



AGENZIA DEL DEMANIO

RTP SANTARELLI MANDATARIO
CASERMA CC - FIASTRA (MC)

**Agenzia del Demanio
Direzione Regionale Marche**

Via Fermo, 1 60128 Ancona AN

dre.Marche@agenziademanio.it

RPT. Ing Stefano Santarelli mandatario

Tel. 0731/212819

Fax 0731/219153

Via A. Novello, 9 60035 Jesi AN

studio@santarelliandpartners.com



MCB0239ADMMC0015001 XX SM G DGZ001

Relazione geologica e sismica

Lotto n.3 **Realizzazione della Nuova Caserma dell'Arma dei
Carabinieri, Comune di Fiastra (MC)**

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI

Ing. Stefano Santarelli
timbro e firma

Arch. Emanuele Marcotullio
timbro e firma

Geol. Daniele Stronati
timbro e firma

Ing. Francesco Antonio Pieretti
timbro e firma

Ing. Diego Cesaretti
timbro e firma

Ing. Marco Mancini
timbro e firma

Arch. Stefano Pieretti
timbro e firma

Ing. Sara Mosca
timbro e firma

Ing. Andrea Ciarimboli
timbro e firma



studio geologico tecnico

**AGENZIA DEL DEMANIO
DIREZIONE REGIONALE MARCHE**

**DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA CASERMA
DEL CORPO FORESTALE DEI CARABINIERI IN VIA
UMBERTO I NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**



Relazione geologica e sismica

Giugno 2020

Studio Geologico Tecnico Dott. R. Ricci - Dott. D. Stronati
Via G. Rossini, 5 60035 JESI (AN)
Tel. 0731 720028 / 720034 – Fax 0731 720028
C.F. e P. IVA 01083980423
E-mail: geologi@studioriccistronati.it
PEC: ricci.stronati@epap.sicurezzapostale.it



**AGENZIA DEL DEMANIO
DIREZIONE REGIONALE MARCHE**

*PROGETTO:
DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA CASERMA
DEL CORPO FORESTALE DEI CARABINIERI IN VIA
UMBERTO I NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)*



Modello geologico

PREMESSA

Il presente studio, commissionato dall'Agenzia del Demanio – Direzione Regionale Marche, è volto alla determinazione delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, idrogeologiche e geotecniche e alla classificazione sismica dei terreni interessati dal progetto di demolizione e ricostruzione della caserma del Corpo Forestale dei Carabinieri in via Umberto I nel Comune di Fiastra (MC), in conformità al D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” e le relative istruzioni della Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21.01.2019.

L'indagine è stata condotta attraverso un rilevamento geologico e geomorfologico di superficie e l'esecuzione di n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, sul quale, durante la perforazione, sono stati prelevati n. 5 campioni di terreno, successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio ed effettuate n.2 prove SPT; a fine sondaggio dopo un intervallo di circa 2 settimane per la presa del cemento iniettato all'interno del foro di perforazione, in modo da rendere solidale il tubo in pvc con il terreno, è stata eseguita una prova sismica dinamica in foro DownHole denominata DH; a completamento dell'indagine geognostica sono state inoltre realizzate n° 1 prova penetrometrica statica, indicata con la sigla CPT 2 e n° 2 prove penetrometriche dinamiche, indicate con la sigla DPSH 1 e DPSH 3. I dati derivanti da tali indagini sono stati impiegati per elaborare l'Analisi di Risposta Sismica Locale.

Inoltre, per una migliore interpretazione geologica e geotecnica del sito, sono stati utilizzati dati e notizie di carattere litologico, stratigrafico, idrogeologico e geotecnico, relativi ad indagini effettuate precedentemente da altri Professionisti nella stessa area e in zone limitrofe, su terreni con analoghe caratteristiche geolitologiche.

NORMATIVA NAZIONALE E REGIONALE

Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 e ss.mm.ii. “*Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*”;

D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 “*Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia*”;

OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche*” e s.m.i.;

D.M. 14 gennaio 2008 “*Approvazione nuove norme tecniche per le costruzioni*”;

D.M. 17 gennaio 2018 “*Norme tecniche per le costruzioni – Aggiornamento*”;

Circolare Consiglio Superiore LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019 “*Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17.01.2018*”;

Regio Decreto-Legge n. 3267/1923 “*Riordinamento e riforma in materia di boschi e terreni montani*”;

D.Lgs n. 152 del 3 aprile 2006 “*Norme in materia ambientale*” e ss.mm.ii.;

D.Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 “*Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'art. 10 della Legge 6 luglio 2002 n. 137*”;

D.C.R. Marche n. 116 del 21 gennaio 2004 “*Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini di rilievo regionali (P.A.I.)*” e s.m.i.;

Piano Regolatore P.R.G. del comune di Fiastra.

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO REGIONALE

1.1. Inquadramento Geologico Regionale

Il territorio comunale di Fiastra è ubicato nell'area dei Monti Sibillini Nord-Orientali, nell'Appennino Umbro-Marchigiano, che nel suo insieme costituisce una catena orogenica a pieghe e sovrascorrimenti che trae origine da una fase tettonica compressiva Neogenica sviluppatasi in una copertura sedimentaria mesozoica di un basamento cristallino ercinico, per mezzo dell'interposizione di un orizzonte di scollamento principale costituito dalle evaporiti triassiche (Anidridi di Burano) (Pierantoni et al., 2005).

La successione sedimentaria affiorante in questo settore d'Appennino è rappresentata dalla tipica successione umbro-marchigiana, questa pressoché continua si è deposta su di un margine continentale africano in continua evoluzione dal Triassico sup. al Pleistocene.

La sedimentazione essenzialmente calcarea caratterizza tutto l'intervallo Triass-Eocene, a partire dall'Oligocene diviene di tipo prevalentemente terrigeno. Nel corso del Miocene il bacino Umbro-Marchigiano è raggiunto dall'orogenesi, che in rapida progressione da W verso E modifica continuamente la morfologia del fondale marino identificando il cosiddetto sistema geostrutturale catena-avanfossa-avampaese.

Le pieghe e i sovrascorrimenti hanno una generale direzione appenninica (NW-SE). I settori assiali della catena sono interessati da faglie normali, transtensive e trascorrenti plioquaternarie, a direzione NW-SE, NNW-SSE e N-S, che sono quindi più recenti delle strutture compressive (*Dott. Geol. Costantino Lucarelli – Microzonazione Sismica di Livello III Comune di Fiastra, Gennaio 2018*).

1.2. Inquadramento Geomorfologico Regionale

Gli aspetti geomorfologici, estremamente vari, sono legati, oltre all'energia di rilievo, alle caratteristiche litostrutturali dei terreni e alla loro storia evolutiva. Le varie formazioni geologiche, tutte di tipo sedimentario, e di un'età compresa tra il Triass sup e l'attuale; comprendono terreni calcarei, calcareo-marnosi, marnoso-argillosi, arenacei e complessi detritici. Tali elementi si fondono tra loro, modellando alti morfologico-strutturali e linee vallive anche estremamente incise.

La morfologia dei principali rilievi, quali M.te Fiegni (1323 m s.l.m.) - M.te Rotondo (1377 m s.l.m.), è caratterizzata da superfici sommitali tondeggianti e versanti acclivi su cui si impostano rivoli d'acqua a regime temporaneo e torrentizio in fase erosiva. I versanti della dorsale calcarea umbro-marchigiana si presentano in genere abbastanza stabili anche se si possono rinvenire delle aree interessate da movimenti gravitativi che mobilitano in genere le coltri di alterazione.

Per quanto concerne l'altimetria si raggiungono quote comprese tra 640 m nella vallecchia dove scorre il F. Fiastrone e 2070 metri di altezza nei rilievi montuosi.

Nel settore centrale, le differenti caratteristiche geomeccaniche dei diversi litotipi affioranti fa sì che quelli più competenti e resistenti emergano nel paesaggio in generale. Viceversa, le litologie tendenzialmente pelitiche, molto sensibili all'azione degli agenti esogeni, danno luogo alla formazione di estese coltri colluviali, che spesso manifestano una marcata propensione al dissesto idrogeologico; in particolare prevalgono fenomeni di erosione diffusa linearmente e moti gravitativi rotazionali e traslazionali più lenti. In generale l'azione meccanica delle acque risulta prevalentemente energetica e più sensibile nel periodo

primaverile ed autunnale quando lo scorrimento idrico superficiale viene incrementato da precipitazioni continue.

Le unità morfologiche fondamentali sono costituite pertanto da dorsali, rilievi e vallecole minori incise da un reticolo idrografico ben gerarchizzato, da superfici sommitali sub-pianeggianti o debolmente acclivi e da versanti blandamente acclivi a diversa pendenza che raccordano le sommità dei rilievi con i locali fondovalle. Il principale elemento morfologico spettante il territorio è il F. Fiastrone che costituisce il principale collettore drenante dell'area; nel tratto a monte dello sbarramento, che dà vita al lago di Fiastra, il corso d'acqua scorre in una stretta valle a V a partire dalla testata dell'omonima valle.

Verso est, a tergo dell'invaso, il torrente scorre incastonato in una stretta gola calcarea, dove in più punti, sui ripidi versanti, si rinvencono concrezioni travertinose di neoformazione la cui genesi è legata a piccole emergenze di contatto per la presenza di livelletti argillosi nei calcari anche se è ben evidente un controllo primario esercitato dall'assetto strutturale.

L'analisi del reticolo idrografico secondario mostra come l'impostazione dello stesso risulti fortemente condizionato dall'andamento dei principali lineamenti tettonici orientati secondo direttrici appenniniche e antiappenniniche.

Complessivamente l'area presenta forme eterogenee con crinali e dorsali minor separati da impluvi e vallecole più o meno ampie che dalla sommità del versante, degradano verso i fondovalle dei corsi d'acqua principali. I versanti si presentano generalmente per mezzo di geometrie convesse, separati da impluvi a morfologia concava dove si ha un maggiore accumulo di depositi colluviali spesso interessati da diffusi fenomeni di dissesto (*Dott. Geol. Costantino Lucarelli – Microzonazione Sismica di Livello III Comune di Fiastra, Gennaio 2018*).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

2.1. Descrizione dei luoghi

La porzione di territorio oggetto d'indagine è ubicata in via Umberto I in Loc. Trebbio nel Comune di Fiastra.



Foto 1 - Veduta frontale dell'edificio



Foto 2 –Area retrostante l'edificio



Foto 3 – Parte verde a nord della proprietà

L'area si sviluppa ad una quota di circa 743 metri sul livello medio del mare ed è individuabile geograficamente con i seguenti riferimenti:

RIFERIMENTI CARTOGRAFICI - CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA

Foglio (100.000)	Quadrante (50.000)	C.T.R. (10.000)
124 (Macerata)	313	313140 "Fiastra"

RIFERIMENTI GEOGRAFICI del Centroide – sistema WMAS (Web Mercator Auxiliary Sphere)

Latitudine N	Longitudine E	Quota (m s.l.m.)	Coordinate (m)
43.035521°	13.154994°	743 m	349701.43 E;4766411.13 N

Per valutare eventuali modifiche paesaggistiche, territoriali e urbanistiche, è stata effettuata una ricerca ortofotografica della zona di studio.

Di seguito vengono riportati gli stralci delle ortofoto, scaricate dal sito della Regione Marche, dal GeoPortale Cartografico Nazionale dell'ISPRA e da Google Earth, in cui si illustra l'area di studio negli anni 1978, 1988, 2000 e 2018.



Foto 4 - Ortofoto 1978 (Regione Marche)



Foto 5 - Ortofoto 1988 (GeoPortale Nazionale - ISPRA)



Foto 6 - Ortofoto 2000 (GeoPortale Nazionale - ISPRA)



Foto 7 - Ortofoto 2018 (Google Earth)

Come si può notare dalle immagini, l'edificio oggetto di studio era presente già nel 1978 e complessivamente, l'area non ha subito variazioni significative dal punto di vista paesaggistico e urbanistico; si è avuto un leggero aumento di fabbricati residenziali e l'edificazione del complesso SAIE a seguito degli ultimi eventi sismici 2016-2017.

2.2. Assetto geologico/stratigrafico

Nell'area di studio il substrato è rappresentato dalla **Formazione della Scaglia Cinerea**, costituita da marne, marne calcaree e marne argillose in strati di 10-20cm di spessore di color grigio-verde cronologicamente attribuibili al Miocene; al tetto della Formazione si rinvencono spessori significativi di **detrito di falda**, costituiti da ghiaie calcaree in abbondante matrice limo- sabbiosa.

L'origine del detrito è dovuta alla degradazione del substrato roccioso che, per gravità, viene trasportato e si deposita lungo i versanti e nelle zone topograficamente più depresse. Completa la locale stratigrafia lo spessore superficiale di terreno di riporto.

2.3. Geomorfologia dell'area

L'immobile in oggetto è ubicato alle pendici del versante NNE del Monte Coggia, in una zona a medio-bassa pendenza, su cui è impostato il centro abitato di Trebbio. Tale area risulta bordata a nord dal Fosso del Colle e a sud da un altro fosso, entrambi immissari nel lato SW del Lago di Fiastra.

La morfologia dell'area risulta regolare con acclività di circa il 5-6%; allo stato attuale, non sono presenti indizi di dissesti gravitativi; non esistono pertanto problemi legati ad instabilità geomorfologica, come evidenziato anche negli allegati stralci della Carta Geologica con elementi di geomorfologia della Regione Marche (CARG) e della Tav. RI63b del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (P.A.I.) – Aggiornamento 2016.

3. IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Nella zona non sono presenti corsi d'acqua naturali e artificiali, né a carattere perenne, né a carattere temporaneo. L'idrografia superficiale è limitata alla presenza di piccoli corsi d'acqua che costituiscono gli elementi drenanti delle acque di ruscellamento superficiale e che confluiscono nel Lago di Fiastra.

Per quanto riguarda l'idrogeologia dell'area e di un suo intorno significativo, la circolazione idrica, dell'area è prevalentemente governata dall'assetto strutturale e dalla fratturazione connessa con linee tettoniche.

In particolare, i membri calcarei e calcareo-marnosi della Successione Umbro Marchigiana che affiorano nell'area di studio presentano un grado di permeabilità medio-alto per elevata fratturazione. Locali manifestazioni sorgentizie possono formarsi al contatto tra le formazioni calcaree permeabili e quelle marnose a bassa permeabilità e tra queste ultime e i detriti di versante, caratterizzati da permeabilità medio-alta.

Da segnalare che durante l'esecuzione delle indagini geognostiche è stata riscontrata umidità a diverse profondità che potrebbe essere dovuta ad accumuli di acqua nei livelli maggiormente permeabili compresi tra spessori a minor permeabilità del detrito di falda e al contatto tra il detrito e il sottostante substrato prevalentemente marnoso e impermeabile.

Dall'analisi della Carta del Vincolo Idrogeologico del comune di Fiastra si evince che la caserma risulta in un'area esclusa da vincoli (Figura 1).

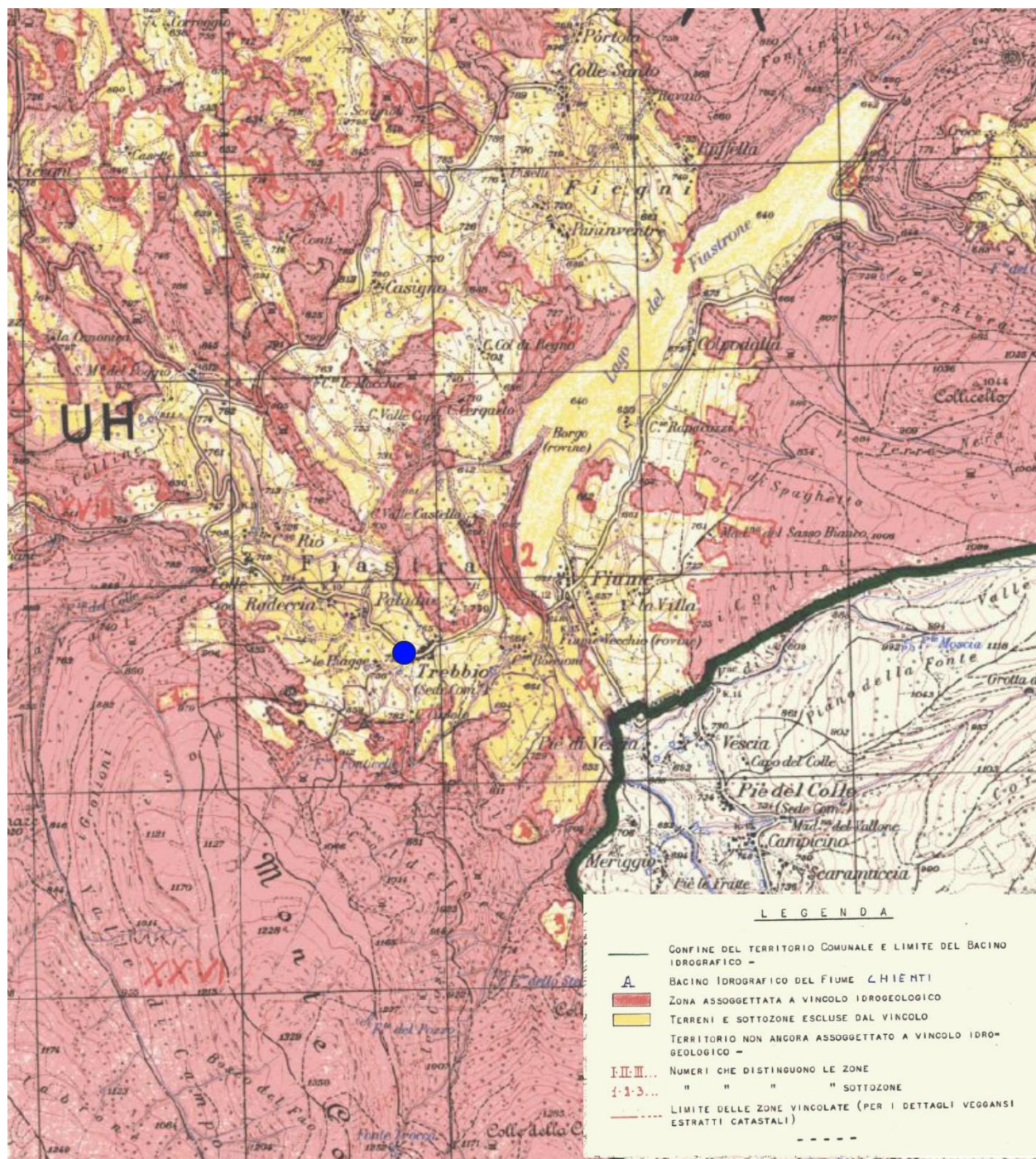


Figura 1 - Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico del comune di Fiastra con ubicazione area di studio

4. STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

4.1. Indagini geognostiche

Per la ricostruzione stratigrafica e la caratterizzazione geotecnica dell'area sono state eseguite le seguenti indagini:

- n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, spinto sino alla profondità massima di 30,00m dal p.c., su cui poi sono state effettuate n.2 prove SPT ed una prova sismica dinamica in foro DownHole denominata DH. Sono stati inoltre prelevati n.5 campioni di terreno per determinare i parametri geotecnici dei litotipi;



Foto 8 - Esecuzione sondaggio geognostico S1



Foto 9 - Esecuzione prova sismica in foro DownHole DH

- n° 1 prova penetrometrica statica, indicata con la sigla CPT 2; spinta sino a 9,20 m dal p.c.;
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche, indicate con la sigla DPSH 1 e DPSH 3, spinte rispettivamente sino a -11,60 e 10,00m dal p.c.



Foto 10 - Esecuzione prova penetrometrica

I dati derivanti da tali indagini sono stati utilizzati per elaborare l'Analisi di Risposta Sismica Locale.

4.2. Caratteristiche litostratigrafiche e geotecniche

Attraverso l'esecuzione della campagna geognostica e mediante l'ausilio di altri dati stratigrafici reperiti per le finalità dell'indagine, sono stati individuati dei livelli geolitologici caratteristici e da tale riconoscimento si è potuto correlare e ricostruire la locale sequenza stratigrafica.

Ad uno spessore superficiale di riporto, di circa 1,50 m, segue una coltre di detritica di versante, costituita da ghiaia calcarea in abbondante matrice limo-sabbiosa, poggianti a profondità di circa 14,50 m dal p.c. sul sottostante substrato, costituito dalle marne, marne calcaree e marne argillose della Formazione della Scaglia Cinerea, alterata al tetto.

5. SISMICITÀ

5.1. INDAGINI SISMICHE

La metodologia utilizzata è stata la seguente:

- esecuzione di n° 1 prospezione sismica tipo Down-Hole nel foro di sondaggio S₁.

È stata inoltre effettuata un'Analisi di Risposta Sismica Locale.

Per l'esatta ubicazione dell'indagine sismica, vedere allegata planimetria; si rimanda inoltre all'allegato Rapporto tecnico delle indagini per la descrizione del tipo di strumentazione utilizzata e dei risultati ottenuti.

5.2. SISMICITÀ DELL'AREA

Dal punto di vista sismico, l'area in esame è classificata dalla normativa sismica adottata con Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, successiva Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28.04.2006 All. 1b e Allegato al Voto n. 36 del 27.07.2007 dell'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei LL.PP., come **zona 2** (ex zona a rischio sismico di II^a categoria; S = 9).

zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g)
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	$0,35g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	$0,25g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	$0,15g$
4	$\leq 0,05g$	$0,05g$

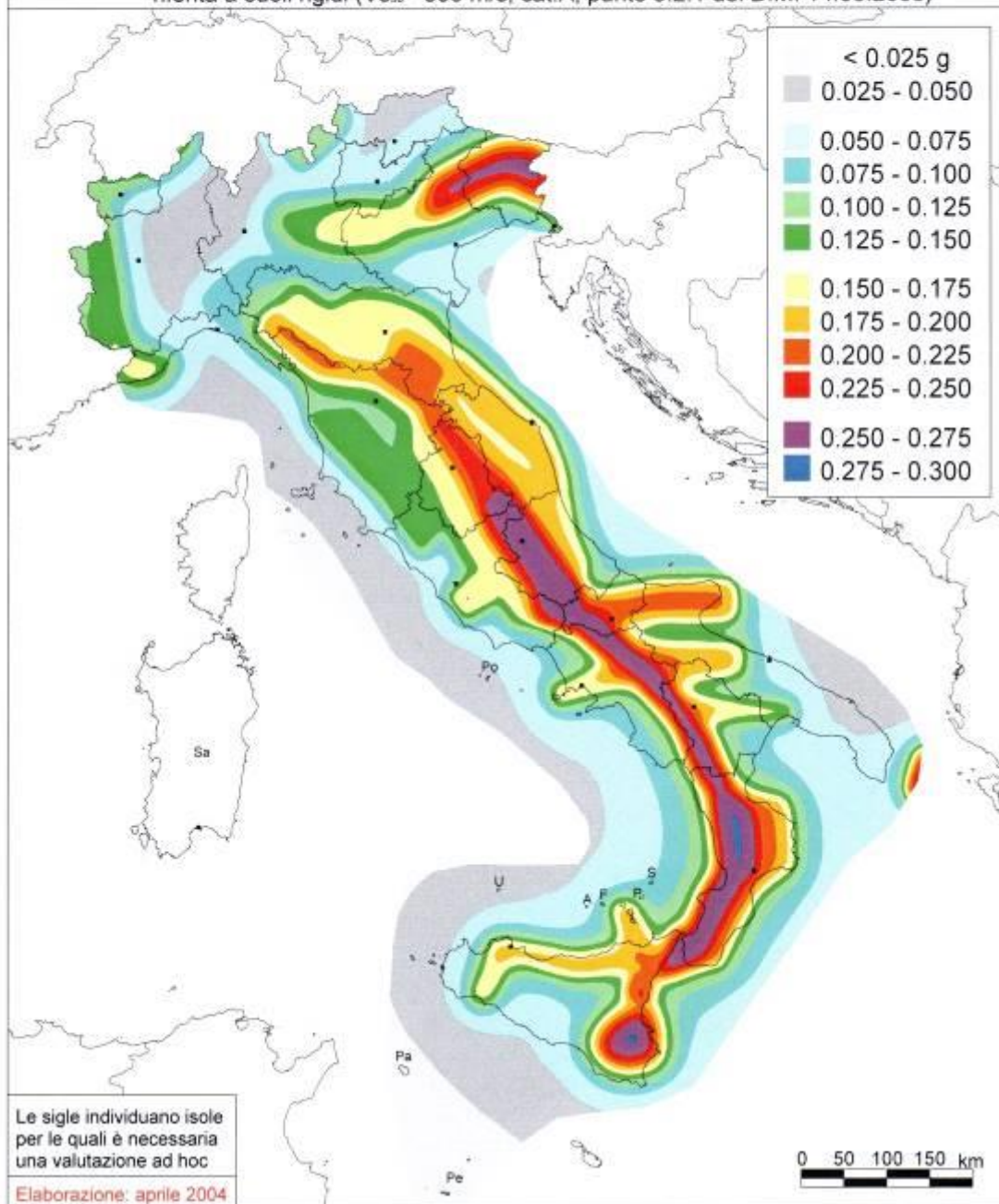


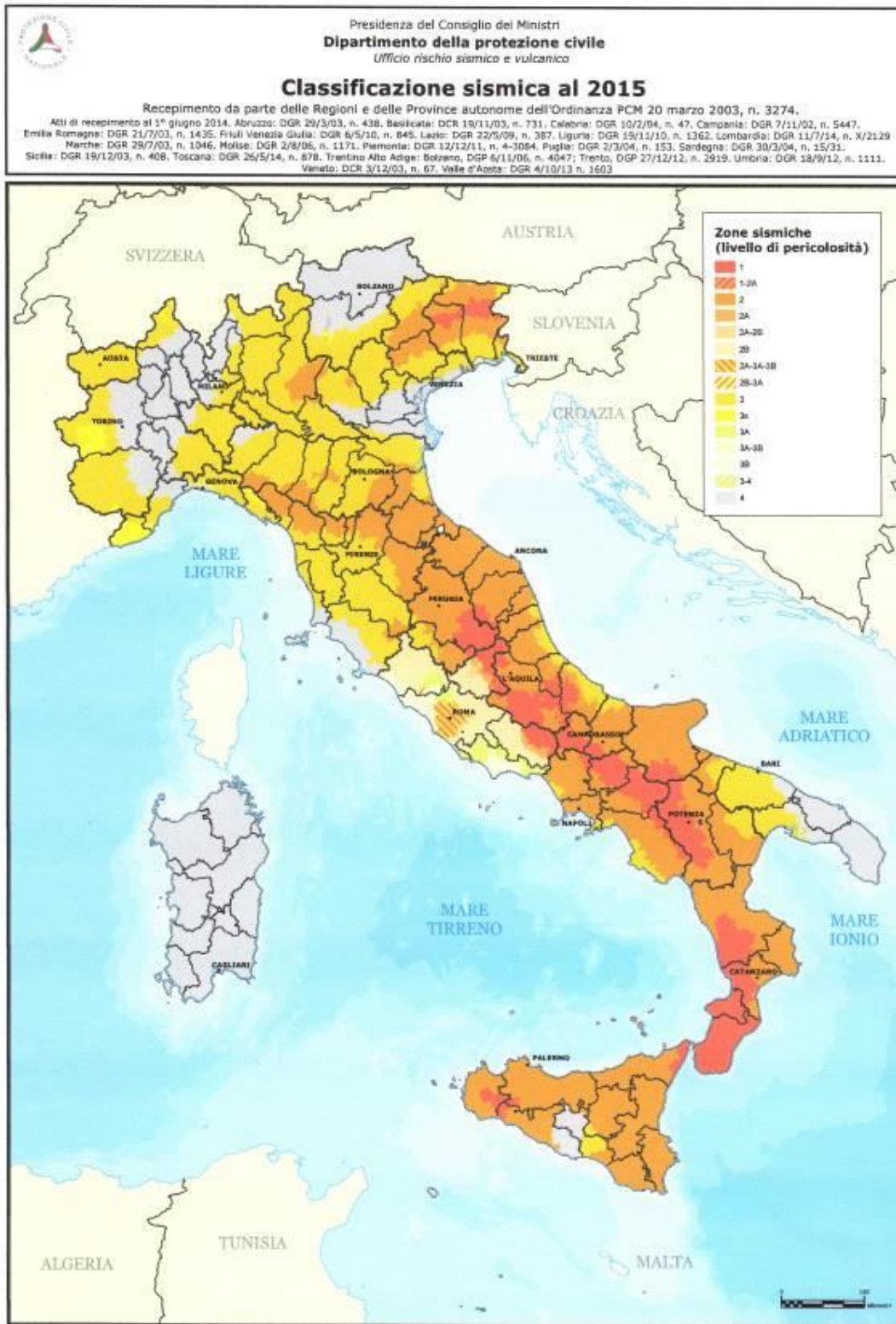
Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)





Nella carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Microzonazione Sismica di livello 3) del Comune di Fiastra, di cui si unisce uno stralcio in allegato, l'area in oggetto rientra *nelle Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali –Microzona 2001*. La MOPS 2001 è caratterizzata da uno spessore dei terreni di copertura compreso tra un minimo di 3 m e un massimo di 15 m confermato dalle indagini eseguite in situ.

