolosità molto elevata - P.F.M.E. Ombrone P.F.4 Fiora

-  Area d'indagine generale

### Elementi di progetto

-  Int.1&2: muro controscarpa
-  Int.3: Trincea arresto
-  Int.4: Ammasso da consolidare



# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA





*Stralcio da Piano Strutturale Comunale*



*Scala 1:1.500*


*Fig.2*

## Legenda




### CLASSE DI PERICOLOSITA' IDRAULICA

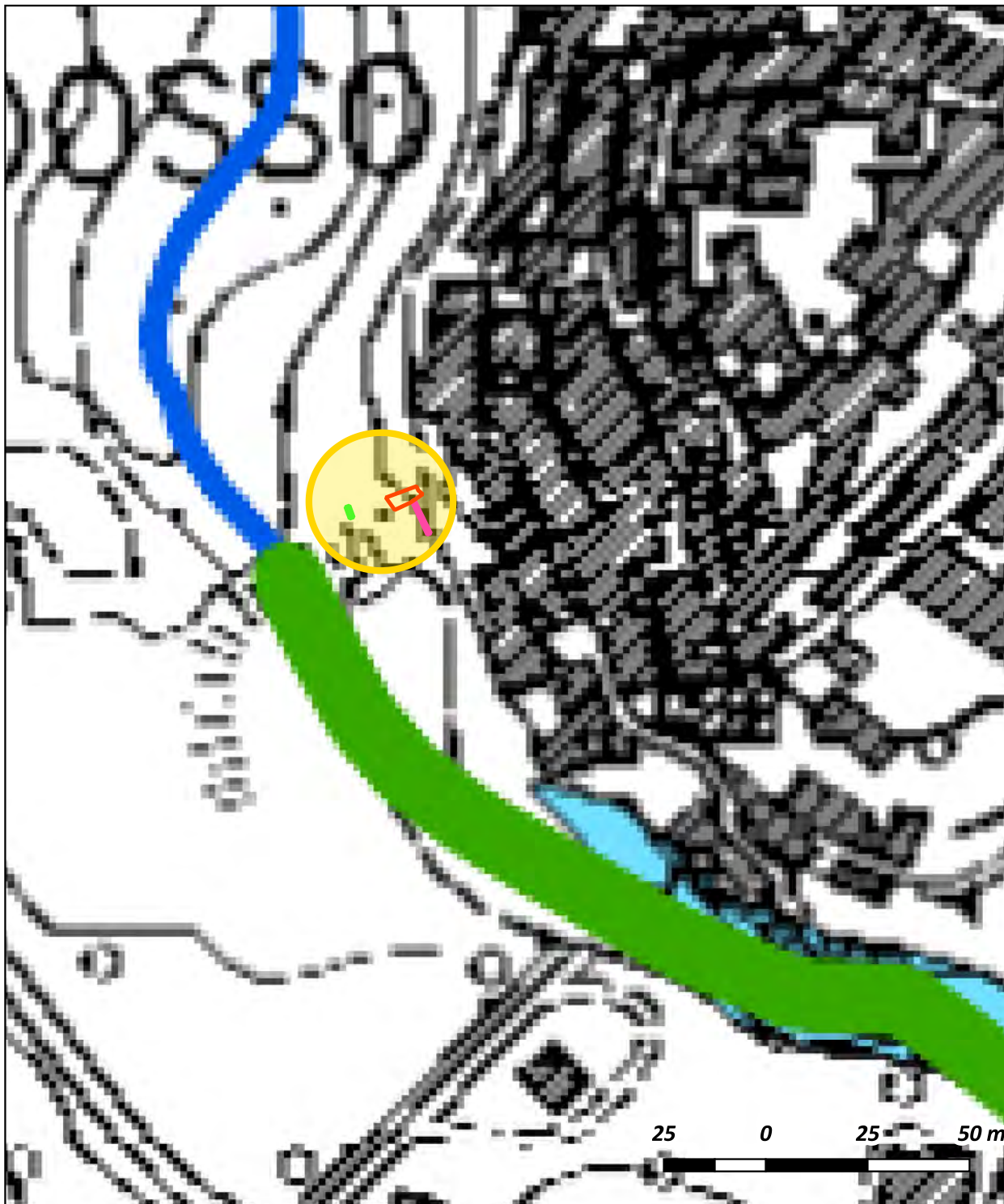
-  Classe I.1: Pericolosità bassa
-  Classe I.2: Pericolosità media
-  Classe I.3: Pericolosità elevata - P.I.E. Ombrone
-  Classe I.4: Pericolosità molto elevata - P.I.M.E. Ombrone

-  Reticolo idrografico
-  Tombamenti dei corsi d'acqua

-  Area d'indagine generale

### Elementi di progetto

-  Int.1&2: muro controscarpa
-  Int.3: Trincea arresto
-  Int.4: Ammasso da consolidare

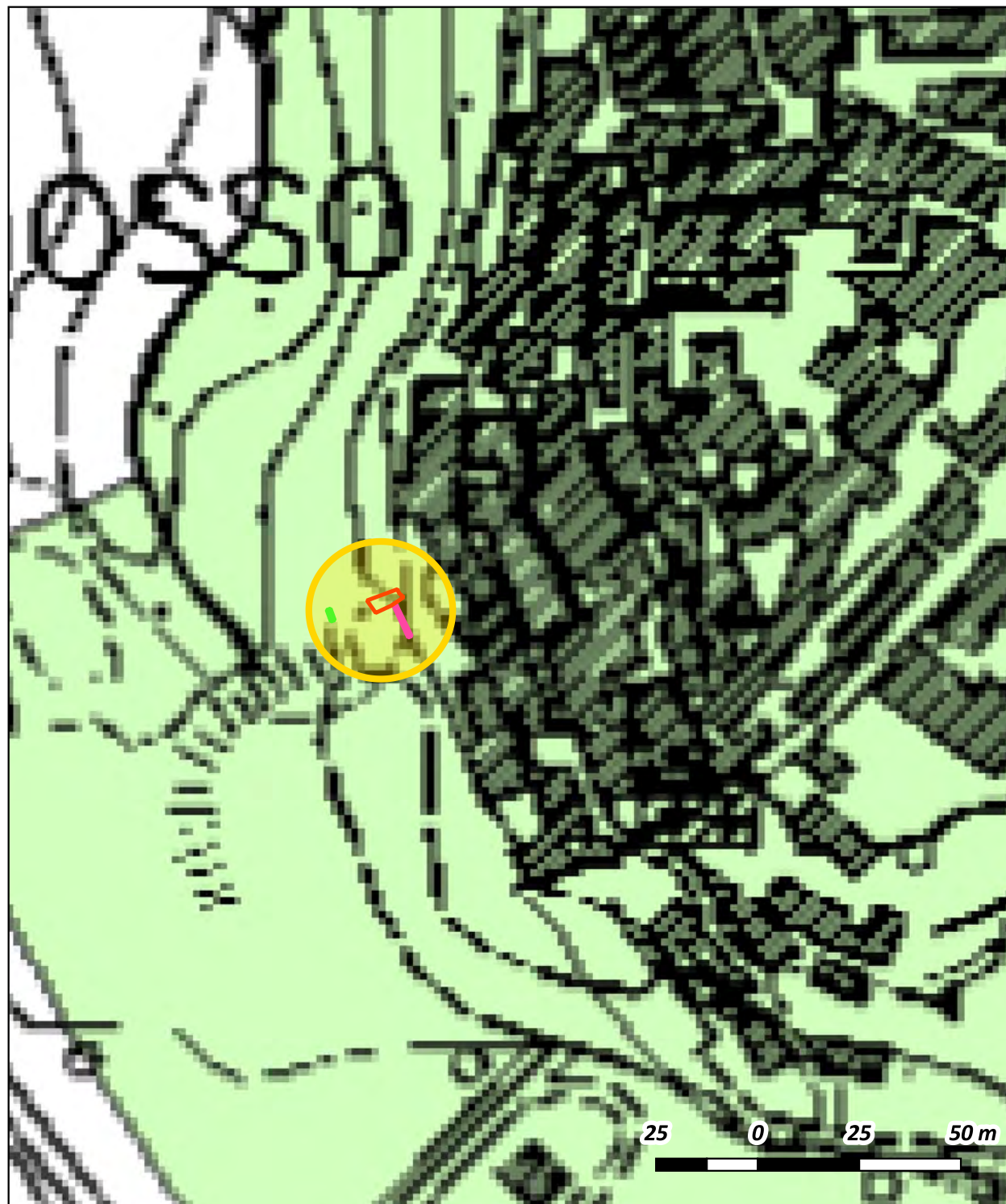


# CARTA DELLA VULNERABILITÀ IDROGEOLOGICA

*Stralcio da Piano Strutturale Comunale*

*Scala 1:1.500*

*Fig.3*



## Legenda

--- Confine Comune

— Limiti UTOE

ROCCE CARBONATICHE: Risorsa idrica con basso grado di p  
Vulnerabilità alta

VULCANITI: Risorsa idrica con basso grado di protezione  
Vulnerabilità alta

ARENARIE: Risorsa idrica con medio grado di protezione  
Vulnerabilità media

TERRENI NON ACQUIFERI  
Vulnerabilità irrilevante

Area d'indagine generale

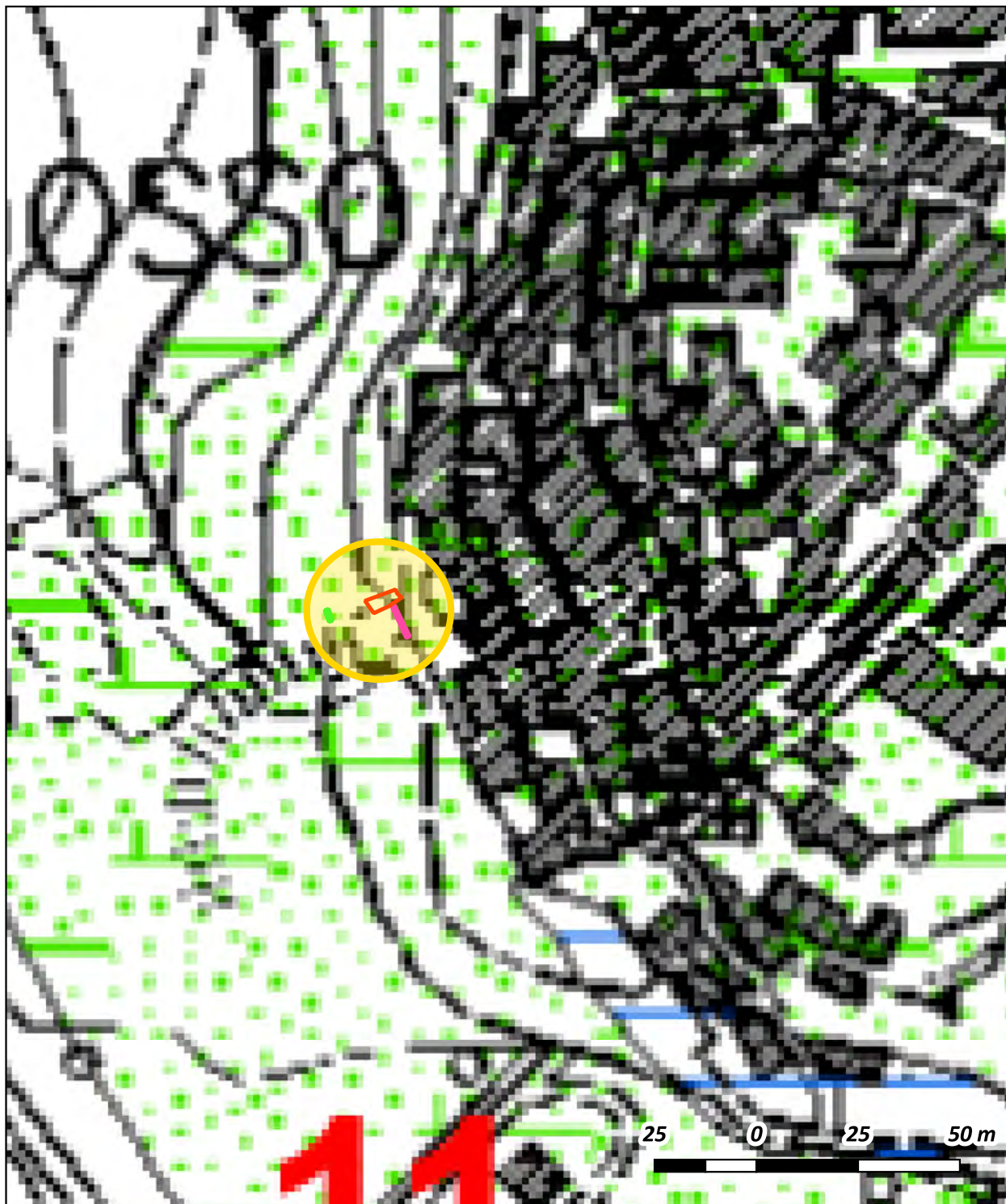
## Elementi di progetto

Int.1&2: muro controscarpa

Int.3: Trincea arresto

Int.4: Ammasso da consolidare





# CARTA IDROGEOLOGICA

*Stralcio da Piano Strutturale Comunale*  
*Scala 1:1.500*  
*Fig.4*

## Legenda

### PERMEABILITA' ALTA

- Alluvioni terrazzate e non
- Calcari e coltri associate
- Conglomerati
- Diaspri
- Vulcaniti e coltri associate

### Elementi di progetto

- Int.1&2: muro controscarpa
- Int.3: Trincea arresto
- Int.4: Ammasso da consolidare

### PERMEABILITA' MEDIO-ALTA

- Pietraforte e coltri associate
- Marne e coltri associate

### PERMEABILITA' MEDIO-BASSA

- Sabbie

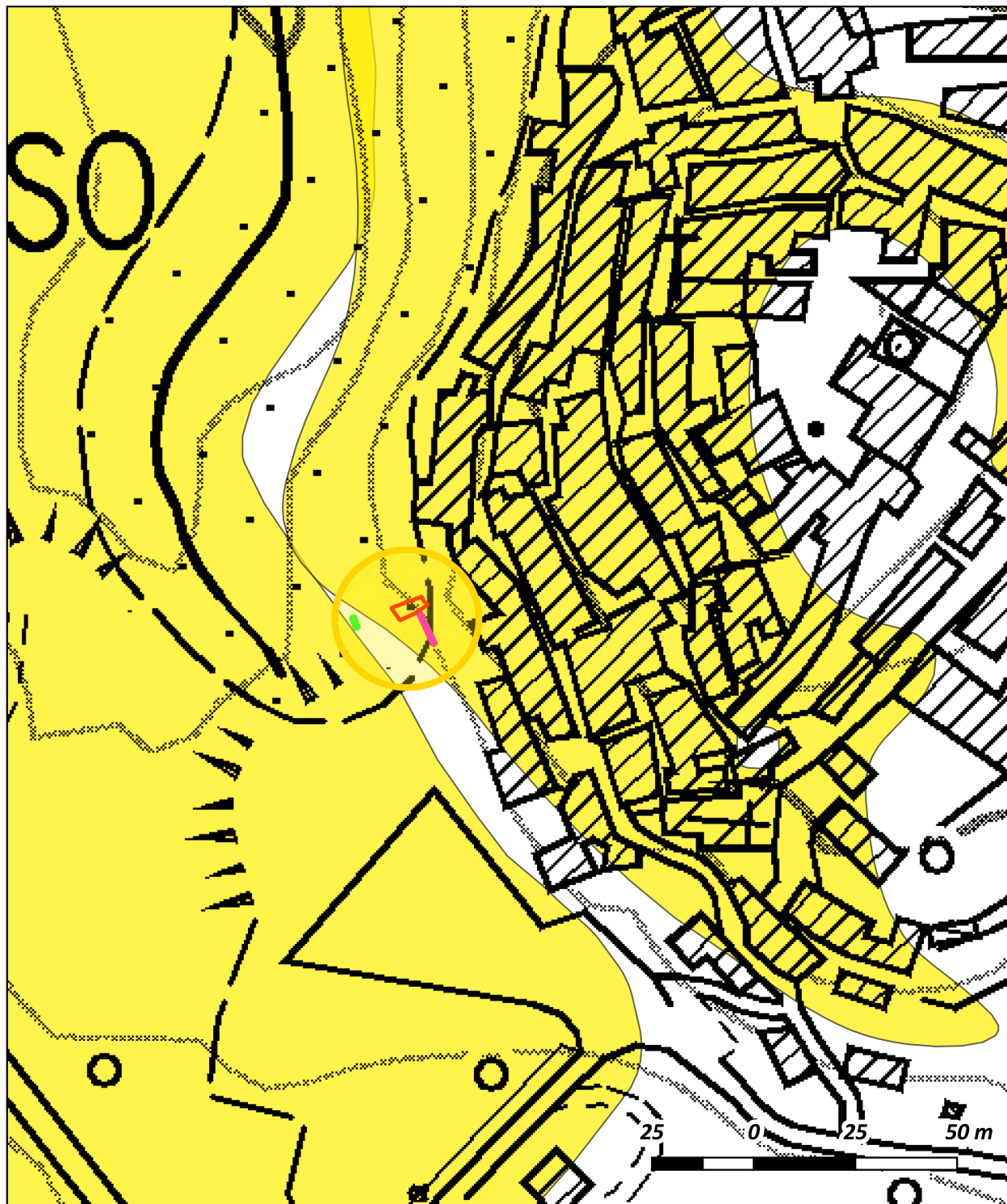
- Litotipi non acquiferi

- Area di rispetto sorgenti

- Sorgenti

- Limiti UTOE

- Area d'indagine generale



# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ GEOLOGICA



*Stralcio da piano strutturale intercomunale*

*Scala 1:2.500*




*Fig.5*


## Legenda

### Classe di pericolosità

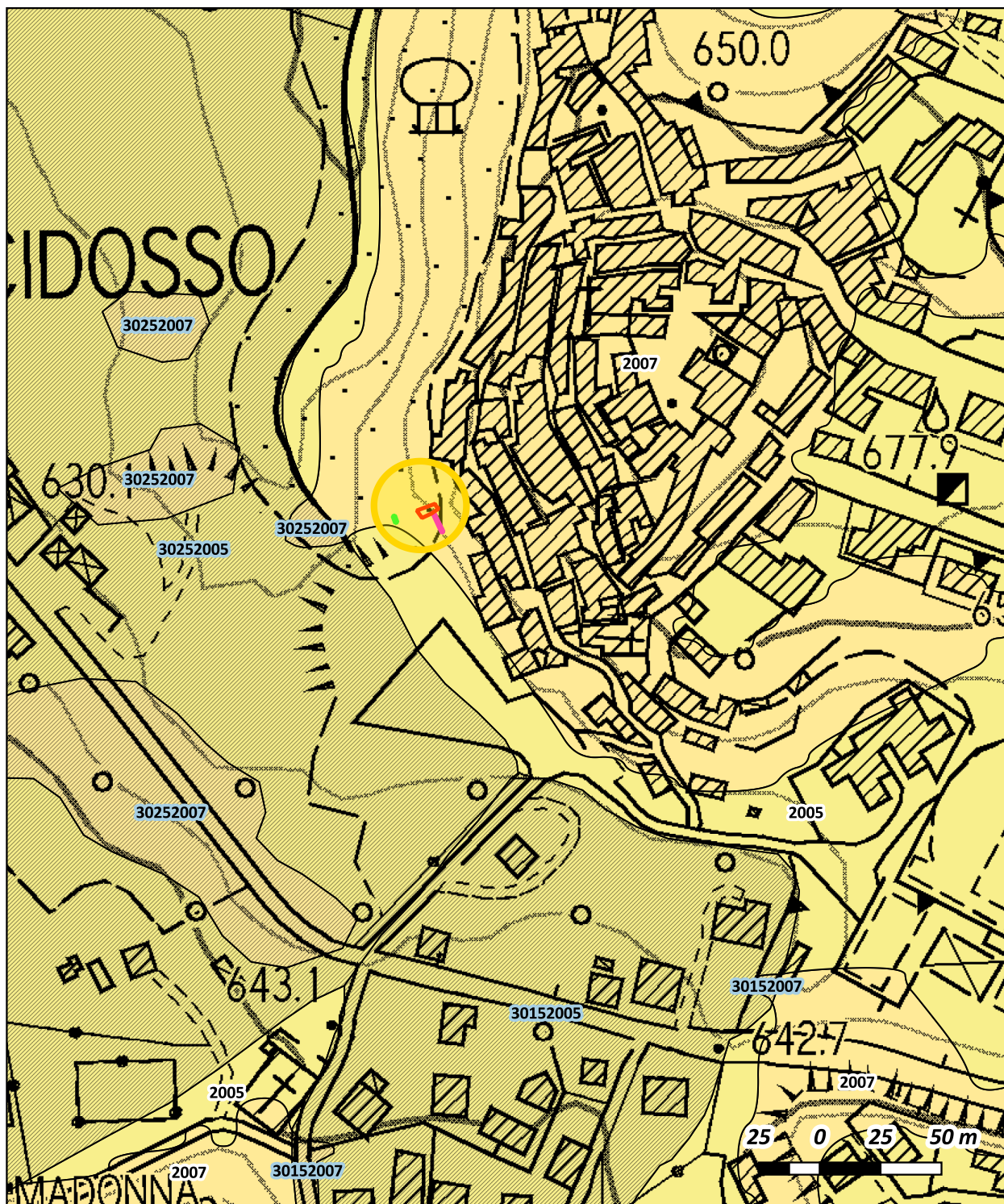
-  G.3 - Pericolosità geomorfologica elevata
-  G.4 - Pericolosità geomorfologica molto elevata

### Elementi di progetto

-  Int.1&2: muro controscarpa
-  Int.3: Trincea arresto
-  Int.4: Ammasso da consolidare

-  Area d'indagine generale





# CARTA DELLA MOPS




*Stralcio da studio di microzonazione sismica*


*Scala 1:2.500*

*Fig.6*

## Legenda

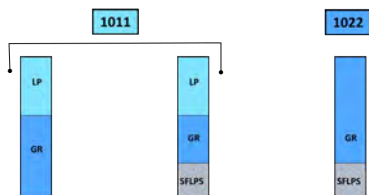
Elementi di progetto

-  Int.1&2: muro controscarpa
-  Int.3: Trincea arresto
-  Int.4: Ammasso da consolidare