Nell'area di studio la distribuzione granulometrica dei litotipi presenti esclude rischi legati al fenomeno della liquefazione dei terreni; **il sito risulta** pertanto **stabile nei confronti della liquefazione**. Si omette pertanto la relativa verifica, come previsto al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, di seguito riportato, manifestandosi nel sito la circostanza 4:

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

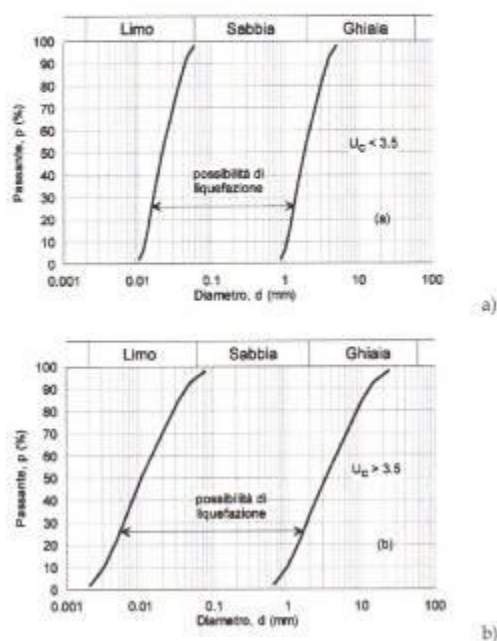


Fig. 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

5.3. SISMICITÀ STORICA

Il territorio marchigiano è stato sede di notevole attività sismica, sia per l'intensità dei terremoti, che per la loro frequenza. A partire dall'anno 1000 ad oggi, possiamo contare circa una ventina di eventi distruttivi con zona epicentrale nel territorio marchigiano, i quali hanno prodotto danni comparabili a quelli più recenti di Senigallia (AN) nel 1930, di Castignano (AP) nel 1943, di Ancona del 1972, fino alle recenti sequenze sismiche dell'Appennino Umbro-Marchigiano del settembre-ottobre 1997 e soprattutto dell'attuale serie sismica del centro Italia (agosto 2016 - gennaio 2017) definite dall'INGV "*Sequenza sismica Amatrice-Norcia-Visso*" (non ancora riportata nel Catalogo dei terremoti italiani).

Oltre ai terremoti che si sono generati nel territorio marchigiano è doveroso sottolineare quelli con epicentro nelle regioni limitrofe che hanno comunque prodotto effetti anche nelle Marche: Norcia ad esempio è stata colpita il 14 gennaio 1703 da uno dei terremoti più forti della storia sismica italiana; danni sono stati prodotti anche dai terremoti originatisi nelle zone di Sansepolcro (AR), di Rimini, del Forlivese e dell'Aquilano. La figura seguente evidenzia come l'attività sismica sembra concentrarsi maggiormente lungo l'allineamento nord-ovest/sud-est in corrispondenza del margine appenninico. Spostandosi ad est, gli epicentri sembrano delineare una direttrice parallela alla precedente ma ubicata sulla costa adriatica (Figura 2). L'analisi della sismicità recente sulla base dei dati raccolti negli ultimi anni dalla Rete Sismometrica Marchigiana confermerebbe questo quadro.

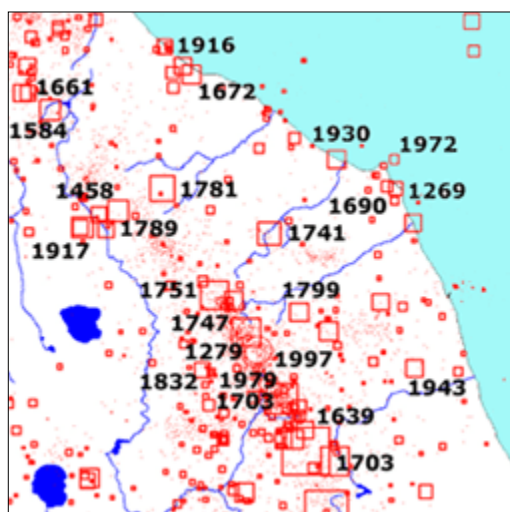


Figura 2 - Data ed ubicazione dei principali eventi sismici che hanno interessato il territorio marchigiano

La presenza della rete sismometrica regionale rinnovata ed implementata dopo il terremoto del 1997 documenta con precisione la sismicità anche di bassa energia.

L'INGV nel 2004 contestualmente alla realizzazione della mappa della pericolosità sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 ha effettuato una nuova zonizzazione sismogenetica "ZS9" identificando per l'area (Marche, Umbria orientale, Emilia-Romagna e Abruzzo) due zone sismogenetiche contraddistinte con i codici 917 e 918 (*Zone sismogenetiche dell'area Appennino centro settentrionale, Figura 3*).

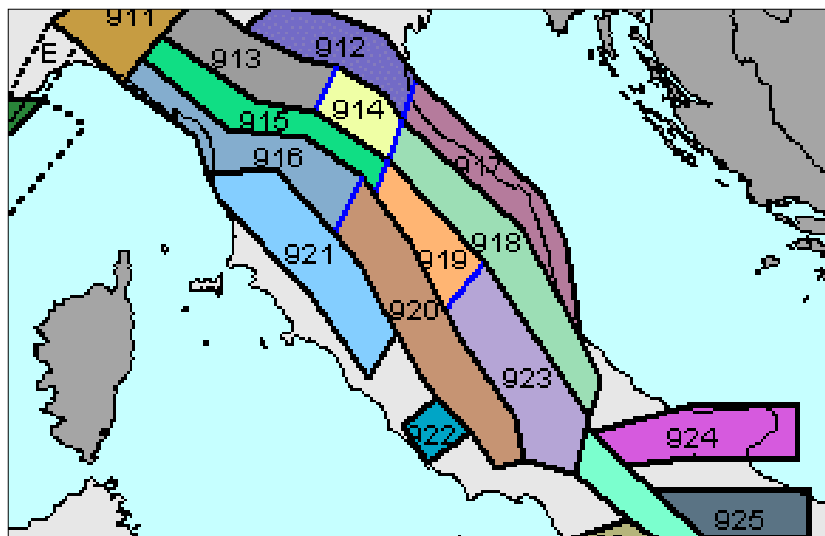


Figura 3 - Zone sismogenetiche

La zona 918 (come la 913 e la 914) risulta dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende sino all'Abruzzo. In questa zona si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale.

L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori rispetto alla fascia più orientale.

La zona 917 rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico centro-settentrionale. In questa nuova zonizzazione sismogenetica la fascia viene chiusa poco a sud di Porto San Giorgio, laddove non si hanno più evidenze di cinematica compressiva. La zona 917 include le sorgenti sismogenetiche principali della costa romagnola e marchigiana.

Zona Sismogenetica	Meccanismo di innesco	Profondità efficace (km)
917	Faglia inversa	7
918	indeterminata	13

La consultazione del Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CTTI15, 2016), ha permesso di estrapolare una sequenza "tabellare storica" dei sismi che hanno interessato il comune in studio e quelli ad esso prossimi; inoltre è stato possibile estrarre i terremoti di magnitudo momento (M_w) superiore a 5 il cui epicentro è prossimo all'area medio adriatica.

Fiastra (Trebbio)
 PlaceID IT_51721
 Coordinates (lat, lon) 43.035, 13.157
 Municipality (ISTAT 2015) Fiastra
 Province Macerata
 Region Marche
 No. of reported earthquakes 43

Int.	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9	6.18
4	1910	12	26	16	30		Monti della Laga	50	5-6	4.56
5	1943	10	03	08	28	29.00	Ascolano	170	8	5.67
NF	1948	01	10				Loro Piceno	21	4-5	3.93
4	1969	09	26	23	40	39.00	Teramano	97	5	4.39
5	1970	09	07	14	02	21.00	Appennino umbro-marchigiano	56	5	4.35
3	1971	02	11	18	49	21.00	Valle del Chiascio	71	6	4.61
5	1971	10	04	16	43	32.60	Valnerina	43	5-6	4.51
5-6	1979	09	19	21	35	37.00	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980	02	28	21	04	40.00	Valnerina	146	6	4.97
NF	1987	07	03	10	21	57.64	Costa Marchigiana	359	7	5.06
3	1989	09	11	02	46	23.93	Marche meridionali	60	5	4.04
2	1989	11	19	03	40	22.54	Valnerina	38	5	4.13
NF	1989	12	22	06	48	13.91	Valle Umbra	114	5	4.44
5	1993	06	04	21	36	50.60	Valle del Topino	90	5-6	4.39
4	1993	06	05	19	16	17.02	Valle del Topino	326	6	4.72
4	1995	12	30	15	22	08.73	Fermano	106	5	4.19
2	1996	01	01	12	21	41.54	Maceratese	91	5-6	4.2
2	1997	09	07	23	28	05.79	Appennino umbro-marchigiano	57	5-6	4.19
2-3	1997	09	09	16	54	47.50	Appennino umbro-marchigiano	39	5-6	3.78
2-3	1997	09	10	06	46	50.78	Appennino umbro-marchigiano	47	5	3.85
6	1997	09	26	00	33	12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
5	1997	10	03	08	55	22.07	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
6	1997	10	06	23	24	53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
5-6	1997	10	14	15	23	10.64	Valnerina	786		5.62
3	1997	10	23	08	58	43.96	Appennino umbro-marchigiano	56		3.86
4-5	1997	11	09	19	07	33.27	Valnerina	180		4.87
3	1998	02	07	00	59	44.54	Appennino umbro-marchigiano	62		4.41
2	1998	02	16	13	45	19.00	Valnerina	33		3.75
4-5	1998	03	21	16	45	09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
5-6	1998	03	26	16	26	17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
5-6	1998	04	05	15	52	21.01	Appennino umbro-marchigiano	395		4.78
NF	1998	06	02	23	11	23.00	Appennino umbro-marchigiano	83		4.25
5	1999	11	29	03	20	33.86	Monti della Laga	62	5-6	4.15
4	2000	09	02	05	17	02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4.4
4-5	2000	10	24	07	52	23.70	Monti Sibillini	65	5	4.11
2-3	2003	05	25	17	15	13.95	Ascolano	88	4-5	3.81
NF	2004	12	09	02	44	25.29	Teramano	213	5	4.09
3	2005	04	12	00	31	51.61	Maceratese	131	4	3.74
3-4	2005	12	15	13	28	39.59	Val Nerina	350	5	4.14
3	2006	04	10	19	03	36.67	Maceratese	211	5	4.06
3	2006	10	21	07	04	10.01	Anconetano	287	5	4.21
7-8	2016	10	30	06	40	17.32	Valnerina	379		6.61

Figura 4 -Storia sismica comune di Fiastra

Dalla Fig. 4 è possibile notare che nel territorio comunale di Fiastra sono presenti 43 sismi che hanno generato effetti macrosismici di interesse; le intensità macrosismiche osservate rispettivamente nel comune in esame (*Int*) e nell'epicentro dell'evento (*Io*) sono espresse nella scala MCS, *Mw* è la magnitudo momento dell'evento. In particolare, si può notare che le intensità macrosismiche storiche rilevate nel territorio comunale di Fiastra sono in genere di valore medio 4.6, con massimi pari a 6,20 (1279 – Appennino Umbro-Marchigiano) e 6,17 (1741 – Fabrianese).

Nella successiva figura è riportato il diagramma Intensità/data del comune di studio.

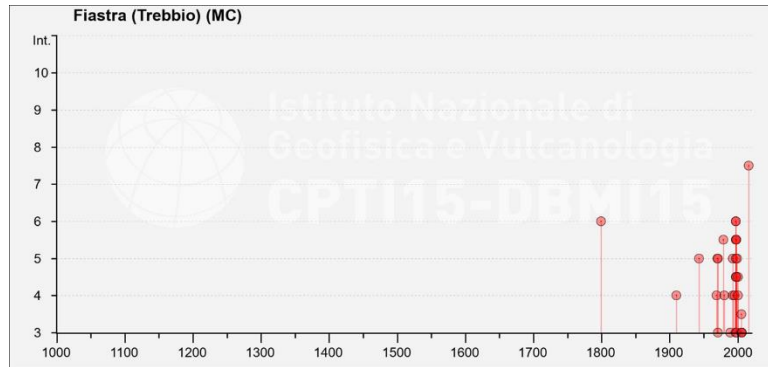


Figura 5 - Diagramma Intensità/data del comune di Fiastra

Le figure che seguono riportano i parametri focali dei principali terremoti avvenuti a Fiastra e nei territori circostanti.

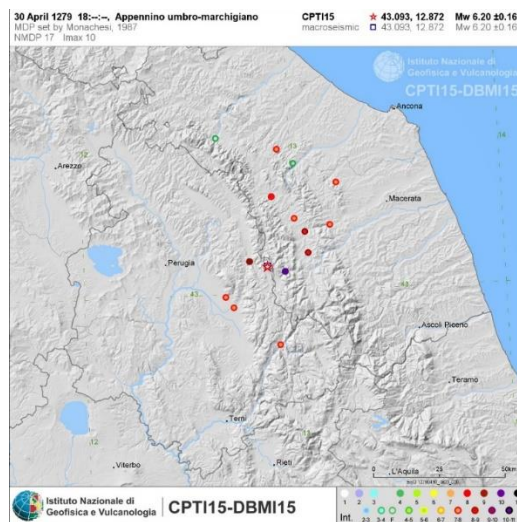


Figura 6 - Epicentro sisma 30.04.1279 - ricavato da INGV (CPTI15)

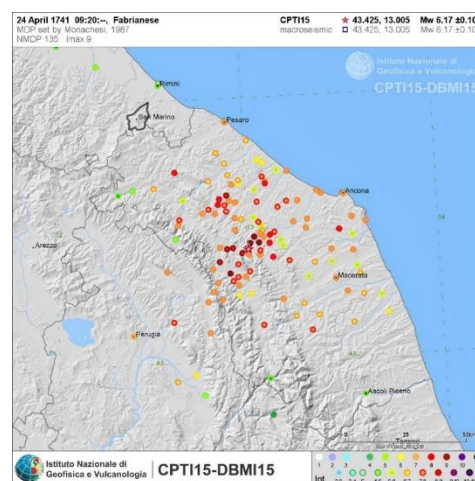


Figura 7 - Epicentro sisma 24.04.1741 - ricavato da INGV (CPTI15)

5.3. ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Vista l'entità degli interventi in progetto e l'importanza strategica della struttura, a seguito della campagna geognostica a geofisica eseguita ed in funzione dei dati ottenuti dall'indagine sismica attiva in foro (Down-Hole), si è ritenuto necessario procedere alla elaborazione della Risposta Sismica Locale in ottemperanza alla vigente normativa (Aggiornamento delle Norme Tecniche sulle Costruzioni).

Tale analisi costituisce uno studio di "riferimento" del sito in esame, i cui risultati sono stati conseguiti opportunamente nei confronti delle SLO (Stato limite ultimo per l'operatività), SLD (Stato limite ultimo per il danno), SLV (Stato limite ultimo per la salvaguardia della vita) e SLC (Stato limite ultimo per il collasso) e classe d'uso IV, ovvero per strutture il cui uso preveda funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Nel caso specifico, come richiesto dalla normativa, è stata condotta la modellazione considerando la classe di vita nominale V_N pari a 100 anni.

L'informazione di maggior interesse offerta dall'analisi di risposta sismica locale è lo spettro di risposta in accelerazione del moto del terreno (strumento dinamico più utilizzato per la progettazione di manufatti), che mette in evidenza gli effetti di sito.

L'analisi di risposta sismica locale condotta si basa su un profilo geotecnico e sismostratigrafico ricostruito in sito mediante l'esecuzione di:

- n° 1 sondaggi a carotaggio continuo, denominato S_1 , spinto sino alla profondità di 30,00 m dal p.c.;
- n° 1 prospezione sismica tipo Down-Hole denominata $S1-DH$;
- n° 2 prove con SPT in foro denominate $SPT1$ e $SPT2$;
- n° 1 prova penetrometrica statica denominata $CPT2$;
- n° 2 prova penetrometriche dinamiche superpesanti denominate $DPSH1$ e $DPSH3$.

Con la presente analisi è stato valutato il moto sismico cosiddetto "free field" (condizioni di "campo libero", ossia in assenza di manufatto). In sintesi, i paragrafi che seguono riportano l'articolazione della analisi dinamiche atte a definire le modifiche che il segnale sismico subisce, a causa delle condizioni locali, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di tipo A).

Procedure di calcolo

Come noto lo scopo principale dell'analisi di risposta sismica locale è quello di prevedere come e quanto il movimento del suolo superficiale sia influenzato dal movimento del bedrock in profondità. Ricordando le ipotesi alla base, nel caso di analisi monodimensionale:

1. la stratigrafia del suolo sia orizzontale;
2. le onde sismiche si propagano dal basso verticalmente;
3. le deformazioni del suolo sono funzione delle proprietà dinamiche dei litotipi.

Per l'analisi è stato utilizzato il software STRATA, il cui funzionamento può essere sintetizzato come segue:

1. Legge il sismogramma al bedrock costituito da ognuno dei 7 accelerogrammi;
2. Con una Trasformata di Fourier (FFT) calcola lo Spettro di Fourier (FASbedrock) sempre al bedrock.

3. Calcola la Funzione di Trasferimento (TF) nel sito (quest'ultima è semplicemente pari al rapporto tra l'ampiezza dell'onda incidente sullo strato in direzione verticale verso l'alto "*upward*" e la sua riflessa in direzione verticale verso il basso "*downward*"). La Funzione di trasferimento dà immediatamente, grazie alla sua forma, informazioni importanti sui modi di vibrazione del suolo.
4. Calcola lo Spettro di Fourier (FASsuolo) stavolta in superficie, moltiplicando lo Spettro di Fourier al bedrock per la Funzione di Trasferimento con la formula:

$$FAS_{suolo} = FAS_{bedrock} \times TF$$

5. Tramite una Trasformata inversa di Fourier (IFFT), calcola l'accelerazione al suolo; questo è il risultato la cui utilità è l'immediata applicazione nelle soluzioni progettuali ingegneristiche.

Tale calcolo computazionale è un processo iterativo, infatti, dato che il comportamento dei suoli alle sollecitazioni dinamiche è di tipo "non – lineare", il che vuol dire che le proprietà dinamiche dei suoli quale il Modulo di Taglio G e il Dumping D variano con il variare delle deformazioni applicate allo stesso, STRATA riesegue lo stesso calcolo decine di volte, variando di volta in volta progressivamente solo le proprietà dinamiche, fino a una convergenza di progetto, raggiunta la quale il calcolo si interrompe: è una soluzione "equivalente" ad un calcolo "non lineare", e per questo motivo viene chiamata "Analisi Equivalente Lineare". Particolare importanza hanno le proprietà non lineari dei materiali, in particolare il rapporto G/Gmax e D, rispettivamente modulo di taglio "normalizzato" e dumping.

Risposta Sismica Locale

Definizione di input sismico e dei parametri sismici

Per la definizione dell'input sismico di modellazione della RSL, è necessario individuare e definire almeno 7 accelerogrammi di riferimento, con caratteristiche compatibili con il sito in esame. È necessario quindi definire i seguenti parametri:

1. Coordinate del sito;
2. Vita di riferimento Vr, pari al prodotto delle Vita nominale Vn per il coefficiente d'uso Cu di indirizzo progettuale;
3. Stati limite di progetto di riferimento, SLV, SLD, SLO, SLC.

Per la determinazione dei parametri di partenza sono state utilizzate le seguenti applicazioni:

- <http://www.geostru.com/geoapp/parametrisismici.aspx> per la determinazione delle coordinate ED50;
- Spettri-NTC ver.1.0.3 per la determinazione dei valori di Ag, F0 e T*c in funzione dei diversi tempi di ritorno.

Coordinate del sito (sistema di riferimento ED50)	Latitudine = 43.036411
	longitudine = 13.155996
Coordinate del sito (sistema di riferimento UTM WGS84)	Latitudine = 43.035452
	longitudine = 13.155068
Scelta della strategia di progettazione	Vita Nominale (VN) = 100 anni
	Coefficiente d'uso (CU) classe IV = 2,0
	Stati limite di riferimento = SLO, SLD, SLV, SLC
Dati di disaggregazione	Magnitudo (M) compresa tra 4 e 7
	Distanza (R) compresa tra 0 e 30 Km
Categoria di sottosuolo	B = Vs 415 m/s

Tabella 3: Dati sito specifici necessari per l'estrapolazione degli input sismici sismo compatibili e spettro compatibili

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento PVR (Tabella 2), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento VR, si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/TR$ (TR = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Tabella 4: Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento VR

Fissati **VR** e **PVR** associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica **TR**, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'Allegato A delle NTC18:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra **PVR** (probabilità) e **TR** (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **VR = 200** anni, il tempo di ritorno **TR** sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	TR = 120
Stato limite di esercizio: danno	SLD	TR = 201
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	TR = 1898
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	TR = 2475

Tabella 5: Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento VR

VR 100 anni e Coefficiente d'uso 2,0				
Stato limite	Tr	ag	F0	Tc*
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	120	0.121	2.437	0.306
SLD	210	0.147	2.462	0.317
SLV	1898	0.322	2.527	0.351
SLC	2475	0.350	2.535	0.356

Tabella 6: Parametri di pericolosità sismica per TR previsti nelle NTC18, per il sito in oggetto (VN 100 anni classe uso IV)

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
13.15507

LATITUDINE
43.03545

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Marche

PROVINCIA
Macerata

COMUNE
Trebbio

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta
 Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☒ Interpolazione corretta

Interpolazione
 superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Figura 8 - Spettri NTC.vers 1.0.3 - definizione dei parametri sismici

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="120"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="1898"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Figura 9 - Spettri NTC.vers 1.0.3 - definizione dei parametri progettuali

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_c in funzione del periodo di ritorno T_R

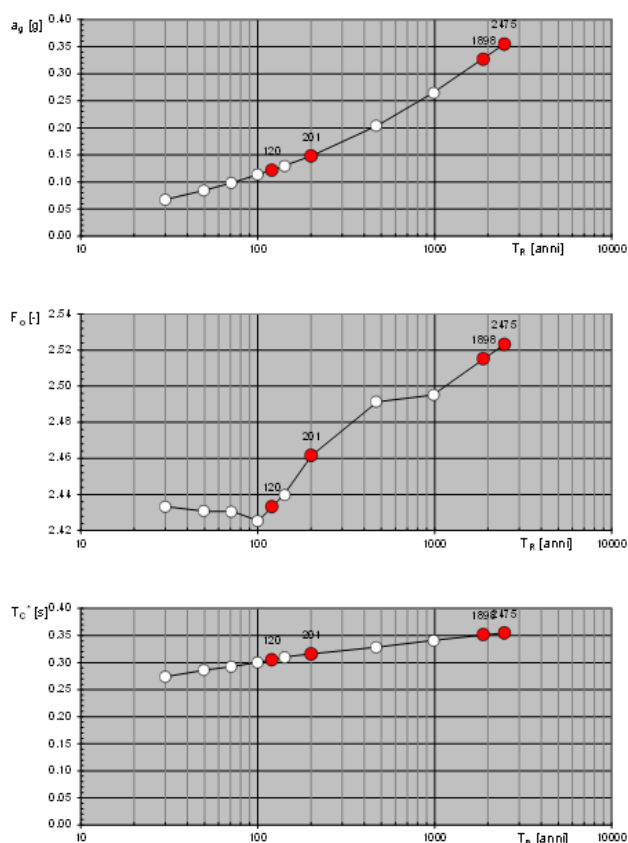


Figura 10 - Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 e T_c in funzione del periodo di ritorno T_R

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

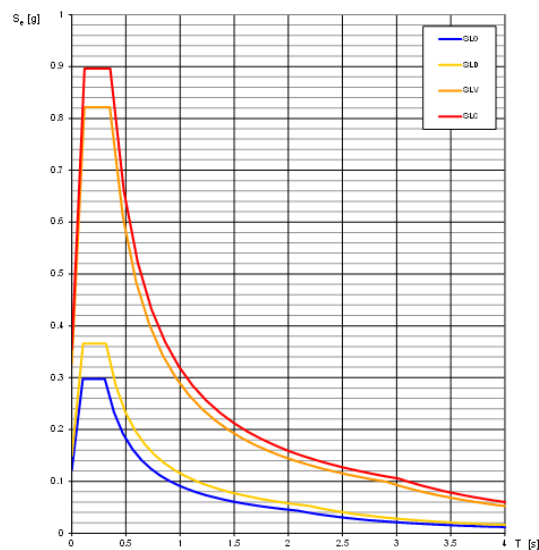


Figura 11 - Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite NTC18

Definizione input sismico e dei dati di disaggregazione

L'estrazione degli accelerogrammi di input sismo-compatibili prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre a quelli precedentemente definiti.

In particolare, devono essere definiti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'INGV al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Si sono dunque determinati i parametri M (magnitudo) e R (distanza) di disaggregazione

- M (magnitudo) compresa tra $M_{\min} = 4$ e $M_{\max} = 7$
- R (raggio distanza) compresa fra $R_{\min} = 0$ Km e $R_{\max} = 30$ Km

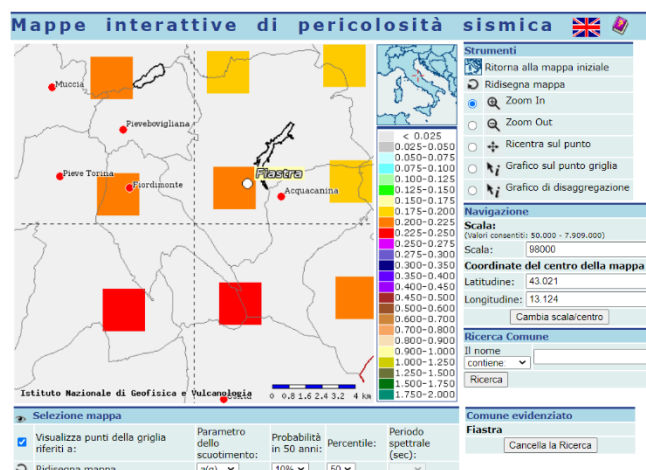


Figura 12 - Grafico di disaggregazione M-R per il territorio comunale di Fiastra

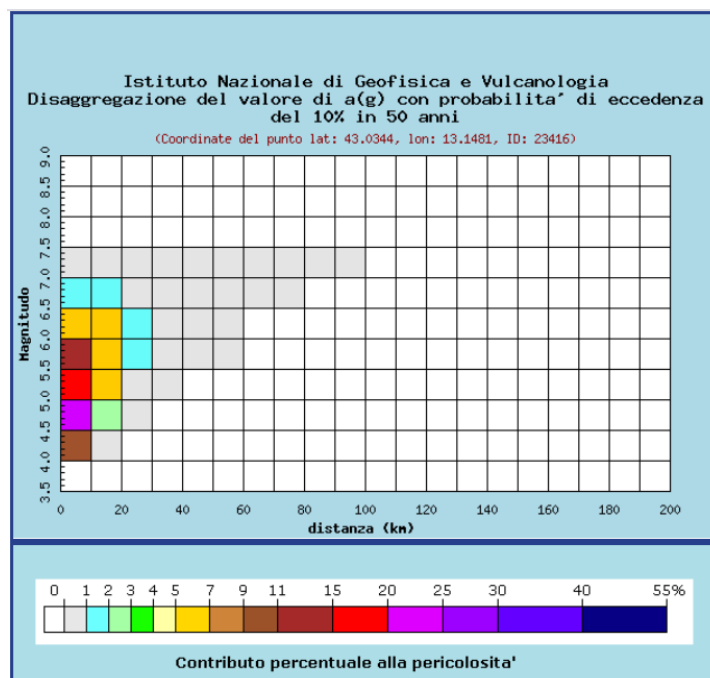


Figura 13 - Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit  di eccedenza del 10% in 50 anni per il sito in oggetto

Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilit� di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.0344, lon: 13.1481, ID: 23416)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	9.180	22.100	18.100	12.500	6.620	1.350	0.511	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.474	2.780	5.030	6.170	5.170	1.660	0.848	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.017	0.448	1.430	1.880	0.862	0.582	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.004	0.204	0.612	0.396	0.335	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.013	0.137	0.173	0.183	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.063	0.091	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.038	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.015	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.400	8.740	0.940

Tabella 1 - Tabella valori di disaggregazione con sintesi dei valori medi

Determinazione accelerogrammi di input

Al fine di estrapolare gli accelerogrammi di input per la modellazione di sito è stato utilizzato il database online ESM8 Engineering Strong-Motion database e REXELite (Orfeus <http://esm.mi.ingv.it>) una versione online semplificata del programma per computer REXEL (Iervolino et al., 2009), sviluppato da Iunio Iervolino e Carmine Galasso, dell'Università Federico II di Napoli, e che consente di cercare una combinazione di forme d'onda compatibili con un target spectrum, generato secondo Italian Building Code.

Request number	22255		
Session title	Caserma CCF Fiastra		
Latitude [degrees]	43.035452	Longitude	13.155068
Site classification (EC8)	A		
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°		
Nominal life [years]	100 years - important structures		
Building functional type	4 - strategic structures (Cu=2.0)		
Limit state probability	Life safety (P=10%)		
Ground motion components	One horizontal component		
Station site classification criteria	A,A*		
Focal mechanism	Not selected		
Magnitude (Ml or Mw)	min	4.0	max 7.0
Epicentral distance [km]	min	0.0	max 30.0
Period range [s]	lower	0.11	upper 1.5
Tolerance [%]	lower	10.0	upper 30.0
Scaled records	No		

Figura 14 - Parametri di input inseriti nella finestra REXELite per SLV classe IV VN 100 anni

Nel caso specifico, l'input sismico è stato vincolato al substrato geologico rigido con $V_s > 800$ m/sec, di conseguenza gli accelerogrammi estrapolati per la modellazione si riferiscono a registrazioni reali su suolo di tipo "A".

Come parametri di ricerca dei dati è stato impostato l'intervallo di magnitudo fra 4 e 7 e un raggio pari a 30 Km (sulla base dell'analisi di disaggregazione della PGA), La scelta dei sismogrammi prende in considerazione registrazioni reali con cinematismo confrontabile.

Network	Station code	Event time	Scale factor	Usable Bandwidth [Hz]	Orientation	Response spectrum
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ19	2016-10-30 06:40:18	1.0	69.96	HNE	
3A - Centro di microzonazione sismica Network, 2016 Central Italy seismic sequence	MZ19	2016-10-30 06:40:18	1.0	69.96	HNN	
4A - Emersito Seismic Network for Site Effect Studies in L'Aquila town (Central Italy) [INGV]	MI05	2009-04-07 17:47:37	1.0	29.9	HNE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	ACC	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.94	HGE	
IT - Italian Strong Motion Network (RAN) [DPC]	CLO	2016-10-30 06:40:18	1.0	29.9	HGE	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	EVNR	2018-12-26 02:19:17	1.0	39.96	HNE	
IV - Italian National Seismic Network [INGV]	ILLI	2010-08-16 12:54:47	1.0	29.9	HNE	

Tabella 2 - Sintesi dei sismogrammi selezionati

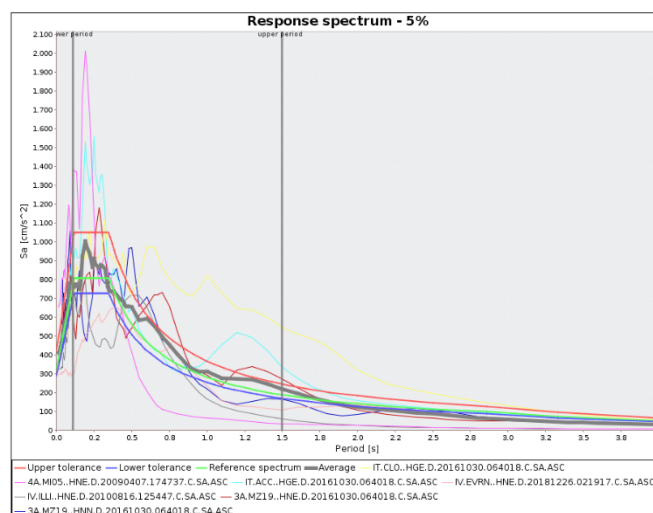


Figura 15 - Spettri accelerometrici sismo-compatibili selezionati per SLV classe IV VN100 anni TR 1898 anni.

Gli accelerogrammi della combinazione opportunamente creata non sono stati scalati in ragione dello stato limite SLV e SLD.

Analisi risposta sismica parametri generali di input

Per l'analisi condotta con il software STRATA sono stati inseriti i seguenti parametri generali. In prima fase sono stati identificati i vari strati litologici attribuendogli i valori di densità in KN/m^3 stimati dalle indagini reperite effettuate in sito (n particolare Sondaggio S1 e prova Down-Hole DH) e dalle modellazioni sismiche effettuate. Sono state poi scelte le curve di decadimento ritenute più opportune per le litologie riscontrate.

	Name	Unit Weight (KN/m^3)	G/G _{max} Model	Damping Model
1	Detrito di falda in matrice limo-sabbiosa	19.50	ROLLINS ET AL. (1998)	ROLLINS ET AL. (1998)
2	Substrato costituito da argille marnose con livelli marnosi e calcareo-marnosi	20.50	ALS COS	ALS COS

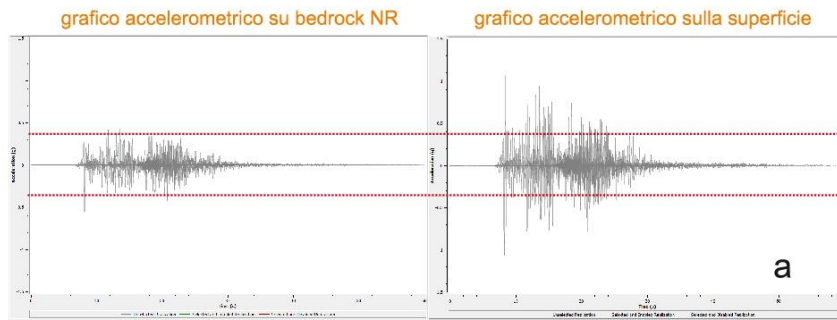
Figura 16 - Densità degli strati individuati

Per quanto riguarda il bedrock sismico (riferibile in sito al substrato geologico con $V_s > 800 \text{ m/sec}$) è stato considerato un valore di peso di volume pari a 23.0 KN/m^3 ; il substrato è stato imposto alla profondità di 25,00 m dal p.c.

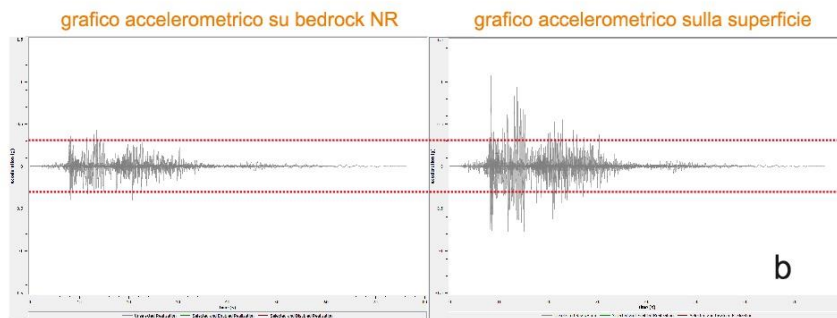
	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V_s (m/s)
1	0.00	3.00	Detrito di falda in matrice limo-sabbiosa	280.00
2	3.00	4.50	Detrito di falda in matrice limo-sabbiosa	305.00
3	7.50	4.50	Detrito di falda in matrice limo-sabbiosa	480.00
4	12.00	13.00	Substrato costituito da argille marnose con livelli marnosi e calcareo-marnosi	675.00
5	25.00	Half-Space	Bedrock	980.00

Tabella 3 - Identificazione dei sismostrati con attribuzione delle velocità delle onde di taglio

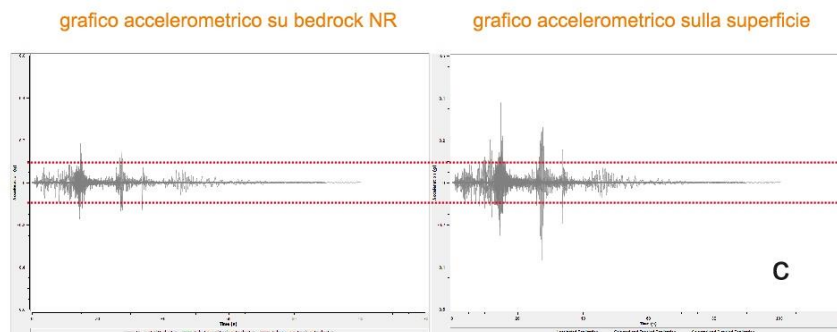
SLC classe IV VN 50 anni TR 1950 anni



SLV classe IV VN 50 anni TR 949 anni



SLD classe IV VN 50 anni TR 101 anni



SLO classe IV VN 50 anni TR 60 anni

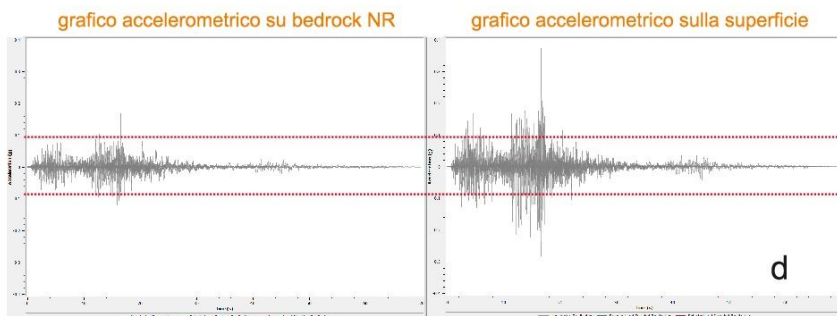
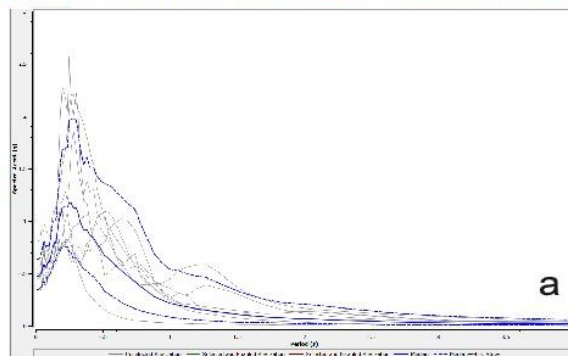
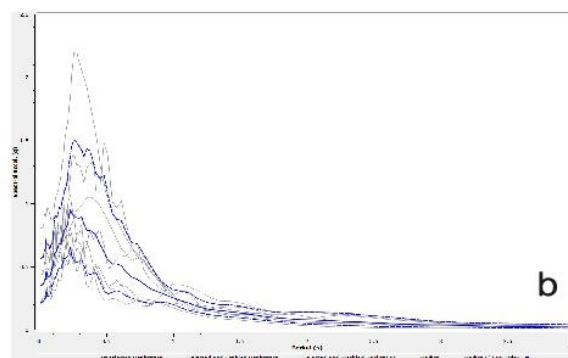


Figura 17 - Grafici accelerometrici su suolo rigido e modellazione al suolo per (a) SLC VN 100 anni TR 2475 anni, (b) SLV VN100anni TR 1898 anni, (c) SLD V100anni TR 201 anni e (d) SLO VN100 TR 120 anni.

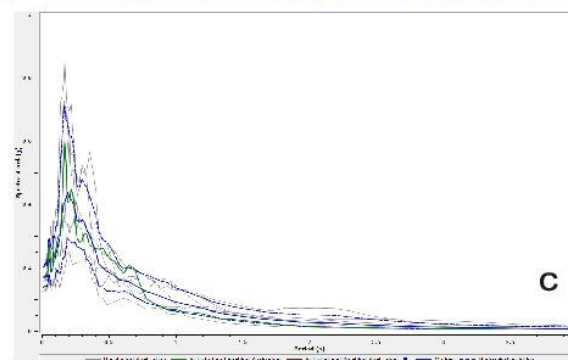
modello spettro elastico di sito da RSL SLC classe IV VN 50 anni TR 1950 anni



modello spettro elastico di sito da RSL SLV classe IV VN 50 anni TR 949 anni



modello spettro elastico di sito da RSL SLD classe IV VN 50 anni TR 101anni



modello spettro elastico di sito da RSL SLO classe IV VN 50 anni TR 60 anni

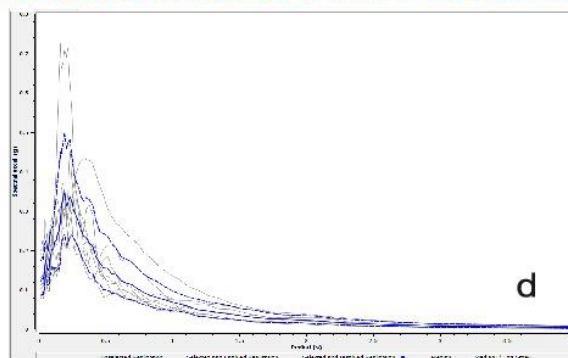


Figura 18 - Spettro elastico di sito ottenuto dalla modellazione con software STRATA per (a) SLC VN 100 anni TR 2475 anni, (b) SLV VN100anni TR 1898 anni, (c) SLD VN100anni TR 201 anni e (d) SLO VN100 TR 120 anni.

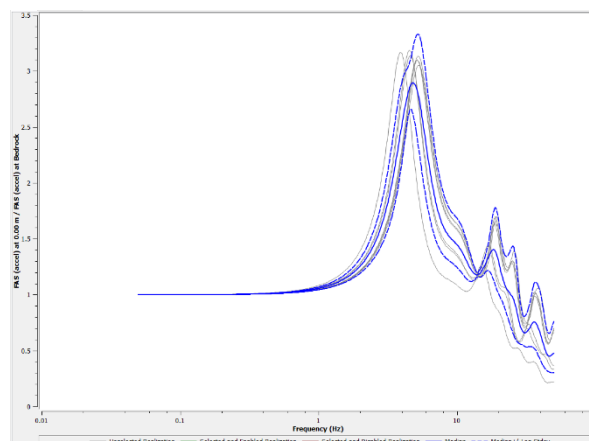


Figura 19 - Funzione di trasferimento da suolo rigido a superficie

La procedura di regolarizzazione (Newmark e Hall, 1982, Romeo, 2007, Liberatore e Pagliaroli, 2014), permette di trasformare lo spettro, risultato delle simulazioni numeriche nell'ambito degli studi di MS3 o di RSL, in uno spettro con forma standard (secondo le vigenti norme tecniche per le costruzioni), cioè costituito da un ramo con accelerazione crescente lineare, un ramo ad accelerazione costante, un ramo in cui l'accelerazione decresce con $1/T$ e, quindi, a velocità costante.

Alla fine della procedura saranno disponibili anche tutti i parametri per l'inserimento dello spettro elastico in codici di calcolo per la progettazione e la verifica delle costruzioni (a_g , a_{max} , T_B , T_C , T_D , T_C^* , F_0 , ξ , η , SS , ST).

Stato limite vita (SLC) a -2,5 m da piano campagna

LOCALITA'	Caserma C.F. - Fiastra (MC)				lon.WGS84	13.155996	lat.WGS84	43.036411
					lon.ED50	13.157158	lat.ED50	43.036524
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S _S	S _T	S	CC	TB	TC	TD	a _g
B	1.045	1.000	1.045	1.352	0.160	0.481	3.000	0.366

PARAMETRI NTC	
$\xi =$	5%
$\eta =$	1.0000
$a_g =$	0.3500
$F_0 =$	2.5350
$T_c^* =$	0.3560
$S_T =$	1.0000
$a_{g,pl} =$	0.9273

LIMITI ESTRAZIONE ACCELEROGRAMMI	
$T_{inferiore} :$	0.11
$T_{superiore} :$	1.50

PERIODI EDIFICIO	
$T_{min} [s] =$	0.130
$T_{max} [s] =$	0.260
$2xT_{max} [s] =$	0.520

Tabella 4 - Localizzazione sito SLC e parametri di input NTC.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.01000	0.77420	0.04540	0.94715	0.20614	2.30897	0.93596	0.30319
0.01062	0.77456	0.04824	0.98379	0.21901	2.21825	0.99435	0.28239
0.01129	0.77495	0.05125	1.01186	0.23267	2.08706	1.05639	0.25999
0.01199	0.77542	0.05444	1.03669	0.24718	2.00635	1.12230	0.23031
0.01274	0.77596	0.05784	1.03825	0.26261	1.96588	1.19232	0.22233
0.01353	0.77666	0.06145	1.02502	0.27899	1.89822	1.26670	0.21408
0.01438	0.77738	0.06528	1.03736	0.29640	1.92144	1.34573	0.19824
0.01528	0.77831	0.06935	1.05669	0.31489	1.81609	1.42969	0.18205
0.01623	0.77911	0.07368	1.09712	0.33453	1.58763	1.51889	0.16269
0.01724	0.77972	0.07828	1.11237	0.35540	1.40905	1.61365	0.14279
0.01832	0.78073	0.08316	1.11827	0.37758	1.31971	1.71432	0.12234
0.01946	0.78187	0.08835	1.20781	0.40113	1.19467	1.82127	0.10515
0.02067	0.78458	0.09386	1.24765	0.42616	1.09537	1.93490	0.09395
0.02196	0.78506	0.09972	1.29248	0.45275	1.01218	2.05562	0.08563
0.02333	0.79002	0.10594	1.35806	0.48099	0.91994	2.18386	0.07780
0.02479	0.79352	0.11255	1.38133	0.51100	0.84671	2.32011	0.07020
0.02634	0.80478	0.11957	1.42746	0.54288	0.77310	2.46486	0.06157
0.02798	0.82042	0.12703	1.50106	0.57675	0.71751	2.61864	0.05366
0.02972	0.81304	0.13495	1.58892	0.61274	0.68983	2.78201	0.04583
0.03158	0.81780	0.14337	1.70699	0.65096	0.62223	2.95558	0.04042
0.03355	0.83470	0.15232	1.80154	0.69158	0.54602	3.13998	0.03561
0.03564	0.83811	0.16182	1.97642	0.73472	0.48238	3.33587	0.03104
0.03786	0.87529	0.17192	2.11811	0.78056	0.42927	3.54400	0.02692
0.04023	0.90631	0.18264	2.21223	0.82926	0.39004	3.76510	0.02358
0.04274	0.90695	0.19404	2.30468	0.88100	0.33618	4.00000	0.02034

Tabella 5 - Valori spettro RSL non normalizzato

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.62770	0.04540	1.02790	0.21901	1.95533	1.05639	0.55873
0.01000	0.71584	0.04824	1.05287	0.23267	1.95533	1.12230	0.52592
0.01062	0.72134	0.05125	1.07939	0.24718	1.95533	1.19232	0.49503
0.01129	0.72718	0.05444	1.10757	0.26261	1.95533	1.26670	0.46596
0.01199	0.73339	0.05784	1.13751	0.27899	1.95533	1.34573	0.43860
0.01274	0.73998	0.06145	1.16932	0.29640	1.95533	1.42969	0.41284
0.01353	0.74699	0.06528	1.20311	0.31489	1.95533	1.51889	0.38860
0.01438	0.75443	0.06935	1.23901	0.33453	1.76436	1.61365	0.36578
0.01528	0.76234	0.07368	1.27715	0.35540	1.66074	1.71432	0.34430
0.01623	0.77074	0.07828	1.31767	0.37758	1.56322	1.82127	0.32408
0.01724	0.77966	0.08316	1.36071	0.40113	1.47142	1.93490	0.30505
0.01832	0.78914	0.08835	1.40645	0.42616	1.38501	2.05562	0.28713
0.01946	0.79922	0.09386	1.45503	0.45275	1.30367	2.18386	0.27027
0.02067	0.80992	0.09972	1.50665	0.48099	1.22712	2.32011	0.25440
0.02196	0.82129	0.10594	1.56148	0.48145	1.15505	2.46486	0.23946
0.02333	0.83336	0.11255	1.61974	0.54288	1.08722	2.61864	0.22540
0.02479	0.84619	0.11957	1.68163	0.57675	1.02338	2.78201	0.21216
0.02634	0.85983	0.12703	1.74739	0.61274	0.96328	2.95558	0.19970
0.02798	0.87431	0.13495	1.81724	0.65096	0.90671	3.00000	0.19675
0.02972	0.88969	0.14337	1.89146	0.69158	0.85346	3.33587	0.15912
0.03158	0.90604	0.15232	1.95533	0.73472	0.80334	3.54400	0.14098
0.03355	0.92340	0.16048	1.95533	0.78056	0.75617	3.76510	0.12491
0.03564	0.94185	0.17192	1.95533	0.82926	0.71176	4.00000	0.11067
0.03786	0.96145	0.18264	1.95533	0.88100	0.66996		
0.04023	0.98228	0.19404	1.95533	0.93596	0.63062		
0.04274	1.00440	0.20614	1.95533	0.99435	0.59359		

Tabella 6 -Valori spettro RSL normalizzato

PARAMETRI NORMALIZZATI				NOTE DI MODELLAZIONE:	
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000	VARIATO MANUALMENTE TB VARIATO MANUALMENTE TC CONSIDERO SOLO LA PARTE SPETTROCOMPATIBILE	
$\eta_N =$	1.0000	$TB_N =$	0.1506		
$a_{gN} =$	0.6277	$TC_N =$	0.3019		
$a_{g,pl,N} =$	1.9553	$TD_N =$	3.0000		
$F_{0N} =$	3.1151	$S_{SN}=a_{gN}/a_g =$	1.7934		
		$a_{g,pl,N}/a_{g,pl} =$	2.1087		

Tabella 7 -Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 100 anni classe IV - SLC.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

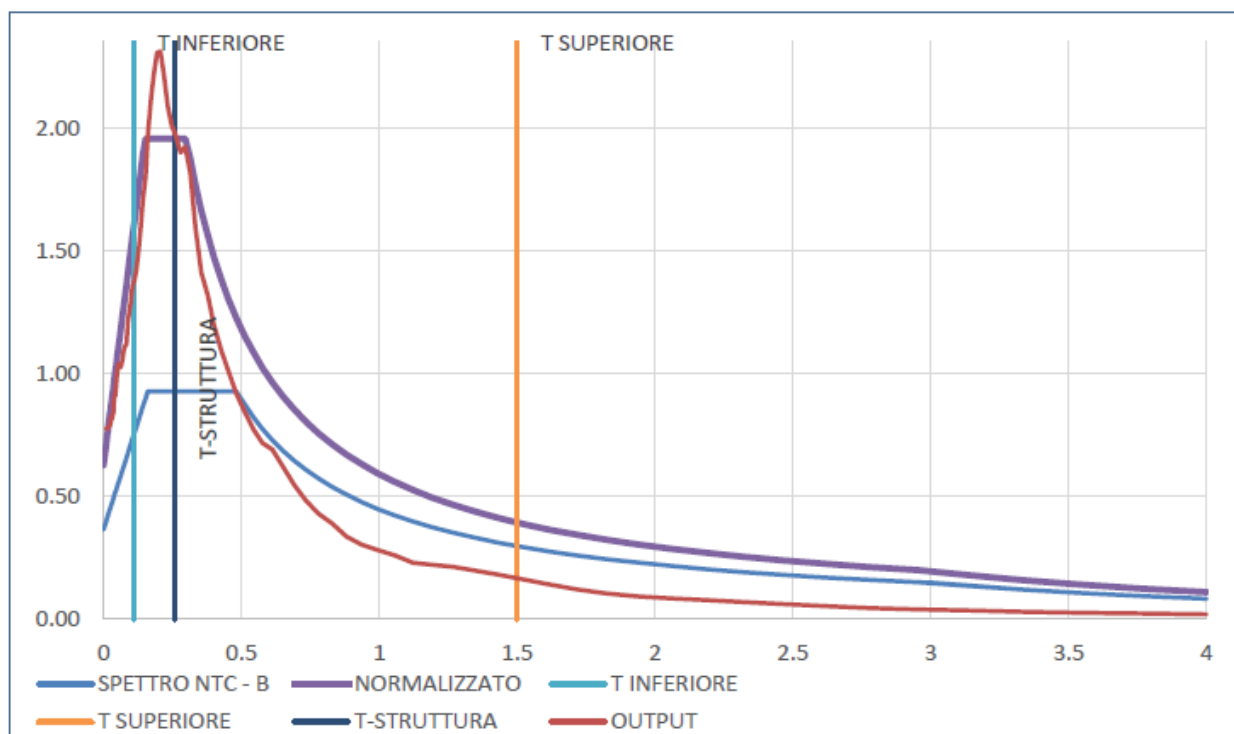


Figura 20 - Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo B classe IV SLC (TR 2475y) categoria topografica T1.

Stato limite vita (SLV) a -2,5 m da piano campagna

LOCALITA'	Caserma CCF - Fiastra				lon.WGS84	13.155996	lat.WGS84	43.036411
					lon.ED50	13.157158	lat.ED50	43.036524
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S _S	S _T	S	CC	TB	TC	TD	a _g
B	1.075	1.000	1.075	1.356	0.159	0.476	2.888	0.346

PARAMETRI NTC	
$\xi =$	5%
$\eta =$	1.0000
$a_g =$	0.3220
$F_0 =$	2.5270
$T_c^* =$	0.3510
$S_T =$	1.0000
$a_{g,pl} =$	0.8743

LIMITI ESTRAZIONE ACCELEROGRAMMI	
$T_{inferiore} :$	0.10
$T_{superiore} :$	1.50

PERIODI EDIFICIO	
$T_{min} [s] =$	0.130
$T_{max} [s] =$	0.260
$2 \times T_{max} [s] =$	0.520

Tabella 8 - Localizzazione sito SLV e parametri di input NTC.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.01000	0.70632	0.04540	0.86834	0.20614	2.10689	0.93596	0.31531
0.01062	0.70663	0.04824	0.88177	0.21901	2.07532	0.99435	0.29124
0.01129	0.70696	0.05125	0.89586	0.23267	1.90235	1.05639	0.26263
0.01199	0.70736	0.05444	0.92669	0.24718	1.76250	1.12230	0.22887
0.01274	0.70783	0.05784	0.95435	0.26261	1.67151	1.19232	0.22154
0.01353	0.70843	0.06145	0.96008	0.27899	1.58596	1.26670	0.21652
0.01438	0.70905	0.06528	0.95457	0.29640	1.55418	1.34573	0.19907
0.01528	0.70978	0.06935	0.95646	0.31489	1.48217	1.42969	0.17991
0.01623	0.71052	0.07368	0.98196	0.33453	1.30387	1.51889	0.16172
0.01724	0.71092	0.07828	1.02538	0.35540	1.15948	1.61365	0.14566
0.01832	0.71178	0.08316	1.09856	0.37758	1.10624	1.71432	0.12768
0.01946	0.71318	0.08835	1.18722	0.40113	1.03210	1.82127	0.11063
0.02067	0.71530	0.09386	1.18939	0.42616	0.96716	1.93490	0.09893
0.02196	0.71646	0.09972	1.21047	0.45275	0.92489	2.05562	0.09065
0.02333	0.72032	0.10594	1.28400	0.48099	0.87325	2.18386	0.08368
0.02479	0.72411	0.11255	1.31898	0.51100	0.82449	2.32011	0.07629
0.02634	0.73499	0.11957	1.33242	0.54288	0.75968	2.46486	0.06786
0.02798	0.74684	0.12703	1.38050	0.57675	0.71412	2.61864	0.05950
0.02972	0.74064	0.13495	1.46425	0.61274	0.67736	2.78201	0.05033
0.03158	0.74495	0.14337	1.55606	0.65096	0.60359	2.95558	0.04487
0.03355	0.75724	0.15232	1.61628	0.69158	0.53323	3.13998	0.03968
0.03564	0.75956	0.16182	1.83450	0.73472	0.49168	3.33587	0.03449
0.03786	0.78797	0.17192	2.00184	0.78056	0.44608	3.54400	0.03006
0.04023	0.82754	0.18264	2.09852	0.82926	0.40180	3.76510	0.02644
0.04274	0.83867	0.19404	2.13059	0.88100	0.34723	4.00000	0.02309

Tabella 9 - Valori spettro RSL non normalizzato.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.56526	0.04540	0.92202	0.21901	1.74793	1.05639	0.44929
0.01000	0.64384	0.04824	0.94428	0.23267	1.74793	1.12230	0.42291
0.01062	0.64874	0.05125	0.96793	0.24718	1.74793	1.19232	0.39807
0.01129	0.65395	0.05444	0.99305	0.26261	1.74793	1.26670	0.37469
0.01199	0.65948	0.05784	1.01974	0.27899	1.74793	1.34573	0.35269
0.01274	0.66536	0.06145	1.04809	0.29640	1.60132	1.42969	0.33198
0.01353	0.67160	0.06528	1.07821	0.31489	1.50728	1.51889	0.31248
0.01438	0.67824	0.06935	1.11022	0.33453	1.41877	1.61365	0.29413
0.01528	0.68529	0.07368	1.14422	0.35540	1.33545	1.71432	0.27686
0.01623	0.69278	0.07828	1.18034	0.37758	1.25703	1.82127	0.26060
0.01724	0.70073	0.08316	1.21871	0.40113	1.18321	1.93490	0.24530
0.01832	0.70918	0.08835	1.25948	0.42616	1.11372	2.05562	0.23089
0.01946	0.71816	0.09386	1.30279	0.45275	1.04832	2.18386	0.21733
0.02067	0.72770	0.09972	1.34880	0.47603	0.98676	2.32011	0.20457
0.02196	0.73784	0.10594	1.39768	0.51100	0.92881	2.46486	0.19256
0.02333	0.74860	0.11255	1.44962	0.54288	0.87427	2.61864	0.18125
0.02479	0.76004	0.11957	1.50479	0.57675	0.82293	2.78201	0.17060
0.02634	0.77219	0.12703	1.56341	0.61274	0.77460	2.88800	0.16434
0.02798	0.78510	0.13495	1.62568	0.65096	0.72911	3.13998	0.13903
0.02972	0.79882	0.14337	1.69184	0.69158	0.68629	3.33587	0.12318
0.03158	0.81339	0.15232	1.74793	0.73472	0.64599	3.54400	0.10913
0.03355	0.82887	0.15868	1.74793	0.78056	0.60806	3.76510	0.09669
0.03564	0.84532	0.17192	1.74793	0.82926	0.57235	4.00000	0.08567
0.03786	0.86279	0.18264	1.74793	0.88100	0.53874		
0.04023	0.88135	0.19404	1.74793	0.93596	0.50710		
0.04274	0.90107	0.20614	1.74793	0.99435	0.47732		

Tabella 10 - Valori spettro RSL normalizzato.