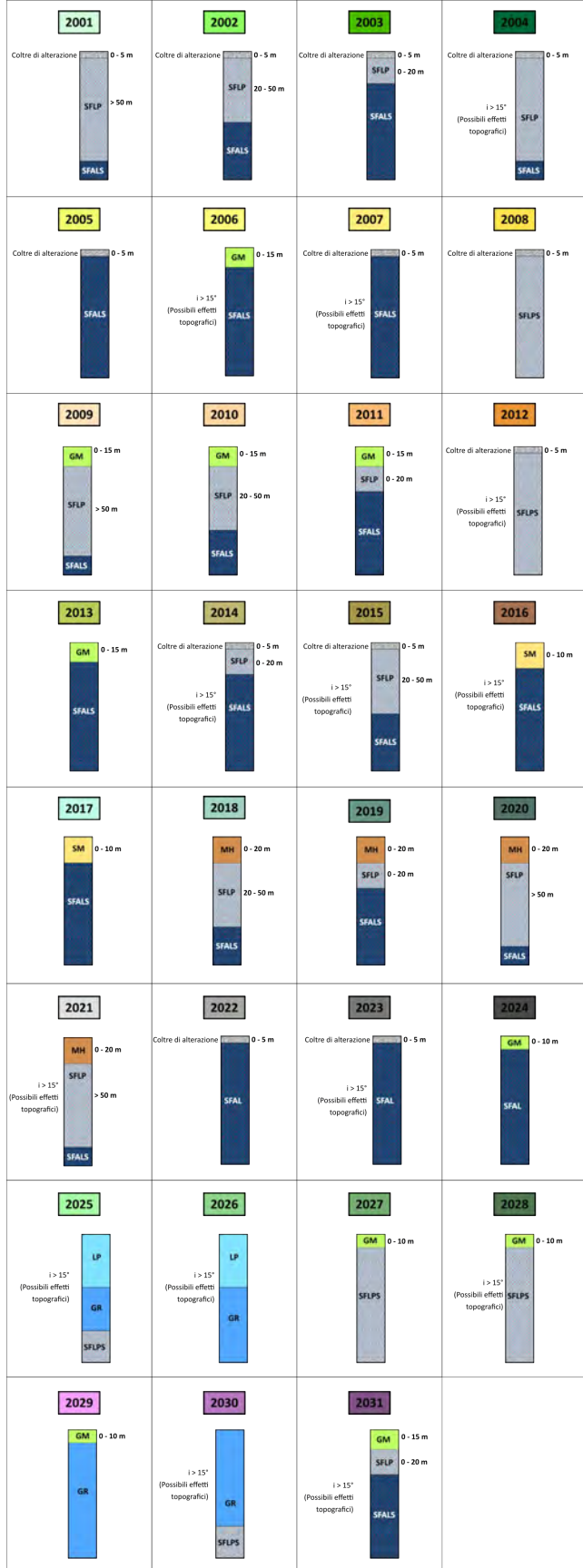
 Area d'indagine generale



## ZONE STABILI



## ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI INSTABILITÀ



## LEGENDA

### Forme di superficie e sepolte

Falda detritica

### Elementi lineari

- 5041 - Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20m)
- 5042 - Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (>20m)

### Elementi puntuali

- 6010 - Picco isolato
- Freq. di picco  
 Misure di Microtremore ambientale

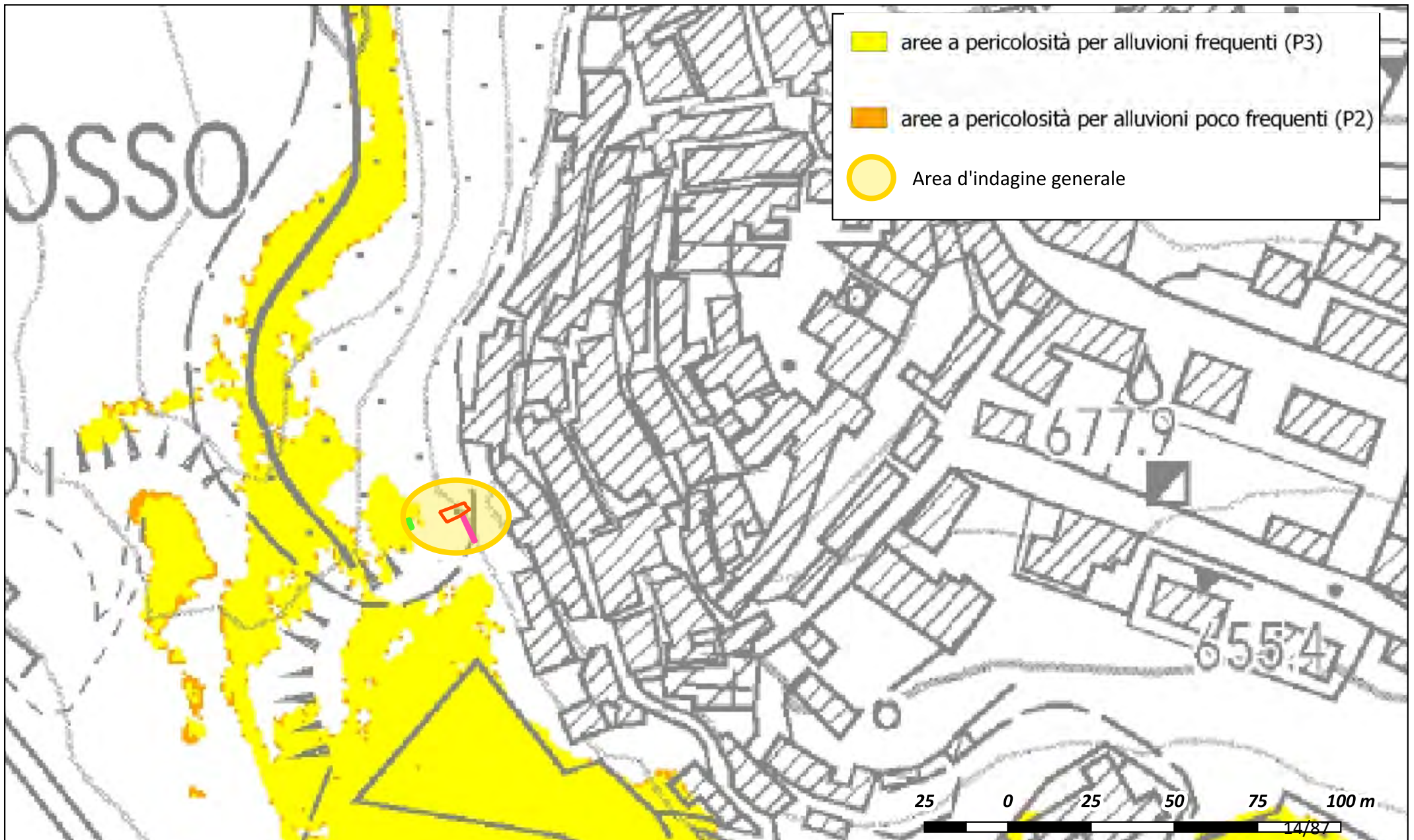
### Zone di attenzione per instabilità

Le prime 4 cifre dell'etichetta indicano il tipo di instabilità e le seconde quattro indicano invece la zona stabile sottostante

- 3011, 3012, 3015, 3022, 3023 e 3025 - Z.A. per instabilità di versante
- 3050 - Z.A. per liquefazione
- 3080 - Z.A. per cedimento differenziali

# PLANIMETRIA SU ORTOFOTO

*Fig.7*  
*Scala 1:1500*



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo studio e le indagini geologiche sono stati eseguiti al fine di caratterizzare il sito e ricostruirne il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico, nel rispetto delle *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”*» di cui al **D.M. 17/01/2018** - Circolare esplicativa Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 21 gennaio 2019, n. 7.

Ulteriori norme di riferimento sono contenute in:

- **D.P.G.R. Toscana 08/08/2003, n. 48/R** – Regolamento forestale della Toscana, in attuazione della **L.R. 21 marzo 2000, n. 39** (Legge forestale della Toscana), da ultimo modificata dalla L.R. 2 gennaio 2003, n.1;
- **Deliberazione G.R. Toscana 08/10/2012, n. 878** – Aggiornamento della classificazione sismica regionale in attuazione dell'Ordinanza P.C.M. 3519/2006 ed ai sensi del D.M. 14/01/2008 - Revoca della D.G.R.T. 431/2006; e succ. mod. (Deliberaz. G.R. Toscana 26/05/2014, n. 421);
- **L.R. Toscana 10/11/2014, n. 65** – Norme per il Governo del Territorio; e relativi Regolamenti di attuazione: D.P.G.R. 30/01/2020, n. 5/R - Disposizioni in materia di indagini geologiche, idrauliche e sismiche (che abroga il D.P.G.R. 25/10/2011, n. 53/R – Regolamento di attuazione dell'articolo 62 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 “Norme per il governo del territorio” in materia di indagini geologiche); D.P.G.R. 09/07/2009, n. 36/R - Attività di vigilanza e verifica delle costruzioni in zona sismica; D.P.G.R. 22/10/2012, n. 58/R - Verifiche nelle zone a bassa sismicità.
- **L.R. Toscana 24/07/2018, n. 41** – Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla L.R. 80/2015 e alla L.R. 65/2014.
- **D.P.G.R. Toscana 19/01/2022, n. 1/R** Regolamento di attuazione dell'articolo 181 della legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 (Norme per il governo del territorio). Disciplina sulle modalità di svolgimento dell'attività di vigilanza e verifica delle opere e delle costruzioni in zone soggette a rischio sismico.

## 3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

### 3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area d'indagine è situata al margine sud-occidentale del centro storico di Arcidosso, in una zona compresa tra via Talassese e piazza della Riconciliazione. La morfologia locale è caratterizzata dalla presenza di un affioramento di arenaria della formazione Pietraforte, sulla quale è stato edificato il nucleo storico di Arcidosso, e da un'area pianeggiante ubicata immediatamente a valle del centro abitato.

La porzione sud-orientale del centro storico si affacciava, fino agli anni '70, sulla valle fluviale del fosso del Giunco (o del Grillese), il quale è stato in quegli anni completamente tombato per un lungo tratto. Successivamente, la valle è stata progressivamente colmata con materiali di riporto antropico fino a costituire la morfologia che vediamo oggi.

Un ulteriore elemento morfologico caratterizzante è rappresentato da uno sperone di arenaria Pietraforte, situato immediatamente a valle del muro di sostegno che delimita il giardino del ristorante. Tale sperone, con orientazione prevalente ENE–WSW, si protende verso l'antica valle fluviale. Il versante posto a valle del muro di sostegno presenta una pendenza media superiore a 40°.

L'area si trova a una quota compresa tra 628 e 640 m s.l.m. e ricade nella sezione 320210 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana.

### 3.2. GEOLOGIA E STRATIGRAFIA

**L'area d'indagine è inclusa in un contesto geologico caratterizzato dalla presenza della formazione della Pietraforte che risulta tuttavia spesso mascherata da spesse coltri detritiche con granulometria variabile (Fig.8).**

La storia geologica di quest'area è molto complessa, comprendendo eventi sedimentari e tettonici che si sono susseguiti tra il Mesozoico ed il Quaternario recente (150 mila anni fa), gli stessi che hanno dato vita al corrugamento ed al sollevamento della Catena appenninica. Senza addentrarci troppo nella ricostruzione di questa storia, dobbiamo comunque tenere presente che i vari Complessi geologici

provengono da bacini di sedimentazione distinti e con caratteristiche paleoambientali diverse ed oggi si trovano tettonicamente sovrapposti l'uno sull'altro. Sulla base dei rapporti di giacitura dei vari complessi e delle caratteristiche sedimentologiche delle rispettive successioni, si ritiene oggi che essi provengano da tre diversi Domini che all'inizio del Cretacico (150 milioni di anni fa) dovevano succedersi da Ovest verso Est, all'interno dell'oceano ligure - piemontese (un braccio dell'Oceano Tetide), nel seguente modo: Dominio ligure interno, Dominio ligure esterno (comprendete anche il dominio sub-ligure) e Dominio toscano.

I vari domini paleogeografici sopraelencati dopo la chiusura dell'oceano (Eocene, 45 milioni di anni fa) e la successiva collisione continentale Europa - Africa, hanno subito un raccorciamento con conseguente accavallamento dei terreni più occidentali su quelli più orientali: queste unità tettoniche oggi, sovrapposte l'una sull'altra, formano l'ossatura della Catena appenninica. A queste unità si sovrappongono, nell'area amiatina, sia sedimenti di origine lacustre e marina di età mio-pliocenica (tra i 10 ed i 2 milioni di anni fa), sia rocce vulcaniche legate all'attività pleistocenica (300.000 - 150.000 anni fa) del Monte Amiata.

La Formazione della Pietraforte è costituita da torbiditi silicoclastiche composte prevalentemente da litofacies arenacee e arenaceo-pelitiche, generalmente ben stratificate con spessori degli strati piuttosto variabili, da decimetrici a più di 10 m. Le arenarie sono di colore grigio chiaro al taglio fresco mentre invece diventano rossastre se alterate, La composizione è mista quarzoso-feldspatica e carbonatica e si presentano in strati massicci e grossolanamente gradati. Il detrito eluviale di questa litologia è una matrice sabbioso limosa di colore avana rossastro con inclusi frammenti di arenaria mal gradati, isometrici e con dimensioni fino a 30 cm.

La facies pelitica è anch'essa grigia quando non alterata ha struttura fissile ed è caratterizzata da strati argillitico-siltitici di piccolo spessore. Quando alterata diventa un limo argilloso plastico di colore avana o rossastro con immersi inclusi arenacei mal gradati.

I rapporti tra la facies arenacea e i livelli pelitici risultano molto variabili, sia in profondità che lateralmente, generando morfologie piuttosto caratteristiche: si osservano forme accidentate e versanti



acclivi in corrispondenza delle arenarie, mentre nelle aree in cui affiorano gli strati argillitico-siltitici prevalgono rilievi dolci e morfologie meno accentuate. Nell'area d'indagine è presente un affioramento tipico di Pietraforte in facies arenacea. Fino alla metà del Novecento, l'area costituiva una valle fluviale del Fosso del Giunco, successivamente tombato tra il 1960 e il 1970. In tale periodo, la valle è stata progressivamente colmata con materiali di riporto di varia natura, il cui spessore varia da un minimo di circa 6 m in prossimità dell'affioramento roccioso fino a 9–10 m in corrispondenza dell'asse della valle; localmente, lo spessore di riporto potrebbe risultare anche superiore ai 10 m.

Ne consegue che l'assetto geologico dell'area d'indagine risulta piuttosto eterogeneo e variabile in funzione del punto di intervento. Nello specifico, l'intervento di fondazione del muro di controscarpa con funzione di passerella pedonale presenta il seguente modello geologico e stratigrafico, desunto dal sondaggio S1\_2025:

1. Riporto antropico spessore di circa 6 m in corrispondenza del sondaggio geognostico;
2. Membro arenaceo della Formazione della Pietraforte.

La parte finale dello strato 1 presenta un maggiore omogeneità della parte più superficiale e potrebbe non essere riporto. Tuttavia, cautelativamente si considera equivalente da un punto di vista geotecnico al riporto antropico.

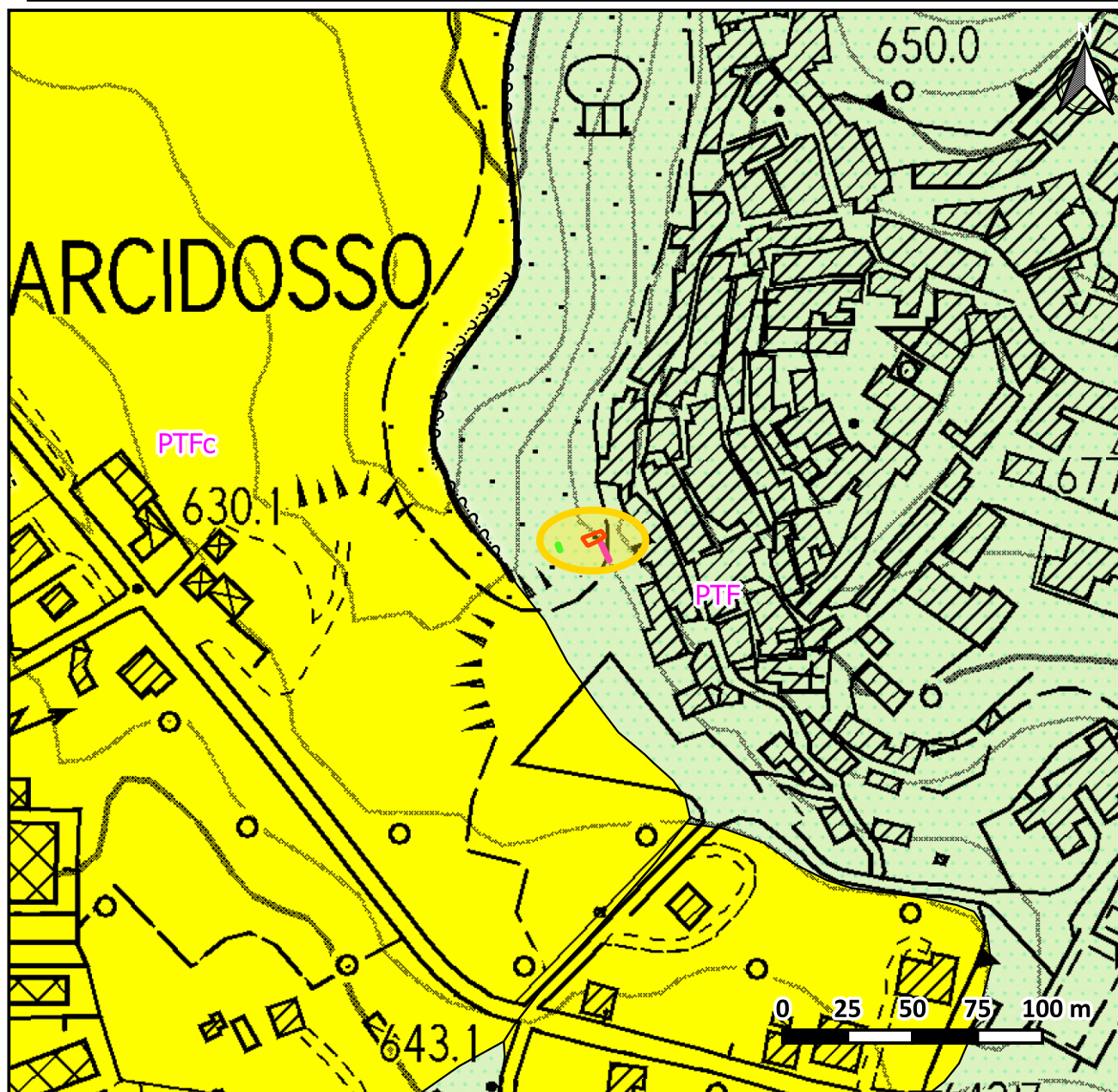
L'assetto geologico dell'area interessata dalla trincea (intervento 3) prevede l'attraversamento esclusivo di terreno di riporto antropico, come evidenziato dalla prova penetrometrica DPSH, che ha individuato circa 6 m di materiale poco consistente senza intercettare il substrato naturale. Considerato il volume significativo dell'intervento limitato alla sola area di scavo della trincea, si specifica che il modello geologico sarà costituito unicamente dal riporto antropico presente fino alla profondità interessata dall'intervento, senza prevedere il raggiungimento del substrato.

Per quanto riguarda l'intervento 4, il consolidamento verrà eseguito su litotipo litoide di arenaria Pietraforte caratterizzato da uno strato arenaceo alterato superficialmente e meno alterato in profondità; in questo caso non si prevede l'attraversamento di livelli di riporto. (vedi sezione in allegato 4)

# Carta geologica e geomorfologica

Scala 1:2.500

Fig.8



## Legenda

### Elementi di progetto

- Int.1&2: muro controscarpa
- Int.3: Trincea arresto
- Int.4: Ammasso da consolidare

### FI - Frane IFFI

Forme, processi e depositi di versante dovuti alla gravita'

- Scivolamento rotazionale/traslato

### Limite geologico

- contatto stratigrafico e/o litologico - fittizio

### Elementi geologici

- PTF - Pietraforte CRETACICO SUPERIORE
- PTFc - Pietraforte: Siltiti e argilliti CRETACICO SUPERIORE

- Area d'indagine generale

### 3.3 CAMPAGNA DI INDAGINE

Da questi elementi descrittivi del sito, tenuto di conto dell'importanza dell'opera da realizzare è maturata la necessità di eseguire una campagna d'indagine geotecnica articolata come segue al fine di determinare un quadro completo dell'assetto geotecnico locale e contestualmente ottemperare alle normative vigenti in materia di realizzazione di nuove strutture. La campagna ha previsto:

- Esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo della profondità di 15 m;
- Esecuzione di due prove S.P.T. (tab.2);
- Esecuzione di uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P;
- una prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH.
- Quattro prove penetrometriche dinamiche medio leggere DM.

In merito alla campagna d'indagine si precisa che non sono stati prelevati campioni indisturbati, in quanto, consapevoli della presenza di un significativo spessore di terreno di riporto, l'obiettivo del sondaggio è stato l'individuazione del contatto tra il riporto e il substrato naturale, e non la caratterizzazione del materiale di riporto stesso. Quest'ultimo è stato successivamente caratterizzato indirettamente mediante la prova penetrometrica DPSH 1 e attraverso indagini d'archivio eseguite nella stessa area nel 2021.

Le quattro prove penetrometriche DM sono state eseguite ai fini della caratterizzazione dell'area del giardino del ristorante "Bastarda Rossa". Esse sono qui riportate per completezza d'informazione, ma non verranno analizzate né descritte nella presente relazione, in quanto oggetto della specifica relazione geologica redatta a supporto del progetto di consolidamento del muro di sostegno del ristorante.

La campagna geognostica realizzata nel 2021 e al quale si farà riferimento in questa relazione ha previsto:

- esecuzione di un sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a 15 m di profondità;
- esecuzione di n. 2 prove S.P.T. a punta aperta (tab.1);
- Prelievo di campione indisturbato all'interno del foro di sondaggio;
- Prelievo di campione di Roccia superficiale;
- esecuzione di uno stendimento di sismica a rifrazione in onde P;
- esecuzione di una prova sismica MASW.

Il campione è stato prelevato all'interno del riporto tra 1 e 1,35 metri di profondità e le prove di eseguite sul campione S2C1\_2021 sono le seguenti:

- Determinazione parametri fisici campione
- limiti di Atterberg
- taglio diretto

Il laboratorio ha tentato anche di realizzare una prova edometrica sul campione prelevato che tuttavia non ha dato esiti in quanto la presenza di clasti di laterizio e di arenaria non hanno permesso il corretto calcolo dei cedimenti all'aumentare del carico. Sul campione C2 prelevato in superficie è stato eseguito il solo point load test.

### *3.3.1 Stratigrafia sondaggio geognostico S2 anno 2021*

Si riporta di seguito la stratigrafia del sondaggio S2 eseguito nell'anno 2021 (vedi stratigrafia fig.9 e allegato 1).

Il sondaggio S2 è stato eseguito alle coordinate Y: 11.534802 e X: 42.871426 è stato spinto fino alla profondità di 15 m. Da un punto di vista geologico il sondaggio può essere diviso in cinque livelli:

1. Sabbia scura bituminosa con Ghiaia e Riporto di stabilizzato stradale presente fino alla profondità di 60 cm;
2. Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a struttura caotica presente fino alla profondità di 8.40 m. Per la maggior parte è costituito da sabbie limose e limi argillosi con inclusi anche di grande dimensione. Da 2,00 m a 2,20 m presente blocco di arenaria di grandi dimensioni. Presenti tracce di laterizi lungo tutto lo spessore. Alla profondità di 3,90 m presenti clasti arrotondati. Tra 4,10 m e 4,40 m c'è un livello più incoerente dove i clasti di laterizio sono maggiori della matrice. Tra 5,95 m e 6,20 m presenti bande scure plastiche. Grosso blocco tra 7,15 m e 7,80 m.
3. Paleosuolo di colore nero a struttura caotica ricco di laterizi e radici molto plastico presente dalla profondità di 8,40 m fino alla profondità 9.10 m;
4. Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva presente fino alla profondità di 9,80 m;

5. Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle fratture circa a 45°. Il colore è grigio bruno, rossastro nelle fratture e l'indice RQD è variabile da 33% tra 10 e 11 m a 68 % tra 11 e 12 m.

Si riportano in Tabella 1 i risultati delle SPT.

SPT	Sondaggio	Profondità	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>
SPT1_2021	S2_2021	2,20-2,65	11	11	9	20
SPT2_2021	S2_2021	5,80-6,25	3	5	6	11
S2C1_2021	1,00	1,35	Campione di riporto antropico con laterizi in matrice sabbioso argilloso			
C2_2021	Superficiale		Campione di arenaria calcarea appartenente alla Pietraforte			


**Tabella 1: schema riepilogativo Prove SPT sondaggio S2 2021**



Committente Amm. comunale Arcidosso	Ubicazione Via della Fratta - Arcidosso (GR)	Tipo Sonda Beretta T40	Inizio/Fine Esecuzione 17/05/2021-17/05/2021
Quota Ass. P.C. 632 m s.l.s	Coordinate X Y X: 42.87142660; Y: 11.5348022 (EPSG 4023)	Profondità raggiunta 15 m	Falda Non individuata

Fig.9: Sondaggio S2

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di recupero / RQD	S.P.T.	Pocket Test	Campioni
-------	-----------	-------------	----------	---------------------	--------	-------------	----------

		Sabbia scura bituminosa con Ghiaia Riporto di stabilizzato stradale	0.60	%C=50				
1.0		Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a stru. ura cao ca. Per la maggior parte è costui to da sabbie limose e limi argillosi con inclusi anche di grandi dimensione. Da 2,00 m a 2,20 m presente blocco di arenaria di grandi dimensioni. Presenti tracce di laterizi lungo tuo lo spessore. Alla profondità di 3,90 m presenti clasti arrotonda tra 4,10 m e 4,40 m c'è un livello più incoerente dove i laterizi sono maggiori del terreno. A volte presenti tracce di vulcanite. Tra 5,95 m e 6,20 m presenti bande scure plastiche. Grosso blocco tra 7,15 m e 7,80 m.				FS	1.00	
2.0					11/11/9 2.65 PA	4.0 11 FS	1.35	
3.0						5.50		
4.0						2 4.1		
5.0						4.1		
6.0					3/5/6 6.25 PA	5.1		
7.0						FS 4.5		
8.0						5.3		
9.0		Paleosuolo di colore scuro a stru ura caotica ricco di laterizi e radici	8.40	%C=90				
		Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva	9.10	%C=90		3 2 FS		
10.0		Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle fratture circa a 45°. Il colore è grigio bruno, rossastro nelle fratture	9.80	%C=90		FS 5.2		
				%RQD=50				
11.0			11.18	%RQD=33				
12.0			12.00					
				%RQD=68				
13.0			13.00					
				%RQD=36				
14.0			14.16					
				%RQD=47				
15.0			15.00					
16.0								

### **3.3.2 Stratigrafia sondaggio geognostico S1 anno 2025 (S1)**

Il sondaggio S1 è stato eseguito alle coordinate Y: 11.5348268 e X: 42.8715266 è stato spinto fino alla profondità di 15 m e la quota è la stessa del sondaggio 2021. Da un punto di vista geologico il sondaggio può essere diviso in quattro livelli (vedi stratigrafia fig.10 e allegato 2):

1. Terreno vegetale spesso circa 10 cm e sotto sabbia scura bituminosa con Ghiaia e Riporto di stabilizzato stradale presente fino alla profondità di 80 cm;
2. Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a struttura caotica presente fino alla profondità di 4.30 m, costituito da sabbie limose e limi argillosi con inclusi di laterizio anche di grande dimensione. Sono stati intercettati tre grossi blocchi di arenaria da 2,10 m a 2,45 m, 2.65 a 3.10 e da 3.90 a 4.30. Tra i primi due era presente materiale di riporto con granulometria sabbiosa, mentre tra il secondo e il terzo è presente materiale di riporto di colore marrone scuro con inclusi laterizi e frammenti di asfalto. Possibile paleosuolo a 4,50 m.
3. Terreno costituito prevalentemente da argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva. All'interno di questo sono presenti tratti con granulometria diversa:
  - 4.40-4.75 ghiaia arrotondata con matrice sabbiosa
  - 4.30-4.60 sabbia limosa
  - 5.40-5.65 sabbia limosa
4. Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle fratture circa a 45°. Il colore è grigio bruno e rossastro e l'indice RQD è variabile da 36-38% tra 6 e 8 m e dal 75-100 % da 8 a 15 m.

SPT	Sondaggio	Profondità	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>
SPT1_2025	S1_2025	1,40-1,85	2	2	3	5
SPT2_2025	S1_2025	3,0-3,45	16	8	10	18

**Tabella 2: schema riepilogativo Prove SPT sondaggio 2025**

Per quanto riguarda la SPT2\_2025 si specifica che è stata fatta a punta chiusa e ha trovato un blocco nel primo tratto che ha piegato e deviato la punta.

Committente Amm. comunale Arcidosso	Ubicazione Via della Fratta - Arcidosso (GR)	Tipo Sonda CMV	Inizio/Fine Esecuzione 09/10/2025-10/10/2025
Quota Ass. P.C. 629 m s.l.s	Coordinate X Y X: 707044; Y: 47496659 (EPSG 32632)	Profondità raggiunta 15 m	Falda Non individuata

Fig.10:Sondaggio S1

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di recupero / RQD		S.P.T.	Pocket Test	
1.0		Terreno vegetale da 0 a 0,10 m sotto Sabbia scura bituminosa con Ghiaia Riporto di stabilizzato stradale	0.80		%C=70	2/2/3 1.85 PA		
		Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a stru. ura cao ca. Per la maggior parte è costui to da sabbie limose e limi argillosi con inclusi di laterizio anche di grandi dimensione.	2.10		%C=70			
2.0		Blocco di arenaria	2.45	%RQD=100	%C=50	16/8/10 3.45 PC	4.2 1.4	
		Materiale di riporto di colore avana con granulometria sabbiosa	2.65					
3.0		Blocco di arenaria	3.10	%RQD=70	%C=85	1.6 5.5		
		Materiale di riporto di colore marrone scuro con inclusi laterizi e frammenti di asfalto. Possibile paleosuolo a 4,50 m.	3.90					
4.0		Blocco di arenaria	4.30	%RQD=90	%C=90	7		
		Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva. Fascia con ghiaia arrotondata a profondità compresa fra 4.40 e 4.75 e livelli a granulometria sabbiosa nei seguenti intervalli: 4.30-4.60 5.40-5.65	5.90					
6.0		Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle frau re circa a 45°. Il colore è grigio nelle zone non alterate e rossastro in quelle maggiormente frau rate.	7.00	%RQD=38				
7.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	8.00	%RQD=36				
8.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	9.50		%RQD=88			
9.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	11.00		%RQD=86			
10.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	12.70		%RQD=75			
11.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	14.00		%RQD=100			
12.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	15.36		%RQD=100			
13.0		Uguale a quello sopra vedi RQD						
14.0		Uguale a quello sopra vedi RQD						
15.0		Uguale a quello sopra vedi RQD						
16.0		Uguale a quello sopra vedi RQD						

### *3.3.2 Prova penetrometrica dinamica super pesante DPSH*

La prova penetrometrica è stata eseguita ad ottobre 2025 per valutare da un punto di vista geotecnico i primi 3-4 metri di terreno dell'area dove è prevista la realizzazione della trincea di arresto dei blocchi disaggiati. La prova è stata spinta fino alla profondità di 6.20 m e poi è stata arrestata per il raggiungimento della profondità prefissata. Tutto il tratto attraversato ha mostrato valori di  $N_{SPT}$  medi di circa  $4.76 \pm 3.3$  con due livelli 0.60 a 1.20 m e l'altro compreso tra 2.60-3.00 m in cui il numero di colpi è salito improvvisamente a valori intorno a 10  $N_{SPT}$  per poi ridiscendere; probabilmente questi aumenti sono legati a dei blocchi intercettati durante l'infissione. Escludendo questi due tratti la media  $NSPT$  dell'intero tratto diventa  $3.43 \pm 1.60$

Prova	Strato 1 (m)	$N_{SPT}$
DPSH1	0 -6.0	$3.43 \pm 1.60$

**Tabella 3: Sintesi prove DPSH**

### *3.3.4 Indagine sismica a rifrazione*

L'indagine di sismica a rifrazione eseguita lungo il giardino del ristorante, lungo la parete verticale di arenaria e in parte di piazza della riconciliazione (vedi traccia in planimetria di fig.14) evidenzia la presenza di un repentino aumento di velocità alla profondità di circa 8 m in corrispondenza dell'area di realizzazione del muro di sostegno con funzione di passerella che rappresenta probabilmente il passaggio tra riporto e substrato. Questo limite procedendo verso il centro del piazzale diventa più superficiale.



### **3.4. ASPETTI GEOMORFOLOGICI, IDRAULICI ED IDROGEOLOGICI DELL'AREA**

Da un punto di vista geomorfologico, secondo il piano strutturale approvato tutti gli interventi in progetto, escluso l'intervento 3, sono compresi in un'area pericolosità geomorfologica media, e l'intervento 3 è compreso in un'area a pericolosità geomorfologica molto elevata per la presenza della parte terminale della frana attiva del Giunco. Questa perimetrazione delle pericolosità è stata variata con l'adozione del piano strutturale intercomunale che ha ridefinito la parte terminale della frana del Giunco e dunque l'intervento 3 non rientra più in pericolosità molto elevata e ha ampliato, a tutto il versante posto a valle del centro storico, la pericolosità geologica elevata (G.3). Per quanto riguarda il database IFFI nell'area d'indagine non sono riportate frane. Da sopralluogo eseguito risulta che la maggiore pericolosità geomorfologica dell'area deriva dall'affioramento roccioso posto a valle del centro storico di Arcidosso la cui propensione al dissesto può essere sintetizzata in due elementi (vedi figura 11):

1. stato di fratturazione ed equilibrio dei blocchi dello sperone di Arenaria Pietraforte visibile in figura 17 e 18.
2. porzioni di affioramento aggettanti e strapiombanti presenti in alcune zone dell'affioramento localizzate nell'area di passaggio della passerella pedonale di accesso al camminamento del centro storico.

Per verificare l'eventuale presenza di movimenti avvenuti nei fabbricati posti nella parte SW del centro storico di Arcidosso è stato analizzato il monitoraggio radar satellitare EGMS dell'unione europea. Il monitoraggio radar satellitare EGMS (European Ground Motion Service) permette di mappare e di tenere traccia dei fenomeni di deformazione del suolo avvenuti sull'intero territorio europeo. L'interferometria satellitare si basa sulla misura delle variazioni di fase tra due acquisizioni del satellite nello stesso punto. Il satellite passa su di un punto acquisendo un segnale la cui fase è dipendente dalla distanza sensore-bersaglio in quel dato momento. In caso di movimento del terreno la distanza sensore bersaglio cambia e di conseguenza la fase subisce una variazione misurabile. Questo tipo di elaborazione viene comunemente chiamata interferometria differenziale (acronimo DInSAR).

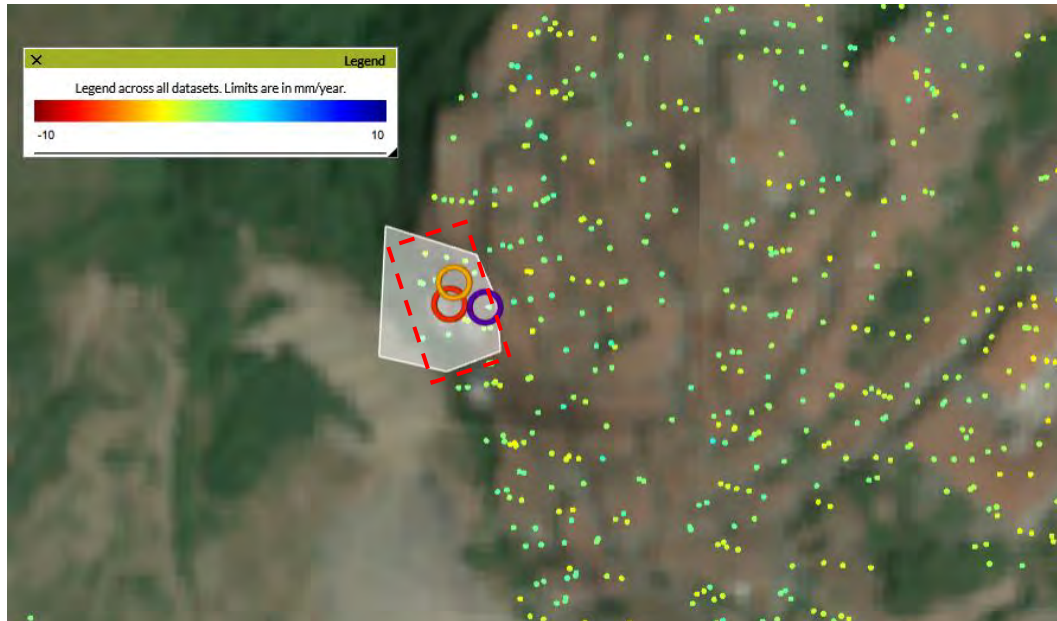


**Fig.11: documentazione fotografica con indicazione delle aree d'intervento principali: ammasso roccioso di Pietraforte da consolidare (1) e area di realizzazione del muro di controscarpa a sostegno dell'affioramento strapiombante (2)**

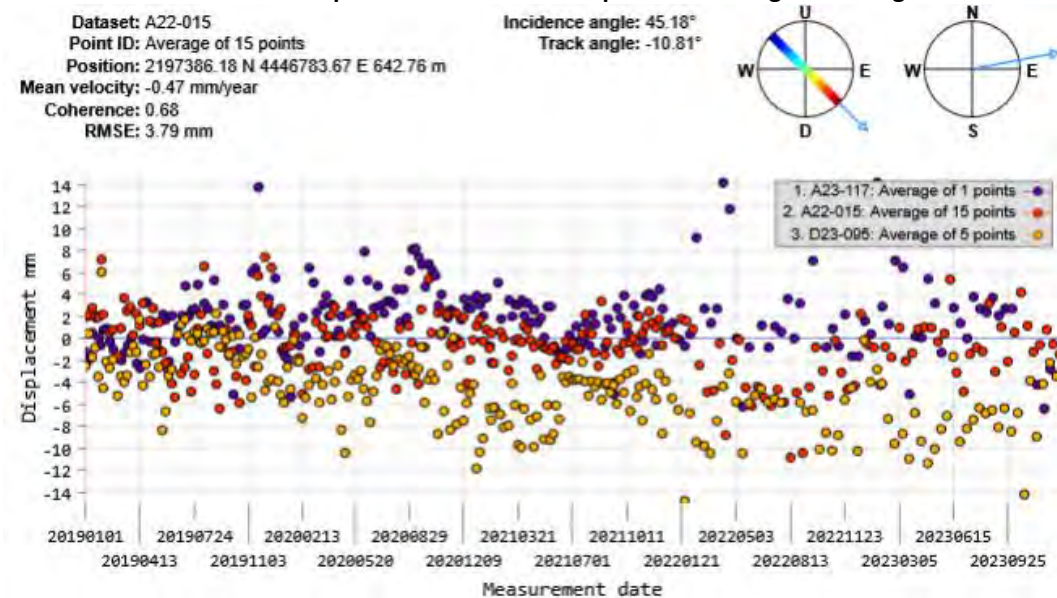
In corrispondenza dell'area d'intervento sono presenti alcuni point scatterer ubicati come in figura 12a, tutti questi punti non hanno mostrato movimenti significativi nella fascia temporale 2019-2023 (fig.12b). Si precisa che questa tipologia di monitoraggio è poco efficace per l'utilizzo in presenza di dislocazioni veloci come le frane di crollo e dunque l'unica informazione che ci fornisce è la sostanziale instabilità dell'area negli ultimi anni 2019-2023 che tuttavia non assicura l'assenza di crolli nel passato e nel futuro.

Si precisa che tutti gli interventi in progetto sono interventi finalizzati al consolidamento dell'affioramento di arenaria posto a valle di questa porzione di centro storico di Arcidosso (aree 1 e 2 in fig.11), in particolare l'intervento 2 andrà a consolidare l'area di affioramento con porzioni strapiombanti (numero 2 in figura 11), l'intervento 3 è necessario a disaggiare alcuni blocchi ormai distaccati dall'affioramento e appoggiati in precario equilibrio sopra lo stesso e l'intervento 4 andrà a

consolidare lo sperone di roccia evidenziato con il numero 1 in figura 11. La passerella di accesso al centro storico verrà realizzata sopra il muro di controscarpa (intervento 2) e per poter essere utilizzata è necessario che vengano portati correttamente a termine gli altri interventi (compreso il consolidamento del muro di sostegno del giardino del ristorante oggetto di un'altra relazione geologica). Le condizioni di stabilità dello sperone di roccia verranno accuratamente descritte nel capitolo 4.



**Fig.12a: Planimetria Dinsar con ubicazione dei point scatterer, tratteggiato in rosso l'area d'indagine e in bianco l'area di selezione dei point scatterer utilizzati per costruire il grafico di figura 6b**



**Fig.12b: Grafico spostamento dei point scatterer**



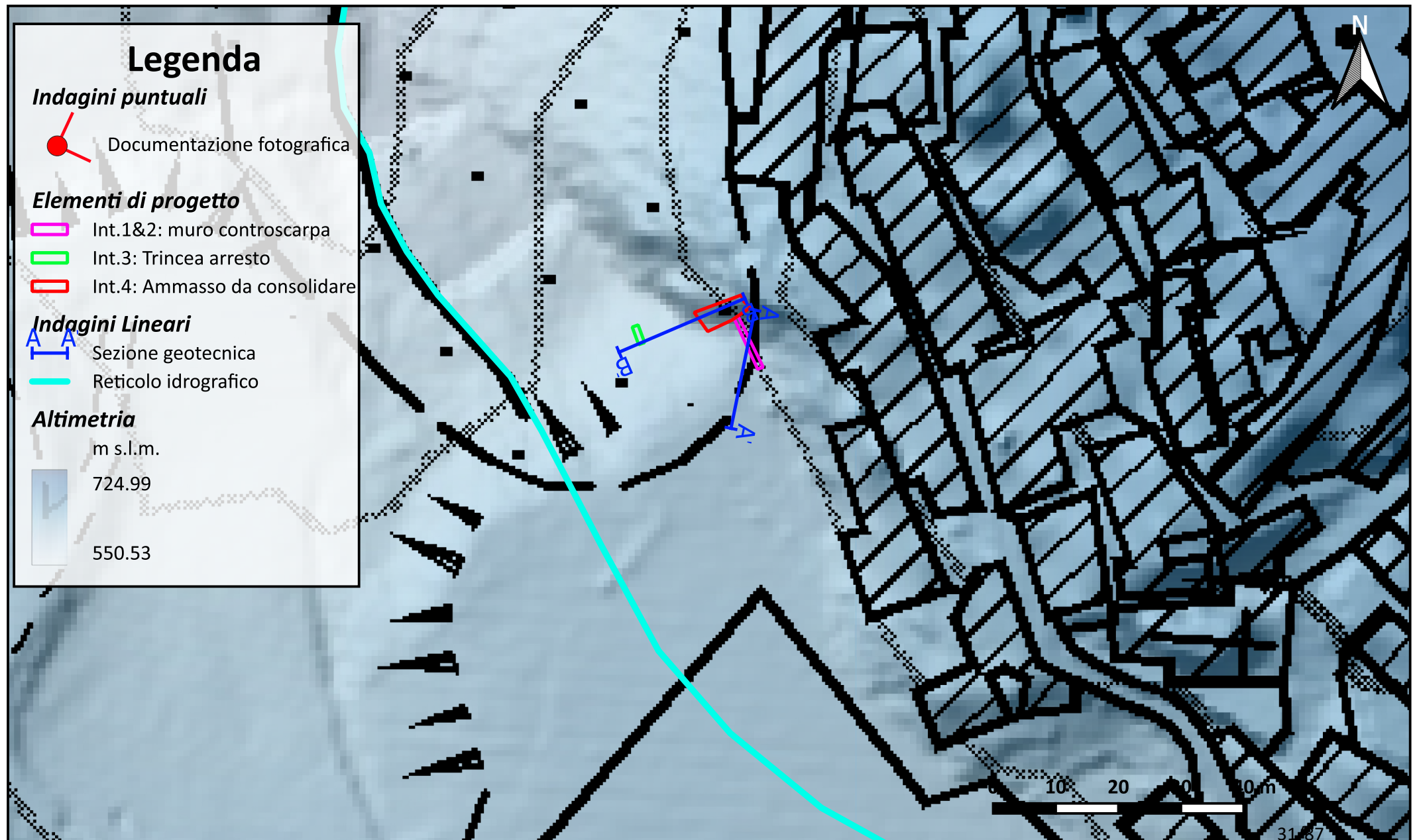
Da un punto di vista idraulico l'elemento principale dell'area è la presenza del fosso del Giunco. L'area d'indagine si trova nella parte terminale di un tombamento molto lungo che parte dal parcheggio autobus ubicato al margine E del centro abitato di Arcidosso attraversa la zona del campo sportivo e fuoriesce proprio sotto la parte di centro storico interessata dall'intervento in progetto (vedi percorso tombamento in figura 2). La valle di questo corso d'acqua è stata, nel passato, oggetto di riempimento con materiale di riporto di varia provenienza e dunque la morfologia originaria è completamente obliterata.

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica l'area è esterna ad aree allagabili sia per quanto concerne lo strumento urbanistico vigente sia per quanto concerne lo strumento urbanistico appena adottato. Solamente l'intervento 3 ricade parzialmente in un'area alluvionabile riportata nella cartografia idraulica del piano strutturale adottato. Si specifica che l'intervento 3 prevede solamente la realizzazione di una trincea necessaria all'arresto dei blocchi disaggiati dalla parte alta dell'affioramento e dunque è un intervento di natura temporanea che terminato i lavori di disaggio verrà riempito utilizzando lo stesso materiale scavato e ripristinando il piano di campagna pre-intervento. Si consiglia solamente di non eseguire i lavori con rischi meteorologici giallo, arancione o rosso diramati dalla Regione Toscana e possibilmente evitando le stagioni più piovose. L'intervento 1 e 2 sono esterni alle aree indicate in pericolosità idraulica nelle varie cartografie analizzate.

Da un punto di vista idrogeologico, sia il corpo detritico che la formazione della Pietraforte possono essere sede di circolazione idrica per permeabilità secondaria della facies arenacea mentre i livelli argillitici fungono da livelli impermeabili che guidano la fuoriuscita delle acque presenti nelle fratture degli strati arenacei. La presenza dello sperone arenaceo dove è costruito il centro storico di Arcidosso indica la possibile presenza di circolazione idrica nelle fratture dell'ammasso roccioso. In nessuna delle prove eseguite è stata intercettata falda acquifera.

# Planimetria morfologica con indicazione dei corsi d'acqua

Fig.13  
Scala 1:800





# Planimetria su Ortofotocarta

Fig.14  
Scala 1:550





### 3.5 ASPETTI MACROSISMICI E PERICOLOSITÀ SISMICA

L'analisi, la classificazione macrosismica e la modellizzazione sismica a grande scala sono state eseguite a partire dalla consultazione della zonazione sismogenetica ZS9, dal CPTI15 (catalogo parametrico terremoti italiani) e dal DBMI15 (Database Macrosismico Italiano) che forniscono un quadro completo sia sui meccanismi sorgente che caratterizzano i terremoti rilevabili nell'area d'intervento, sia sugli eventi sismici più importanti che hanno interessato le aree oggetto di questa indagine.