PARAMETRI NORMALIZZATI		NOTE DI MODELLAZIONE:	
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000
$\eta_N =$	1.0000	$TB_N =$	0.1505
$a_{gN} =$	0.5653	$TC_N =$	0.2715
$a_{g,pl,N} =$	1.7479	$TD_N =$	2.8880
$F_{0N} =$	3.0922	$S_{SN} = a_{gN}/a_g =$	1.7555
		$a_{g,pl,N}/a_{g,pl} =$	1.9992

Tabella 11 - Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 100 anni classe IV -SLV.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

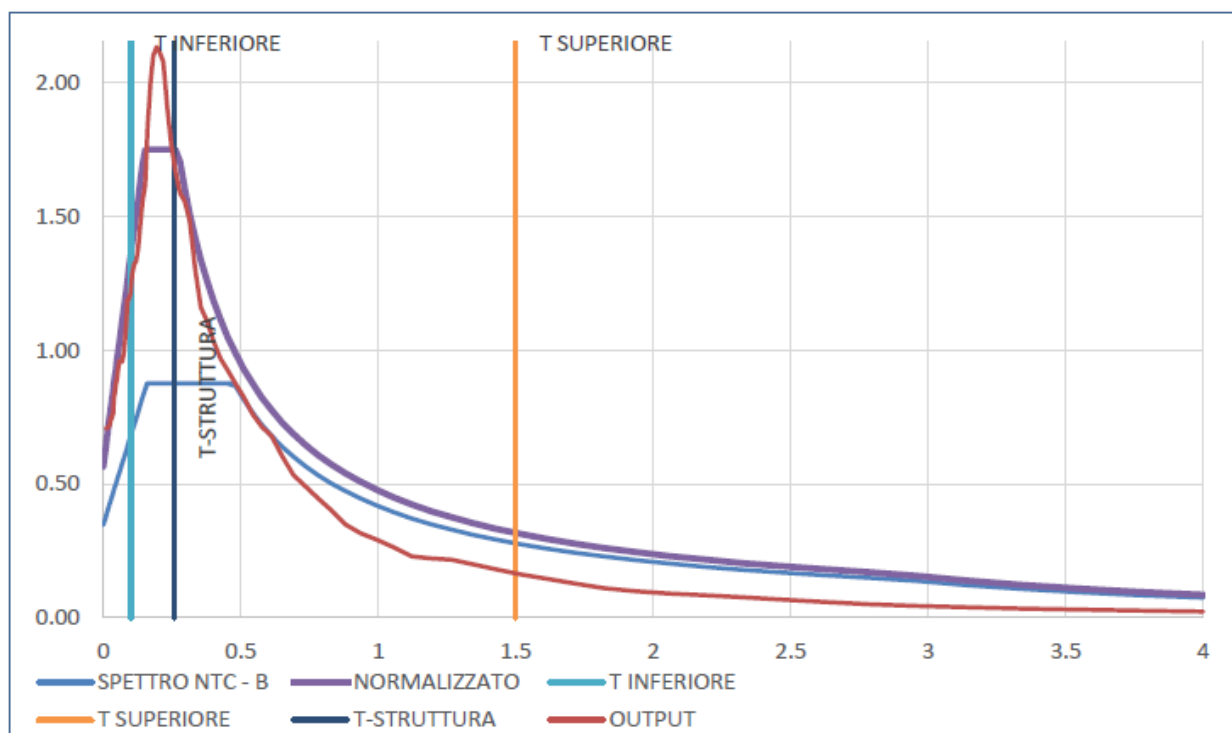


Figura 21 - Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo B classe IV SLV (TR 1898y) categoria topografica T1.

Stato limite danno (SLD) a -2,5 m da piano campagna

LOCALITA'	Caserma C.F. - Fiastra (MC)				lon.WGS84	13.155996	lat.WGS84	43.036411
					lon.ED50	13.157158	lat.ED50	43.036524
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S _S	S _T	S	CC	TB	TC	TD	a _g
B	1.200	1.000	1.200	1.384	0.146	0.439	2.188	0.176

PARAMETRI NTC	
$\xi =$	5%
$\eta =$	1.0000
$a_g =$	0.1470
$F_0 =$	2.4620
$T^*_c =$	0.3170
$S_T =$	1.0000
$a_{g,pl} =$	0.4343

LIMITI ESTRAZIONE ACCELEROGRAMMI	
$T_{inferiore} :$	0.11
$T_{superiore} :$	1.50

PERIODI EDIFICIO	
$T_{min} [s] =$	0.130
$T_{max} [s] =$	0.260
$2xT_{max} [s] =$	0.520

Tabella 12 - Localizzazione sito SLD e parametri di input NTC.

T [s]	a_g [g]	T [s]	a_g [g]	T [s]	a_g [g]	T [s]	a_g [g]
0.01000	0.35986	0.04540	0.46516	0.20614	0.80661	0.93596	0.14665
0.01062	0.36013	0.04824	0.46501	0.21901	0.79586	0.99435	0.12666
0.01129	0.36043	0.05125	0.45260	0.23267	0.76423	1.05639	0.11225
0.01199	0.36079	0.05444	0.44474	0.24718	0.69244	1.12230	0.10078
0.01274	0.36121	0.05784	0.44192	0.26261	0.66349	1.19232	0.09112
0.01353	0.36169	0.06145	0.46610	0.27899	0.64122	1.26670	0.08471
0.01438	0.36235	0.06528	0.47141	0.29640	0.57356	1.34573	0.07555
0.01528	0.36346	0.06935	0.48098	0.31489	0.50371	1.42969	0.06725
0.01623	0.36434	0.07368	0.52756	0.33453	0.45662	1.51889	0.06075
0.01724	0.36476	0.07828	0.56003	0.35540	0.41535	1.61365	0.05542
0.01832	0.36391	0.08316	0.54647	0.37758	0.40621	1.71432	0.05011
0.01946	0.36203	0.08835	0.55000	0.40113	0.39123	1.82127	0.04516
0.02067	0.36790	0.09386	0.58169	0.42616	0.34820	1.93490	0.04233
0.02196	0.37171	0.09972	0.60527	0.45275	0.32745	2.05562	0.03871
0.02333	0.37602	0.10594	0.64962	0.48099	0.30046	2.18386	0.03400
0.02479	0.38339	0.11255	0.69827	0.51100	0.28316	2.32011	0.02895
0.02634	0.38428	0.11957	0.72421	0.54288	0.27055	2.46486	0.02429
0.02798	0.38257	0.12703	0.79406	0.57675	0.25344	2.61864	0.02063
0.02972	0.37782	0.13495	0.82119	0.61274	0.24772	2.78201	0.01833
0.03158	0.37719	0.14337	0.86241	0.65096	0.23765	2.95558	0.01660
0.03355	0.39709	0.15232	0.88861	0.69158	0.22209	3.13998	0.01515
0.03564	0.40836	0.16182	0.95581	0.73472	0.21409	3.33587	0.01389
0.03786	0.41460	0.17192	0.94811	0.78056	0.19990	3.54400	0.01269
0.04023	0.43805	0.18264	0.86777	0.82926	0.17931	3.76510	0.01163
0.04274	0.45361	0.19404	0.84307	0.88100	0.16845	4.00000	0.01035

Tabella 13 - Valori spettro RSL non normalizzato.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.27941	0.04540	0.44912	0.21901	0.82859	1.05639	0.17630
0.01000	0.31679	0.04824	0.45971	0.23267	0.82859	1.12230	0.16595
0.01062	0.31912	0.05125	0.47095	0.24718	0.75345	1.19232	0.15620
0.01129	0.32159	0.05444	0.48290	0.26261	0.70921	1.26670	0.14703
0.01199	0.32423	0.05784	0.49560	0.27899	0.66756	1.34573	0.13840
0.01274	0.32702	0.06145	0.50909	0.29640	0.62836	1.42969	0.13027
0.01353	0.32999	0.06528	0.52342	0.31489	0.59146	1.51889	0.12262
0.01438	0.33315	0.06935	0.53864	0.33453	0.55672	1.61365	0.11542
0.01528	0.33650	0.07368	0.55482	0.35540	0.52403	1.71432	0.10864
0.01623	0.34006	0.07828	0.57200	0.37758	0.49326	1.82127	0.10226
0.01724	0.34385	0.08316	0.59025	0.40113	0.46429	1.93490	0.09625
0.01832	0.34787	0.08835	0.60965	0.42616	0.43702	2.05562	0.09060
0.01946	0.35214	0.09386	0.63025	0.43877	0.41136	2.18386	0.08528
0.02067	0.35668	0.09972	0.65214	0.48099	0.38720	2.18800	0.08512
0.02196	0.36150	0.10594	0.67539	0.51100	0.36446	2.46486	0.06707
0.02333	0.36662	0.11255	0.70010	0.54288	0.34306	2.61864	0.05943
0.02479	0.37206	0.11957	0.72634	0.57675	0.32292	2.78201	0.05265
0.02634	0.37784	0.12703	0.75423	0.61274	0.30395	2.95558	0.04665
0.02798	0.38399	0.13495	0.78385	0.65096	0.28610	3.13998	0.04133
0.02972	0.39051	0.14337	0.81532	0.69158	0.26930	3.33587	0.03662
0.03158	0.39744	0.14626	0.82859	0.73472	0.25349	3.54400	0.03244
0.03355	0.40481	0.16182	0.82859	0.78056	0.23860	3.76510	0.02875
0.03564	0.41263	0.17192	0.82859	0.82926	0.22459	4.00000	0.02547
0.03786	0.42094	0.18264	0.82859	0.88100	0.21140		
0.04023	0.42977	0.19404	0.82859	0.93596	0.19899		
0.04274	0.43915	0.20614	0.82859	0.99435	0.18730		

Tabella 14 - Valori spettro RSL normalizzato.

PARAMETRI NORMALIZZATI				NOTE DI MODELLAZIONE:	
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000	VARIATO MANUALMENTE TB VARIATO MANUALMENTE TC CONSIDERO SOLO LA PARTE SPETTROCOMPATIBILE	
$\eta_N =$	1.0000	$TB_N =$	0.1469		
$a_{gN} =$	0.2794	$TC_N =$	0.2248		
$a_{g,pl,N} =$	0.8286	$TD_N =$	2.1880		
$F_{0N} =$	2.9655	$S_{sN} = a_{gN}/a_g =$	1.9007		
		$a_{g,pl,N}/a_{g,pl} =$	1.9079		

Tabella 15 - Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 100 anni classe IV -SLD.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

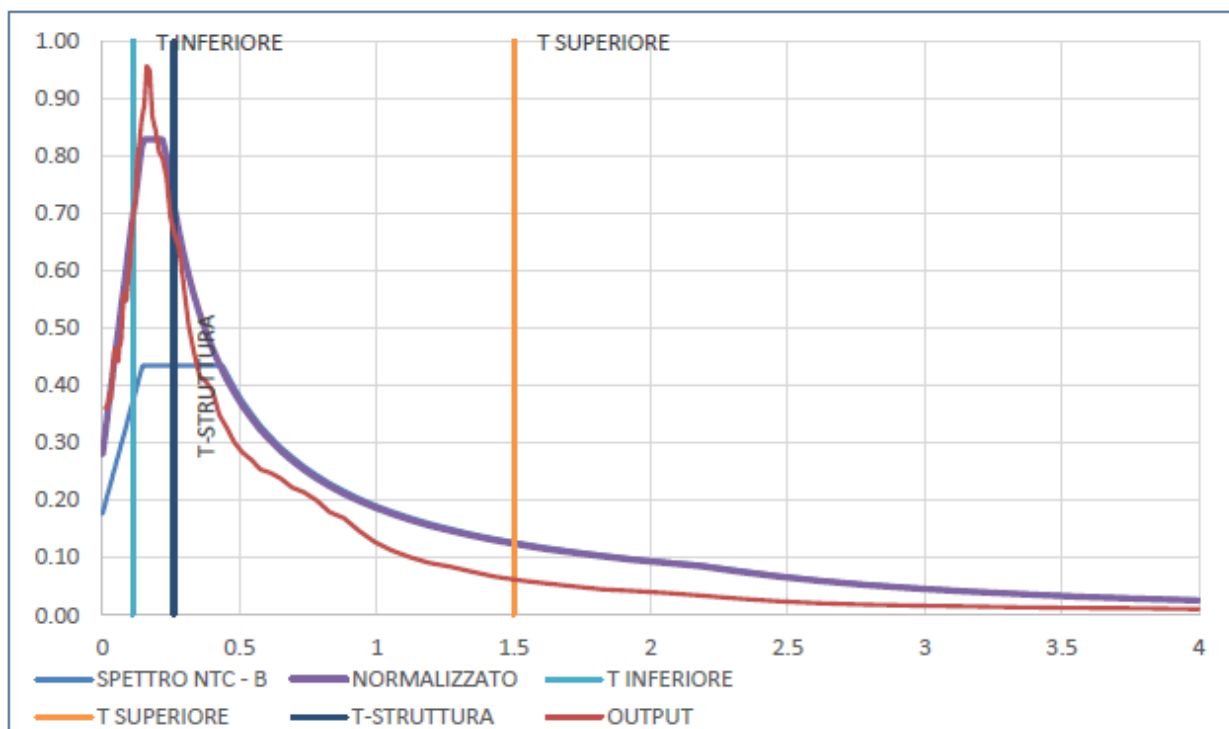


Figura 22 - Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo B classe IV SLD (TR 201y) categoria topografica T1.

Stato limite operatività (SLO) a -2,5 m da piano campagna

LOCALITA'	Caserma C.F. - Fiastra (MC)				lon.WGS84	13.155996	lat.WGS84	43.036411
					lon.ED50	13.157158	lat.ED50	43.036524
CATEGORIA DI SUOLO COME SPETTRO DI RIFERIMENTO:							SUOLO	B
	S _s	S _T	S	CC	TB	TC	TD	a _g
B	1.200	1.000	1.200	1.394	0.142	0.427	2.084	0.145

PARAMETRI NTC	
$\xi =$	5%
$\eta =$	1.0000
$a_g =$	0.1210
$F_0 =$	2.4370
$T^*_c =$	0.3060
$S_T =$	1.0000
$a_{g,pl} =$	0.3539

LIMITI ESTRAZIONE ACCELEROGRAMMI	
$T_{inferiore} :$	0.11
$T_{superiore} :$	1.50

PERIODI EDIFICIO	
$T_{min} [s] =$	0.130
$T_{max} [s] =$	0.260
$2 \times T_{max} [s] =$	0.520

Tabella 16 - Localizzazione sito SLO e parametri di input NTC.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.01000	0.25202	0.04540	0.34158	0.20614	0.62367	0.93596	0.11564
0.01062	0.25225	0.04824	0.34638	0.21901	0.56471	0.99435	0.10967
0.01129	0.25249	0.05125	0.34547	0.23267	0.57651	1.05639	0.10216
0.01199	0.25277	0.05444	0.36274	0.24718	0.51970	1.12230	0.09516
0.01274	0.25306	0.05784	0.34576	0.26261	0.48030	1.19232	0.08641
0.01353	0.25360	0.06145	0.35002	0.27899	0.48205	1.26670	0.07698
0.01438	0.25413	0.06528	0.35944	0.29640	0.44853	1.34573	0.07020
0.01528	0.25501	0.06935	0.37427	0.31489	0.40377	1.42969	0.06371
0.01623	0.25609	0.07368	0.42404	0.33453	0.36880	1.51889	0.05696
0.01724	0.25731	0.07828	0.45414	0.35540	0.33156	1.61365	0.05004
0.01832	0.25782	0.08316	0.45590	0.37758	0.31267	1.71432	0.04252
0.01946	0.25789	0.08835	0.44834	0.40113	0.31176	1.82127	0.03530
0.02067	0.26198	0.09386	0.47915	0.42616	0.29199	1.93490	0.02996
0.02196	0.26412	0.09972	0.51402	0.45275	0.26393	2.05562	0.02739
0.02333	0.26774	0.10594	0.53725	0.48099	0.24543	2.18386	0.02538
0.02479	0.27761	0.11255	0.60810	0.51100	0.22254	2.32011	0.02292
0.02634	0.28287	0.11957	0.66027	0.54288	0.20478	2.46486	0.02052
0.02798	0.28856	0.12703	0.67029	0.57675	0.19189	2.61864	0.01845
0.02972	0.29002	0.13495	0.65335	0.61274	0.18551	2.78201	0.01650
0.03158	0.29580	0.14337	0.66996	0.65096	0.18022	2.95558	0.01489
0.03355	0.31655	0.15232	0.70382	0.69158	0.16835	3.13998	0.01311
0.03564	0.30874	0.16182	0.72125	0.73472	0.15098	3.33587	0.01138
0.03786	0.31288	0.17192	0.68303	0.78056	0.13391	3.54400	0.00976
0.04023	0.33156	0.18264	0.66961	0.82926	0.12954	3.76510	0.00857
0.04274	0.32661	0.19404	0.64899	0.88100	0.12377	4.00000	0.00737

Tabella 17 - Valori spettro RSL non normalizzato.

T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]	T [s]	ag [g]
0.00000	0.18385	0.04540	0.37209	0.21901	0.64236	1.05639	0.12878
0.01000	0.22531	0.04824	0.38383	0.23267	0.58471	1.12230	0.12122
0.01062	0.22790	0.05125	0.39631	0.24718	0.55037	1.19232	0.11410
0.01129	0.23065	0.05444	0.40956	0.26261	0.51805	1.26670	0.10740
0.01199	0.23356	0.05784	0.42364	0.27899	0.48763	1.34573	0.10109
0.01274	0.23667	0.06145	0.43860	0.29640	0.45899	1.42969	0.09516
0.01353	0.23996	0.06528	0.45450	0.31489	0.43204	1.51889	0.08957
0.01438	0.24346	0.06935	0.47138	0.33453	0.40667	1.61365	0.08431
0.01528	0.24718	0.07368	0.48932	0.35540	0.38279	1.71432	0.07936
0.01623	0.25113	0.07828	0.50838	0.37758	0.36031	1.82127	0.07470
0.01724	0.25533	0.08316	0.52862	0.40113	0.33915	1.93490	0.07031
0.01832	0.25979	0.08835	0.55013	0.42616	0.31923	2.05562	0.06618
0.01946	0.26453	0.09386	0.57299	0.42655	0.30049	2.08400	0.06528
0.02067	0.26956	0.09972	0.59726	0.48099	0.28284	2.32011	0.05267
0.02196	0.27491	0.10594	0.62305	0.51100	0.26623	2.46486	0.04667
0.02333	0.28059	0.11255	0.64236	0.54288	0.25060	2.61864	0.04135
0.02479	0.28662	0.11957	0.64236	0.57675	0.23588	2.78201	0.03663
0.02634	0.29303	0.12703	0.64236	0.61274	0.22203	2.95558	0.03246
0.02798	0.29985	0.13495	0.64236	0.65096	0.20899	3.13998	0.02876
0.02972	0.30708	0.14218	0.64236	0.69158	0.19672	3.33587	0.02548
0.03158	0.31477	0.15232	0.64236	0.73472	0.18516	3.54400	0.02257
0.03355	0.32294	0.16182	0.64236	0.78056	0.17429	3.76510	0.02000
0.03564	0.33161	0.17192	0.64236	0.82926	0.16405	4.00000	0.01772
0.03786	0.34083	0.18264	0.64236	0.88100	0.15442		
0.04023	0.35063	0.19404	0.64236	0.93596	0.14535		
0.04274	0.36103	0.20614	0.64236	0.99435	0.13682		

Tabella 18 - Valori spettro RSL normalizzato.

PARAMETRI NORMALIZZATI				NOTE DI MODELLAZIONE:
$\xi =$	5%	$S_T =$	1.0000	VARIATO MANUALMENTE TB
$\eta_N =$	1.0000	$TB_N =$	0.1106	VARIATO MANUALMENTE TC
$a_{gN} =$	0.1839	$TC_N =$	0.2118	CONSIDERO SOLO LA PARTE SPETTROCOMPATIBILE
$a_{g,pl,N} =$	0.6424	$TD_N =$	2.0840	
$F_{0N} =$	3.4939	$S_{SN} = a_{gN}/a_g =$	1.5194	
		$a_{g,pl,N}/a_{g,pl} =$	1.8153	

Tabella 19 - Parametri da spettro normalizzato della risposta sismica locale confronto normativa VN 100 anni classe IV -SLO.

Effettuata la normalizzazione dello spettro elastico di sito ricavato dalla modellazione si è proceduto al confronto grafico e numerico con gli spettri di normativa previsti.

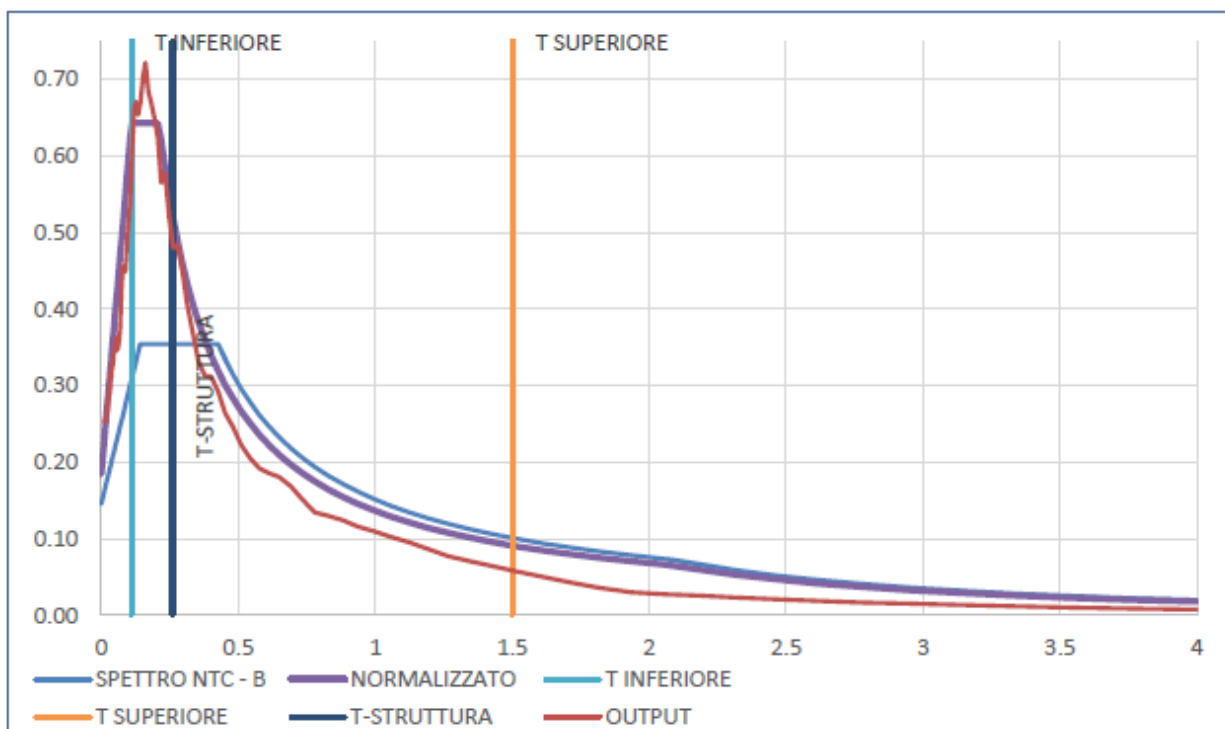


Figura 23 -: Confronto fra spettri elastici di sito da RSL e di normativa NTC18 per suolo di tipo B classe IV SLO (TR 120y) categoria topografica T1.

Considerazioni conclusive Risposta Sismica Locale

L'analisi di Risposta Sismica Locale monodimensionale è stata condotta con il software STRATA, dove ciascuno dei 7 accelerogrammi è stato applicato al substrato rigido ($V_s > 800$ m/sec) e propagato attraverso il profilo di terreno caratterizzante il punto individuato.

Nel presente lavoro di Risposta Sismica Locale si forniscono gli accelerogrammi di output e i relativi spettri elastici di risposta in accelerazione nonché i parametri sito dipendenti (lo spettro di risposta in accelerazione costituisce lo strumento base per la verifica in campo dinamico dell'opera). Il calcolo è stato impostato alla quota di -2,50 m da piano campagna, considerata quota di imposta delle fondazioni.

Il primo importante risultato è costituito dalla ricostruzione degli accelerogrammi ricavati in cui è possibile notare l'effetto del filtraggio ad opera dei terreni costituenti il sottosuolo nei confronti del segnale di input derivante dal bedrock sismico.

Dal confronto mostrato nella Fig. 20, tra spettro medio di output e spettro di normativa calcolato su suolo B per tempi di ritorno di 2475 anni e categoria topografica T1, si osserva quanto segue:

- Confronto per lo SLC classe IV (VN100 anni) TR 2475 anni: **lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta al di sopra dello spettro di normativa** con il plateau da RSL (T_b - T_c) pari a 1.955 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo B e categoria topografica T1 è pari a 0.927 g.

Dal confronto mostrato nella Fig. 21, tra spettro medio di output e spettro di normativa calcolato su suolo B per tempi di ritorno di 1898 anni e categoria topografica T1, si osserva quanto segue:

- Confronto per lo SLV classe IV (VN100 anni) TR 1898 anni: **lo spettro elastico di sito ricavato**

dall'analisi di RSL risulta al di sopra dello spettro di normativa con il plateau da RSL (T_b-T_c) pari a 1.748 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo B e categoria topografica T1 è pari a 0.874 g.

Dal confronto mostrato nella Fig. 22, tra spettro medio di output e spettro di normativa calcolato su suolo B per tempi di ritorno di 201 anni e categoria topografica T1, si osserva quanto segue:

- Confronto per lo SLD classe IV (VN100 anni) TR 201 anni: **lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta al di sopra dello spettro di normativa** con il plateau da RSL (T_b-T_c) pari a 0.828 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo B e categoria topografica T1 è pari a 0.434 g.

Dal confronto mostrato nella Fig. 23, tra spettro medio di output e spettro di normativa calcolato su suolo B per tempi di ritorno di 120 anni e categoria topografica T1, si osserva quanto segue:

- Confronto per lo SLO classe IV (VN100 anni) TR 120 anni: **lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta al di sopra dello spettro di normativa** con il plateau da RSL (T_b-T_c) pari a 0.642 g, mentre il plateau previsto da NTC18 per classe di suolo tipo B e categoria topografica T1 è pari a 0.354 g.

Alla luce dei risultati ottenuti, il tecnico incaricato alla progettazione potrà optare per l'utilizzo degli spettri elastici derivati dall'analisi RSL in quanto risultati più cautelativi rispetto a quelli di normativa.

**AGENZIA DEL DEMANIO
DIREZIONE REGIONALE MARCHE**

*PROGETTO:
DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DELLA CASERMA
DEL CORPO FORESTALE DEI CARABINIERI
IN VIA UMBERTO I
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)*



Modello geotecnico

PREMESSA

La presente relazione viene redatta al fine di definire il modello geotecnico del terreno interessato dal progetto, commissionato dall'Agenzia del Demanio – Direzione Regionale Marche, di demolizione e ricostruzione della caserma del Corpo Forestale dei Carabinieri in via Umberto I nel Comune di Fiastra (MC), in conformità al D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” e le relative istruzioni della Circolare del Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 7 del 21.01.2019.