Il database ZS9 suddivide il territorio italiano in macrozone sorgente in cui si hanno terremoti di intensità simile e con meccanismi focali simili. L'area d'indagine si trova nella zona 921 caratterizzata *"...da sismicità diffusa con intensità moderata caratterizzata da pochi eventi di sismicità più elevata responsabili di danni significativi su aree di limitata estensione anche per la superficialità degli eventi"*. Il meccanismo focale indica che i terremoti nella zona 921 sono generati da faglie dirette con una componente trascorrente. In base alla zonazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. 3519/2006) **il Comune di Arcidosso ricade interamente all'interno della zona con accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresa tra 0.125 g e 0.150 g.** Inoltre, i terremoti che hanno interessato l'area comunale non hanno mai superato il **VI/VII grado della scala MCS** (dal database nazionale dei terremoti). In fig.15 si può osservare che in tempi storici (1868) si è verificato un terremoto molto vicino all'area d'indagine (circa 300 in direzione E in corrispondenza del campo sportivo) con una magnitudo epicentrale di 4,4 e con un grado Mercalli di 6-7 *"Qualche leggera lesione negli edifici e finestre in frantumi e Caduta di fumaiole, lesioni negli edifici."* In tab.4 si può vedere la lista dei terremoti più intensi e che hanno generato i danni maggiori nel Comune di Arcidosso hanno avuto come epicentro il Monte Amiata; di questi il più recente si è verificato in data **01/04/2000** con una **magnitudo 4,52**.

Intensità (scala MCS)	Data (aaaa gg mm hh mm)	Area epicentrale	Intensità epicentrale (scala MCS)	Mw (scala Richter)
5	1861 05 09 01 53	Val di Chiana	6-7	5,02
6-7	1868 06 17 01 50	Monte Amiata	5-6	4,4
NF	1895 05 18 19 55 12.00	Fiorentino	8	5,5

*Relazione geologica per il progetto di fattibilità tecnico ed economica di alcuni interventi ubicati nei pressi di piazza della riconciliazione capoluogo del comune di Arcidosso*

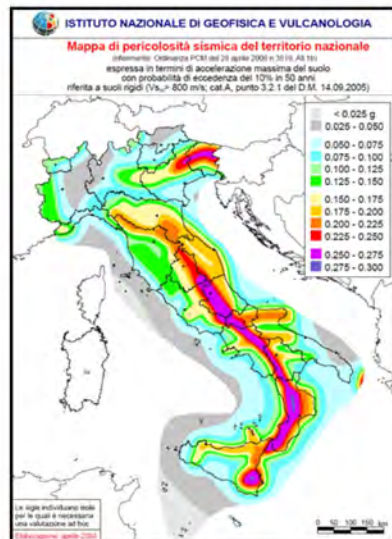
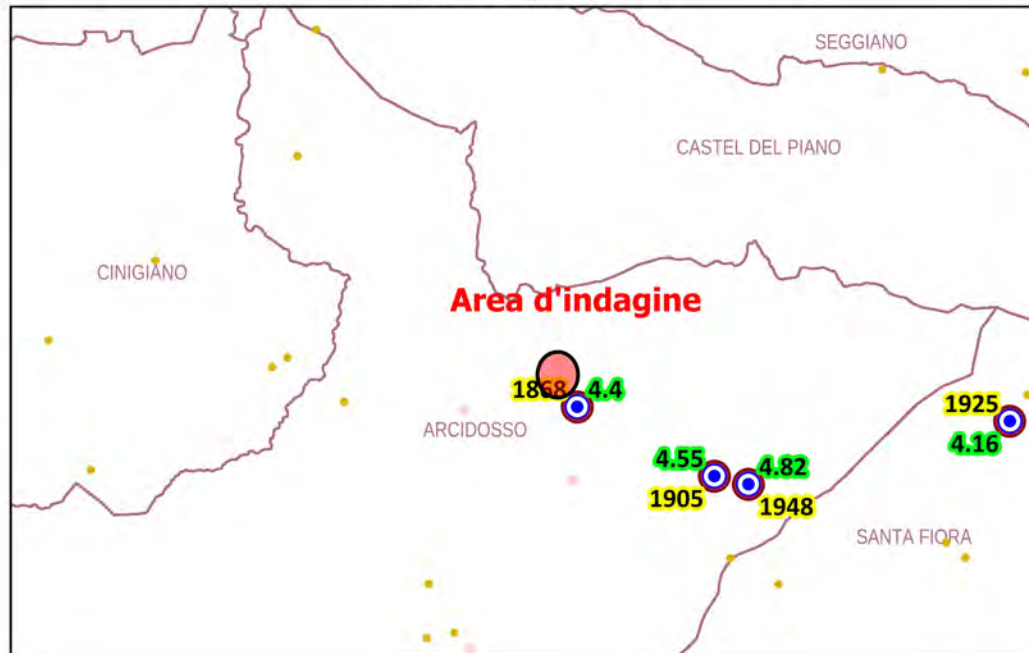
NF	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	7	5,09
4	1904 09 07 11 30	Valle dell'Ombrone	5	4,31
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	7	5,1
5-6	1905 02 12 08 28	Monte Amiata	6	4,55
F	1909 08 25 00 22	Crete Senesi	7-8	5,34
NF	1911 02 19 07 18 30.00	Forlivese	7	5,26
2-3	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	7	5,08
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	11	7,08
6	1919 09 10 16 57	Val di Paglia	7-8	5,36
5	1926 01 08 09 14	Monte Amiata	7	4,9
4-5	1940 06 19 14 10	Monte Amiata	6	4,64
5	1940 10 16 13 17	Val di Paglia	7-8	5,29
6	1948 11 03 11 40	Monte Amiata	6	4,82
2-3	1957 12 06 04 54	Orvietano	7	4,97
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	10	6,81
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	7	5,62
NF	1987 01 22 05 10 50.09	Costa pisano-livornese	5-6	4,15
NF	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	7-8	5,66
5	2000 04 01 18 08 03.68	Monte Amiata	6	4,52

**Tabella 4: Lista degli eventi sismici più importanti avvenuti nel Comune di Arcidosso.**

# Classificazione sismica territorio nazionale e zonazione sismogenetica ZS9

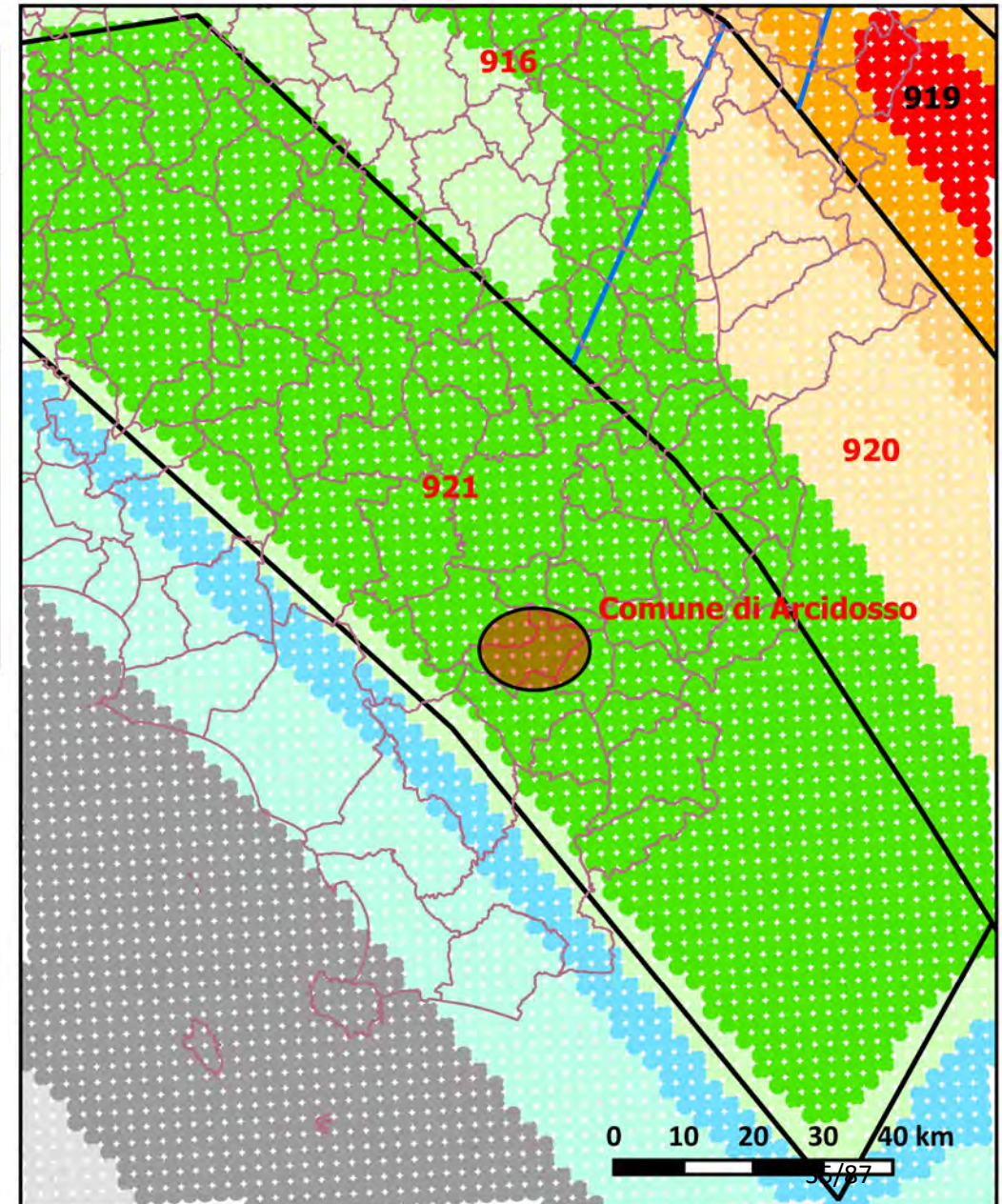
Fig.15

Carta degli eventi sismici (etichetta gialla anno dell'evento e etichetta verde intensità epicentrale)



## Terremoti INGV

- leggeri (magnitudo tra 2.0 e 4.0)
- forti (magnitudo tra 4.0 e 6.0)
- fortissimi (magnitudo tra 6.0 e 7.0)
- disastrosi e catastrofici (magnitudo oltre 7)



### 3.6 P.A.I. E P.G.R.A.

Come indicato dall'art. 65 comma della legge 152/06 *"Il Piano di bacino distrettuale, di seguito Piano di bacino, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ed alla corretta utilizzazione delle acque, sulla base delle caratteristiche fisiche ed ambientali del territorio"*. Con delibera n.39 del 28/03/2024 è stato adottato in via definitiva il P.A.I. dissesti e le relative norme di salvaguardia.

Per quanto previsto in progetto sono stati esaminati:

- il Piano per l'Assetto Idrogeologico (**P.A.I. Dissesti**) dell'autorità di bacino dell'appennino settentrionale (adottato definitivamente con le specifiche norme di salvaguardia con Del. n. 39 del 28/03/2024) per la pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica;
- il Piano stralcio per l'assetto idrogeologico bacini regionali toscana nord, toscana costa e Ombrone approvato deliberazione 25 gennaio 2005, n. 11. (**P.A.I. Toscana ex bacini regionali Toscani**) vigente in norme di salvaguardia rispetto al nuovo piano adottato
- il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (**P.G.R.A.**) (Direttiva Comunitaria 2007/60/CE, cd. "Direttiva Alluvioni", recepita con il D. Lgs. n. 49/2010) del Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale – UoM Ombrone per la pericolosità idraulica (approvato con D.P.C.M. del 26 ottobre 2016).

L'area dove sono collocati tutti gli interventi è compresa in aree segnalate in pericolosità geomorfologica

3 (Fig.16). Gli interventi sono fattibili secondo la disciplina del P.A.I. a queste condizioni:

- gli interventi 2,3 e 4 sono fattibili in quanto si tratta di interventi di consolidamento o legati alla realizzazione degli interventi di consolidamento. Per quanto riguarda l'intervento 1 questo può essere realizzato solo se è rispettato l'articolo 9 comma 1 della disciplina del PAI dissesti che si riporta di seguito *"...sono consentiti interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini..."*. **In pratica l'intervento 1 è fattibile solo se è correttamente realizzato l'intervento di consolidamento del fronte roccioso sottostante la passerella di accesso e il consolidamento del muro di sostegno posto a monte della stessa** (intervento oggetto di specifica relazione geologica – vedi capitolo 1).
- Essendo in regime di norme di salvaguardia l'intervento deve essere consentito anche in ottemperanza alla disciplina del PAI vigente al momento dell'adozione del PAI dissesti. In questo senso si richiama la delibera di approvazione del 25 gennaio 2005, n. 11 che all'art 14 comma 1 *"...Nelle aree P.F.E. sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica, sistemazione, protezione e prevenzione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare, prevenire e mitigare gli altri processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità elevata,*

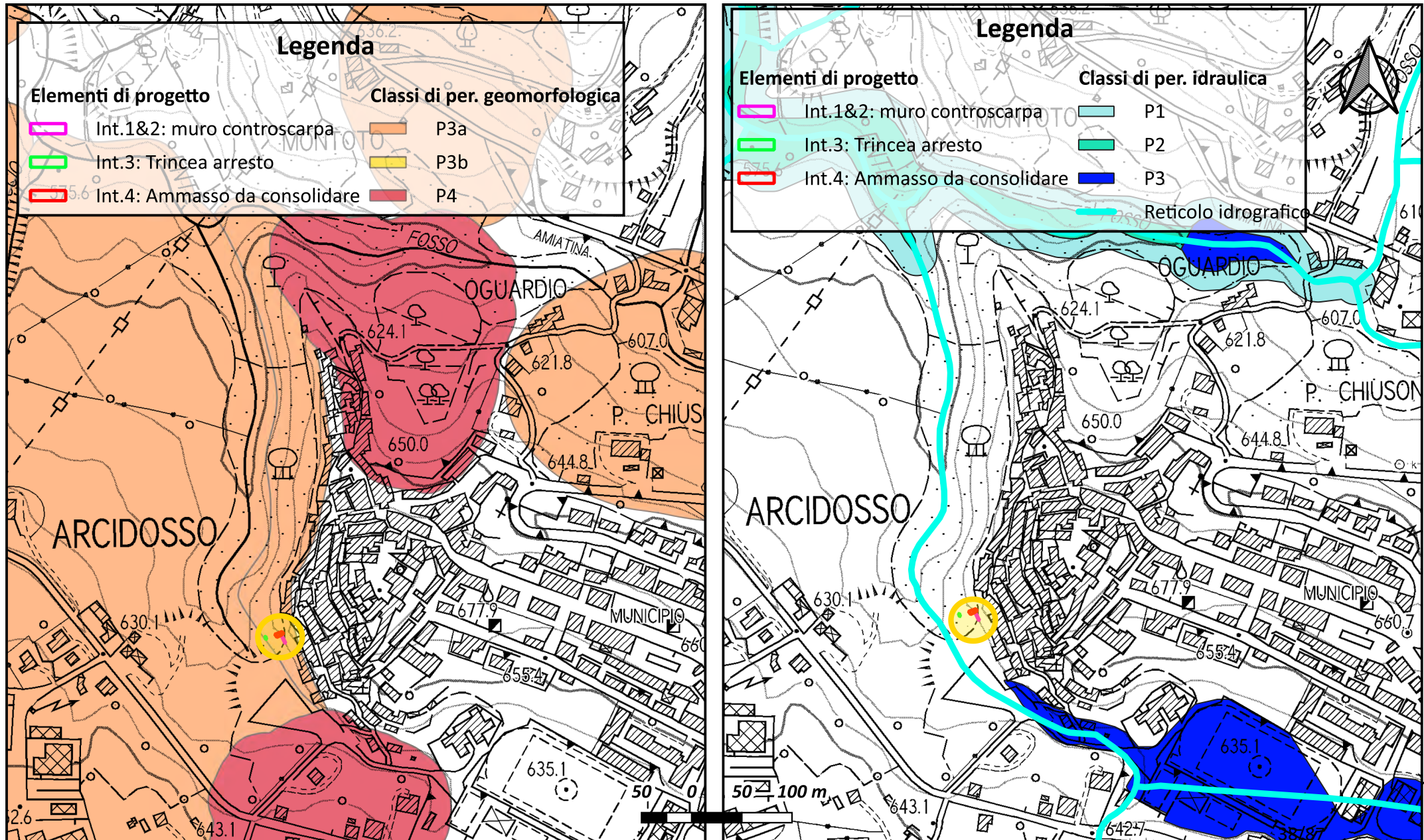


*approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico". In base a questo sono consentiti gli interventi 2,3 e 4 mentre per quanto riguarda l'intervento 1 si specifica che è consentito per l'art.14 comma 8 lettera b perché non classificabile come volume edilizio.*

L'area in esame è esterna alle aree allagabili indicate nel P.G.R.A. (Fig.16).

# Stralcio Carta PAI e PGRA

Fig.16



## 4 DESCRIZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

### 4.1 DESCRIZIONE STRUTTURALE AMMASSO ROCCIOSO

Nel 2021 è stato eseguito un rilievo geomeccanico dell'affioramento di arenaria Pietraforte che dovrà essere superato con la passerella di accesso al camminamento che costeggia il centro storico di Arcidosso. In questa relazione si conferma le misure di strato e le caratteristiche di giunti e fratture già rilevate nel 2021 e si procede ad integrare la caratterizzazione geomeccanica finale con la metodologia di Hoek&Brown.

Il rilievo geomeccanico eseguito nel 2021 ha previsto, in primo luogo la caratterizzazione geotecnica dell'ammasso Roccioso attraverso il rilievo delle discontinuità principali e delle loro caratteristiche. I parametri considerati sono i seguenti:

- **Orientazione**
- **spaziatura**
- **persistenza**
- **scabrezza**
- **apertura**
- **spessore del riempimento**
- **Condizioni di umidità delle fratture**

Dal rilievo geomeccanico eseguito, come è possibile vedere nella proiezione stereografica sul reticolo di Wulff (fig.19) è possibile distinguere tre famiglie di discontinuità. In figura 19 si riportano i poli dei piani della stratificazione misurati in campagna:

1. La prima (cerchi di colore Giallo) con direzione media N67, immersione circa verso S ed inclinazione media 73° che seziona i blocchi in direzione quasi Est – Ovest ed ha una persistenza elevata, la spaziatura si vede bene dalla vista frontale (fig.18) ed è di circa 1 m, l'apertura è piccola e il riempimento è assente, l'orientazione di questo sistema non genera instabilità dato che ha una orientazione circa parallela alla direzione di massima



pendenza del versante, tuttavia, grazie alla alta persistenza, fraziono i blocchi generati dalla altre discontinuità in blocchi più piccoli aumentando l'instabilità generale dell'ammasso.



**Fig.17: Fotografia affioramento Direzione Sud Nord vista laterale (foto 1)**



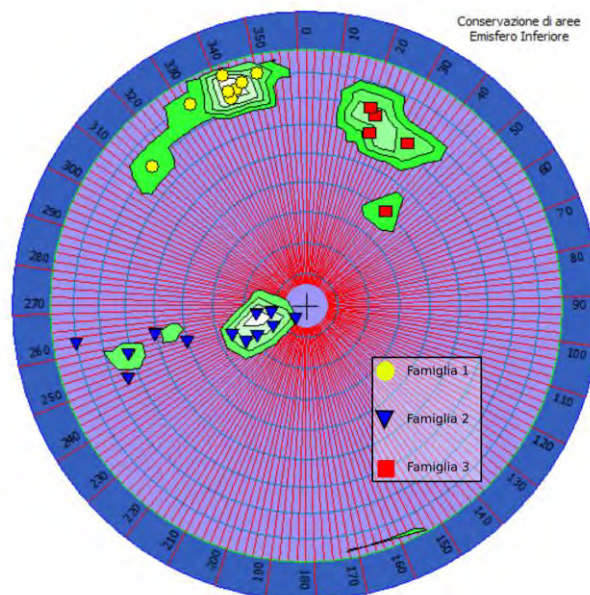
**Fig.18: Fotografia affioramento Direzione Ovest Est Vista frontale (foto 2)**

2. la Seconda (triangoli di colore Blu in fig.19) con direzione media N160, immersione circa verso E ed inclinazione media di 33° ma con un'elevata deviazione standard (Massima pendenza fino a 80°) ha generalmente una persistenza elevata, la spaziatura si vede bene



dalla vista laterale (fig. 17) ed è di circa 1 m, l'apertura è, in alcuni casi molto ampia e riempita con materiale eterogeneo con abbondante materia organica, l'orientazione di questo sistema può generare instabilità per ribaltamento come si può vedere soprattutto nei blocchi 1 e 2 (fig.17), posizionati con inclinazione sfavorevole rispetto al versante. Nel rilievo del 2025 è emersa una nuova frattura (numero 4 blu in fig.17) con orientazione simile alla frattura 2 e stesse caratteristiche ovvero apertura molto ampia riempita di materiale eterogeneo con abbondante materia organica.

3. la terza (quadrati colore rosso in fig.19) con direzione media N117, immersione circa verso SW ed inclinazione media 60° ha una persistenza elevata nella frattura basale (numero 1 di fig. 17) e bassa nelle altre fratture parallele, la spaziatura si vede bene dalla vista laterale (fig.17) ed è di circa 0.25 cm , l'apertura nella frattura basale 1 è grande e riempita con materiale eterogeneo da ghiaioso a sabbioso e con elevata materia organica mentre nelle fratture parallele è materiale cementato fine; l'orientazione di questo sistema può generare instabilità per scivolamento dato che l'inclinazione, soprattutto della frattura basale sul blocco 1 è compatibile con uno scivolamento sul versante.



**Fig19: Stereogramma equatoriale emisfero sud)**



**Fig.20: Fotografia affioramento Direzione Ovest Est con indicazione dei blocchi (foto 1)**

Come si può notare in figura 20 l'ammasso roccioso può essere suddiviso in quattro blocchi ben distinti. Tutti questi blocchi risultano posizionati ad oggi come nel 2021 in equilibrio precario legato principalmente alla tenuta del blocco 2 che fa da sostegno per tutta la parte di affioramento posta a valle della frattura 4 (vedi figura 17). In generale sia lo sperone di roccia (zona 1 in fig.11) che l'affioramento posto sotto il muro di sostegno (zona 2 in fig.11) risultano poco fratturati come confermato dalla dimensione dei blocchi; tuttavia, le poche fratture presenti hanno tutte orientazioni sfavorevoli rispetto al versante e presentano apertura tale da non risultare più collaboranti fra loro ma semplicemente appoggiati uno sull'altro.

Il Blocco 2 è in posizione strapiombante e rischia sia di scivolare lungo il versante che di ribaltare, il movimento del blocco 2 potrebbe innescare anche il movimento dei blocchi 1 e 3 che si appoggiano a questo. Il blocco 3 è ancorato solo da un lato al resto dell'ammasso roccioso ed è presente una frattura con direzione circa E O che lo separa dal blocco contiguo. Il blocco 4 è di piccole dimensioni ed ha tuttavia un equilibrio precario legato alla stabilità degli altri blocchi.

## 4.2 CARATTERISTICHE MECCANICHE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

### 4.2.1 Metodo di Bieniawski e Romana

Sulla base di questi dati è stato caratterizzato geomeccanicamente l'ammasso roccioso con l'approccio di Bieniawski e Romana. Sulla base delle caratteristiche dell'affioramento elencate in precedenza si ricava l'indice RMR (Rock Mass Rating) così come definito da Bieniawski:

$$\text{RMR di base} = \text{RMR}_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 \quad (1)$$

Da cui poi si ricava SMR (Slope Mass Rating) così come definito da Romana:

$$\text{SMR} = \text{RMR}_b + (F1 \times F2 \times F3) + F4 \quad (2)$$

Si è considerato un versante con immersione a N260 e inclinazione di circa 45°.