1. MODELLO GEOTECNICO DEL TERRENO

1.1. INDAGINI IN SITU E DI LABORATORIO GEOTECNICO

Per la caratterizzazione litologica e geotecnica dell'area sono stati analizzati i dati ottenuti attraverso l'esecuzione di n°1 sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, sul quale sono state effettuate n.2 prove SPT ed una prova sismica dinamica in foro DownHole denominata DH; n° 1 prova penetrometrica statica, indicata con la sigla CPT 2 e n° 2 prove penetrometriche dinamiche, indicate con la sigla DPSH 1 e DPSH 3. I dati derivanti da tali indagini sono stati utilizzati per elaborare l'Analisi di Risposta Sismica Locale. Per la caratterizzazione geotecnica dei materiali sono state eseguite prove ed analisi geotecniche di laboratorio su n. 5 campioni di terreno prelevati durante la perforazione del sondaggio S1.

A tal proposito occorre specificare che rispetto al piano di indagini preventivamente concordato con la stazione appaltante, sono state apportate delle modifiche sulle modalità di acquisizione dei campionamenti e sulle tipologie delle prove di laboratorio effettuate.

Il detrito di falda, principale litotipo della coltre di copertura, è costituito da ghiaia calcarea in matrice limo-sabbiosa, a tratti abbondante. Prelevare campioni indisturbati con fustella metallica è stato praticamente impossibile, data la natura e la consistenza del materiale. Non poter avere campioni indisturbati e le caratteristiche granulometriche del terreno hanno precluso la possibilità e la fattibilità di eseguire prove di taglio con scatola di Casagrande e prove di compressibilità edometrica. Le stesse considerazioni possono essere fatte per il substrato, costituito dalla formazione della Scaglia Cinerea, il cui comportamento meccanico è quello di una roccia lapidea, senza alcuna possibilità di prelevare campioni da testare in laboratorio.

I terreni sottoposti a prove sono stati campionati con dei sacchetti di plastica, risultando quindi di tipo disturbato; sono state scelte le uniche prove fattibili con tali tipologie di campionamento: individuazione delle grandezze indici, limiti di consistenza, analisi granulometriche, prove di compressibilità ad Espansione Laterale Libera (ELL).

Infine, relativamente alla determinazione del peso specifico assoluto dei grani, si è scelto di privilegiare la ricerca della massa volumica (peso specifico apparente), essendo questo il parametro utilizzato nei calcoli geotecnici. Il peso specifico assoluto sarebbe stato adoperato per determinare l'indice dei vuoti, parametro utilizzabile nel caso in cui fossero state effettuate le prove di compressibilità edometrica.

1.2. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E GEOTECNICHE

1.2.1. TERRENO DI RIPORTO

Il primo termine rappresenta il terreno utilizzato per il livellamento dell'area retrostante il fabbricato ed è costituito da limi argillosi, limi sabbiosi, detrito e frammenti di laterizi.

È caratterizzato da scadenti parametri geotecnici; se ne sconsiglia pertanto l'uso come terreno di fondazione.

1.2.2. DETRITO DI FALDA

È costituito da ghiaia calcarea medio-fine a spigoli vivi in matrice limo-sabbiosa, risultata molto abbondante negli spessori più superficiali di questo litotipo lungo la verticale del sondaggio S1.

L'origine del detrito di versante è dovuta alla degradazione meteorica per alterazione fisica e chimica delle rocce dei rilievi montuosi, che provoca il distaccamento di frammenti rocciosi che si accumulano per gravità alla base del pendio andando a ricoprire la sottostante formazione in posto.

Le caratteristiche geotecniche assumibili sono:

Modulo di elasticità	$E = 150-300 \text{ Kg/cm}^2$
Coesione drenata	$c' = 0,00 \text{ Kg/cm}^2$
Angolo di attrito interno	$\varphi = 32^\circ-40^\circ$
Peso specifico apparente	$\gamma = 1,95-2,00 \text{ t/m}^3$

1.2.3. FORMAZIONE DELLA SCAGLIA CINEREA

Rappresenta il substrato resistente dell'area di studio ed è costituita da marne, marne calcaree e marne argillose, cronologicamente attribuibili al Miocene.

Il comportamento meccanico generale è quello di una roccia lapidea: il litotipo è quindi dotato di ottime caratteristiche litologiche e di elevati valori dei parametri di resistenza geomeccanica.

Nella parte più superficiale la formazione si presenta generalmente alterata e fratturata, con scadimento dei parametri di resistenza geomeccanici.

I principali parametri geotecnici attribuibili alla porzione argillosa alterata del litotipo in esame sono i seguenti:

Contenuto naturale d'acqua	$W_n = 21-22 \%$
Indice di plasticità	$IP = 19-20 \%$
Indice di consistenza	$I_c = 0,9-1,0$
Resistenza ad E.L.L.	$Q_u = 5,7-5,8 \text{ Kg/cm}^2$
Coesione non drenata	$c_u = 2,8-2,9 \text{ Kg/cm}^2$
Coesione drenata	$c' = 0,28-0,30 \text{ Kg/cm}^2$
Angolo di attrito interno	$\varphi = 30^\circ$
Peso specifico apparente	$\gamma = 2,05-2,10 \text{ t/m}^3$

Dalla bibliografia si evince che prove di compressione ad espansione laterale libera eseguite su campioni integri del litotipo forniscono valori di $q_u = 190-230 \text{ Kg/cm}^2$.

Per quanto riguarda la facies carbonatica della formazione in esame, le caratteristiche geotecniche principali attribuibili al litotipo, da bibliografia, risultano le seguenti:

Coesione drenata	$c' = 3,0-4,0 \text{ Kg/cm}^2$
Angolo di attrito interno	$\varphi = 37^\circ-38^\circ$
Peso specifico apparente	$\gamma = 2,20-2,30 \text{ t/m}^3$

1.3. ASSETTO GEOTECNICO DEI TERRENI

Attraverso l'esecuzione delle indagini geognostiche, la stratigrafia locale risulta schematizzabile in 3 livelli geotecnici, come segue:

STRATIGRAFIA		Peso specifico γ (t/m ³)	Angolo d'attrito ϕ (°)	Coesione drenata c' (Kg/cm ²)	Coesione non drenata c_u (Kg/cm ²)	Modulo E (Kg/cm ²)
0,00 m						
-1,50 m	Terreno di riporto	1,70	15°	0,00	0,00	15
	Detrito di versante ghiaioso in matrice limo- sabbiosa	2,00	32°	0,00	0,00	150
-14,50 m						
	Substrato: Formazione della Scaglia Cinerea	2,05 (<i>facies argillosa- marnosa</i>)	30° (<i>facies argillosa- marnosa</i>)	0,28 (<i>facies argillosa- marnosa</i>)	3,00 (<i>facies argillosa- marnosa</i>)	190

2. FONDAZIONI

Considerando le caratteristiche litologiche e geotecniche dei terreni presenti ed in relazione alla tipologia della struttura in progetto, si consiglia di eseguire **fondazioni dirette, di tipo a travi rovesce**, impostate ad una profondità di circa 2,50 m dall'attuale piano campagna. Tale profondità si reputa necessaria anche per superare quella fascia di terreno più superficiale sottoposta alle variazioni climatiche stagionali, che determinano nel tempo un inevitabile decadimento dei parametri di resistenza geomeccanici.

In alternativa si consiglia di eseguire **fondazioni profonde su pali** del diametro di 0,50 m e una lunghezza di almeno 15 m.

2.1. PORTANZA DELLE FONDAZIONI DIRETTE

Nella seguente tabella vengono riassunti i risultati dei calcoli di capacità portante eseguiti applicando i metodi di Brinch Hansen e Vesic, considerando le azioni sismiche attese al sito, nell'ipotesi di fondazioni dirette, del tipo a trave rovescia, impostate a 2,50 m dall'attuale piano campagna, utilizzando i coefficienti geotecnici elencati precedentemente e considerando le azioni sismiche attese al sito:

LARGHEZZA FONDAZIONE (m)	LUNGHEZZA FONDAZIONE (m)	PROFONDITÀ DI APPOGGIO (m)	NORMATIVA	PORTANZA (SLU) (Kg/cm ²)	
1,00	33,00	2,50	D.M. 17.01.2018 Stato Limite Ultimo SLV Approccio I Comb. 2 (condizioni drenate)	Brinch Hansen Vesic	4,79 4,86
1,00	33,00	2,50	D.M. 17.01.2018 Stato Limite Ultimo SLV Approccio II	Brinch Hansen Vesic	6,91 6,99

2.2. CEDIMENTI DEL TERRENO

I cedimenti del terreno, ottenuti utilizzando i moduli edometrici caratteristici dei litotipi interessati dalle opere in progetto ed ipotizzando di applicare un carico di esercizio pari a 1,0 Kg/cm², assumeranno un valore di:

NORMATIVA	CEDIMENTI DEL TERRENO
D.M. 17.01.2018 Stato Limite d'Esercizio SLD	0,59 cm

2.3. COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE

Per il coefficiente di sottofondazione Ks, calcolato con il metodo di Bowles ipotizzando di applicare un carico di esercizio pari a 1,0 Kg/cm², si è ottenuto il seguente valore:

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE K_s (Kg/cm ³)
5,07

2.4. PORTANZA FONDAZIONI PROFONDE SU PALI

Il numero dei pali, la profondità ed il diametro dei pali stessi e conseguentemente la capacità portante dei terreni saranno determinati dal Tecnico Calcolatore in base ai carichi esercitati dalla struttura nel sottosuolo, tenendo in considerazione che il palo dovrà essere bene intestato all'interno del substrato lapideo miocenico. Il calcolo dovrà essere determinato utilizzando i coefficienti geotecnici riportati nei precedenti paragrafi. Il valore di portanza risulta pari a:

LUNGHEZZA PALO (m)	DIAMETRO PALO (m)	NORMATIVA	PORTATA PALO
15	0,50	D.M. 17.01.2018 Stato Limite Ultimo SLV Approccio I Comb. 2	Pt = 51 ton
15	0,50	D.M. 17.01.2018 Stato Limite Ultimo SLV Approccio II	Pt = 64,3 ton

2.5. CEDIMENTI DEL TERRENO – FONDAZIONI PROFONDE SU PALI

In considerazione del sistema di fondazioni profonde consigliato, con pali intestati nel substrato lapideo miocenico-oligocenico, dotato di elevate caratteristiche geotecniche, si ritiene che i cedimenti, qualora presenti, saranno di modesto valore e comunque ben sopportabili dalla struttura e dal terreno di fondazione.

3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geologico e le indagini geognostiche e geofisiche effettuate hanno permesso di ricostruire l'assetto geologico-stratigrafico e geomorfologico dell'area e di valutare le caratteristiche sismiche dei terreni di sedime dell'edificio sito in Via Umberto I nel Comune di Fiastra.

La sequenza stratigrafica prevede, al di sotto di uno spessore esiguo di terreno di riporto, un detrito di falda costituito da clasti calcarei e abbondante matrice limo- sabbiosa, di spessore pari a circa 13-14 m, poggiante

sul substrato rappresentato dalla Formazione della Scaglia Cinerea, costituita da marne, marne calcaree e marne argillose di color grigio-verde.

Le indagini geofisiche e lo sviluppo della Risposta Sismica Locale hanno permesso di individuare le caratteristiche sismiche del sito e di determinare che lo spettro elastico di sito ricavato dall'analisi di RSL risulta al di sopra dello spettro di normativa in tutti gli Stati Limite considerati.

Alla luce dei risultati ottenuti, il tecnico incaricato alla progettazione potrà optare per l'utilizzo degli spettri elastici derivati dall'analisi RSL in quanto risultati più cautelativi rispetto a quelli di normativa.



Jesi, giugno 2020

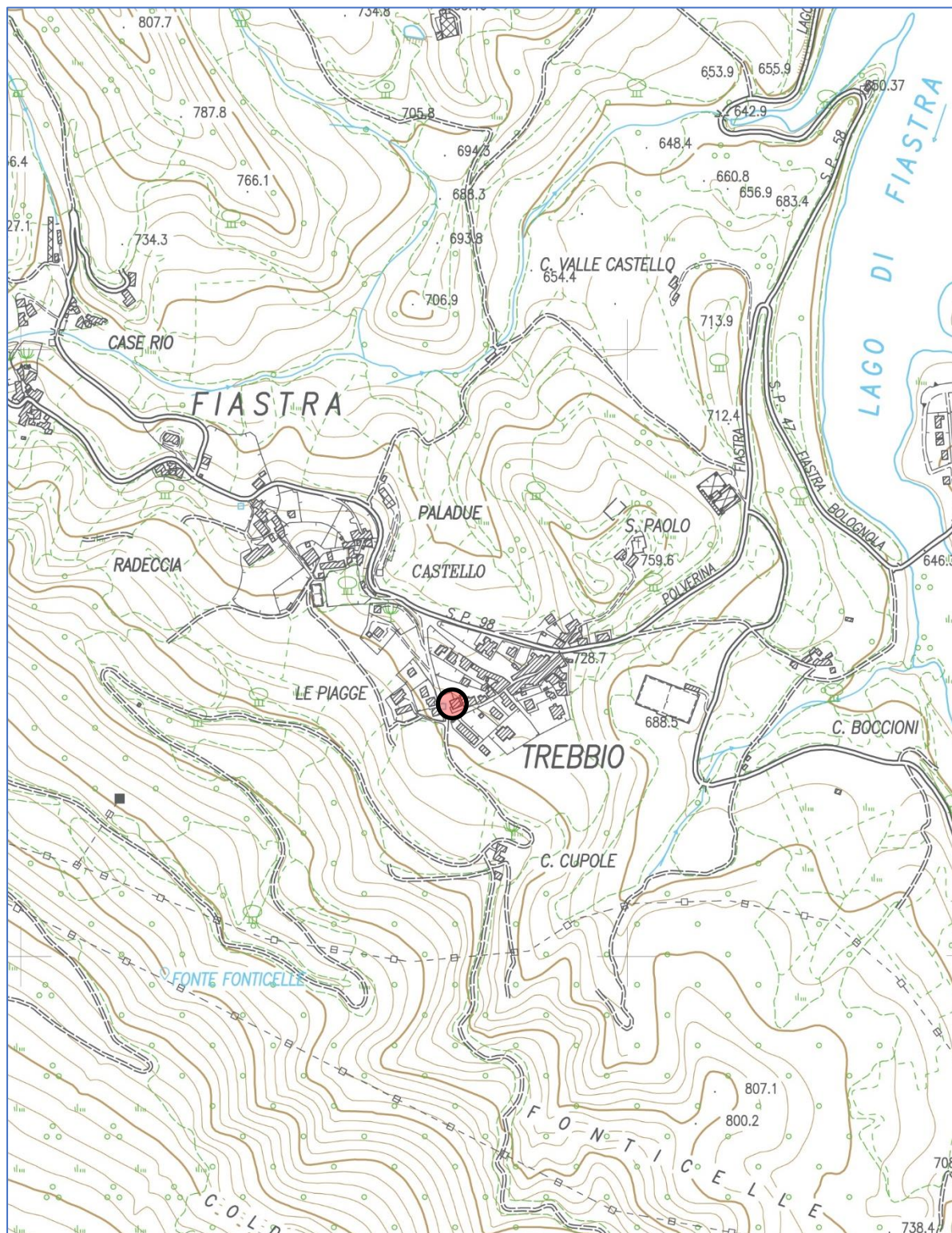


Alla presente relazione sono uniti i seguenti allegati:

- Stralcio C.T.R. con ubicazione area di studio scala 1: 10.000
- Stralcio Carta geologica d'Italia Foglio 124 "Macerata" scala 1:100.000
- Stralcio Carta Geologica Regione Marche (CARG) con ubicazione area di studio scala 1: 10.000
- Stralcio Tav. RI63b P.A.I. – Aggiornamento 2016 - con ubicazione area di studio
- Stralcio Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Microzonazione Sismica di Livello 3 - con ubicazione area di studio
- Stratigrafia sondaggio S1
- Ubicazione punti di indagine
- Planimetria di progetto in scala 1:400
- Sezione geologica A-A' in scala 1:250
- Rapporto tecnico sulle indagini GECO S.r.l.
 - Documentazione fotografica sondaggio S₁
 - Rapporto tecnico prospezione sismica tipo Down-Hole S₁ (DH)
 - Report prove penetrometriche DPSH1, DPSH3, CPT2
 - Rapporto tecnico prove SPT
- Rapporto prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati durante il sondaggio

STRALCIO C.T.R.

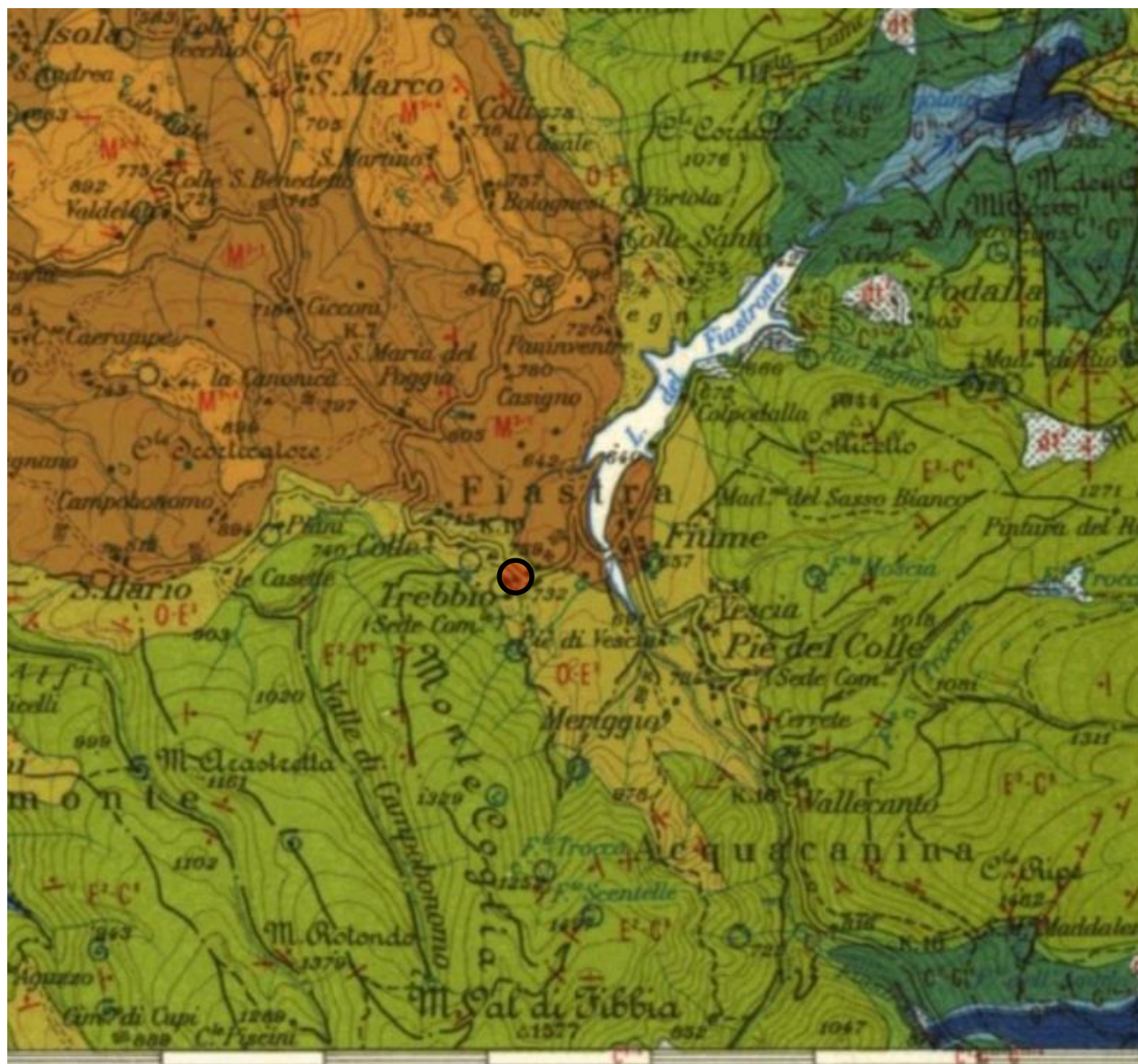
scala 1: 10.000



STRALCIO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

FOGLIO 124 "MACERATA"

scala 1: 100.000

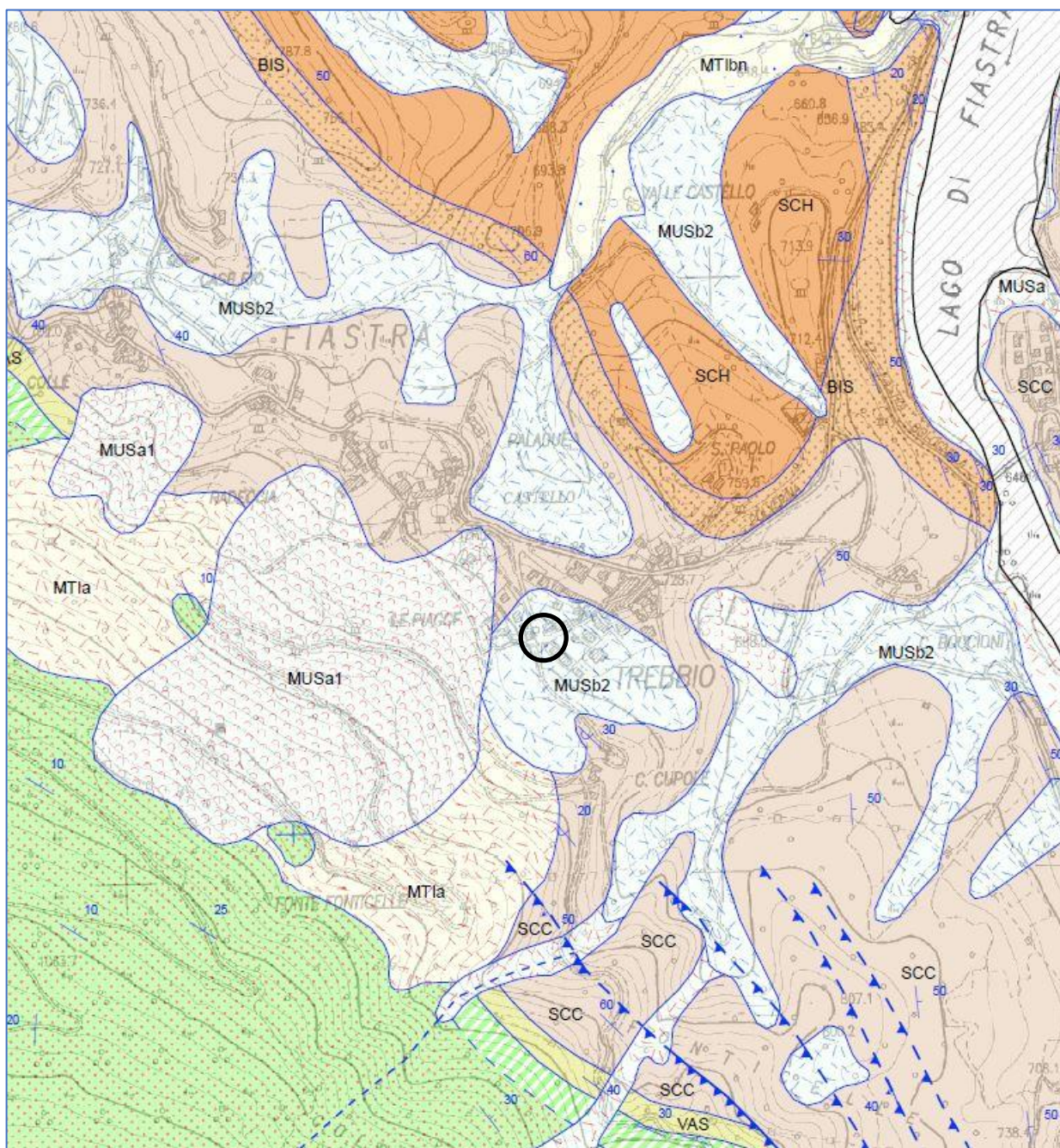


Formazioni
marine

O-E'



Marne e calcari marnosi grigi o verdastri, variegati di rosso, a fratture scheggiosa, passanti nella parte alta a marne grigio-verdastre fogliettate, a: *Cibicides micrus* BERM., *Cibicides cushmani* NUTT., *Eponides abatissae multicameratus* PETT. e GAND., *Globigerina rohri* BOLL., *Catapsydrax unicavus* BOLL., LOEB. e TAP., a luoghi (parte meridionale del foglio) con sottili intercalazioni di brecciole a *Lepidocyclina* sp. e piccole *Nummulites* sp., Oligocene; marne più o meno calcaree, di colore rossastro o verdastro ("scaglia variegata"), con microfauna a: *Globorotalia cerro-azulensis* (COLE), *Globorotalia centralis* CUSH. e BERM., *Hantkenina* spp., e, a luoghi (parte meridionale del foglio), con intercalazioni di calcari subcristallini bianchi a: *Nummulites* sp., *Discocyclina* sp., *Chapmanina* sp., Eocene superiore. **OLIGOCENE-EOCENE SUPERIORE.**
FORMAZIONE DELLA SCAGLIA CINEREA.







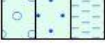
**STRALCIO CARTA GEOLOGICA
DELLA REGIONE MARCHE (CARG)
Sezioni 313140 “Fiastra”**

LEGENDA GEOLOGICA



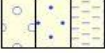
DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

VERSANTE MARCHIGIANO

SINTEMA DEL MUSONE (OLOCENE)

	MUSa1	Frane in evoluzione
	MUSa	Depositi di versante
	MUSb2	Depositi eluvio-colluviali
	MUSb	Depositi alluvionali attuali (ghiaia, sabbia, limo)
	MUSbn	Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SINTEMA DI MATELICA (PLEISTOCENE SUPERIORE)

	MTIa	Depositi di versante
	MTIb2	Depositi eluvio-colluviali
	MTIbn	Depositi alluvionali terrazzati (ghiaia, sabbia, limo)

SUCCESSIONE MIOCENICA

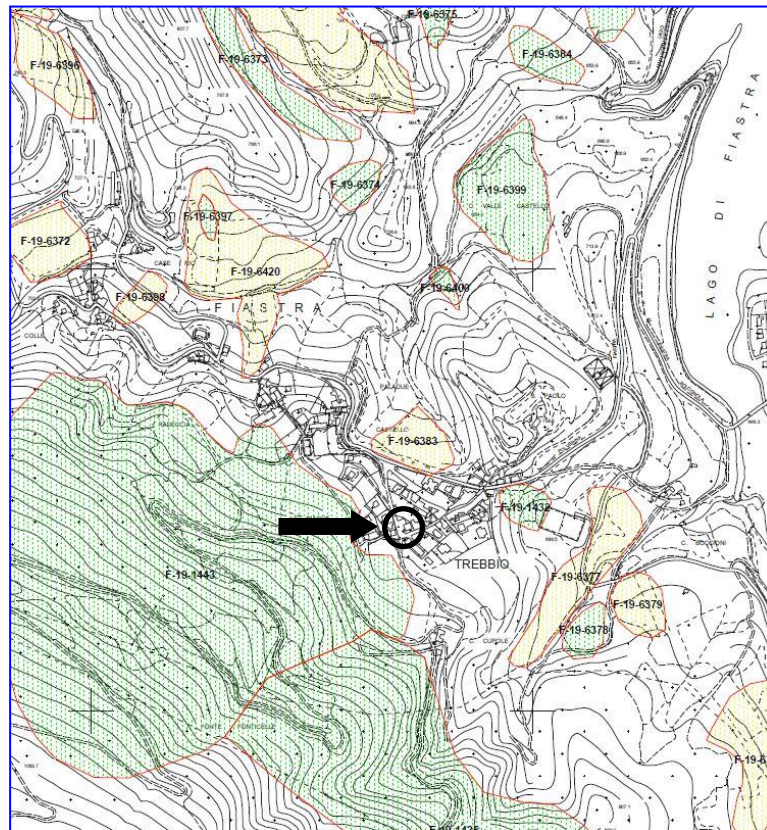
	FCIc	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FCId	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies arenaceo-pelitica Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.
	FCIe	FORMAZIONE DI CAMERINO litofacies pelitico-arenacea Tortoniano p.p. - Messiniano p.p.

SUCCESSIONE CALCAREO E/O MARNOSA CRETACICO-MIOCENICA

	SCH	SCHLIER Langhiano - Messiniano
	BIS	BISCIARO Aquitano p.p. - Burdigaliano p.p.
	SCC	SCAGLIA CINEREA Priaboniano p.p. - Aquitano p.p.
	VAS	SCAGLIA VARIEGATA Luteziano p.p. - Priaboniano p.p.
	SAA3	SCAGLIA ROSSA Membro superiore Turoniano inf. p.p. - Luteziano p.p.





STRALCIO TAV. RI63b P.A.I.

Aggiornamento 2016







LEGENDA

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


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

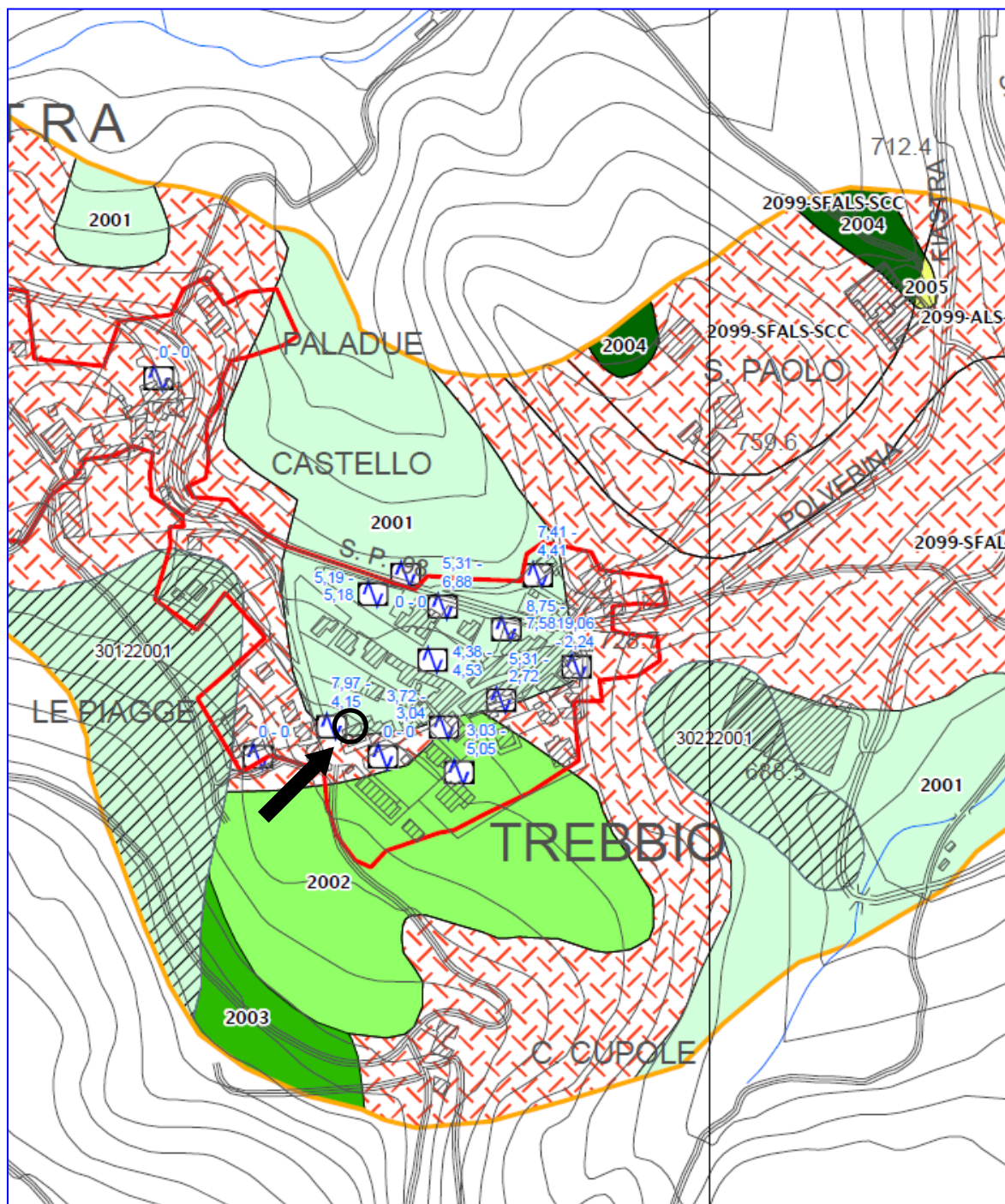
Aree a rischio esondazione
(codice E-xx-yyyy)

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

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

-  Rischio molto elevato (R4)

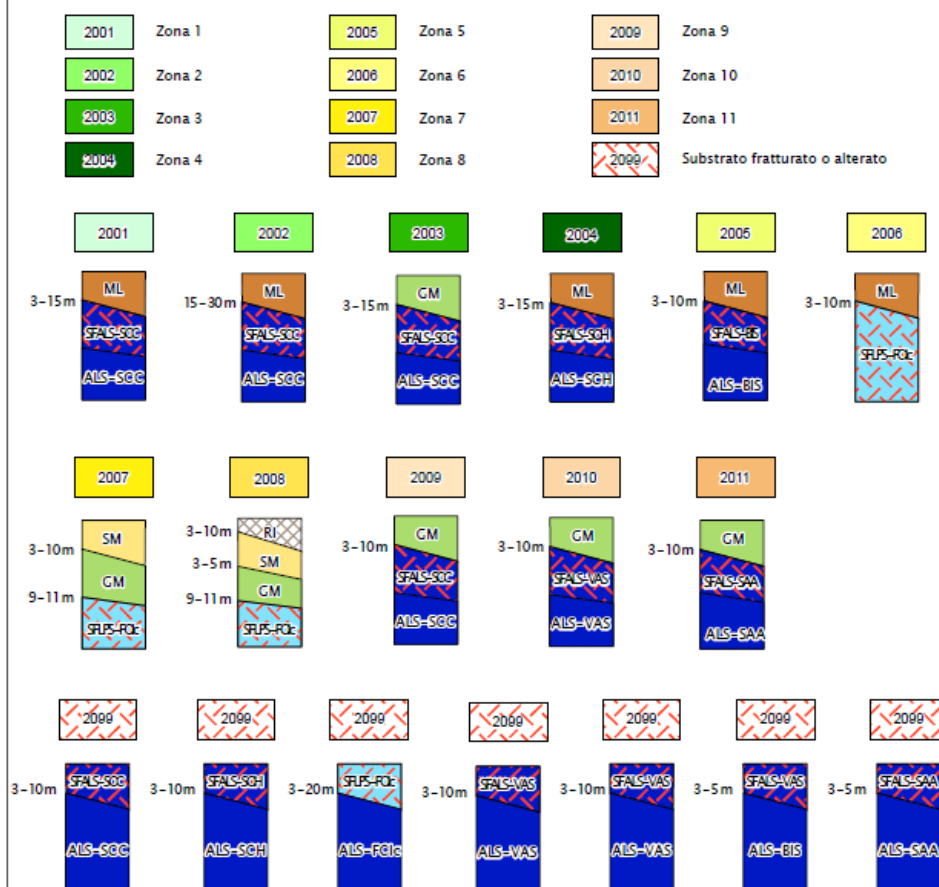
 Limite di bacino idrografico



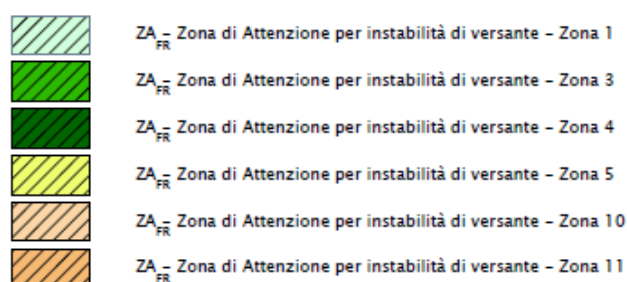
**STRALCIO CARTA DELLE
MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA**
Microzonazione Sismica di Livello 3
(Comune di Fiastra – Gennaio 2018)

Legenda

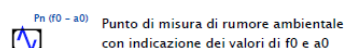
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



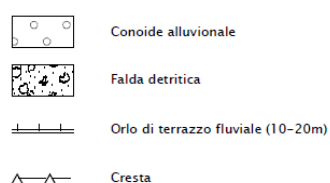
Zone di attenzione per instabilità



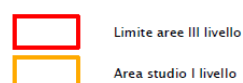
Punti di misura di rumore ambientale



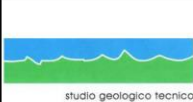

Forme di superficie e sepolte


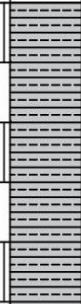



Delimitazione Aree MZS



STRATIGRAFIA SONDAGGIO S1

 studio geologico tecnico			Committente : AGENZIA DEL DEMANIO DIREZIONE REGIONALE MARCHE Localita' : FIASTRA (MC) Cantiere : CASERMA DEL CORPO FORESTALE DEI CARABINIERI		Attrezzatura : SONDA A CAROTAGGIO CONTINUO Sondaggio : S1 Data : 29-30/04/2020 Coordinate WGS84 : 43.035521°N-13.154994°E				
Profondità (m)	Stratigrafia	Falda	Descrizione litologica	SPT		Campioni		Note:	
				▽ SPT		<input checked="" type="checkbox"/> Indisturbato <input type="checkbox"/> rimaneggiato			
				N.	Valori	N.	Quota		
0.8			Riporto: limi argillosi-sabbiosi marroni con ghiaia, detrito e frammenti di laterizi						
1.6			Detrito di falda calcareo con matrice limo-sabbiosa						
			Detrito di falda calcareo con abbondante matrice limo-sabbiosa a tratti prevalente						
				▽ 1 3.00-3.45	11-8-9				
						■ 1	2.5 - 2.8		
						■ 2	3.8 - 4.0		
						■ 3	8.0 - 8.3		
						■ 4	11.4 - 11.7		
13.7					▽ 2 13.00-13.45	14-16-20			
14.5				Coltre eluviale limo argilloso con frammenti marnosi nocciola-grigi			■ 5	14.0 - 14.2	
20.0			Formazione della Scaglia Cinerea: Argille marnose grigie con livelli marnosi e calcareo-marnosi						

 studio geologico tecnico			Committente : AGENZIA DEL DEMANIO DIREZIONE REGIONALE MARCHE Localita' : FIASTRA (MC) Cantiere : CASERMA DEL CORPO FORESTALE DEI CARABINIERI		Attrezzatura : SONDA A CAROTAGGIO CONTINUO Sondaggio : S1 Data : 29-30/04/2020 Coordinate WGS84 : 43.035521°N-13.154994°E			
Profondità (m)	Stratigrafia	Falda	Descrizione litologica	SPT		Campioni		Note:
				▽ SPT		■ Indisturbato □ rimaneggiato		
				N.	Valori	N.	Quota	
20.0			Formazione della Scaglia Cinerea: Argille marnose grigie con livelli marnosi e calcareo-marnosi					
25.0			Formazione della Scaglia Cinerea: Livello calcareo-marnoso					
30.0								

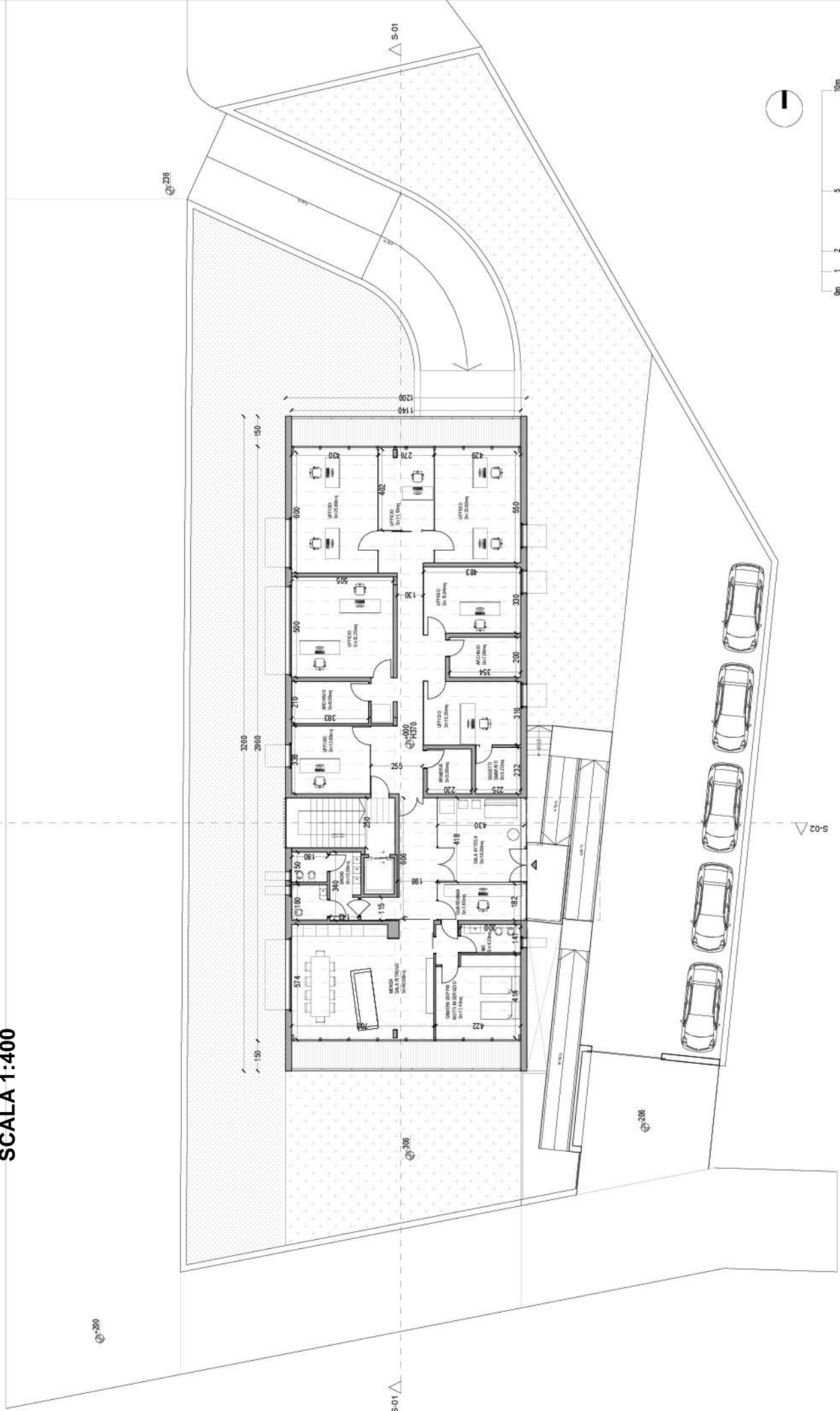
UBICAZIONE INDAGINI E SEZIONE



PLANIMETRIA DI PROGETTO

SCALA 1:400




PIANTA PIANO TERRA QUOTA 0.00m

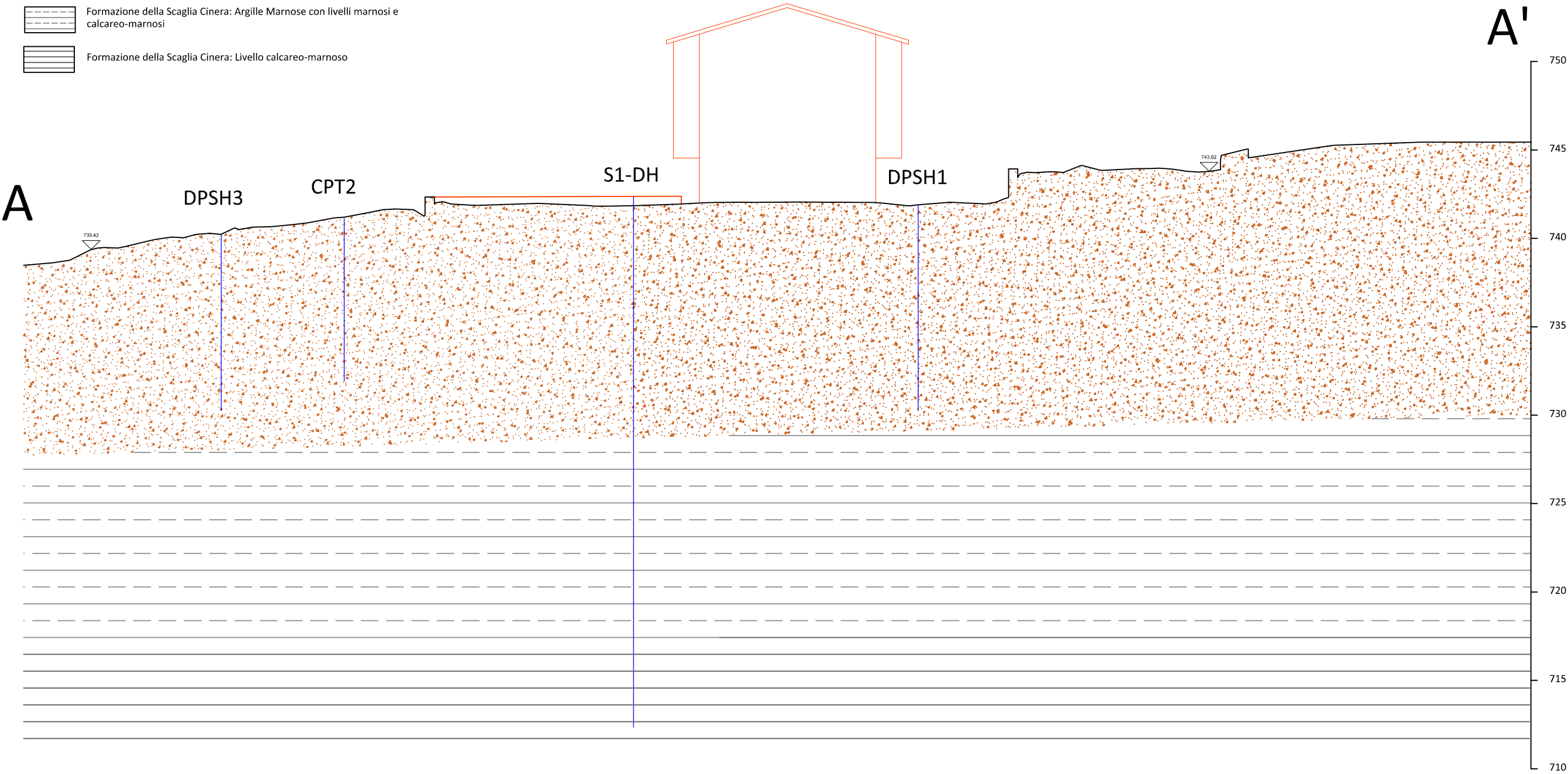


Sezione geologica A-A'

SCALA 1:250

LEGENDA

-  Detrito di falda calcareo in matrice limo-sabbiosa
-  Formazione della Scaglia Cinera: Argille Marnose con livelli marnosi e calcareo-marnosi
-  Formazione della Scaglia Cinera: Livello calcareo-marnoso





**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE PER IL PROGETTO DI
RECUPERO DI UN EDIFICIO OSPITANTE LA CASERMA DEI CARABINIERI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016 SITO
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Oggetto: Indagine Geognostica e Geofisica

Committente: Agenzia del Demanio

Commessa: 153-20

Falconara M.ma, li 21 Maggio 2020

INDICE

1. PREMESSA.....	3
1.1 GEOGNOSTICA	3
1.2 GEOFISICA.....	4
2. INDAGINI GEOTECNICHE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	5
2.1 INDAGINI GEOTECNICHE.....	5
2.2 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE.....	5
2.3 CAMPIONAMENTI INDISTURBATI O A DISTURBO LIMITATO.....	6
2.4 PROVE S.P.T. (STANDARD PENETRATION TEST).....	7
3. PROVE PENETROMETRICHE	9
3.1 STATICHE DI TIPO "CPT"	9
3.2 DINAMICHE DI TIPO "DPSH".....	10
4. SISMICA IN FORO DI SONDAGGIO (Down-Hole).....	10
4.1 PREMESSA.....	10
4.2 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE.....	11
4.3 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	12
4.4 MODULI ELASTICI DINAMICI	14
4.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	16

TAVOLE:

Tav.1 – Ubicazione indagini;

ALLEGATI INDAGINE GEOGNOSTICA:

All.1 – SONDAGGI GEOGNOSTICI – Documentazione fotografica;

All.2 – PROVE PENETROMETRICHE - Tabulati e grafici;

All.2 – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO;

ALLEGATI INDAGINE GEOFISICA:

All.1 – Sismogrammi;

All.2 – Dromocrone interpretate;

All.3 – Tempi di arrivo, velocità calcolate e moduli elastici dinamici;

All.4 – Diagramma velocità onde P e SH;

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'Agenzia del Demanio, ai sensi delle Nuove NTC -D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche finalizzate al progetto di recupero dell'edificio ospitante la Caserma dei Carabinieri danneggiato dagli eventi sismici del 2016 e sito nel Comune di Fiastra (MC).

Le indagini, sono state eseguite nei giorni dal 29 Aprile al 14 Maggio 2020 secondo il seguente programma.

1.1 GEOGNOSTICA

- esecuzione di n° 1 sondaggio meccanico realizzato a carotaggio continuo (cc), spinto alla profondità di 30,00 m dal p.c., strumentato (sino alla profondità massima raggiunta), con un tubo in PVC ϕ 80 mm per l'esecuzione di prova sismica in foro (DH);

Sond.	Carotaggio Continuo		Distruzione di nucleo		Rivestimento ϕ 127 mm (m)	Strumentazione installata	Data
	da	a	da	a			
S1DH	0,00	30,00	-	-	15,00	Tubo in PVC ϕ 80 mm	29-30/04/20

Tab.1 – Elenco Sondaggi geognostici.

- prelievo di n° 5 campioni rimaneggiati in sacchetto;

Sond.	Campione Indisturbato	Campione Rimaneggiato	Profondità (m)	
			da	a
S1		C1	2,50	2,80
S1		C2	3,80	4,00
S1		C3	8,00	8,30
S1		C4	11,40	11,70
S1		C5	14,00	14,20

Tab.2 – Elenco campioni di terreno prelevati.

- esecuzione di n° 2 prove S.P.T. (Standard Penetrometer Test);

Sond	S.P.T.	Profondità (m)		Valore
		da	a	
S1	SPT1	3,00	3,45	11-8-9
S1	SPT2	13,00	13,45	14-16-20

Tab.3 – Elenco prove S.P.T. eseguite.

- esecuzione di n°2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH) e di n° 1 prova statica (CPT) spinte a profondità variabili tra 9,20 e 11,60 m dal p.c.

n°	Prova	Profondità		Data
		da	a	
P1	DPSH 1	0,00	11,60	30/04/2020
P2	CPT 2	0,00	9,20	30/04/2020
P3	DPSH 3	0,00	10,00	30/04/2020

Tab.4 – Elenco prove penetrometriche "CPT/DPSH".

Gli elaborati delle prove penetrometriche sono visibili nell'allegato 2;

1.2 GEOFISICA

- esecuzione di n° 1 indagine di sismica in foro tipo Down Hole con onde P ed SH;

Sismica	Prova n°	Lunghezza	N° Misure	Data
<i>Down Hole</i>	S1DH	30,00	31	14/05/2020

Tab.5 – Elenco prova "Down-Hole".

Durante l'esecuzione del sondaggio è stata redatta dalla Direzione Lavori (Dott. Geol. Daniele Stronati) una stratigrafia speditiva dei terreni attraversati. Le carote di terreno prelevate sono state riposte in apposite cassette catalogatrici a scomparti.

2. INDAGINI GEOTECNICHE E STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

2.1 INDAGINI GEOTECNICHE

Il sondaggio geotecnico, consente di effettuare perforazioni a rotazione a "carotaggio continuo" con diametro di foro variabile da 101 mm a 127 mm.

Le applicazioni di questo tipo di indagine sono le seguenti:

- Ricostruzioni stratigrafiche del sottosuolo e l'individuazione di possibili discontinuità presenti;
- Prelievo di campioni indisturbati e/o rimaneggiati per analisi di laboratorio;
- Prove in foro per la determinazione delle proprietà meccaniche dei terreni investigati;
- Installazione di strumentazione di varia tipologia in foro di sondaggio;
- Determinazione del livello piezometrico se presente.

2.2 ATTREZZATURE DI PERFORAZIONE

Per l'esecuzione dei sondaggi è stata utilizzata una sonda a rotazione CMV MK 600F avente le seguenti caratteristiche:

CINGOLI		CRAWLERS	
Larghezza	Width	mm	1600
Lunghezza	Length	mm	2540
Pattini	Track shoes width	mm	300
Stabilizzatori indipendenti	Independent outriggers	no.	4
Pressione specifica al suolo	Ground pressure	N/cm ²	5,9
Velocità di traslazione	Travelling speed	km/h	1
MOTORE DIESEL		DIESEL ENGINE	
Modello	Model	type	Perkins 804 C 3.3T
Potenza installata	Rated power	kW/hp	59,5/81
ANTENNA		MAST	
Corsa rotary	Rotary stroke	mm	3500
Velocità avanzamento rotary	Rotary stroke speed	m/min	38
Forza di spinta	Crowd force	kN	26
Forza di estrazione	Extraction force	kN	38,5
DOPPIE MORSE		DOUBLE CLAMPS	
Diametro min/max	Clamps diameter min/max	mm	60 - 260
Forza di chiusura	Clamping force	kN	100
ARGANO		WINCH	
Forza di sollevamento max	Line pull capacity max	kN	13
Diametro fune	Rope diameter	mm	10
Velocità fune	Rope speed	m/min	20
TESTA DI ROTAZIONE		ROTARY HEAD	
Coppia max	Torque max	kNm	TR 600 V 6,3 @ 56 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 170
Modello	Model	type	TR 600 2V
Coppia max	Torque max.	kNm	6,5 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 226
Modello	Model	type	TR 600 SP
Coppia max	Torque max	kNm	6,5 @ 46 rpm
Velocità min/max	Speed min/max	rpm	0 - 92
PESO TOTALE		OPERATING WEIGHT	
		kg	7100
OPTIONALS		OPTIONALS	
Lubrificatore di linea	Lubricating liner	lt/bar	1,5/21
Pompa acqua a coclea	Screw type water pump	lt/bar	120/20
Pompa scarotatrice	Core ejection pump	lt/bar	15/150
Pompa schiumogeni	Foam pump	lt/bar	30/50
JET GROUTING		JET GROUTING	
Profondità corsa singola	Single stroke depth max	m	10
Diametro mandrino idraulico	Hydraulic mandrel rods dia.	mm	60 - 76

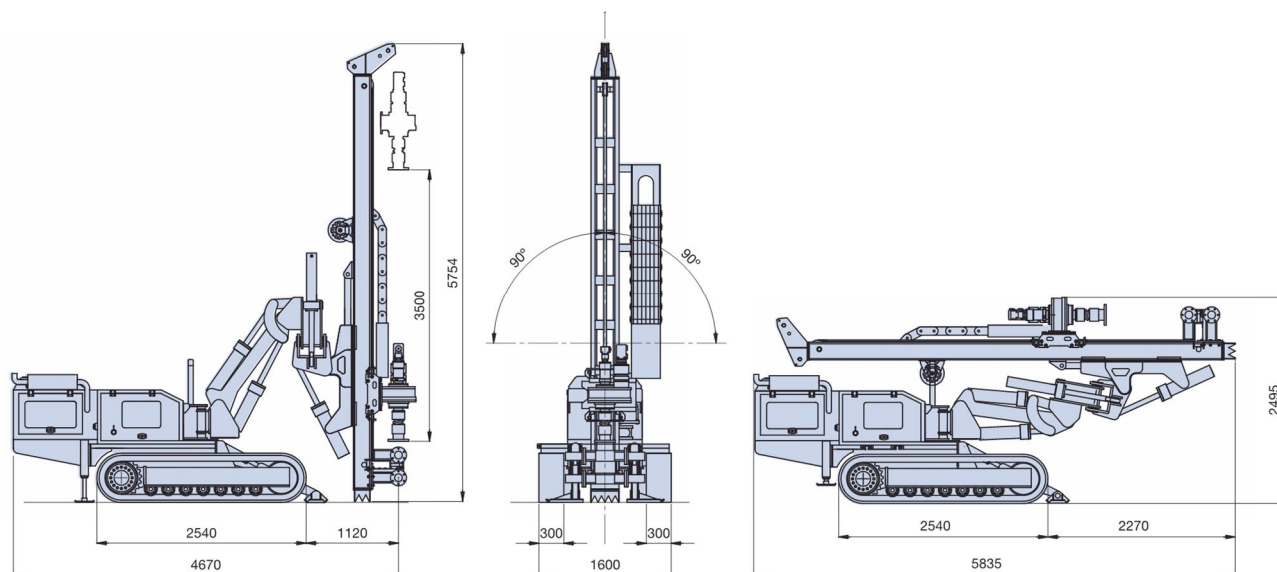


Fig. 1: Scheda tecnica sonda perforatrice CMV MK 600F.