Tra i tre sistemi di discontinuità è stato considerato quello relativo ai piani colorati di blu nelle figure 17 e 18 che ha come possibile cinematica evolutiva il ribaltamento. Come direzione del piano di fratturazione medio è stata considerata la peggiore tra quelle comprese tra la media più o meno una deviazione standard (N149-N171) come inclinazione si è considerato cautelativamente la media più una deviazione standard (57°). Anche per le condizioni della discontinuità si è preso come riferimento la peggiore tra quelle rilevate che sono la 2, la 4 e la 8 (fig. 17).

Per la resistenza della roccia (A1) si è fatto riferimento ad una **prova di Resistenza a carico puntuale (Point load Test)** eseguita su cinque provini ricavati da un campione di roccia prelevato alla base dell'affioramento oggetto d'indagine. I cinque provini sottoposti a rottura hanno restituito valori di resistenza al punzonamento ( $I_{s50}$ ) riportati in tab.5.

Provino	Lungh. campione (cm)	Carico di rottura (kg)	Is (kg/cm <sup>2</sup> )	Is <sub>50</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
1	19.5	2192	38.98	19.44
2	12.0	3558	98.85	53.70
3	9.5	509	31.87	12.43
4	9.0	1121	26.55	19.79
5	11.0	1121.67	19.94	15.28
Media	\	\	43.24	24.13
Max	\	\	98.85	53.70
Min	\	\	19.94	12.43

Tabella 5: Risultati delle prove di laboratorio sui campioni di roccia

In riferimento ai rilievi eseguiti ed al sondaggio geognostico è stato considerato un valore (33%) dell'indice **RQD (A2)** da inserire nella classificazione di Bieniawski ricavato prendendo il minimo degli RQD misurati nei due sondaggi eseguiti. Sulla base dei parametri sopra ricordati è stato possibile classificare l'ammasso roccioso in una delle categorie proposte da Bieniawski: **la somma degli indici relativi a ciascun parametro dà un totale di 41.83 (per il dettaglio si veda la tabella 6) che ne permette la classificazione in classe IV (qualità dell'ammasso SCADENTE).**

INDICE	PARAMETRI	VALORI
<b>A1</b>	Indice Compressione uniassiale	3.96
<b>A2</b>	Indice RQD	7.08
<b>A3</b>	Indice Spaziatura discontinuità	9.77
<b>A4</b>	Indice Condizioni discontinuità	6
<b>A5</b>	Indice Condizioni idrauliche	15
<b>RMR base</b>	<b>A1+A2+A3+A4+A5</b>	<b>41.83</b>
<b>F1</b>	Parallelismo fra immersione e frattura	<b>1</b>
<b>F2</b>	Inclinazione frattura	<b>1</b>
<b>F3</b>	Inclinazione fronte Frattura	<b>-6</b>
<b>F4</b>	Metodo di scavo	<b>0</b>
<b>SMR corretto</b>	<b>(A1+A2+A3+A4+A5) +A6</b>	<b>35.83</b>

**Tabella 6: Risultati della caratterizzazione con metodo Bieniawski e Romana**

I valori di F1, F2, F3 e F4 sono stati posti come in tabella 6 per tenere conto dell'orientazione delle fratture rispetto alla direzione del versante e per tenere conto della metodologia di scavo che è stata posta uguale ad *"abbattimento controllato"*.

Dal valore di  $RMR_b$  si derivano i parametri meccanici di picco dell'ammasso roccioso secondo la formula di Bieniawski e i valori meccanici residui correggendo  $RMR_b$  secondo la formula di Priest riportata sotto:

$$RMR_b = RMR_b(\text{originario}) - [0,2 \times RMR_b(\text{originario})] \text{ (Priest, 1983) (3)}$$



<b>Parametro geotecnico</b>	<b>VALORI</b>
Coesione di picco $c_p$ (kpa)	<b>209</b>
Angolo di attrito di picco $\phi_p$	<b>25,92°</b>
Modulo di deformazione E (Gpa)	<b>6.25</b>
Coesione residua $c_r$ (kpa)	<b>167.32</b>
Angolo di attrito residuo $\phi_r$	<b>21,73</b>

**Tabella 7: Parametri geotecnici affioramento Beniawski**

Da valore di SMR (35.83) di Romana si ricava che l'ammasso roccioso risulta attualmente instabile e con meccanismo di rottura lungo piani o su grandi cunei.

#### *4.2.2 Metodo di Hoek&Brown*

La parametrizzazione geotecnica della relazione giugno 2021 era stata realizzata a partire dal metodo Bieniawski e Romana che assegna un coefficiente al pendio (RMR e SMR) sulla base delle caratteristiche meccaniche e stratigrafiche della roccia e delle discontinuità; attraverso questo coefficiente è possibile ricavare angolo di attrito e coesione di picco e residua tramite un processo di linearizzazione dell'involuppo di rottura sul piano  $\tau/\sigma$ . Questo metodo è di largo utilizzo nella geotecnica e parametrizza l'ammasso roccioso con parametri (angolo di attrito e coesione) che sono di più largo utilizzo nella pratica lavorativa; tuttavia, la linearizzazione dell'involuppo di rottura porta ad alcuni errori nella stima di angolo di attrito e coesione. Per questo si è deciso di aggiungere alla relazione del 2021 anche un metodo numerico e semi-analitico che garantisce il calcolo dei valori locali di coesione e angolo di attrito ottenuti mediante una stima sull'involuppo di rottura non lineare del criterio di rottura di Hoek et al. (2002). Si riporta dunque di seguito una parametrizzazione dell'ammasso roccioso basata sul metodo di Hoek & Brown.

La resistenza meccanica complessiva di un ammasso roccioso è funzione della resistenza meccanica degli elementi di roccia intatta e di una serie di caratteristiche dell'ammasso: presenza e distribuzione di fessure e giunti; effetti di disturbo esterni quali scavi, trivellazione e uso di esplosivi; variabilità delle caratteristiche dell'ammasso alla scala dell'affioramento, indotta da discontinuità litologiche e strutturali: bande di alterazione e fasce milonitiche/cataclastiche, sistemi di faglie, ecc.

La sintesi di queste caratteristiche viene fatta nella metodologia Hoek&Brown attraverso quattro parametri:

1. **Resistenza a compressione uniassiale** ( $\sigma_{ci}$ ).
2. **Geological strength index (GSI)**: parametro che sintetizza le caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso.
3. **Costante litologica  $m$** : dipende dalla litologia dell'ammasso e si ricava da apposite tabelle.
4. **Il fattore di disturbo  $D$** : è un parametro che varia da 0 a 1 e rappresenta il grado di disturbo indotto da operazione di scavo meccanico o con esplosivi.

La Resistenza a compressione uniassiale semplice ( $\sigma_{ci}$ ) della roccia intatta è stata ricavata dal point load test (PLT) eseguito sul campione prelevato alla base dell'affioramento roccioso oggetto d'indagine. L'analisi dei risultati ha restituito un  $I_{s50}$  medio calcolato su 3 campioni di 2.36 Mpa. Questo valore è stato convertito in un valore di resistenza a compressione uniassiale (UCS) moltiplicando il risultato del PLT per un coefficiente  $k$  di 14 per un risultato finale di 33 Mpa.

Geological strength index(GSI): questo è il parametro più delicato e si può ricavare a partire da un confronto tra l'ammasso roccioso reale e alcuni diagrammi che descrivono lo stato di fratturazione di un affioramento generico oppure può essere ricavato da uno studio geomeccanico come quello realizzato per la relazione del 2021; in particolare grazie al metodo di Russo (2009) è possibile definire il GSI a partire da due parametri principali:  $V_b$  definito come volume medio dei blocchi e  $J_c$  che sintetizza le caratteristiche fisiche e meccaniche delle discontinuità. Il primo può essere ricavato dalla seguente formula:

$$V_b (cm^3) = 10^6 \beta J_v^{-3} \quad (4)$$

Dove  $\beta$  è un fattore adimensionale che tiene conto della forma dei blocchi (posto uguale a 27),  $J_v$  è la frequenza delle discontinuità in giunti al  $m^3$ . Per quanto riguarda invece  $J_c$  si ricava dalla seguente relazione:

$$J_c = J_r \frac{J_l}{J_a} \quad (5)$$

Dove  $J_r$  è un fattore che tiene conto di rugosità e planarità delle fratture,  $J_a$  è un fattore che tiene conto dell'alterazione e delle fratture e  $J_l$  è un fattore che tiene conto della dimensione delle discontinuità. Da questi parametri si ricava direttamente il valore GSI con la seguente formula:

$$GSI = 153 - \frac{165}{[1 + (1.0526 J_c^{0.5} V_b^d)^{0.44}]} \quad (6)$$

con  $d = 0.37 J_c^{-0.2}$ . (7)

I valori assegnati ai parametri necessari per il calcolo del GSI sono stati definiti per mezzo di specifiche tabelle presenti nella pubblicazione Russo (2009) e Palmstrom (1998) e sono specificati nella tab.8. Alcuni di questi parametri (frequenza dei giunti, stato delle fratture ecc.) sono stati ricavati dalla relazione 2021.

Parametro	Valore
$\beta$	27 Blocchi equidimensionali
$J_v$ (giunti per m <sup>3</sup> )	13-25
$J_r$	1-2 Discontinuità da smussata planare a smussata leggermente ondulata
$J_a$	8 Discontinuità riempite con materiale attritivo maggiore di 5 mm
$J_l$	1-2 Discontinuità media (1-10 m) con superficie da continua a discontinua
$J_c$	0.125-0.5
$V_b$ (m <sup>3</sup> ) X RQD 33%	0.001728
$V_b$ (m <sup>3</sup> ) X RQD 70%	0.01
GSI tratto RQD 33%	7.59-13.49
GSI tratto RQD 70%	16.55-24.48

**Tabella 8: Parametrizzazione delle caratteristiche delle discontinuità finalizzate al calcolo del GSI.**

Per il calcolo del parametro **GSI** si è tenuto conto della variabilità dell'ammasso roccioso, che alla scala dell'affioramento presenta discontinuità con caratteristiche molto eterogenee.

In particolare, per la determinazione del parametro **Jc** sono stati considerati:

- **valori minimi**, riferiti a fratture con superficie smussata e planare, riempite da materiale prevalentemente attritivo con spessore superiore a 5 mm, caratterizzate da dimensioni lineari medie (0–10 m) e superficie continua;
- **valori massimi**, riferiti a fratture con superficie smussata e ondulata, riempite da materiale prevalentemente attritivo con spessore superiore a 5 mm, caratterizzate da dimensioni lineari medie (0–10 m) e superficie discontinua.



Inoltre, dai risultati dei due sondaggi eseguiti nelle immediate vicinanze dell'affioramento, è stato possibile stimare il valore di **RQD**, pari a circa **33%** per la porzione più superficiale dell'ammasso e **70%** per le condizioni più profonde, riferite a roccia non alterata.

Come riportato in Tabella 8, sono stati individuati due intervalli distinti di valori del parametro GSI: il primo riferito alla porzione più superficiale dell'ammasso roccioso, il secondo alla porzione più profonda dello stesso.

Costante litologica  $m$ . il valore scelto è  $17 \pm 4$ , valore per rocce tipo arenaria e cautelativamente si è utilizzato il valore più basso del range.

Il fattore di disturbo  $D$ . Nel caso in oggetto è stato posto uguale a 0 visto che si presume che la roccia verrà perforata con mezzi meccanici e non con esplosivo.

A partire da questi dati è possibile ricavare, interpolando l'involuppo di rottura di Mohr-Coulomb con la curva intrinseca derivata dal metodo Hoek e Brown sul piano cartesiano stress normale-stress tangenziale, i valori di angolo di attrito e coesione che sono di più ampio utilizzo per problematiche di tipo geotecnico e sono sintetizzati in tabella 9.

Parametro geotecnico	Metodo di Bieniawski e Romana	Metodo Hoek&Brown Modificato RQD 33% Fascia superficiale	Metodo Hoek&Brown Modificato RQD 70% Fascia Profonda
<b>Coesione di picco <math>c_p</math> (kpa)</b>	209	63-88	100-133
<b>Angolo di attrito di picco <math>\phi_p</math></b>	25,92°	40.42-44.78	46.59-50.30
<b>Coesione residua <math>c_r</math> (kpa)</b>	167.32	/	/
<b>Angolo di attrito residuo <math>\phi_r</math></b>	21,73	/	/

**Tabella 9: Confronto fra i risultati ottenuti da vari metodi di caratterizzazione con meccanica della roccia**

#### 4.3 CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AMMASSO ROCCIOSO E POSSIBILI INTERVENTI

La classificazione dell'ammasso roccioso eseguita con i metodi di Romana e Bieniawsky indica un ammasso roccioso di qualità scadente che nel suo complesso non è fittamente fratturato e le condizioni generali delle fratture sono sfavorevoli. Sono presenti delle fratture singole, in particolare la 1, la 2, la 4, la 8 e la 9 (Fig.17 e Fig.18) che hanno un'orientazione sfavorevole per ribaltamento (2, 4, 8 e 9) e per scivolamento (1) ed hanno condizioni di alterazione, forma, apertura e riempimento molto sfavorevoli; inoltre, i blocchi più grandi (fig.20) sono interdipendenti l'uno dall'altro e la instabilità di uno solo

potrebbe provocare il collasso di tutta la bancata. Con la passarella di accesso al camminamento si va ad incidere proprio su questo affioramento e dunque si renderanno necessarie opere di stabilizzazione che vadano a migliorare la stabilità dell'ammasso roccioso per evitare che un eventuale collasso futuro vada ad incidere sull'opera appena realizzata. Le opere che si consiglia di realizzare per migliorare la stabilità del versante sono le seguenti:

1. Rottura e disgaggio del blocco 4;
2. Rottura e disgaggio del blocco 3 con mezzi meno invasivi possibile per evitare vibrazioni e sollecitazioni che potrebbero destabilizzare gli altri blocchi;
3. Realizzazione di chiodatura con direzione Nord Sud con lo scopo di collegare i blocchi che si vedono in primo piano nella vista laterale (fig 17) ai blocchi ubicati in direzione Nord che hanno, al piede, una "scarpa" (vedi fig 18) che ne aumenta molto la stabilità sia allo scivolamento che al ribaltamento, questo tipo di collegamento permetterebbe di scaricare parte delle forze destabilizzanti ad un'altra parte dell'ammasso roccioso che attualmente risulta isolata a causa della presenza della frattura 10;
4. Realizzazione di chiodatura passiva o tirantatura con direzione circa Ovest Est con elementi che vadano perforare il blocco 1 e il blocco 2 e si ancorino bene nell'ammasso roccioso sotto il centro storico di Arcidosso, questo tipo di intervento va valutato anche in base alle condizioni di sicurezza in quanto la posizione di lavoro è ubicata proprio sotto al blocco a rischio ribaltamento;
5. Lunghezza ed inclinazione della chiodatura o dei tiranti andranno decise dal progettista strutturale e per quanto riguarda la parametrizzazione dell'ammasso si può considerare presente la fascia 1, quella più alterata, per uno spessore di circa 4 m a partire dalla proiezione a terra della verticale del muro di sostegno del ristorante.
6. A coadiuvare la chiodatura o tirantatura può essere posizionata una rete paramassi che avvolga tutto il blocco impendendo che anche frammenti più piccoli possano franare verso il basso

7. Messa in opera di un sistema di monitoraggio, attraverso il montaggio di estensimetri superficiali o di estensimetri montati all'interno del tirante o della chiodatura.
8. si consiglia di non scaricare le azioni della passerella verticalmente sull'ammasso roccioso instabile ma di realizzarli trasversali per andare ad ancorare la passerella all'ammasso roccioso posto sotto il centro abitato di Arcidosso, sganciando la struttura della passerella ad eventuali instabilità dell'affioramento instabile

lo stato di equilibrio del muro di sostegno del ristorante è sicuramente legato all'equilibrio dell'ammasso roccioso sottostante; si consiglia quindi di realizzare i lavori di consolidamento del muro successivamente a quelli dell'ammasso roccioso.

## 5. TERRE E ROCCE DA SCAVO

### 5.1 GESTIONE AMBIENTALE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

In riferimento al D.P.R. 120/17, per poter riutilizzare il suolo escavato – derivante da attività finalizzate alla realizzazione delle opere edilizie – **in situ** oppure **come sottoprodotto** (ovvero in un sito di destinazione diverso dal sito di produzione), le terre e rocce da scavo devono soddisfare i seguenti requisiti:

- sono generate durante la realizzazione di un'opera il cui scopo primario non è la produzione di tale materiale;
- sono utilizzate nel corso dell'esecuzione dell'opera stessa o di un'altra opera conformemente a quanto previsto nella dichiarazione di utilizzo;
- sono idonee ad essere utilizzate direttamente, ossia senza alcun ulteriore trattamento diverso dalla normale pratica industriale;
- devono rispettare i requisiti di qualità ambientale specificati nella Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV del T.U.A. (D. Lgs. 152/06).

Nel D.P.R. si fa una distinzione tra cantieri di piccole dimensioni, in cui il volume del materiale escavato è inferiore ai 6000 m<sup>3</sup> e cantieri di grandi dimensioni. Considerata l'entità limitata delle terre e rocce da scavo previste, l'intervento rientra nella disciplina dei cantieri di piccole dimensioni. In tali casi, qualora il materiale di scavo venga riutilizzato al di fuori del cantiere di produzione, il produttore è tenuto a presentare una dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà, da trasmettere al Comune e all'Agenzia regionale per la protezione ambientale territorialmente competente almeno quindici giorni prima dell'avvio dei lavori di scavo. In questa dichiarazione devono essere specificati le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotto, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere e i tempi previsti per l'utilizzo (non possono comunque superare un anno dalla data di produzione) e la sussistenza delle condizioni che certifichino che il materiale è classificabile come sottoprodotto.

La dichiarazione va prodotta solo se il materiale è utilizzato in un cantiere diverso da quello di produzione; nel caso in cui la totalità del materiale prodotto sia riutilizzata all'interno del cantiere è facoltà del produttore compilare la dichiarazione di utilizzo. Tuttavia, deve essere comunque prodotta e



tenuta in cantiere la documentazione che attesti la non contaminazione del materiale tramite un'opportuna caratterizzazione chimico-fisica dello stesso. Il numero di campioni e gli analiti da analizzare andranno decisi prima dell'inizio dei lavori seguendo le indicazioni fornite all'allegato 4 del D.P.R. 120/17.

## 5.2 ASPETTI IDROGEOLOGICI PER I MOVIMENTI TERRA IN PROGETTO

Per avere linee guida riguardo i movimenti di terra e roccia da scavo in progetto dal punto di vista idrogeologico si fa riferimento alla legge n. 39/2000 "Legge Forestale della Toscana" e dal Regolamento n. 48/R del 2003 modificato dal DPGR 32/R del 2010 a cui si rimanda per approfondimenti in particolare si riporta qui l'art.77 riporta di seguito:

- 1. La terra di risulta da scavi o movimenti di terreno in genere, attuati per opere di modesta entità, può essere conguagliata in loco per la risistemazione dell'area oggetto dei lavori, al di fuori di corsi d'acqua, fossi, impluvi e linee di sgrondo delle acque, senza determinare apprezzabili modificazioni di assetto o pendenza dei terreni, provvedendo al compattamento ed inerbimento del terreno stesso ed evitando che abbiano a verificarsi fenomeni erosivi o di ristagno delle acque.*
- 2. La terra derivante da scavi di sbancamento operati per costruzioni o derivante da altre opere da cui risultino apprezzabili quantità di materiale terroso, può essere riutilizzata in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori, in conformità e nei limiti delle previsioni di progetto. [...]*
- 3. I materiali lapidei di maggiori dimensioni devono essere separati dal materiale terroso al fine di garantire un omogeneo compattamento ed assestamento di questi ultimi. I materiali lapidei possono essere reimpiegati in loco per la sistemazione dell'area oggetto dei lavori purché gli stessi siano depositati in condizioni di stabilità ed in modo da non ostacolare il regolare deflusso delle acque superficiali.*
- 3.bis [...]*
- 4. Fatto salvo quanto disposto dal decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22 (Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio), da ultimo modificato dalla legge 3 febbraio 2003, n. 14, i materiali terrosi o lapidei eccedenti la sistemazione in loco devono essere riutilizzati in terreni ove il riporto degli stessi sia autorizzato o consentito ai fini del vincolo idrogeologico.*
- 5. Durante le fasi di cantiere eventuali depositi temporanei di materiali terrosi e lapidei devono essere effettuati in modo da evitare fenomeni erosivi o di ristagno delle acque. Detti depositi non devono essere collocati all'interno di impluvi, fossi o altre linee di sgrondo naturali o artificiali delle acque e devono essere mantenuti a congrua distanza da corsi d'acqua permanenti. È fatto divieto di scaricare materiale terroso o lapideo all'interno o sulle sponde di corsi d'acqua anche a carattere stagionale. I depositi non devono inoltre essere posti in prossimità di fronti di scavo, al fine di evitare sovraccarichi sui fronti stessi."*

Dunque, come specificato negli articoli sopra il riutilizzo in sito del terreno di risulta sarà consentito solo a determinate condizioni. Una regola generale che può essere seguita in fase di cantiere è che, fermo restando quanto riportato al punto 1 dell'art.77 il riporto di terreno può essere eseguito se:

- lo spessore non supera 10-20 cm di terreno riportato;
- la pendenza locale dell'area dove viene posizionato non supera il 10%;

- l'area dove si posiziona il terreno è esterna a quelle indicate in pericolosità P.3. e P.4. nelle cartografie di figura 5.

Se tali condizioni non risultano soddisfatte, per utilizzare il terreno in una determinata area di cantiere sarà necessaria una specifica relazione geologica che verifichi la stabilità del terreno riportato. Si precisa inoltre che il terreno potrà essere impiegato in aree di proprietà della committenza o in terreni di terzi soltanto previa autorizzazione formale del proprietario all'utilizzo concordato.

## 6. CONCLUSIONI

Nella presente indagine è stato analizzato l'assetto geologico di un'area in cui sono previsti interventi di consolidamento, già interessata in passato da un importante intervento di riqualificazione. L'area d'indagine è ubicata nella porzione Nord di piazza della Riconciliazione proprio a valle dell'affioramento roccioso di Arenaria Pietraforte su cui è edificato il centro storico di Arcidosso. In particolare, dalle analisi effettuate è stato possibile concludere che:

- gli interventi si concretizzano nella realizzazione di:
  1. Intervento 1: Passerella di accesso al camminamento presente intorno alle mura del centro storico di Arcidosso
  2. Intervento 2: Muro di controscarpa di un affioramento roccioso con porzioni strapiombanti;
  3. Intervento 3: Realizzazione di una trincea necessaria all'arresto di alcuni blocchi disgiunti dal fronte roccioso;
  4. Intervento 4: Consolidamento strutturale dello sperone di arenaria Pietraforte presente sotto il muro del ristorante *Bastarda Rossa*;
- Il comune di Arcidosso è dotato di uno strumento urbanistico che specifica le seguenti pericolosità per l'area d'indagine;
  - L'intervento 1, 2 e 4 ricadono in aree con Classe di Pericolosità Geomorfologica G.2 (pericolosità MEDIA) mentre l'intervento 3 ricade in aree con Classe di Pericolosità Geomorfologica G.4. (MOLTO ELEVATA) vedi fig.1, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale;
  - Tutti gli interventi ricadono in aree con Classe di Pericolosità idraulica I.1 (pericolosità IRRILEVANTE vedi fig.2, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale;
  - Tutti gli interventi ricadono in aree con Classe di vulnerabilità media (Acquifero in arenaria) vedi fig.4, stralcio dalle tavole del Piano Strutturale.
- l'area si trova nella zona 2007 caratterizzata dalla presenza di una coltre di alterazione di spessore inferiore ai 5 m che sta sopra ad un substrato con spessore maggiore di 50 m e con pendenza complessiva maggiore di 15°.
- Con delibera giunta dell'unione dei comuni Amiata Grossetana n. 173 del 16/12/2020 è stato adottato il piano strutturale intercomunale redatto secondo le norme della 65/2014. Consultando le tavole del Piano Strutturale, tutti gli interventi, escluso l'intervento 3, sono esterni alle aree con pericolosità da inondazione (Fig.7), mentre, tutti gli interventi sono interamente contenuti in zone con pericolosità geomorfologica elevata (Fig.5).

- da un punto di vista geologico l'area d'indagine si trova interamente all'interno della formazione della Pietraforte che è un litotipo costituito da torbiditi silicoclastiche composte prevalentemente da litofacies arenacee e arenaceo-pelitiche, generalmente ben stratificate con spessori degli strati piuttosto variabili, da decimetrici a più di 10 m alternate generalmente a corpi di spessore plurimetrico con litofacies pelitiche, caratterizzate da strati argillitico-siltitici di piccolo spessore e geometria piano-parallela.
- L'area di fondazione del muro di controscarpa con funzione di passerella pedonale (intervento 1 e 2) presenta il seguente modello geologico e stratigrafico, desunto dal sondaggio S1\_2025:
  1. Riporto antropico spessore di circa 6 m in corrispondenza del sondaggio geognostico;
  2. Membro arenaceo della Formazione della Pietraforte.
- L'assetto geologico dell'area interessata dalla trincea (intervento 3) prevede l'attraversamento esclusivo di terreno di riporto antropico, come evidenziato dalla prova penetrometrica DPSH, che ha individuato circa 6 m di materiale poco consistente senza intercettare il substrato naturale. Considerato il volume significativo dell'intervento limitato alla sola area di scavo della trincea, si specifica che il modello geologico sarà costituito unicamente dal riporto antropico presente fino alla profondità interessata dall'intervento, senza prevedere il raggiungimento del substrato.
- Per quanto riguarda l'intervento 4, il consolidamento verrà eseguito su litotipo litoide di arenaria Pietraforte caratterizzato da uno strato arenaceo alterato superficialmente e meno alterato in profondità; in questo caso non si prevede l'attraversamento di livelli di riporto.
- Per la parametrizzazione geologica, geotecnica e sismica è stata eseguita una campagna d'indagine hoc che ha visto l'esecuzione di un sondaggio geognostico con realizzazione di SPT, una prova penetrometrica dinamica super pesante per la parametrizzazione dell'area d'intervento 3 e un'indagine sismica a rifrazione e MASW realizzate lungo la direzione di massima pendenza dell'ammasso roccioso.
- Oltre a queste indagini sono stati utilizzati anche i risultati di una campagna geognostica eseguita nel 2021 che ha previsto la realizzazione di un sondaggio geognostico spinto fino a 15 m di profondità con prelievo di campioni e SPT e con realizzazione di un'altra sismica a rifrazione e MASW.
- Per una descrizione dettagliata della campagna d'indagine si rimanda al capitolo 3.3 e si riporta di seguito le stratigrafie dei due sondaggi:
- Il sondaggio S1\_2025 è stato eseguito alle coordinate Y: 11.5348268 e X: 42.8715266 è stato spinto fino alla profondità di 15 m e la quota è la stessa del sondaggio 2021. Da un punto di vista geologico il sondaggio può essere diviso in quattro livelli:



1. Terreno vegetale spesso circa 10 cm e sotto sabbia scura bituminosa con Ghiaia e Riporto di stabilizzato stradale presente fino alla profondità di 80 cm;
  2. Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a struttura caotica presente fino alla profondità di 4.30 m, costituito da sabbie limose e limi argillosi con inclusi di laterizio anche di grande dimensione. Sono stati intercettati tre grossi blocchi di arenaria da 2,10 m a 2,45 m, 2.65 a 3.10 e da 3.90 a 4.30. Tra i primi due era presente materiale di riporto con granulometria sabbiosa, mentre tra il secondo e il terzo è presente materiale di riporto di colore marrone scuro con inclusi laterizi e frammenti di asfalto. Possibile paleosuolo a 4,50 m.
  3. Terreno costituito prevalentemente da argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva. All'interno di questo sono presenti tratti con granulometria diversa:
    - 4.40-4.75 ghiaia arrotondata con matrice sabbiosa
    - 4.30-4.60 sabbia limosa
    - 5.40-5.65 sabbia limosa
  4. Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle fratture circa a 45°. Il colore è grigio bruno e rossastro e l'indice RQD è variabile da 36-38% tra 6 e 8 m e dal 75-100 %.
- Il sondaggio S2 è stato eseguito nel maggio 2021 alle coordinate Y: 11.534802 e X: 42.871426 è stato spinto fino alla profondità di 15 m. Da un punto di vista geologico il sondaggio può essere diviso in cinque strati:
    1. Sabbia scura bituminosa con Ghiaia e Riporto di stabilizzato stradale presente fino alla profondità di 60 cm;
    2. Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a struttura caotica presente fino alla profondità di 8.40 m. Per la maggior parte è costituito da sabbie limose e limi argillosi con inclusi anche di grande dimensione. Da 2,00 m a 2,20 m presente blocco di arenaria di grandi dimensioni. Presenti tracce di laterizi lungo tutto lo spessore. Alla profondità di 3,90 m presenti clasti arrotondati. Tra 4,10 m e 4,40 m c'è un livello più incoerente dove i clasti di laterizio sono maggiori della matrice. Tra 5,95 m e 6,20 m presenti bande scure plastiche. Grosso blocco tra 7,15 m e 7,80 m.
    3. Paleosuolo di colore nero a struttura caotica ricco di laterizi e radici molto plastico presente dalla profondità di 8,40 m fino alla profondità 9.10 m;
    4. Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva presente fino alla profondità di 9,80 m;
    5. Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle fratture circa a 45°. Il colore è grigio bruno, rossastro nelle fratture e l'indice RQD è variabile da 33% tra 10 e 11 m a 68 % tra 11 e 12 m.
  - Da un punto di vista geomorfologico, secondo il piano strutturale approvato tutti gli interventi in progetto, escluso l'intervento 3, sono compresi in un'area pericolosità geomorfologica media, e l'intervento 3 è compreso in un'area a pericolosità geomorfologica molto elevata per la presenza della parte terminale della frana attiva del Giunco.

- Questa perimetrazione delle pericolosità è stata variata con l'adozione del piano strutturale intercomunale che ha ridefinito la parte terminale della frana del Giunco e dunque l'intervento 3 non rientra più in pericolosità molto elevata e ha ampliato, a tutto il versante posto a valle del centro storico, la pericolosità geologica elevata (G.3).
- Per quanto riguarda il database IFFI nell'area d'indagine non sono riportate frane.
- Da sopralluogo eseguito risulta che la maggiore pericolosità geomorfologica dell'area deriva dall'affioramento roccioso posto a valle del centro storico di Arcidosso la cui propensione al dissesto può essere sintetizzata in due elementi:
  1. stato di fratturazione ed equilibrio dei blocchi dello sperone di Arenaria Pietraforte visibile in figura 17 e 18.
  2. porzioni di affioramento aggettanti e strapiombanti presenti in alcune zone dell'affioramento localizzate nell'area di passaggio della passerella pedonale di accesso al camminamento del centro storico.
- Si precisa che tutti gli interventi in progetto sono interventi finalizzati al consolidamento dell'affioramento di arenaria posto a valle di questa porzione di centro storico di Arcidosso, in particolare l'intervento 2 andrà a consolidare l'area di affioramento con porzioni strapiombanti, l'intervento 3 è necessario a disgiungere alcuni blocchi ormai distaccati dall'affioramento e appoggiati in precario equilibrio sopra lo stesso e l'intervento 4 andrà a consolidare rispettivamente lo sperone di roccia e il muro di sostegno posto a monte dello stesso.
- La passerella di accesso al centro storico verrà realizzata sopra il muro di controscarpa (intervento 2) e per poter essere realizzata si dovrà portare correttamente a termine gli altri interventi in progetto (compreso il consolidamento del muro di sostegno di monte oggetto di un'altra relazione geologica).
- Da un punto di vista idraulico l'elemento principale dell'area è la presenza del fosso del Giunco. L'area d'indagine si trova nella parte terminale di un tombamento molto lungo che parte dal parcheggio autobus ubicato al margine E del centro abitato di Arcidosso attraversa la zona del campo sportivo e fuoriesce proprio sotto alla parte di centro storico interessata dall'intervento in progetto (vedi percorso tombamento in figura 2). La valle di questo corso d'acqua è stata, nel passato, oggetto di riempimento con materiale di riporto di varia provenienza e dunque la morfologia originaria è completamente obliterata.
- Per quanto riguarda la pericolosità idraulica l'area è esterna ad aree allagabili sia per quanto concerne lo strumento urbanistico approvato sia per quanto concerne lo strumento urbanistico adottato. Solamente l'intervento 3 ricade parzialmente in un'area alluvionabile riportata nella

cartografia idraulica del piano strutturale adottato. Si specifica che l'intervento 3 prevede solamente la realizzazione di una trincea necessaria all'arresto dei blocchi disaggiati dalla parte alta dell'affioramento e dunque è un intervento di natura temporanea che terminati i lavori di disaggio verrà riempito utilizzando lo stesso materiale scavato e ripristinando il piano di campagna pre-intervento. Si consiglia solamente di non eseguire i lavori con rischi meteorologici giallo, arancione o rosso diramato dalla Regione Toscana e possibilmente evitando le stagioni più piovose. L'intervento 1, 2 e 4 sono esterni alle aree indicate in pericolosità idraulica nelle varie cartografie analizzate.

- Da un punto di vista idrogeologico, sia il corpo detritico che la formazione della Pietraforte possono essere sede di circolazione idrica per permeabilità secondaria della facies arenacea mentre i livelli argillitici fungono da livelli impermeabili che guidano la fuoriuscita delle acque presenti nelle fratture degli strati arenacei. La presenza dello sperone arenaceo dove è costruito il centro storico di Arcidosso indica la possibile presenza di circolazione idrica nelle fratture dell'ammasso roccioso. In nessuna delle prove eseguite è stata intercettata falda acquifera.
- da un punto di vista macrosismico il comune di Arcidosso ricade interamente all'interno della zona con accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni compresa tra 0.125 g e 0.150 g e dal database nazionale dei terremoti si è visto che in tempi storici (1868) si è verificato un terremoto molto vicino all'area d'indagine (circa 300 in direzione E in corrispondenza del campo sportivo) con una magnitudo epicentrale di 4,4 e con un grado Mercalli di 6-7
- Per quanto riguarda la fattibilità dell'intervento si specifica che:
  - gli interventi 2,3 e 4 sono fattibili in quanto si tratta di interventi di consolidamento o legati alla realizzazione degli interventi di consolidamento. Per quanto riguarda l'intervento 1 questo può essere realizzato solo se è rispettato l'articolo 9 comma 1 della disciplina del PAI dissesti che si riporta di seguito *"...sono consentiti interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio senza aggravare le condizioni di stabilità delle aree contermini..."*. **In pratica l'intervento 1 è fattibile solo se è correttamente realizzato l'intervento di consolidamento del fronte roccioso sottostante la passerella di accesso e il consolidamento del muro di sostegno posto a monte della stessa** (riportato in specifica relazione geologica – vedi capitolo 1).
  - Essendo in regime di norme di salvaguardia l'intervento deve essere consentito anche in ottemperanza alla disciplina del PAI vigente al momento dell'adozione del PAI dissesti. In questo senso si richiama la delibera di approvazione del 25 gennaio 2005, n. 11 che all'art 14 comma 1 *"...Nelle aree P.F.E. sono consentiti gli interventi di consolidamento, bonifica, sistemazione, protezione e prevenzione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a controllare, prevenire e mitigare gli altri processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità elevata, approvati dall'Ente competente, tenuto conto del presente Piano di Assetto Idrogeologico"*. **In base a questo sono consentiti gli interventi 2,3 e 4 mentre per quanto riguarda l'intervento 1**

**si specifica che è consentito per l'art.14 comma 8 lettera b perché non classificabile come volume edilizio.**

- L'area in esame è esterna alle aree allagabili indicate nel P.G.R.A.
- Si riporta nel capitolo 4 la caratterizzazione geomeccanica dell'affioramento roccioso e alcuni possibili interventi da realizzare per stabilizzare l'ammasso.
- Per quanto riguarda la gestione ambientale e idrogeologica delle terre e rocce da scavo si rimanda al capitolo 5.

**ARCIDOSSO, ottobre 2025**





## **Elenco allegati**

ALLEGATO 1: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S2 ESEGUITO NELL'AREA D'INDAGINE - 2021

ALLEGATO 2: STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO S1 ESEGUITO NELL'AREA D'INDAGINE - 2025

ALLEGATO 3: REPORT E GRAFICI DELLE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE NEL 2025

ALLEGATO 4: SEZIONE GEOTECNICHE DELL'AREA D'INDAGINE

ALLEGATO 5: POINT LOAD TEST ESEGUITO SU CAMPIONE SUPERFICIALE SU CAMPIONE DI ROCCIA - 2021


ALLEGATO 6: CERTIFICATO CAMPIONE PRELEVATO NEL 2021

# **ALLEGATO 1**

Committente Amm. comunale Arcidosso	Ubicazione Via della Fratta - Arcidosso (GR)	Tipo Sonda Beretta T40	Inizio/Fine Esecuzione 17/05/2021-17/05/2021
Quota Ass. P.C. 632 m s.l.s	Coordinate X Y X: 42.87142660; Y: 11.5348022 (EPSG 4023)	Profondità raggiunta 15 m	Falda Non individuata

Sondaggio S2

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di recupero / RQD	S.P.T.	Pocket Test	Campioni
-------	-----------	-------------	----------	---------------------	--------	-------------	----------

			Sabbia scura bituminosa con Ghiaia Riporto di stabilizzato stradale	0.60	%C=50																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									</
--	--	---	---	------	-------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Commitente		Ubicazione indagine	Data esecuzione inizio/fine
Amministrazione comunale di Arcidosso		Via della Fratta - Arcidosso (GR)	17/05/2021-17/05/2021
Attrezzatura perforazione	Metodo perforazione	Quota P.C (metri s.l.m)	Profondità raggiunta
Beretta T40	Perforazione a carotaggio continuo	630.0 m s.l.m	15,00 m

## ***Sondaggio S2***

## ***Documentazione fotografica***



## ***Postazione S2***





## **ALLEGATO 2**

Committente Amm. comunale Arcidosso	Ubicazione Via della Fratta - Arcidosso (GR)	Tipo Sonda CMV	Inizio/Fine Esecuzione 09/10/2025-10/10/2025
Quota Ass. P.C. 629 m s.l.s	Coordinate X Y X: 707044; Y: 47496659 (EPSG 32632)	Profondità raggiunta 15 m	Falda Non individuata

Sondaggio S1

Scala	Litologia	Descrizione	Spessore	% di recupero / RQD	S.P.T.	Pocket Test	
-------	-----------	-------------	----------	------------------------	--------	-------------	--

1.0		Terreno vegetale da 0 a 0,10 m sotto Sabbia scura bituminosa con Ghiaia Riporto di stabilizzato stradale	0.80	%C=70			
		Terreno di riporto granulometricamente eterogeneo a stru. ura cao ca. Per la maggior parte è costui to da sabbie limose e limi argillosi con inclusi di laterizio anche di grandi dimensione.	2.10				
2.0		Blocco di arenaria	2.45	%RQD=100	%C=50		
		Materiale di riporto di colore avana con granulometria sabbiosa	2.65				
3.0		Blocco di arenaria	3.10	%C=85			
		Materiale di riporto di colore marrone scuro con inclusi laterizi e frammenti di asfalto. Possibile paleosuolo a 4,50 m.	3.90				
4.0		Blocco di arenaria	4.30	%RQD=70			
		Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva. Fascia con ghiaia arrotondata a profondità compresa fra 4.40 e 4.75 e livelli a granulometria sabbiosa nei seguenti intervalli: 4.30-4.60 5.40-5.65	5.90				
5.0		Argilla limosa plastica di colore grigio rossastro con struttura massiva. Fascia con ghiaia arrotondata a profondità compresa fra 4.40 e 4.75 e livelli a granulometria sabbiosa nei seguenti intervalli: 4.30-4.60 5.40-5.65	5.90	%C=90			
		Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle frau re circa a 45°. Il colore è grigio nelle zone non alterate e rossastro in quelle maggiormente frau rate.	7.00				
6.0		Arenaria calcarea fratturata con inclinazione delle frau re circa a 45°. Il colore è grigio nelle zone non alterate e rossastro in quelle maggiormente frau rate.	7.00	%RQD=38			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	8.00				
7.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	8.00	%RQD=36			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	9.50				
8.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	9.50	%RQD=88			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	11.00				
9.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	11.00	%RQD=86			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	12.70				
10.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	12.70	%RQD=75			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	14.00				
11.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	14.00	%RQD=100			
		Uguale a quello sopra vedi RQD	15.36				
12.0		Uguale a quello sopra vedi RQD	15.36	%RQD=100			
		Uguale a quello sopra vedi RQD					
13.0		Uguale a quello sopra vedi RQD					
		Uguale a quello sopra vedi RQD					
14.0		Uguale a quello sopra vedi RQD					
		Uguale a quello sopra vedi RQD					
15.0		Uguale a quello sopra vedi RQD					
		Uguale a quello sopra vedi RQD					
16.0		Uguale a quello sopra vedi RQD					
		Uguale a quello sopra vedi RQD					

Commitente		Ubicazione indagine		Data esecuzione inizio/fine	
Amministrazione comunale di Arcidosso		Via della Fratta - Arcidosso (GR)		09/10/2025-10/10/2025	
Attrezzatura perforazione	Metodo perforazione		Quota P.C (metri s.l.m)		Profondità raggiunta
CMV	Perforazione a carotaggio continuo		629.0 m s.l.m		15,00 m
Sondaggio S1					

## Documentazione fotografica



### Postazione S1



## **ALLEGATO 3**

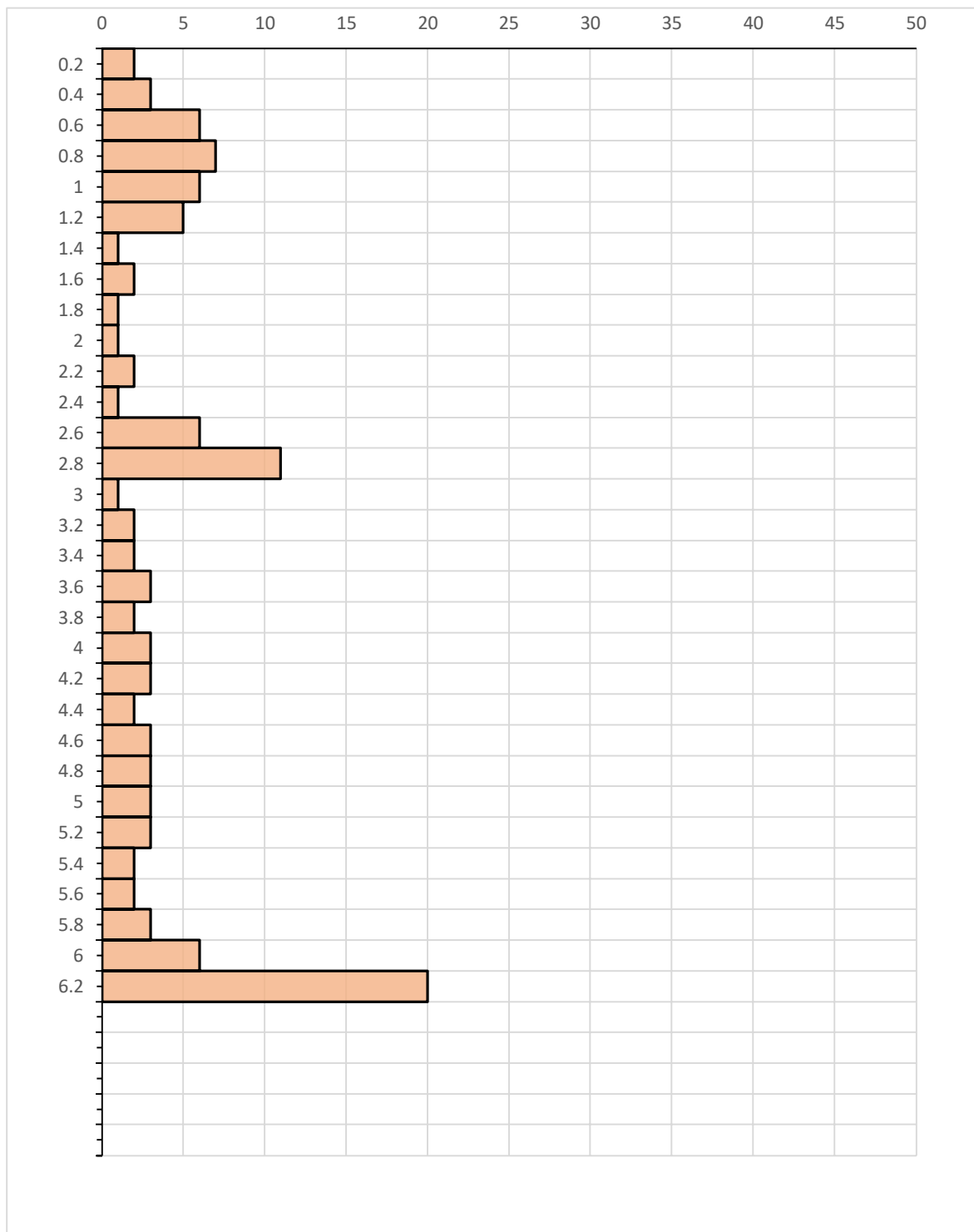


## Allegato 3: Report prove penetrometriche

*DPSH1*

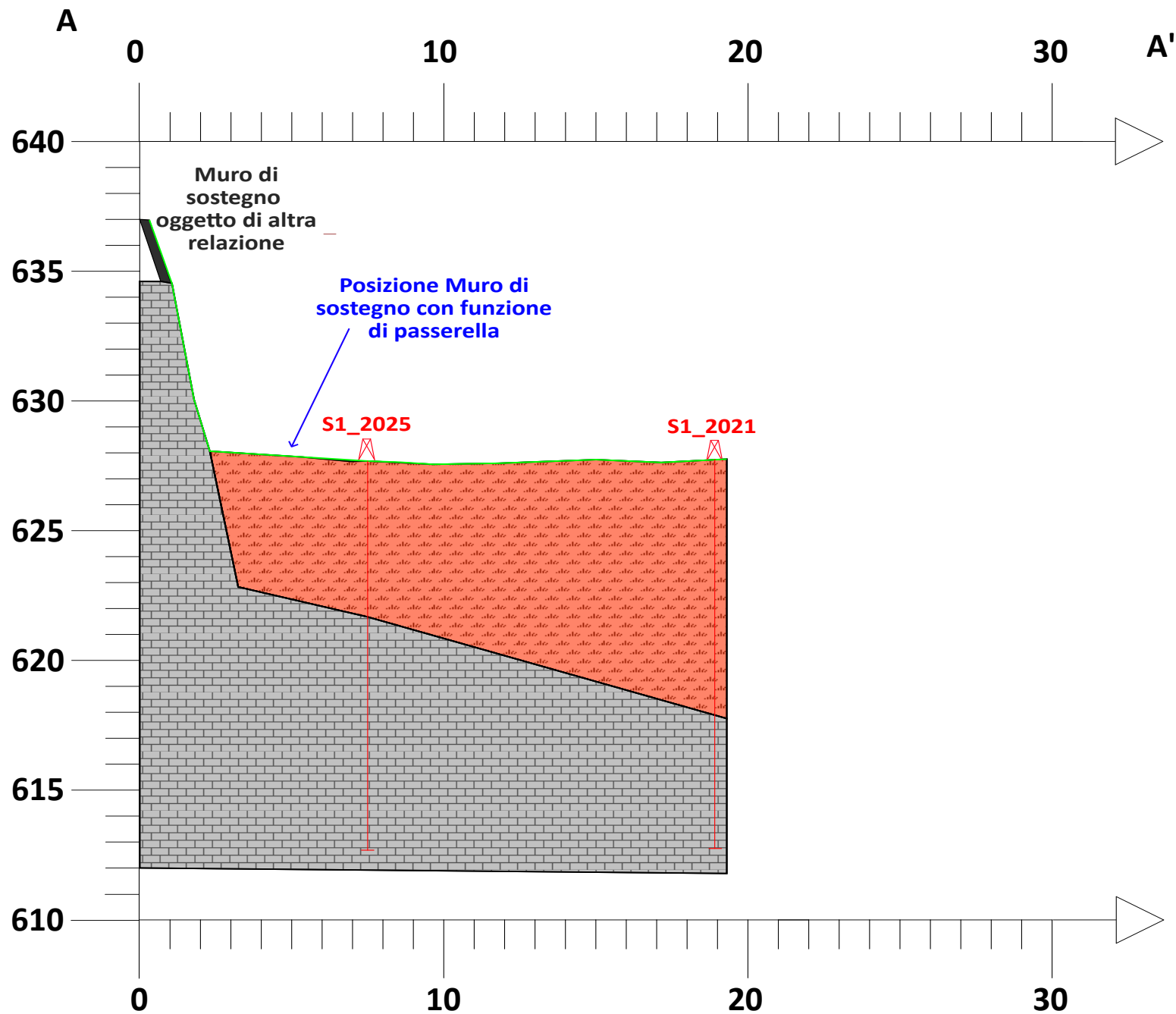


Committente	Località	Coordinate e quota		
Comune di Arcidosso	Piazza della Rinconciliazione Arcidosso (GR)	X: 707026	Y: 4749668	Quota 619
Attrezzatura	Falda	Profondità		
Penetrometro super pesante pagani 73/200	No falda	6.2		
DPSH-1				