2.3 CAMPIONAMENTI INDISTURBATI O A DISTURBO LIMITATO

Per campioni indisturbati (o a disturbo limitato) s'intendono quelli prelevati con apparecchiature idonee a conferire il massimo grado di qualità compatibilmente con la natura del terreno e cioè, in base alla classificazione proposta dalle Raccomandazioni AGI del 1977 (Pag.25):

Q.4 - Q.5 per terreni coesivi: possibilità di determinare tutte le caratteristiche con la sola eventuale eccezione di quelle meccaniche di resistenza e deformabilità;

Q.2 - Q.3 per terreni incoerenti o comunque difficili: determinabilità della reale composizione granulometrica e possibilmente anche del contenuto d'acqua naturale.

Campionamenti a pressione

Il campo d'impiego dei campionatori a pressione riguarda particolarmente i terreni di limitata consistenza ed a grana fine. Per l'avanzamento a pressione si impiegano campionatori a "parete sottile", e basso coefficiente di parete, per tale definizione si rimanda al paragrafo 3.3. delle Raccomandazioni AGI.

Il tubo d'infissione, in acciaio di qualità, funge anche da contenitore e pertanto deve essere resistente alla corrosione ed adeguatamente levigato all'interno (acciaio inossidabile o cadmiato o comunque trattato in modo opportuno).

Alla base il tubo deve risultare tagliente (angolo di taglio della scarpa $\alpha = 4^\circ - 15^\circ$). I campionatori a pareti sottili possono essere:

a) di tipo aperto (campionatore Shelby). Il campionatore aperto risulta composto da una testa con valvola a sfera e relativi sfiati collegata con viti a brugola al tubo d'infissione che funge da contenitore del campione di terreno.

b) di tipo a pistone "libero" o "fisso o stazionario". In questo tipo di campionatore il pistone ha la funzione di chiudere il tubo campionatore all'estremità inferiore e viene sbloccato quando si vuole iniziare il prelievo.

Nel tipo a pistone "libero" il pistone si muove insieme alla sommità del campione durante l'avanzamento nel terreno, ma una clampa conica gli impedisce di abbassarsi nel corso dell'estrazione.

Nel tipo a pistone "fisso o stazionario" si possono distinguere due tipi di campionatori:

- - ad azionamento meccanico;
- - ad azionamento idraulico.

Fra i campionatori ad azionamento idraulico descriviamo il campionatore Osterberg che è il più noto ed usato. Il campionatore Osterberg è costituito da un pistone mobile, solidale al tubo di prelievo, che scorre sull'asta interna che collega la testa del campionatore al pistone fisso. La pressione sul pistone mobile viene esercitata attraverso le aste di collegamento (campionatore - superficie), con acqua in pressione. Uno sfiato posto sull'asta di collegamento testa campionatore/pistone fisso appena sopra al pistone fisso, permette l'azzeramento della pressione a fine corsa. Durante il campionamento bisognerà operare in modo che l'avanzamento a pressione sia continuo (senza interruzioni) ed il più rapido possibile onde minimizzare l'entità dei disturbi, particolarmente nel caso di terreni coesivi di bassa consistenza. Questi campionatori se correttamente usati consentono di ottenere nei terreni coesivi alti gradi di qualità.

2.4 PROVE S.P.T. (STANDARD PENETRATION TEST)

La prova SPT serve a misurare la resistenza al taglio per terreni granulari (sabbie e ghiaie fini), tuttavia esistono delle correlazioni tali da permetterne l'utilizzo della prova in qualsiasi terreno sciolto e non facilmente campionabile.

Lo svolgimento della prova, secondo le modalità di esecuzione indicate dalle "Raccomandazioni dell'Associazione Geotecnica Italiana del 1977", prevede l'esecuzione di un foro di sondaggio con il quale si raggiunge la quota desiderata in un certo banco sabbioso. fermata la trivellazione, si inserisce nel terreno una batteria di aste con alla testa un campionatore standard detto Reymond.

La prova consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.

Durante la prova si misura:

- N1 = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- N2 = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm di profondità (30 cm);
- N3 = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento (45 cm).

Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:

$$NSPT = N2 + N3$$

Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg/m;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63.5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm.
- nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

Il campionatore Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà; i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno.

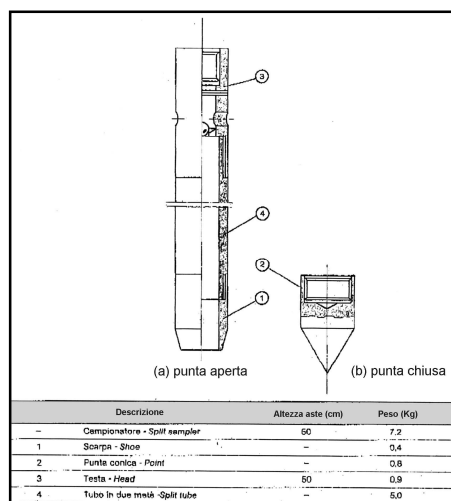


Fig. 2: Scheda campionatore Raymond.

Ogni determinazione di prova è stata preceduta dalla pulizia del fondo foro con verifica della coincidenza della quota di attestazione della punta con profondità misurata dopo la pulizia del foro (tolleranza di ± 7 cm).

3. PROVE PENETROMETRICHE

Per l'esecuzione delle prove penetrometriche è stato utilizzato un penetrometro Pagani modello TG 63-100 avente le seguenti caratteristiche:

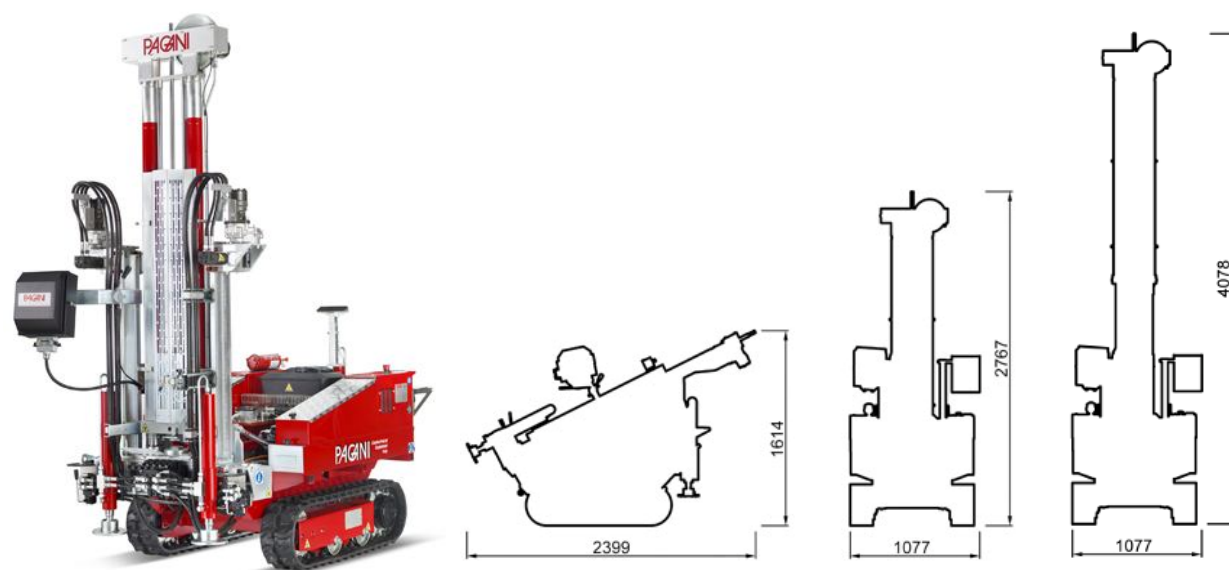


Fig. 3: Scheda tecnica Penetrometro Pagani TG 63-100.

3.1 STATICHE DI TIPO "CPT"

Le prove penetrometriche statiche consentono una buona caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, in supporto all'attività di progettazione.

La prova statica meccanica consiste nella misura, mediante cella di carico, delle variazioni di resistenza che il terreno presenta all'avanzamento di una punta conica standard (Begemann) infissa a velocità costante nel terreno ($2 \text{ cm/s} \pm 0,5 \text{ cm/s}$).

La penetrazione viene effettuata tramite un dispositivo di spinta (martinetto idraulico), opportunamente ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste (aste coassiali esterne cave e interne piene), alla cui estremità è collegata la punta.

I valori acquisiti dalla cella di carico sono visualizzati sul display di una Sistema Acquisizione Automatico, annotando su di un apposito modulo di campagna i seguenti dati:

- Lettura alla punta = prima lettura di campagna durante l'infissione relativa all'infissione della sola punta
- Lettura laterale = seconda lettura di campagna relativa all'infissione della punta+manicotto

Vengono infine riportate le caratteristiche standardizzate della punta meccanica "Begemman" utilizzata:

- | | |
|---|---------------------|
| • diametro Punta Conica meccanica (ϕ) | 35,7 mm |
| • area di punta (A_p) | 10 cm ² |
| • angolo di apertura del cono (α) | 60° |
| • superficie laterale del manicotto (A_m) | 150 cm ² |

3.2 DINAMICHE DI TIPO "DPSH"

Le prove penetrometriche dinamiche consentono una buona caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, in supporto all'attività di progettazione.

La prova penetrometrica dinamica consiste nella misura della resistenza del terreno alla penetrazione di una punta conica di dimensioni e caratteristiche note, infissa per battuta nel terreno per mezzo di un maglio avente massa standardizzata. Il numero di colpi necessario per avanzare di 20 cm permette di determinare la resistenza dinamica del terreno, dalla quale è possibile risalire ai parametri geotecnici significativi.

Vengono infine riportate le caratteristiche standardizzate della punta e del sistema utilizzato:

- | | |
|----------------------------|-----------------------|
| • Peso Massa battente | 63.5 Kg |
| • Altezza di caduta libera | 0.75 m |
| • Diametro punta conica | 51.00 mm |
| • Area di base punta | 20.43 cm ² |
| • Angolo di apertura punta | 90 ° |

Per una visione dei risultati ottenuti si rimanda all'allegato 2.

4. SISMICA IN FORO DI SONDAGGIO (Down-Hole)

4.1 PREMESSA

L'utilizzo di tale metodologia ha permesso di determinare l'andamento e le profondità dei vari sismostrati ricavati, associabili ai litotipi presenti nell'area indagata; inoltre attraverso la determinazione delle velocità degli impulsi di compressione (V_p) e di taglio (V_s), è stato possibile determinare le caratteristiche meccaniche di tali terreni, attraverso la determinazione

dei moduli elastici dinamici. Le velocità delle onde di taglio determinate dall'interpretazione, sono state utilizzate per calcolare il valore del parametro $V_{s,eq}$ necessario per la definizione della categoria di suolo di fondazione (**Nuove NTC -D.M. 17 gennaio 2018**). Le indagini sono consistite nell'esecuzione di n° 1 *Down-Hole*, eseguendo 31 misure sismiche in foro con spaziatura 1 m ed utilizzando onde P ed SH fino alla profondità di 30 m da p.c.

4.2 METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE

La tecnica *Down- Hole* (sismica a rifrazione in foro) si basa sui principi della sismica a rifrazione di superficie, ma rispetto a questa ultima ha il vantaggio di non avere come condizione il necessario aumento di velocità con la profondità; quindi è possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell'ambito dell'intervallo di litotipi incontrati dalla perforazione.

Tale metodologia consiste nel misurare i tempi di arrivo delle onde sismiche, generate in superficie, ad un gruppo di geofoni posti in un foro di sondaggio (adeguatamente strumentato con tubo in PVC o altro materiale e cementato alle pareti del foro al fine di garantire un migliore contatto con i terreni circostanti) ad una determinata profondità. In particolare ogni gruppo di geofoni utilizzato in questa metodologia registra gli impulsi su tre canali provenienti da sensori orientati secondo le tre direzioni spaziali, due orizzontali (orientati secondo gli assi x e y), ed una verticale (z), da questo deriva il nome di geofono tridimensionale.

Nel caso particolare il sistema di ricezione delle perturbazioni sismiche è costituito da una coppia di geofoni tridimensionali (posti ad una distanza di un metro), dotati di un sistema di ancoraggio pneumatico (il quale permette di farlo perfettamente aderire alle pareti del tubo) e calato a profondità note dal piano campagna.

Le misure sono state svolte dal basso verso l'alto, alzando la coppia di geofoni tridimensionali di un metro alla volta, fino a raggiungere la quota del piano di campagna. Un geofono vibra lungo il piano passante per il punto di scoppio ed il pozzo, mentre l'altro vibra nella direzione ortogonale al primo. I geofoni da foro sono stati orientati con barre guida in modo da garantirne la stessa direzione di ricezione lungo tutta la verticale del foro.

Le vibrazioni sono state generate secondo lo schema di figura seguente, con impulsi verticali o onde di compressione (battendo su una piastra) e con impulsi orizzontali o di taglio (battendo sul lato di un trave zavorrato dal peso di un automezzo), mantenendoli costanti a 4,0 m dal boccapozzo. Le differenti modalità con cui vengono generati gli impulsi sismici servono per poter rilevare, nei sismogrammi, le onde P ed SH e misurare i relativi tempi di arrivo.

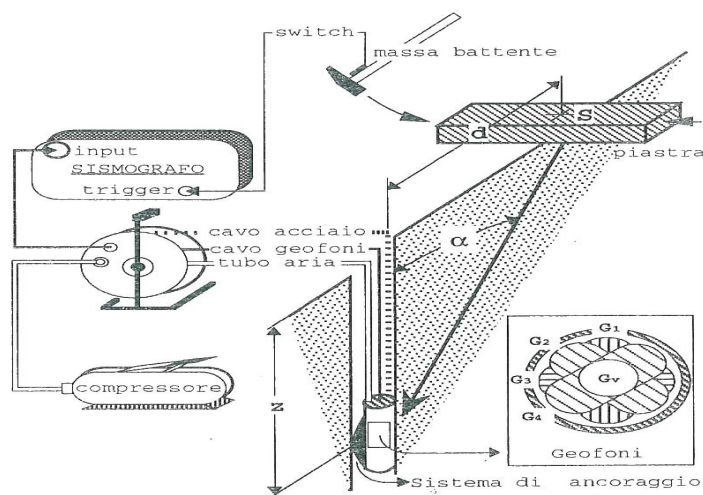


Fig. 4: Schema di acquisizione della metodologia down-hole

Il segnale acquisito, è stato registrato mediante un sismografo della Ambrogeo (modello ECHO 2010), dotato di hard disk, in grado di memorizzare i dati acquisiti in formato SEG2.



Fig. 5: Particolare dell'acquisizione con metodologia down-hole;

4.3 MODALITÀ DI ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Come prima operazione è necessario risalire ai tempi di arrivo degli impulsi sismici generati in superficie e registrati dai geofoni all'interno del foro di sondaggio alle varie profondità.

Trovandosi la sorgente energizzante (sia per motivi logistici, sia perché è necessario che l'onda elastica non si trasmetta lungo il cemento), ad una distanza non trascurabile dall'asse del sondaggio, è necessario correggere i tempi di arrivo in modo da ottenere i valori che si riscontrerebbero se il percorso dei raggi sismici fosse verticale. Considerando la fig.6, il tempo verticale t_v , cioè il tempo di propagazione dell'onda elastica secondo l'asse del foro, sarà uguale a:

$$t_v = t \cdot \cos \alpha$$

dove t è il tempo di arrivo del primo impulso rilevato e dove

$$\alpha = \arctang d/z$$

I tempi corretti t_v , sono stati raccolti in un grafico rispetto alle profondità z , (fig. 6), si ha così il modo di individuare le dromocrone relative ai litotipi incontrati nella perforazione, in cui le velocità degli impulsi sismici possono essere ricavate mediante l'inclinazione assunta dalle rette di interpretazione e gli spessori possono essere valutati graficamente individuando i valori di z corrispondenti ai punti di intersezione di ogni coppia di dromocrone consecutive.

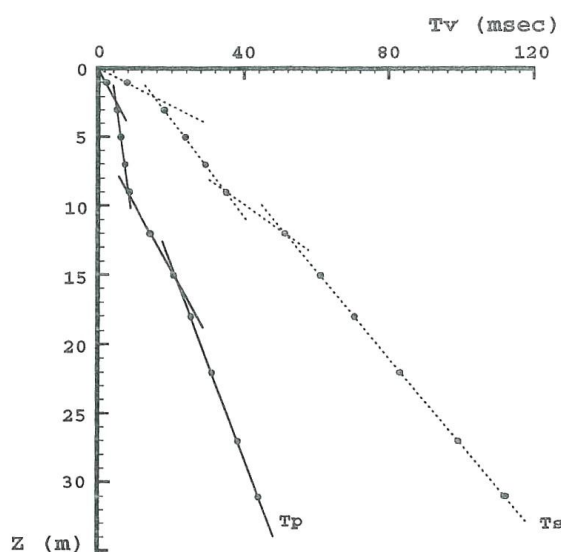


Fig. 6: Esempio di grafico dei tempi corretti-profondità e dromocrone individuate.

Infine, riportando in un grafico i valori delle velocità degli impulsi sismici ricavati, con le profondità, si può costruire un diagramma con i valori delle velocità dei singoli intervalli ricavate sino alla massima profondità di indagine (fig.7).

Il grafico così ricavato evidenzia e dà un'idea di come possano variare le velocità dei terreni indagati con la profondità.

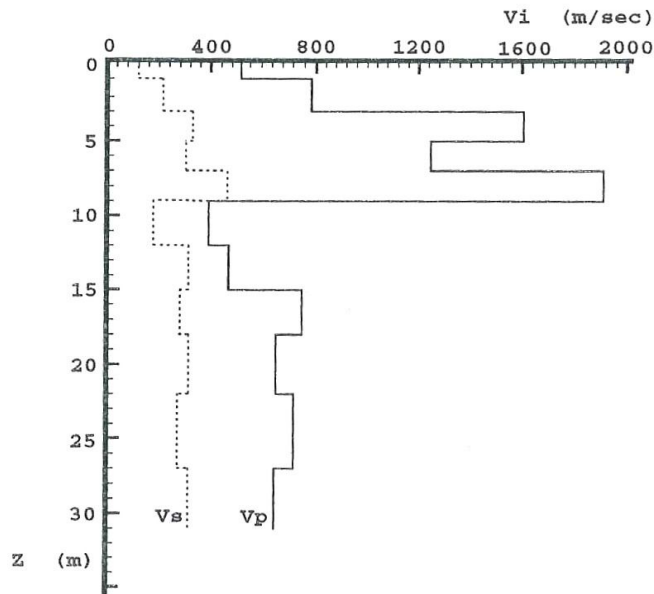


Fig. 7: Esempio di grafico delle velocità intervallari-profondità.

4.4 MODULI ELASTICI DINAMICI

Sono parametri caratteristici di un corpo che stabiliscono una relazione tra deformazioni elastiche e sforzi a cui un corpo è assoggettato.

COEFFICIENTE DI POISSON

Il coefficiente di POISSON è definito dalla seguente equazione:

$$\nu = \frac{0.5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}$$

ed è un numero puro in senso stretto. Si può dire che è una misura della deformazione geometrica subita dal corpo.

In teoria il suo campo di variabilità risulta compreso tra 0.0 e 0.5, mentre nella pratica si è visto che il range risulta più esteso arrivando anche a valori negativi.

MODULO DI TAGLIO

E' determinabile dalla sola conoscenza delle velocità delle onde SH, è una pressione che si misura in Kg/cm² e nella pratica si indica con G.

E' calcolabile mediante la seguente formula:

$$G = V_s^2 \gamma$$

dove γ = densità.

Tale parametro è fortemente dipendente dalla porosità e dalla pressione; assume valori più bassi in litotipi ad alta porosità, sottoposti a basse pressioni e saturati in acqua. Il campo di variabilità nei terreni con porosità media è molto esteso.

MODULO DI YOUNG

E' definito dalla seguente equazione:

$$E = V_s^2 \gamma [(3V_p^2 - 4V_s^2) / (V_p^2 - V_s^2)]$$

dove γ = densità

Il modulo di *Young* ha le dimensioni di una pressione ed in genere viene misurato in Kg/cm². Nelle rocce risulta molto variabile, fino a valori massimi dell'ordine di 10⁶. In relazione al campo di variabilità di *E*, le rocce sono state divise in: quasi elastiche, semielastiche e non elastiche. Sono rocce quasi elastiche quelle che presentano un *E* compreso tra 6*10⁵ e 11*10⁵ Kg/cm², in genere sono rocce a grana molto fine, massicce e metamorfiche (ad esempio i marmi). Sono rocce semielastiche quelle che presentano un *E* compreso tra 4*10⁵ e 6*10⁵ Kg/cm², sono rocce a grana fine con buona coesione e bassa elasticità (ad esempio dolomie compatte). Sono rocce non elastiche quelle che presentano un *E* inferiore a 4*10⁵ Kg/cm², rientrano in questa categoria quasi tutti i terreni e le rocce a grana grossolana, con valori medio alti di porosità e discreta o scarsa coesione.

La seguente tabella riporta il campo di variabilità dei principali moduli elastici, suddivisi in base alle litologie più rappresentative.

LITOTIPO	<i>E</i> (Kg/cm ²)	<i>G</i> (Kg/cm ²)	ν
ARGILLE	20 - 3*10 ⁵	1,8*10 ⁴ - 3,6*10 ⁴	0,35 - 0,50
SABBIE	3 - 2*10 ⁴	10 - 5*10 ³	0,30 - 0,35
ROCCE LITOIDI SEDIM.	5*10 ⁴ - 8*10 ⁵	100-20.000	0,20 - 0,40
ROCCE LITOIDI IGNEE	1,5*10 ⁵ -1*10 ⁶	2,5*10 ⁴ -1*10 ⁶	0,10 - 0,40

Tab.6 – Campi di variabilità dei principali moduli elastici in base al tipo di litologia.

N.B. Le classi di litotipi ed i relativi parametri elastici sono dati a puro titolo indicativo; ciò a causa della variabilità delle caratteristiche elastiche, anche di specifici litotipi, per piccole variazioni delle loro condizioni chimico-fisiche in natura.

I valori dei moduli elastici calcolati dal profilo di sismica in foro (*Down Hole*) sono visibili nell'allegato del presente rapporto.

4.5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Le indagini geofisiche eseguite mediante *Down-Hole* hanno evidenziato la presenza di sei sismostrati principali, riepilogati nella seguente tabella:

Livello	Profondità (m)	Velocità onde P (m/sec)	Velocità onde SH (m/sec)	Litologia
1	0,0-1,5	470	240	Terreno di riporto e depositi superficiali.
2	1,5-5,5	1020	280	Detrito di falda costituito da elementi calcarei in matrice limo-sabbiosa.
3	5,5-10,0	1570	305	Detrito di falda costituito da elementi calcarei in matrice limo-sabbiosa.
4	10,0-14,5	1900	480	Detrito di falda costituito da elementi calcarei in matrice limo-sabbiosa.
5	14,5-25,0	2750	675	Substrato costituito da argille marnose con livelli marnosi e calcareo-marnosi.
6	25,0-30,0	3490	980	Substrato costituito da calcari marnosi.

Tab. 7 – Sismostrati individuati.

Le velocità calcolate degli impulsi sismici, risultano incrementarsi con la profondità, sino alla massima profondità di investigazione.

Con riferimento alle Nuove NTC -D.M. 17 gennaio 2018, si riporta a titolo indicativo il valore del parametro $V_{S,eq}$, (parametro necessario per la definizione delle categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto) calcolato dalle velocità rilevate nel *down-hole*.

Tale parametro $V_{S,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio espresso in m/s), è stato calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N= numero di strati

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

$$V_{s,eq} = V_{s25} (DH) = 415 \text{ m/sec}$$

Tab. 8 – Calcolo del parametro $V_{s,eq}$ ricavata dalla sismica in foro (Down-Hole).

- La velocità delle onde " $V_{s,eq}$ " è stata calcolata dall'attuale piano campagna (non conoscendo la profondità esatta del piano di posa delle fondazioni) fino alla profondità di 25,0 m, profondità oltre la quale si intercetta il substrato rigido >800 m/sec.
- Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera.

Falconara M.ma, li 21 Maggio 2020

GECO s.r.l.
Il Responsabile

GECO s.r.l.
Via Osoppo, 38 - Tel/Fax 071 9156126
66016 FALCONARA MARITTIMA (AN)
C.F. e P.IVA 02541890422

Geco Srl Servizi Geologici & Indagini Sismiche

Via Osoppo, 38 / 60015 Falconara Marittima (AN)

P. IVA 02541280422 tel e fax 071 9156126



www.gecogeologia.com



info@gecogeologia.com

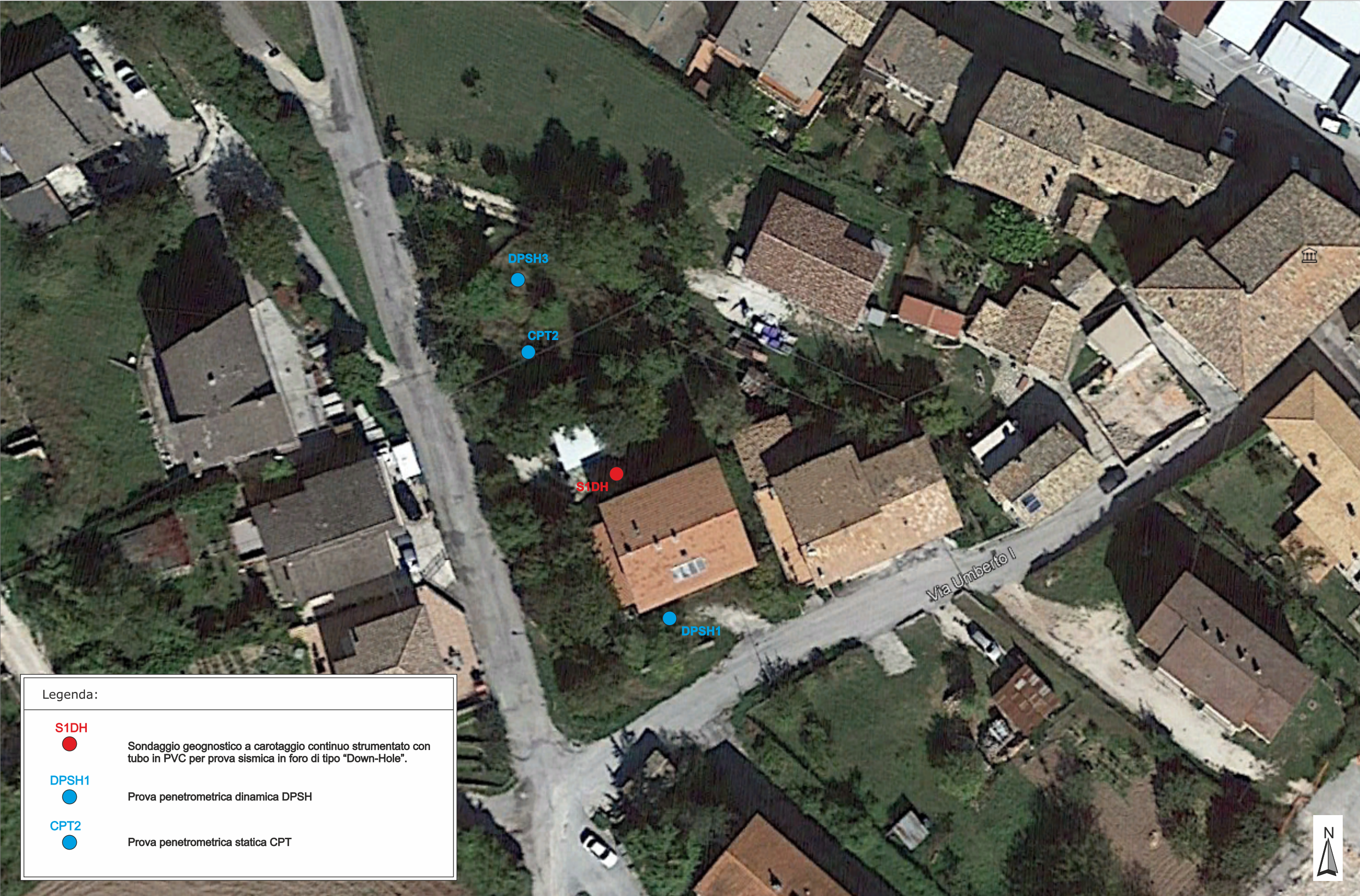


328.02.82.743 / 328.20.40.857

CECO

Servizi Geologici & Indagini Sismiche

tavole



Geco Srl Servizi Geologici & Indagini Sismiche

Via Osoppo, 38 / 60015 Falconara Marittima (AN)