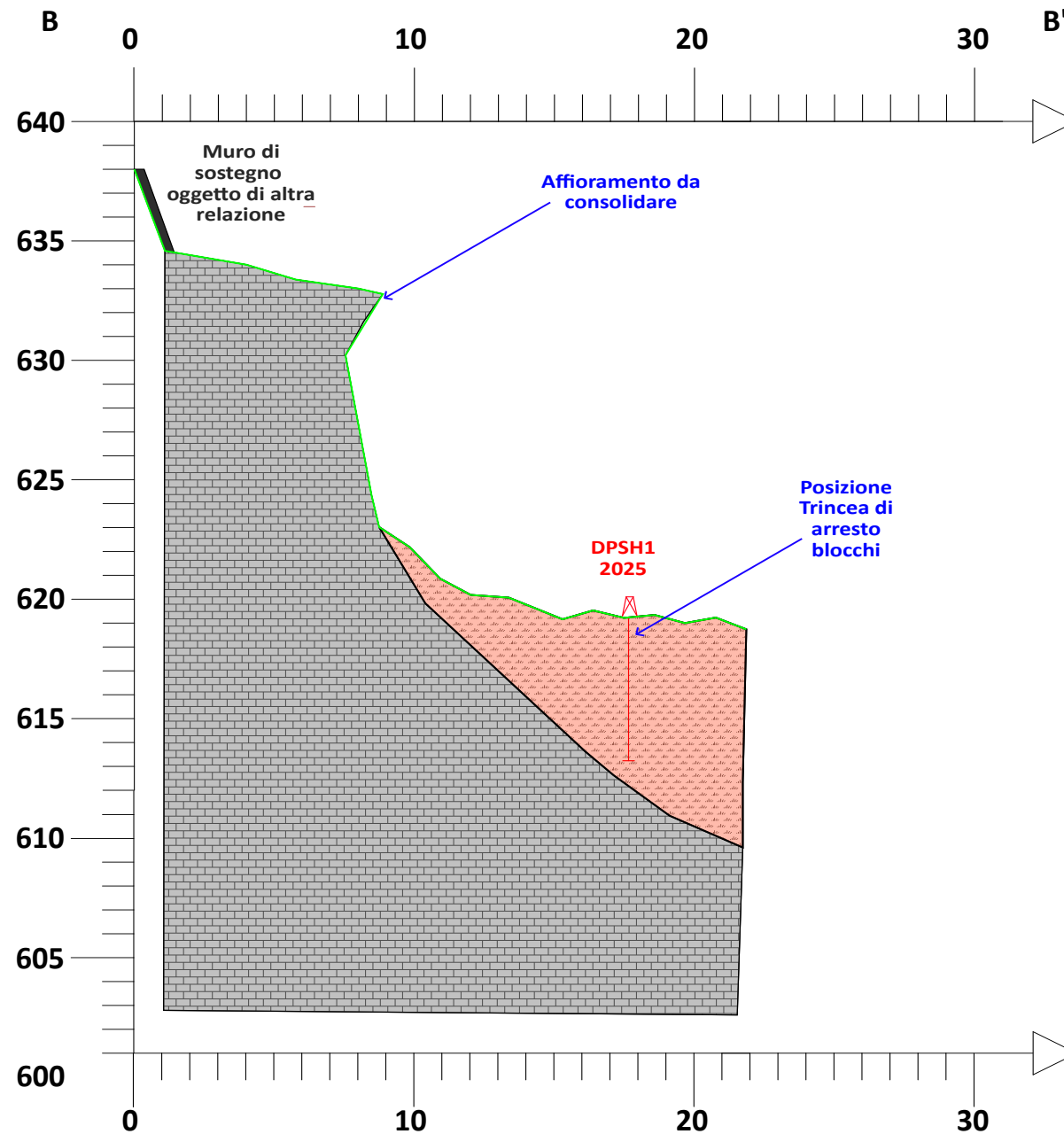
## **ALLEGATO 4**

## Allegato 4: Sezione geotecnica AA





## Allegato 4: Sezione geotecnica BB



## **ALLEGATO 5**



GeotecnicaGeofisicaGeognostica

---


Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l.  
per Amministrazione Comunale di Arcidosso


---

Parcheggio Via della Madonna  
Arcidosso (GR)

---

RISULTATI PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO

VERBALE DI ACCETTAZIONE: 1234	DATA VERBALE : 19/05/21	IL DIRETTORE DEL LABORATORIO DOTT. RICCARDO RAMPI 
COMMESSA: 1092	DATA EMISSIONE CERTIFICATI: 07/06/21	
CNG S.r.l. Sede Legale e Uffici Tecnici: Via Squinzano, 87 - 00133 - Roma Tel/Fax 06 2018088 - WEB: <a href="http://www.congeo.it">www.congeo.it</a> - E-mail: <a href="mailto:cng@congeo.it">cng@congeo.it</a> - PEC: <a href="mailto:cngsrl@pec.it">cngsrl@pec.it</a> C. F. e P. I.V.A. 11215291003 - R.E.A. n. 1287827 - c.s. 10.000,00 € i.v. Azienda con Sistema Qualità Certificato N° IT239744		

 <p><b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO</p> <p>Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it</p>	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		Data: <b>07/06/2021</b>
	<b>Parcheggio Via della Madonna</b>		N° Commessa <b>1092</b>
	<b>Arcidosso (GR)</b>		N° Verbale <b>1234</b>

## QUADRO SINOTTICO DEI RISULTATI

[illegible]

\* NEL TD I VALORI DI  $C'$  E  $\varphi$  SONO IL RISULTATO DI UNA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI COME LINEA DI INTERPOLAZIONE, SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI

 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO</div> <div>Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it</div>	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		SOND.: 2	PAGINA: 15
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		CAMP.: 1	
			da m: 1,00 a m: 1,35	N° IDENTIFICATIVO INTERNO 4585
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 19/05/21		DATA EMISSIONE CERTIFICATI 07/06/21		

## FOGLIO RIEPILOGATIVO DELLE CARATTERISTICHE CHIMICO-FISICO-MECCANICHE DEL CAMPIONE

### CARATTERISTICHE CHIMICHE

FRAZIONE CARBONIO ORG. MEDIA (%)		REAZIONE DEL SUOLO (PH)		TENORE CARBONATI
SOSTANZA ORGANICA S.O.		TENORE SOLFATI		

### CARATTERISTICHE FISICHE

UMIDITA' NATURALE	<b>W<sub>n</sub></b>	19,8	(%)	PESO DI VOLUME NATURALE	<b>γ<sub>n</sub></b>	19,96	(kN/m <sup>3</sup> )
INDICE DEI VUOTI	<b>e</b>	0,55	( - )	PESO DI VOLUME SECCO	<b>γ<sub>d</sub></b>	16,66	(kN/m <sup>3</sup> )
POROSITA'	<b>n</b>	35,4	(%)	PESO DI VOLUME SATURO	<b>γ<sub>sat</sub></b>	20,13	(kN/m <sup>3</sup> )
GRADO DI SATURAZ.	<b>S<sub>r</sub></b>	95,1	(%)	PESO SPECIFICO DEI GRANULI	<b>γ<sub>s</sub></b>	25,78	(kN/m <sup>3</sup> )

### CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (SECONDO UDDEN - WENTWORTH)

/			PASSANTE AL SETACCIO 200 (%)	
<b>GHIAIA (%)</b>	<b>SABBIA (%)</b>	<b>LIMO (%)</b>	<b>ARGILLA (%)</b>	U.S.C.S. AASHTO
64 - 2 mm	2 - 0,0625 mm	0,0625 - 0,0039 mm	< 0,0039 mm	/ /

### CARATTERISTICHE DI PLASTICITA' E PERMEABILITA'

CLASSIFICAZIONE SECONDO ABACO DI PLASTICITA'		<b>CL</b>	CONSISTENZA DEL MATERIALE SECONDO IC	<b>Solido-plastica</b>
LIMITE DI LIQUIDITA'	<b>W<sub>L</sub></b>	34,0	(%)	LIMITE DI RITIRO <b>W<sub>s</sub></b> (%)
LIMITE DI PLASTICITA'	<b>W<sub>p</sub></b>	17,0	(%)	INDICE DI CONSISTENZA <b>IC</b> 0,83 ( - )
INDICE DI PLASTICITA'	<b>IP</b>	17,0	(%)	ATTIVITA' ( IP / % < 0,002mm ) <b>Ac</b> ( - )
PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		(kPa)	PERMEABILITA'	<b>k</b> (m/sec)

### CARATTERISTICHE MECCANICHE

VAN TEST / <b>Cu</b> (kPa)		POCKET PENETROMETER / <b>σ<sub>f</sub></b> (kPa)	
ESPANSIONE LATERALE LIBERA		<b>σ<sub>f</sub></b> (kPa)	<b>ε</b> (%)
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.		VALORI DI PICCO	
		<b>C'</b> 8 (kPa)	<b>C<sub>r</sub></b> (kPa)
		<b>φ'</b> 32 ( ° )	<b>φ<sub>r</sub></b> ( ° )
PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE		CIU	
CID		UU	
<b>C'</b> (kPa)		<b>C</b> (kPa)	<b>C<sub>u</sub></b> (kPa)
<b>φ'</b> ( ° )		<b>φ</b> ( ° )	<b>φ<sub>u</sub></b> ( ° )

### CARATTERISTICHE EDOMETRICHE

<b>DA σ'</b>	<b>A σ'</b>	<b>E<sub>ed</sub></b>	<b>m<sub>v</sub></b>	<b>c<sub>v</sub></b>	<b>k</b>
(kPa)		(kPa)	(kPa <sup>-1</sup> )	(cm <sup>2</sup> /sec)	(cm/sec)

INDICE CBR (2,5) (%) =	CARATTERISTICHE OTTIMALI PROCTOR	P.VOLUME SEC. γ <sub>d</sub> (kN/m <sup>3</sup> )
INDICE CBR (5,0) (%) =		UMIDITA' W (%)




 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>			SOND.: 2	PAGINA: 16  PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)			CAMP.: 1	
				da m: 1,00 a m: 1,35	
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092		ID. INTERNO: 4585	
DATA RICEVIMENTO CAMPIONE 19/05/21		DATA APERTURA CAMPIONE 19/05/21		DATA EMISSIONE CERTIFICATO 07/06/21	

## SCHEDA CAMPIONE

### CARATTERISTICHE DI CAMPIONAMENTO

TIPO DI PERFORAZIONE	ASTE E CAROTIERE	TIPO DI CAMPIONATORE	SHELBY
TIPO DI CONTENITORE	INOX	LUNGHEZZA CONTENITORE (cm)	50
LUNGHEZZA REALE CAMPIONE (cm)	35	DIAMETRO CAMPIONE (mm)	85

### DESCRIZIONE ED ANALISI PRELIMINARI

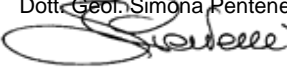
POCKET(kPa)	V.TEST(kPa)	CAMPIONE	UBICAZIONE PROVE	DESCRIZIONE
/	/			Clasti spigolosi e frammenti di laterizi in matrice sabbioso-argillosa di colore marrone, abbastanza consistente, plastica alla manipolazione. Vivace la reazione all'HCl.
/	/			
/	/		← TD	
/	/			
/	/			
/	/	Basso	STATO DICHIARATO DEL CAMPIONE: INDISTURBATO	
			/	CLASSE DI QUALITA' (BS 5930:1981): 2

### DETERMINAZIONI ESEGUITE

PROVE ESEGUITE		DATA INIZIO	DATA FINE	PROVE ESEGUITE	DATA INIZIO	DATA FINE
CONTENUTO NATURALE D'ACQUA	X	19/05/21	23/05/21	PROVA TRIASSIALE TIPO CID		
PESO DI VOLUME NATURALE	X	20/05/21	22/05/21	PROVA DI COSTIPAMENTO PROCTOR		
PESO SPECIFICO DEI GRANULI	X	27/05/21	28/05/21	PROVA C.B.R.		
ANALISI GRANULOMETRICA				PROVA DI PERMEABILITA' IN EDOMETRO A CARICO VARIABILE		
LIMITI DI ATTERBERG	X	28/05/21	31/05/21	PROVA DI PERMEABILITA' IN CELLA TRIASSIALE		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.	X	20/05/21	27/05/21	PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
PROVA DI TAGLIO DIRETTO RESIDUO				DETERMINAZIONE PRESSIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA DI COMPRESSIONE EDOMETRICA				PROVA DI RIGONFIAMENTO METODO HUDER-AMBERG		
PROVA DI COMPRESSIONE AD ESPANSIONE LATERALE LIBERA				DETERMINAZIONE DEFORMAZIONE DI RIGONFIAMENTO		
PROVA TRIASSIALE TIPO UU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI CARBONATI		
PROVA TRIASSIALE TIPO CIU				DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SOSTANZE ORGANICHE		
PROVA DI COLONNA RISONANTE (RC)				PROVA DI TAGLIO TORSIONALE CICLICO (TTC)		

### NOTE

--

LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè  


IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi  


 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per</b>		SOND.: 2	PAGINA: 17 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO <b>18995 wn</b>
	<b>Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		CAMP.: 1	
	Parceggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		da m: 1,00 a m: 1,35	
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	ID. INTERNO 4585	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 19/05/21	DATA FINE PROVA 23/05/21	

**CONTENUTO D'ACQUA NATURALE  $W_n$**   
ASTM D 2216

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/
-----------------------------------	---	---

PROVA DI RIFERIMENTO	$W_1$	$W_2$	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
PESO CAPS. (g)	28,73	29,25					29,70	29,01	29,96	
P.UMIDO+CAPS. (g)	76,91	69,24					63,66	68,65	66,07	
P.SECCO+CAPS. (g)	70,3	61,41					58,28	62	60,1	
<b>W (%)</b>	15,9	24,3					18,8	20,2	19,8	

PROVA DI RIFERIMENTO	ELL	ELL	ELL	UU	UU	UU	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
PESO CAPS. (g)										
P.UMIDO+CAPS. (g)										
P.SECCO+CAPS. (g)										
<b>W (%)</b>										

MEDIA VALORI $W_n$	19,6	MEDIA VALORI $W_n$	/	MEDIA VALORI $W_n$	/	<b><math>W_n</math> MEDIO TOTALE</b>
TRATTO PROVA TD	(%)	TRATTO PROVA Trx CID		TRATTO PROVA ELL		<b>19,8 (%)</b>

**NOTE**

I contenuti d'acqua naturale  $W_1$  e  $W_2$  si riferiscono all'apertura del campione.

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO  Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>			SOND.: 2	PAGINA: 18
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)			CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 1
				da m: 1,00 a m: 1,35	N° CERTIFICATO <b>18996 pv</b>
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	ID. INTERNO 4585		
DATA RICEVIMENTO CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 20/05/21	DATA FINE PROVA 22/05/21		

**PESO DI VOLUME NATURALE  $\gamma_n$**   
ASTM D 2937

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/
-----------------------------------	---	---

PROVA DI RIFERIMENTO	$\gamma_{n1}$	$\gamma_{n2}$	ED	Trx CID	Trx CID	Trx CID	TD	TD	TD	Perm Trx
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )							71,16	71,16	71,16	
P. FUST. (g)							99,10	99,10	99,10	
PESO TOTALE (g)							242,77	245,85	243,13	
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )							19,80	20,22	19,85	

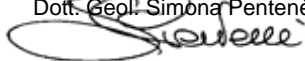
PROVA DI RIFERIMENTO	UU	UU	UU	ELL	ELL	ELL	PR. RIG.	HUDER-A.	RC	TTC
VOL. FUST. (cm <sup>3</sup> )										
P. FUST. (g)										
PESO TOTALE (g)										
$\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )										

MEDIA VALORI $\gamma_n$ 19,96 TRATTO PROVA TD (kN/m <sup>3</sup> )	MEDIA VALORI $\gamma_n$ / TRATTO PROVA Trx CID	MEDIA VALORI $\gamma_n$ / TRATTO PROVA ELL	<b><math>\gamma_n</math> MEDIO TOTALE 19,96 (kN/m<sup>3</sup>)</b>
---	---	---	--

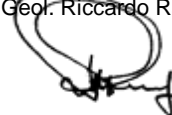
**NOTE**

Vista la natura del materiale si è dovuto ricostituire parzialmente i provini del taglio diretto.

LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per</b>		SOND.: 2	PAGINA: 19
	<b>Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		CAMP.: 1	
	Parcheggio Via della Madonna		da m: 1,00	PAGINA CERTIFICATO
	Arcidosso (GR)		a m: 1,35	1 di 1
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	ID. INTERNO 4585	N° CERTIFICATO
				<b>18997 PGR</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP.	19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF.	07/06/21	DATA INIZIO PROVA 27/05/21
				DATA FINE PROVA 28/05/21

**PESO SPECIFICO DEI GRANULI  $\gamma_s$**   
ASTM D 854

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/
-----------------------------------	---	---

NUMERO PICNOMETRO	5	17		$\gamma_s$	MEDIA DI 2 MISURAZIONI	25,79 (kN/m <sup>3</sup> )
TEMPERATURA (°C)	23,7	23,5				
PESO PICNOMETRO + ACQUA (g)	200,18	209,06		$\gamma_s$	RIFERITO A 20°C	25,78 (kN/m <sup>3</sup> )
PESO PICNOMETRO + ACQUA + TERRA (g)	209,48	218,38				
PESO TERRA SECCA (g)	15,03	15,00		Gs	( $\gamma_s/\gamma_w$ )	2,628
PESO SPECIFICO $\gamma_s$ (kN/m <sup>3</sup> )	25,71	25,88				

**NOTE**

--

LO SPERIMENTATORE

Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		SOND.: 2	PAGINA: 20 PAGINA CERTIFICATO 1 di 1 N° CERTIFICATO <b>18998 LM</b>
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		CAMP.: 1	
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	da m: 1,00 a m: 1,35	ID. INTERNO 4585
RICEV. CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 28/05/21	DATA FINE PROVA 31/05/21	

## CARATTERISTICHE DI CONSISTENZA

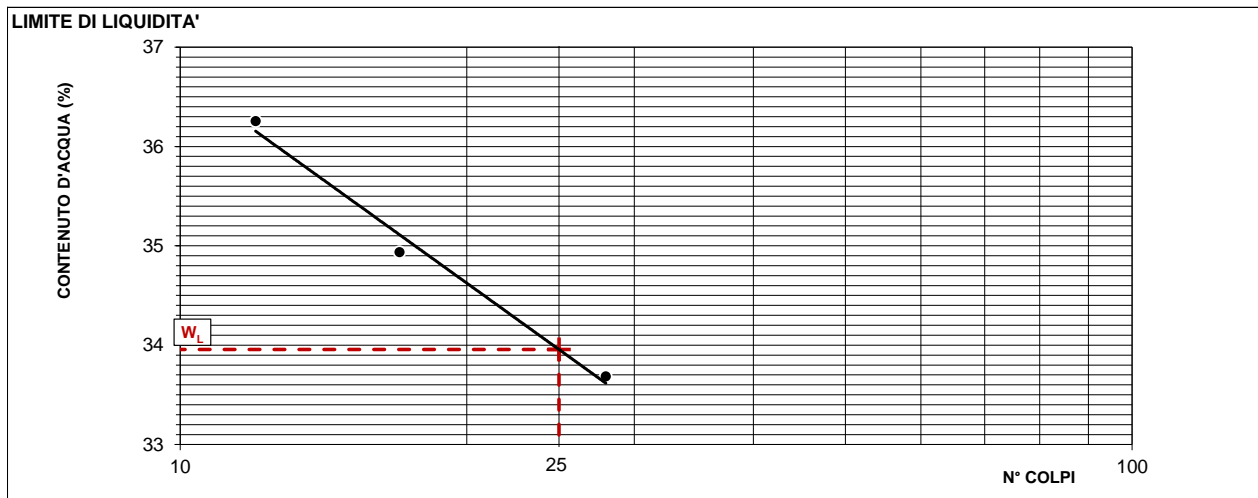
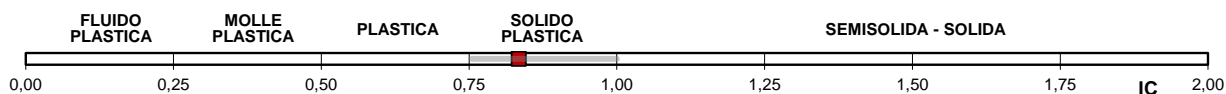
ASTM D 4318

Classe di qualità (BS 5930:1981):	1	/
-----------------------------------	---	---

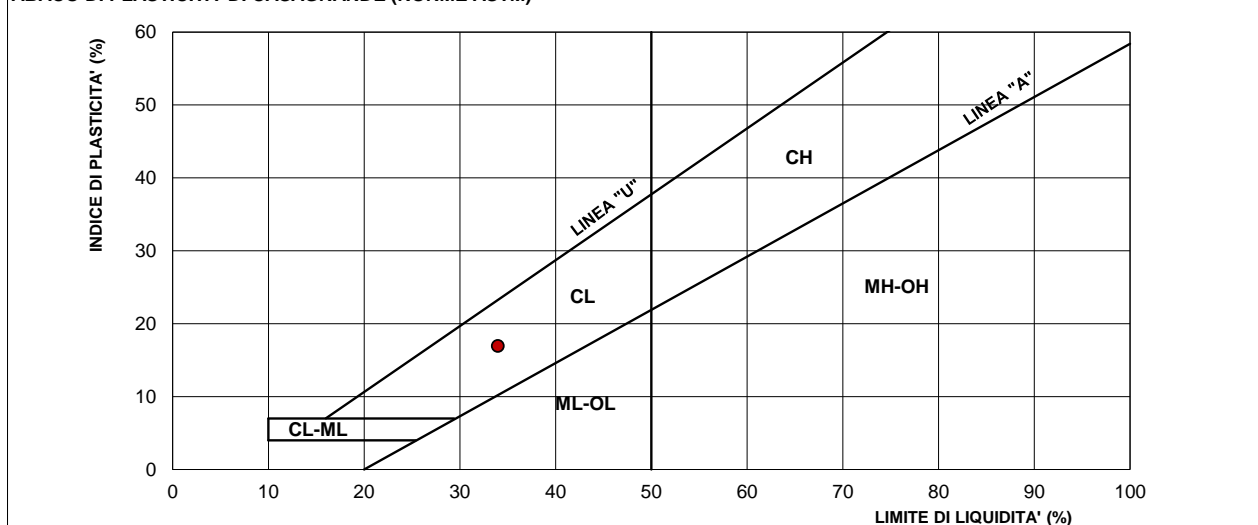
### DATI SPERIMENTALI E RISULTATI

DETERMINAZIONE	1 W <sub>L</sub>	2 W <sub>L</sub>	3 W <sub>L</sub>	4 W <sub>L</sub>	1 W <sub>P</sub>	2 W <sub>P</sub>
UMIDITA'	36,26	34,94	33,69		17,29	16,69
N° COLPI	12	17	28		Media	16,99

LIMITE DI LIQUIDITA' (W <sub>L</sub> )	34,0	(%)	CONTENUTO NAT. D'ACQUA (W <sub>n</sub> )	19,8	(%)
LIMITE DI PLASTICITA' (W <sub>P</sub> )	17,0	(%)	INDICE DI CONSISTENZA (IC)	0,83	(-)
LIMITE DI RITIRO (W <sub>S</sub> )		(%)	ATTIVITA' (IP / % < 0,002mm)	/	(-)
INDICE DI PLASTICITA' (IP)	17,0	(%)	CONSISTENZA SECONDO IC	Solido-plastica	
CLASSIFICAZIONE AASHTO	/		CLASSIF. ABACO DI PLASTICITA'	CL	



### ABACO DI PLASTICITA' DI CASAGRANDE (NORME ASTM)



### NOTE

LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		SOND.: 2	PAGINA: 21
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		CAMP.: 1	PAGINA CERTIFICATO 1 di 3
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	da m: 1,00 a m: 1,35	N° CERTIFICATO <b>18999 TD</b>
DATA RICEVIMENTO CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 20/05/21	DATA FINE PROVA 27/05/21	

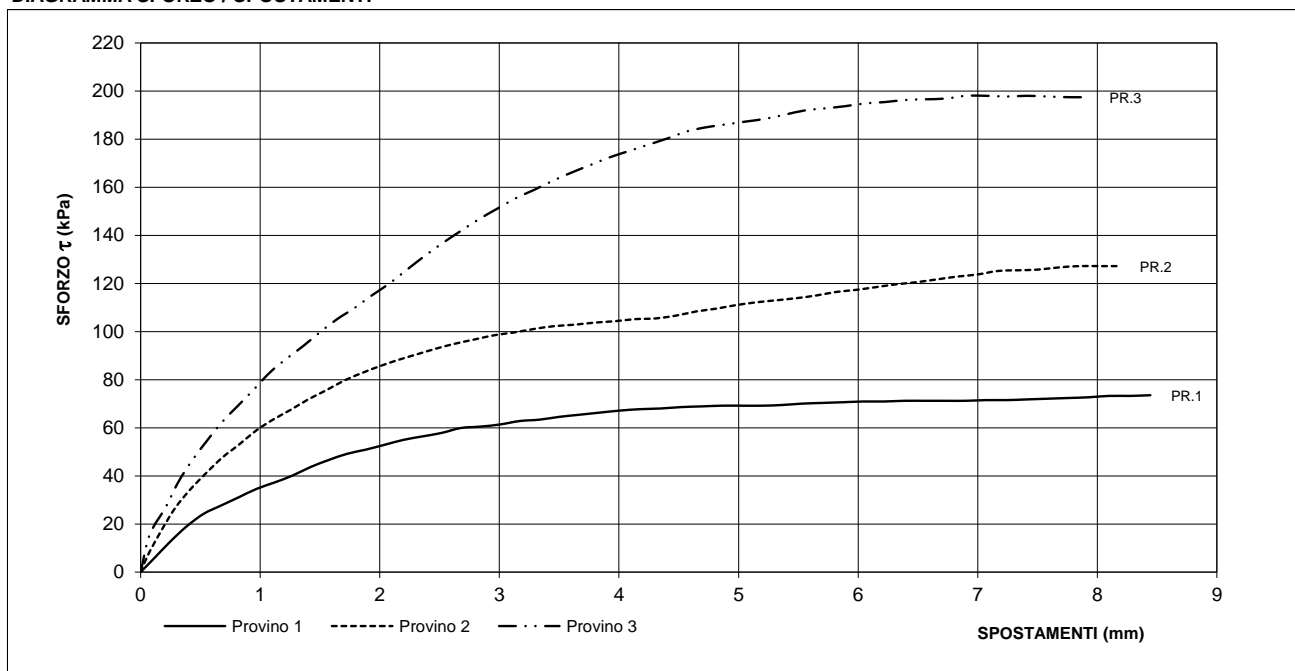
**PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D. ASTM D 3080**

CONDIZIONI INIZIALI E DATI RELATIVI ALLA CONSOLIDAZIONE						VELOCITA' DEL TAGLIO (mm/min) = 0,006					
PROVINO N°	LATO L (mm)	ALTEZZA H (mm)	INIZIO CONS. VOL. (cm³)	UMIDITA' NAT. Wn (%)	PESO DI VOL. γ <sub>n</sub> (kN/m³)	CONSOLIDAZIONE 24 h		FINE CONSOL.	UMIDITA' FIN.	VALORI DI SFORZO MAX.	
						σ' (kPa)	CEDIM. (mm)	VOL. (cm³)	Wf (%)	τ (kPa)	δ <sub>i</sub> (mm)
1	59,80	19,90	71,16	18,8	19,80	98	0,765	68,4	16,5	73,54	8,444
2	59,80	19,90	71,16	20,2	20,22	196	1,048	67,4	17,1	127,23	7,845
3	59,80	19,90	71,16	19,8	19,85	294	1,302	66,5	15,9	198,04	6,900

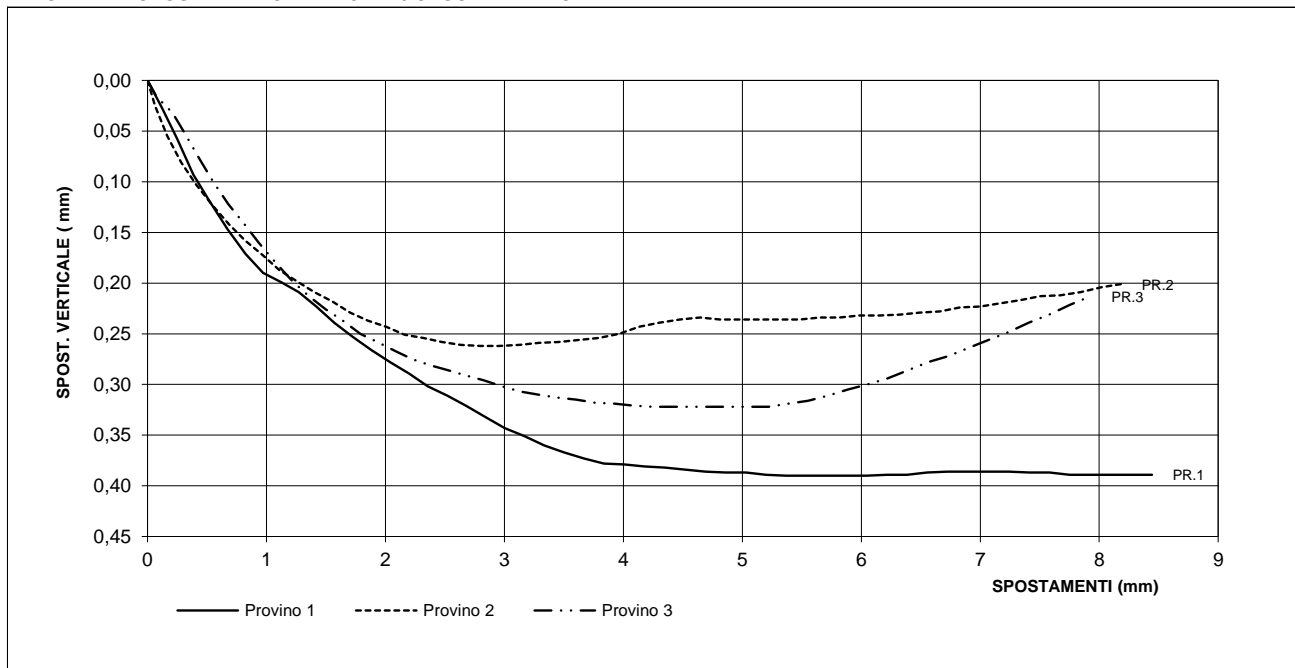
**CARATTERISTICHE DEL CAMPIONE**

<b>Classe di qualità (BS 5930:1981):</b>	1	INDISTURBATO	/
--	---	--------------	---

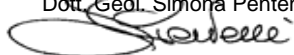
**DIAGRAMMA SFORZO / SPOSTAMENTI**



**DIAGRAMMA SPOSTAMENTO VERTICALE / SPOSTAMENTI ORIZZ.**



LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi



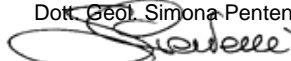
 <div>CNG S.r.l. LABORATORIO GEOTECNICO</div> <div>Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it</div>	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>			SOND.: 2	PAGINA: 22
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)			CAMP.: 1	
				da m: 1,00	N° CERTIFICATO <b>18999 TD</b>
				a m: 1,35	
N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092		ID. INTERNO 4585		
DATA RICEVIMENTO CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 20/05/21	DATA FINE PROVA 27/05/21		

**DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO**

PROVINO 1						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 98					
Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	4,007	67,16	0,379	8,444	73,54	0,389			
0,122	6,22	0,027	4,177	67,74	0,381						
0,246	12,60	0,057	4,349	68,03	0,382						
0,384	18,98	0,093	4,519	68,61	0,384						
0,526	24,21	0,120	4,690	68,90	0,386						
0,673	27,69	0,147	4,860	69,19	0,387						
0,823	31,17	0,171	5,029	69,19	0,387						
0,972	34,66	0,190	5,199	69,19	0,389						
1,120	37,27	0,199	5,366	69,48	0,390						
1,271	40,17	0,209	5,537	70,06	0,390						
1,419	43,65	0,223	5,707	70,35	0,390						
1,570	46,55	0,239	5,876	70,64	0,390						
1,725	49,17	0,253	6,045	70,93	0,390						
1,882	50,91	0,266	6,213	70,93	0,389						
2,040	52,94	0,278	6,384	71,22	0,389						
2,197	54,97	0,289	6,554	71,22	0,387						
2,356	56,42	0,302	6,726	71,22	0,386						
2,518	57,87	0,311	6,900	71,22	0,386						
2,676	59,90	0,321	7,070	71,51	0,386						
2,838	60,48	0,332	7,242	71,51	0,386						
3,002	61,35	0,343	7,412	71,80	0,387						
3,169	62,80	0,351	7,583	72,09	0,387						
3,335	63,38	0,360	7,752	72,38	0,389						
3,500	64,55	0,367	7,924	72,67	0,389						
3,666	65,42	0,373	8,096	73,25	0,389						
3,835	66,29	0,378	8,269	73,25	0,389						

PROVINO 2						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 196					
Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)	Sp. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Sp. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,795	103,72	0,254	8,184	127,23	0,201			
0,064	7,38	0,025	3,963	104,30	0,250						
0,166	16,66	0,055	4,134	105,17	0,243						
0,283	26,24	0,081	4,304	105,46	0,239						
0,410	34,08	0,103	4,476	106,62	0,236						
0,545	41,04	0,123	4,645	108,37	0,234						
0,685	47,71	0,142	4,812	109,53	0,236						
0,821	52,94	0,158	4,976	110,98	0,236						
0,963	58,74	0,172	5,143	112,14	0,236						
1,106	63,38	0,187	5,312	113,01	0,236						
1,254	67,45	0,198	5,482	113,88	0,236						
1,401	71,80	0,209	5,653	115,04	0,234						
1,551	75,57	0,218	5,818	116,49	0,234						
1,702	79,64	0,229	5,987	117,36	0,232						
1,853	82,83	0,237	6,154	118,52	0,232						
2,006	85,73	0,243	6,323	119,68	0,231						
2,162	88,34	0,251	6,492	120,55	0,229						
2,318	90,66	0,254	6,660	121,71	0,228						
2,475	92,98	0,258	6,829	122,87	0,224						
2,633	95,02	0,261	6,998	123,75	0,223						
2,795	96,76	0,262	7,167	125,20	0,220						
2,959	98,50	0,262	7,334	125,49	0,217						
3,126	99,66	0,261	7,504	125,78	0,213						
3,292	101,11	0,259	7,673	126,65	0,212						
3,459	102,27	0,258	7,845	127,23	0,209						
3,626	102,85	0,256	8,018	127,23	0,204						

LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè



IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	<b>Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso</b>		SOND.: 2	PAGINA: 23 PAGINA CERTIFICATO 3 di 3 N° CERTIFICATO <b>18999 TD</b>
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		CAMP.: 1	
	N° VERBALE 1234	N° COMMESSA 1092	da m: 1,00 a m: 1,35	
DATA RICEVIMENTO CAMP. 19/05/21	DATA EMISSIONE CERTIF. 07/06/21	DATA INIZIO PROVA 20/05/21	DATA FINE PROVA 27/05/21	

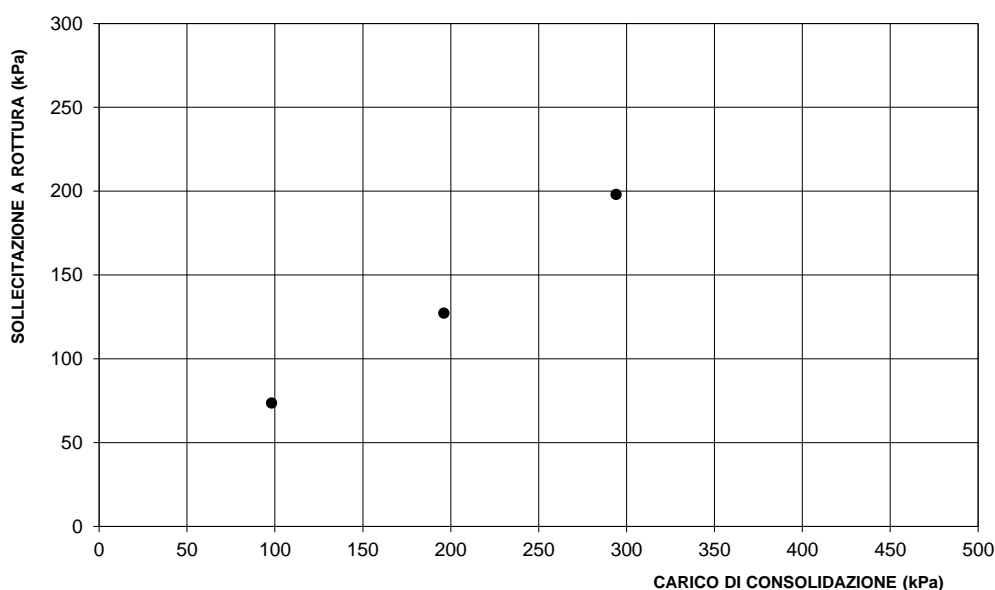
### DATI SPERIMENTALI RELATIVI AL TAGLIO

PROVINO 3						PRESSIONE DI CONSOLIDAZIONE (kPa) = 294					
Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)	Spost. or. (mm)	Sforzo $\tau$ (kPa)	Spost. ver. (mm)
0,000	0,00	0,000	3,603	166,11	0,315	7,930	197,46	0,213			
0,075	15,50	0,016	3,764	169,31	0,318						
0,211	27,11	0,032	3,925	172,50	0,319						
0,313	37,27	0,052	4,086	175,11	0,321						
0,428	46,26	0,076	4,246	177,72	0,322						
0,551	54,39	0,100	4,407	180,33	0,322						
0,678	62,22	0,122	4,568	183,24	0,322						
0,808	68,90	0,141	4,732	184,98	0,322						
0,940	75,57	0,161	4,894	186,14	0,322						
1,077	82,83	0,180	5,056	187,30	0,322						
1,217	88,63	0,198	5,222	188,46	0,322						
1,356	93,86	0,213	5,389	190,20	0,319						
1,498	99,66	0,226	5,553	191,94	0,316						
1,643	105,17	0,237	5,722	192,81	0,311						
1,789	109,82	0,250	5,887	193,68	0,305						
1,933	115,04	0,258	6,054	194,84	0,300						
2,080	119,97	0,267	6,223	195,42	0,294						
2,228	125,78	0,275	6,393	196,29	0,286						
2,379	131,58	0,281	6,561	196,58	0,278						
2,525	136,80	0,286	6,733	196,87	0,272						
2,674	141,74	0,291	6,900	198,04	0,264						
2,827	146,67	0,296	7,069	198,04	0,256						
2,980	151,02	0,302	7,240	197,75	0,248						
3,134	155,38	0,307	7,408	198,04	0,239						
3,288	158,86	0,310	7,581	197,75	0,231						
3,444	162,63	0,313	7,758	197,46	0,221						

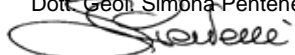
### NOTE

Vista la natura del materiale si è dovuto ricostituire parzialmente i provini del taglio diretto.

### DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO




LO SPERIMENTATORE  
Dott. Geol. Simona Pentenè



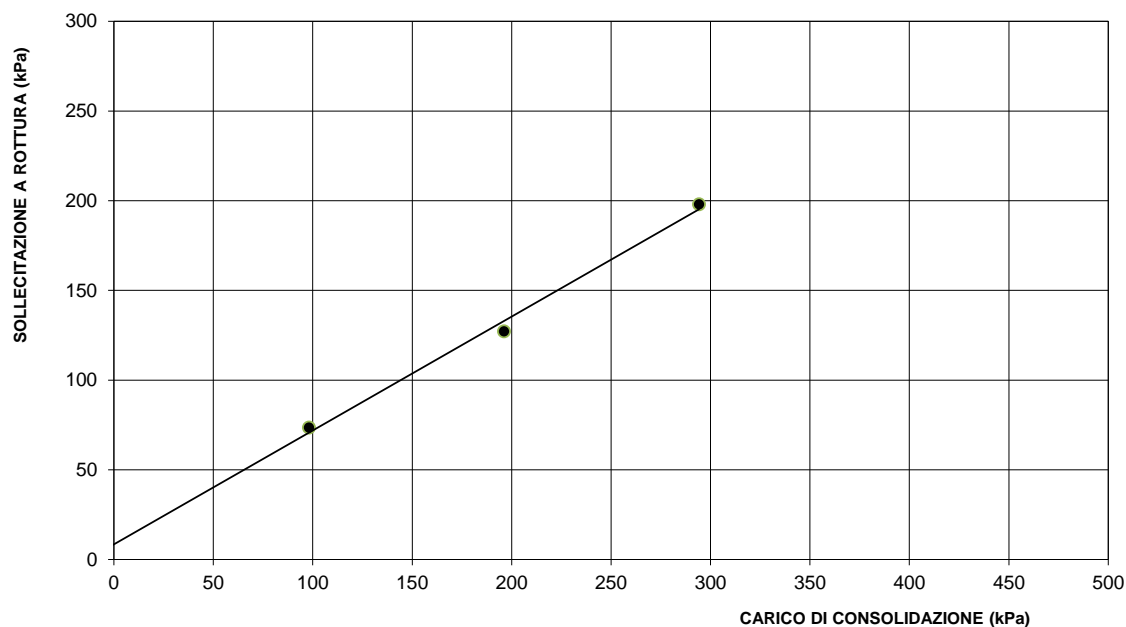
IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso		SOND.: 2	PAGINA: 24
	Parceggio Via della Madonna Arcidosso (GR)		CAMP.: 1	
			da m: 1,00 a m: 1,35	
DATA INIZIO PROVA 20/05/21		DATA FINE PROVA 27/05/21		PAGINA ALLEGATO 1 DI 1

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO TIPO C.D.**  
*ASTM D 3080*

**DIAGRAMMA SOLLECITAZIONE A ROTTURA / CARICO**



**RISULTATI TAGLIO DRENATO**


<b>COESIONE EFFICACE (kPa)</b>	8
<b>ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE</b>	32

**NOTE**

LA RETTA DI INVILUPPO CHE PASSA PER I TRE PUNTI E' UNA LINEA DI INTERPOLAZIONE SENZA ALCUNA INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI.

## **ALLEGATO 6**



 <b>CNG S.r.l.</b> LABORATORIO GEOTECNICO Via Squinzano, 87 - 00133 Roma Tel/Fax 06 2018088 cng@congeo.it	Geotecnica Palazzi - Giomarelli S.r.l. per Amministrazione Comunale di Arcidosso	Sond. / Camp. 1	Data emiss. 23/06/21 N° Verb. 36
	Parcheggio Via della Madonna Arcidosso (GR)	da m / a m SUP.	N° Lab. 80 N° Comm. 34

## POINT LOAD STRENGTH TEST

### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Arenaria compatta di colore avana rosato.

### PESO DI VOLUME IN VOLUMOMETRO

	Peso campione (g)	414,17
	Volume campione (cm <sup>3</sup> )	154,61
	Peso di volume nat. $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> )	<b>26,27</b>

### MISURE SPERIMENTALI

Prova	Lungh. camp.	Distanza punte	Carico a rottura	Is non corretto	Is corretto	$\sigma_c$ corretto
n.	(cm)	(cm)	(Kg)	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(KPa)
1	19,5	7,5	2192,36	38,98	19,44	45763
2	12,0	6,0	3558,75	98,85	53,70	126393
3	9,5	4,0	509,85	31,87	12,43	29244
4	9,0	6,5	1121,67	26,55	19,78	46551
5	11,0	7,5	1121,67	19,94	15,28	35971
6						
7						
8						
9						
10						
Valore minimo			509,85	19,94	12,43	29244
Valore massimo			3558,75	98,85	53,70	126393
Valore medio			<b>1700,86</b>	<b>43,24</b>	<b>24,13</b>	<b>56784</b>

### NOTE

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
Dott. Geol. Riccardo Rampi