P. IVA 02541280422 tel e fax 071 9156126



www.gecogeologia.com



info@gecogeologia.com



328.02.82.743 / 328.20.40.857

CECO

Servizi Geologici & Indagini Sismiche

allegati indagine geognostica



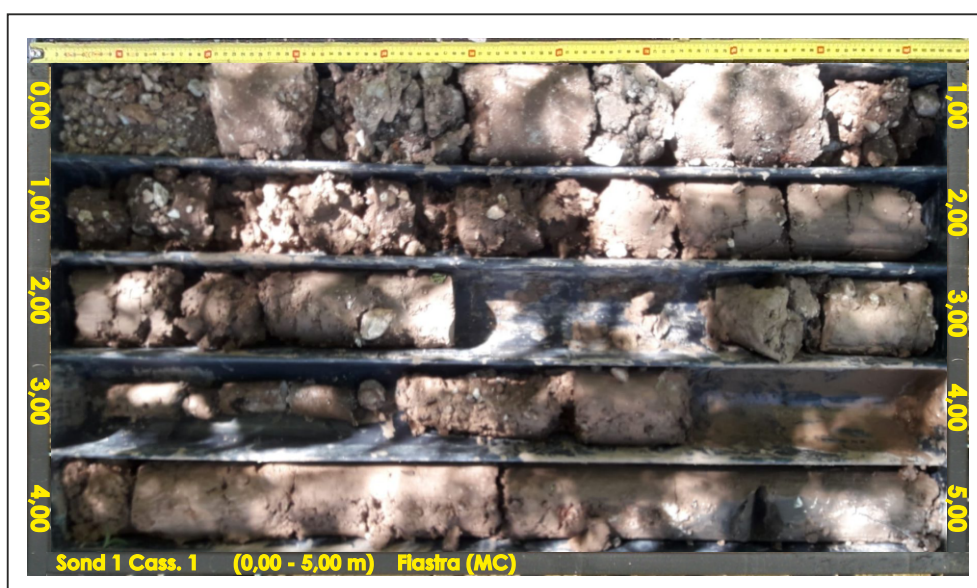
**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE PER IL PROGETTO DI
RECUPERO DI UN EDIFICIO OSPITANTE LA CASERMA DEI CARABINIERI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016 SITO
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Sondaggio 1 - postazione

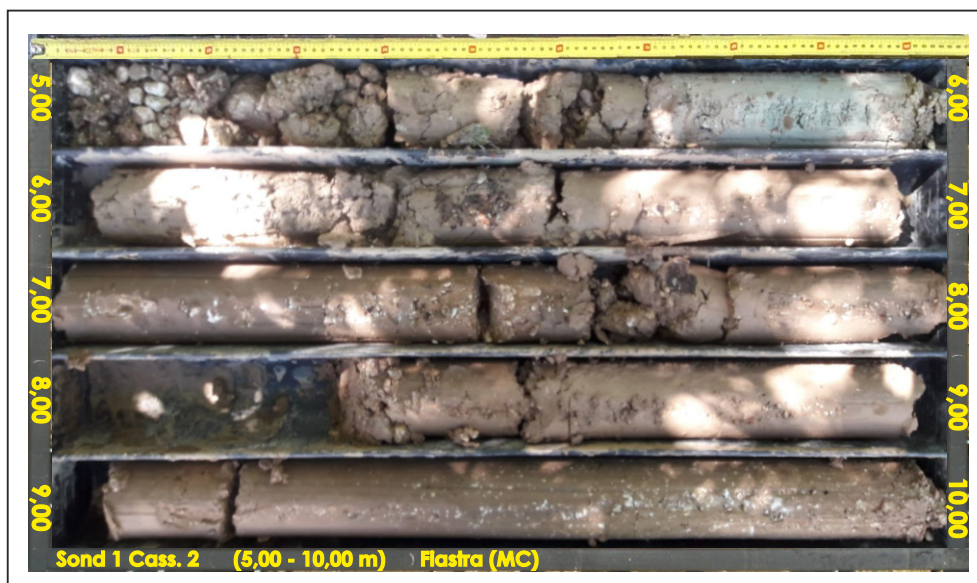


**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE PER IL PROGETTO DI
RECUPERO DI UN EDIFICIO OSPITANTE LA CASERMA DEI CARABINIERI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016 SITO
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Sondaggio 1 - cassette catalogatrici



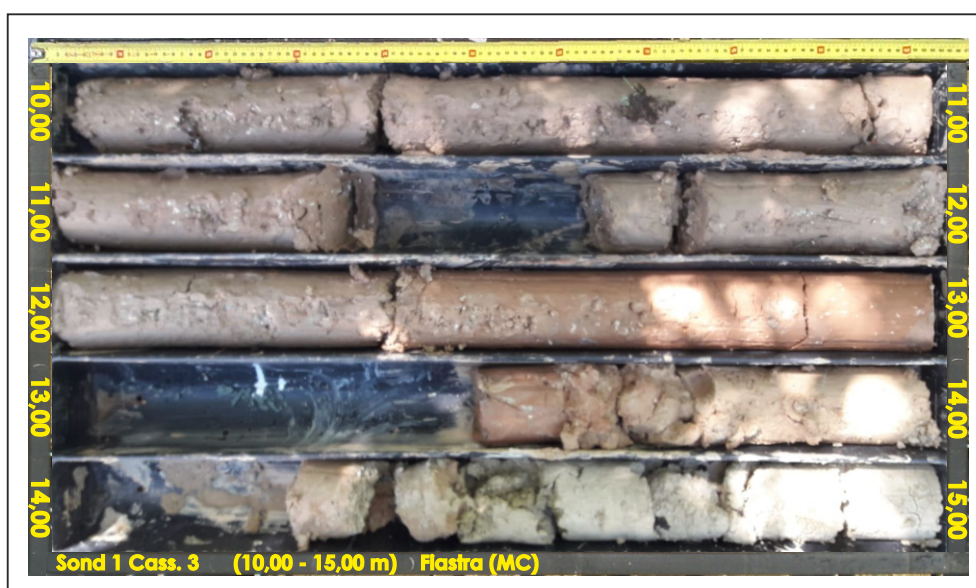
Cassa n°1 da ml. 0.00 a ml. 5.00



Cassa n°2 da ml. 5.00 a ml. 10.00

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE PER IL PROGETTO DI
RECUPERO DI UN EDIFICIO OSPITANTE LA CASERMA DEI CARABINIERI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016 SITO
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Sondaggio 1 - cassette catalogatrici



Cassa n°3 da ml. 10.00 a ml. 15.00



Cassa n°4 da ml. 15.00 a ml. 20.00

**INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE PER IL PROGETTO DI
RECUPERO DI UN EDIFICIO OSPITANTE LA CASERMA DEI CARABINIERI
DANNEGGIATO DAGLI EVENTI SISMICI DEL 2016 SITO
NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Sondaggio 1 - cassette catalogatrici



Cassa n°5 da ml. 20.00 a ml. 25.00



Cassa n°6 da ml. 25.00 a ml. 30.00



**INDAGINE GEOTECNICA MEDIANTE PROVE PENETROMETRICHE ESEGUITE
PRESSO EX CASERMA DEI CARABINIERI NEL COMUNE DI FIASTRA (MC)**

Oggetto: Prove penetrometriche

Committente: Agenzia del Demanio – Dott.Geol. Stronati

Commessa: 153-20

Data acquisizione: 30/04/2020

Falconara M.ma, lì 21 Maggio 2020

Il Responsabile
Dott. Geol. Marco Gaggiotti

CECO s.r.l.
Via Osoppo, 38 - Tel/Fax 071 9156126
60015 FALCONARA MARITTIMA (AN)
C.F. e P.IVA 02541280422

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63-200

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica (mm)	35,7
Angolo di apertura punta (°)	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Legenda parametri geotecnici CPT:

CPT:	Cone Penetration Test
Stratigrafia:	Robertson (1983) consigliato per CPT
Nr:	Progressiva numero strati
Prof:	Profondità strato (metri)
Tipo:	I: Incoerente C: Coesivo
Cu :	Coesione non drenata (kg/cm ²) – Baligh ed altri 1980 Nk=20
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (kg/cm ²) – Ladd (77) Nk=100
Mo :	Modulo Edometrico (kg/cm ²) – Coesivi - Buisman Sanglerat
OCR:	Grado di sovra consolidazione – Stress-History
G:	Modulo di deformazione al taglio (kg/cm ²) - Imai & Tomauchi
Puv :	Peso unità di volume (t/m ³) - Meyerhof
PuvS :	Peso unità di volume saturo (t/m ³) - Meyerhof
Dr:	Densità relativa (%) Schmertmann
Φ :	Angolo di resistenza al taglio (°) – De Beer
Ey	Modulo di Young (kg/cm ²) – Incoerenti - Robertson e Campanella
K:	Permeabilità (cm/s) –

Caratteristiche Strumentali PAGANI TG 63-(200Kn)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

Legenda parametri geotecnici DPSH:

DPSH:	Dinamic Probing Super Heavy
Nr:	Progressiva numero strati
Prof:	Profondità strato (metri)
Tipo:	I: Incoerente C: Coesivo
Nspt:	Correlazione con n. colpi Nspt
Cu :	Coesione non drenata (kg/cm ²) – Terzaghi-Peck
Ey:	Modulo di Young (kg/cm ²) – Coesivi – D' Appollonia – Incoerenti - Schmertmann (1978) sabbie
Mo :	Modulo Edometrico (Kg/cm ²) – Coesivi – Stroud e Butler (1975) – Incoerenti – Menzenbach e Malcev
Classificazione:	A.G.I. (1977)
Puv :	Peso unità di volume (t/m ³) – Coesivi - Meyerhof ed altri – Incoerenti - Meyerhof ed altri
PuvS :	Peso unità di volume saturo (t/m ³) – Coesivi - Meyerhof ed altri – Incoerenti - Terzaghi-Peck 1948-1967
Dr:	Densità relativa (%) – Skempton (1986)
Φ :	Angolo di resistenza al taglio (°) Φ ₁ (*) – Meyerhof (1965) Φ ₂ (**) - Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Φ ₃ (***) - Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY)

(*) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

(**) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15 \text{ t/m}^2$.

(***) - Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose. Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda) $\sigma > 15 \text{ t/m}^2$.

PROVA P1- Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020
Profondità prova DPSH -11,60 m
Note: infiltrazioni idriche a -4,80m da p.c.

**TABELLA VALORI DI RESISTENZA**

Prof. Strato (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. Dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.2	5.00	0.855	44.90	52.54	2.24	2.63
0.4	8.00	0.851	71.51	84.06	3.58	4.20
0.6	8.00	0.847	65.34	77.15	3.27	3.86
0.8	7.00	0.843	56.93	67.50	2.85	3.38
1.0	6.00	0.840	48.59	57.86	2.43	2.89
1.2	3.00	0.836	24.19	28.93	1.21	1.45
1.4	4.00	0.833	32.13	38.57	1.61	1.93
1.6	4.00	0.830	29.57	35.64	1.48	1.78
1.8	6.00	0.826	44.18	53.47	2.21	2.67
2.0	6.00	0.823	44.01	53.47	2.20	2.67
2.2	15.00	0.770	102.94	133.66	5.15	6.68
2.4	12.00	0.817	87.38	106.93	4.37	5.35
2.6	13.00	0.764	82.28	107.66	4.11	5.38
2.8	7.00	0.811	47.04	57.97	2.35	2.90
3.0	6.00	0.809	40.18	49.69	2.01	2.48
3.2	4.00	0.806	26.70	33.13	1.34	1.66
3.4	7.00	0.803	46.57	57.97	2.33	2.90
3.6	9.00	0.801	55.76	69.62	2.79	3.48
3.8	4.00	0.798	24.70	30.94	1.24	1.55
4.0	4.00	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.2	3.00	0.794	18.42	23.21	0.92	1.16
4.4	2.00	0.791	12.24	15.47	0.61	0.77
4.6	3.00	0.789	17.18	21.77	0.86	1.09
4.8	4.00	0.787	22.85	29.03	1.14	1.45
5.0	5.00	0.785	28.48	36.28	1.42	1.81
5.2	7.00	0.783	39.78	50.80	1.99	2.54
5.4	7.00	0.781	39.68	50.80	1.98	2.54
5.6	11.00	0.779	58.57	75.18	2.93	3.76
5.8	11.00	0.777	58.43	75.18	2.92	3.76
6.0	13.00	0.725	64.45	88.84	3.22	4.44
6.2	15.00	0.724	74.19	102.51	3.71	5.13
6.4	14.00	0.722	69.08	95.68	3.45	4.78
6.6	16.00	0.720	74.43	103.33	3.72	5.17
6.8	17.00	0.719	78.91	109.78	3.95	5.49
7.0	16.00	0.717	74.10	103.33	3.71	5.17
7.2	18.00	0.716	83.19	116.24	4.16	5.81
7.4	18.00	0.714	83.01	116.24	4.15	5.81
7.6	18.00	0.713	78.52	110.18	3.93	5.51
7.8	19.00	0.711	82.72	116.30	4.14	5.81
8.0	19.00	0.710	82.56	116.30	4.13	5.81
8.2	20.00	0.709	86.74	122.42	4.34	6.12
8.4	20.00	0.707	86.58	122.42	4.33	6.12
8.6	19.00	0.706	78.03	110.53	3.90	5.53
8.8	21.00	0.655	79.98	122.16	4.00	6.11
9.0	22.00	0.653	83.63	127.98	4.18	6.40
9.2	23.00	0.652	87.27	133.80	4.36	6.69
9.4	27.00	0.651	102.27	157.07	5.11	7.85
9.6	24.00	0.650	86.46	133.02	4.32	6.65
9.8	25.00	0.649	89.90	138.56	4.50	6.93
10.0	27.00	0.648	96.93	149.65	4.85	7.48
10.2	30.00	0.647	107.51	166.27	5.38	8.31
10.4	33.00	0.596	108.92	182.90	5.45	9.14
10.6	41.00	0.544	118.14	216.99	5.91	10.85
10.8	38.00	0.593	119.34	201.11	5.97	10.06
11.0	36.00	0.592	112.86	190.52	5.64	9.53
11.2	38.00	0.591	118.92	201.11	5.95	10.06
11.4	36.00	0.590	112.46	190.52	5.62	9.53
11.6	37.00	0.589	110.40	187.36	5.52	9.37

PROVA P1- Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020

Profondità prova DPSH -11,60 m

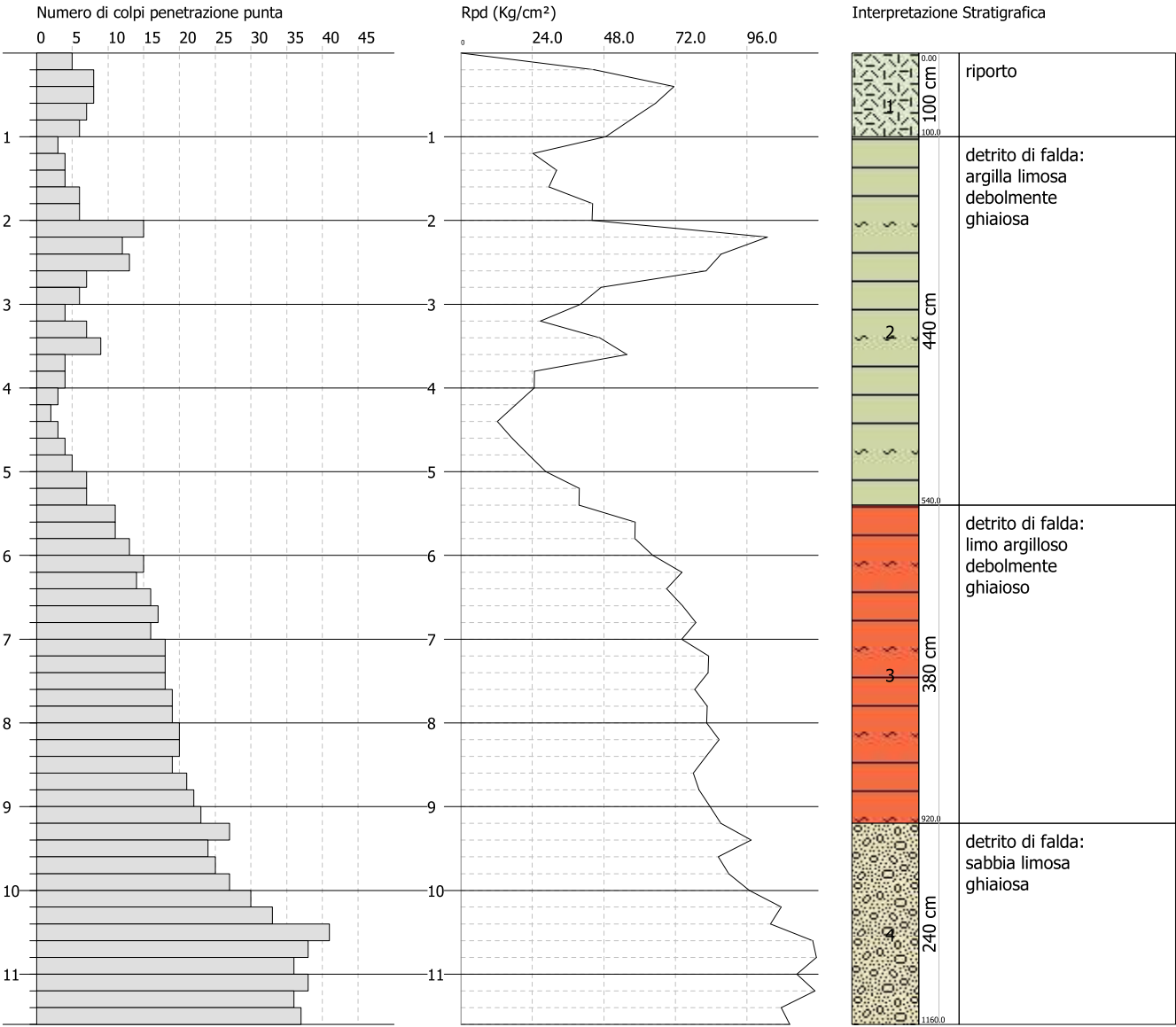
Note: infiltrazioni idriche a -4,80m da p.c.


STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ³	t/m ³	%	(°)	(°)	(°)
1	0.2	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
2	0.4	I-C	11.76	0.79	117.6	53.96	CONSISTENTE	2.01	2.21	36.75	34.33	28.28	30.53
3	0.6	I-C	11.76	0.79	117.6	53.96	CONSISTENTE	2.01	2.21	36.75	34.33	28.28	30.53
4	0.8	I-C	10.29	0.7	102.9	47.21	CONSISTENTE	1.98	2.18	33.63	33.78	27.42	30.09
5	1	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
6	1.2	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
7	1.4	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
8	1.6	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
9	1.8	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
10	2	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
11	2.2	I-C	22.05	1.49	220.5	101.17	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.14	54.15	37.67	33.19	33.61
12	2.4	I-C	17.64	1.19	176.4	80.93	MOLTO CONSISTENTE	2.09	2.3	47.56	36.34	31.27	32.29
13	2.6	I-C	19.11	1.29	191.1	87.68	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.31	49.89	36.8	31.93	32.73
14	2.8	I-C	10.29	0.7	102.9	47.21	CONSISTENTE	1.98	2.18	33.63	33.78	27.42	30.09
15	3	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
16	3.2	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
17	3.4	I-C	10.29	0.7	102.9	47.21	CONSISTENTE	1.98	2.18	33.63	33.78	27.42	30.09
18	3.6	I-C	13.23	0.89	132.3	60.7	CONSISTENTE	2.04	2.24	39.69	34.86	29.09	30.97
19	3.8	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
20	4	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
21	4.2	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
22	4.4	I-C	2.94	0.18	29.4	13.49	POCO CONSISTENTE	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
23	4.6	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
24	4.8	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
25	5	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
26	5.2	I-C	10.29	0.7	102.9	47.21	CONSISTENTE	1.98	2.18	33.63	33.78	27.42	30.09
27	5.4	I-C	10.29	0.7	102.9	47.21	CONSISTENTE	1.98	2.18	33.63	33.78	27.42	30.09
28	5.6	I-C	16.17	1.09	161.7	74.19	MOLTO CONSISTENTE	2.08	2.29	45.09	35.86	30.57	31.85
29	5.8	I-C	16.17	1.09	161.7	74.19	MOLTO CONSISTENTE	2.08	2.29	45.09	35.86	30.57	31.85
30	6	I-C	19.11	1.29	191.1	87.68	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.31	49.89	36.8	31.93	32.73
31	6.2	I-C	22.05	1.49	220.5	101.17	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.14	54.15	37.67	33.19	33.61
32	6.4	I-C	20.58	1.39	205.8	94.42	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.11	52.08	37.24	32.57	33.17
33	6.6	I-C	23.52	1.59	235.2	107.91	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.18	56.1	38.08	33.78	34.06
34	6.8	I-C	24.99	1.69	249.9	114.65	MOLTO CONSISTENTE	2.12	2.22	57.94	38.47	34.36	34.5
35	7	I-C	23.52	1.59	235.2	107.91	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.18	56.1	38.08	33.78	34.06
36	7.2	I-C	26.46	1.79	264.6	121.4	MOLTO CONSISTENTE	2.13	2.27	59.68	38.84	34.92	34.94
37	7.4	I-C	26.46	1.79	264.6	121.4	MOLTO CONSISTENTE	2.13	2.27	59.68	38.84	34.92	34.94
38	7.6	I-C	26.46	1.79	264.6	121.4	MOLTO CONSISTENTE	2.13	2.27	59.68	38.84	34.92	34.94
39	7.8	I-C	27.93	1.89	279.3	128.14	MOLTO CONSISTENTE	2.14	2.31	61.33	39.2	35.47	35.38
40	8	I-C	27.93	1.89	279.3	128.14	MOLTO CONSISTENTE	2.14	2.31	61.33	39.2	35.47	35.38
41	8.2	I-C	29.4	1.98	294	134.89	MOLTO CONSISTENTE	2.15	2.35	62.89	39.54	36	35.82
42	8.4	I-C	29.4	1.98	294	134.89	MOLTO CONSISTENTE	2.15	2.35	62.89	39.54	36	35.82
43	8.6	I-C	27.93	1.89	279.3	128.14	MOLTO CONSISTENTE	2.14	2.31	61.33	39.2	35.47	35.38
44	8.8	I-C	30.87	2.08	308.7	141.63	ESTREM. CONSISTENTE	2.18	2.4	64.38	39.86	36.52	36.26
45	9	I-C	32.34	2.18	323.4	148.38	ESTREM. CONSISTENTE	2.21	2.45	65.79	40.16	37.02	36.7
46	9.2	I-C	33.81	2.28	338.1	155.12	ESTREM. CONSISTENTE	2.25	2.5	67.15	40.45	37.52	37.14
47	9.4	I-C	39.69	2.68	396.9	182.1	ADDENSATO	2.5	2.5	72.12	41.43	39.4	38.91
48	9.6	I-C	35.28	2.38	352.8	161.87	ADDENSATO	2.29	2.5	68.45	40.72	38	37.58
49	9.8	I-C	36.75	2.48	367.5	168.61	ADDENSATO	2.35	2.5	69.71	40.97	38.48	38.03
50	10	I-C	39.69	2.68	396.9	182.1	ADDENSATO	2.5	2.5	72.12	41.43	39.4	38.91
51	10.2	I-C	44.1	2.98	441	202.33	ADDENSATO	2.5	2.5	75.6	41.98	40.72	40.23
52	10.4	I-C	48.51	3.27	485.1	222.56	ADDENSATO	2.5	2.5	79.13	42.37	41.97	41.55
53	10.6	I-C	60.27	4.07	602.7	276.52	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	90.36	42.66	45.07	45.08
54	10.8	I-C	55.86	3.77	558.6	256.29	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	85.67	42.68	43.95	43.76
55	11	I-C	52.92	3.57	529.2	242.8	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	82.9	42.61	43.17	42.88
56	11.2	I-C	55.86	3.77	558.6	256.29	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	85.67	42.68	43.95	43.76
57	11.4	I-C	52.92	3.57	529.2	242.8	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	82.9	42.61	43.17	42.88
58	11.6	I-C	54.39	3.67	543.9	249.54	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	84.26	42.66	43.56	43.32

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI

Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ³	t/m ³	%	(°)	(°)	(°)
1	1.0	I-C	10.0	0.7	100.0	45.9	RIPORTO	2.0	2.1	32.9	33.7	27.2	30.0
2	5.4	I-C	9.0	0.6	90.2	41.4	MODERAT. CONSISTENTE	1.9	2.0	29.8	33.2	26.3	29.7
3	9.2	I-C	25.5	1.7	255.3	117.1	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.3	58.0	38.5	34.5	34.7
4	11.6	I-C	48.0	3.2	480.2	220.3	ADDENSATO	2.5	2.5	79.1	42.1	41.7	41.4



PROVA P2 – Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020

Profondità prova CPT -9,20 m

Note: Falda non rilevata

**TABELLA VALORI DI RESISTENZA**

Prof. Strato (m)	Lettura Punta (kg/cm ²)	Lettura Laterale (kg/cm ²)	q _c (kg/cm ²)	f _s (kg/cm ²)	q _c /f _s Begemann (kg/cm ²)	f _s /q _c 100 (Schmertmann)
0.2	-	-	-	-	-	-
0.4	12	20	12.1	0.9	13.4	7.4
0.6	17	30	17.1	0.8	21.4	4.7
0.8	23	35	23.1	1.9	12.2	8.2
1.0	33	62	33.1	1.4	23.6	4.2
1.2	25	46	25.3	1.2	21.1	4.7
1.4	20	38	20.3	1.2	16.9	5.9
1.6	17	35	17.3	1.6	10.8	9.2
1.8	19	43	19.3	1.4	13.8	7.3
2.0	17	38	17.3	1.4	12.4	8.1
2.2	18	39	18.4	1.4	13.1	7.6
2.4	27	48	27.4	1.5	18.3	5.5
2.6	28	50	28.4	1.7	16.7	6.0
2.8	30	56	30.4	2.0	15.2	6.6
3.0	25	55	25.4	1.8	14.1	7.1
3.2	23	50	23.6	1.7	13.9	7.2
3.4	18	43	18.6	1.4	13.3	7.5
3.6	18	39	18.6	1.3	14.3	7.0
3.8	21	41	21.6	1.9	11.4	8.8
4.0	35	63	35.6	2.2	16.2	6.2
4.2	19	52	19.7	0.4	49.3	2.0
4.4	18	24	18.7	0.9	20.8	4.8
4.6	20	33	20.7	1.2	17.3	5.8
4.8	23	41	23.7	1.5	15.8	6.3
5.0	20	43	20.7	1.3	15.9	6.3
5.2	19	38	19.8	1.1	18.0	5.6
5.4	18	35	18.8	0.9	20.9	4.8
5.6	16	30	16.8	1.2	14.0	7.1
5.8	15	33	15.8	0.7	22.6	4.4
6.0	19	30	19.8	0.9	22.0	4.5
6.2	31	44	32.0	2.0	16.0	6.3
6.4	26	56	27.0	1.4	19.3	5.2
6.6	30	51	31.0	2.0	15.5	6.5
6.8	30	60	31.0	1.9	16.3	6.1
7.0	29	58	30.0	1.9	15.8	6.3
7.2	31	60	32.1	1.8	17.8	5.6
7.4	30	57	31.1	1.7	18.3	5.5
7.6	27	52	28.1	1.6	17.6	5.7
7.8	31	55	32.1	1.1	29.2	3.4
8.0	29	46	30.1	2.1	14.3	7.0
8.2	35	66	36.2	2.4	15.1	6.6
8.4	60	96	61.2	3.1	19.7	5.1
8.6	43	89	44.2	3.3	13.4	7.5
8.8	269	318	270.2	9.8	27.6	3.6
9.0	214	361	215.2	4.7	45.8	2.2
9.2	310	380	311.4	-	-	-

PROVA P2 – Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020

Profondità prova CPT -9,20 m

Note: Falda non rilevata

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**

Strato			Cu	Mo	Eu	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Φ	Ey	K
Nr.	Prof.	Tipo	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	t/m ³	t/m ³	%	(°)	Kg/cm ²	cm/s
1	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	0.4	C	0.60	36.30	61.00	128.50	-	1.89	1.97	-	-	-	-
3	0.6	I-C	0.90	51.30	86.00	158.70	-	1.95	2.03	83.17	33.05	34.2	-
4	0.8	C	1.20	69.30	116.00	190.70	-	2.00	2.08	-	-	-	-
5	1.0	I-C	1.60	99.30	165.00	237.60	-	2.06	2.14	83.75	32.02	66.2	-
6	1.2	I-C	1.30	75.90	126.00	201.60	-	2.01	2.09	66.88	29.49	50.6	-
7	1.4	C	1.00	60.90	101.00	176.20	-	1.97	2.05	-	-	-	-
8	1.6	C	0.90	51.90	86.00	159.80	-	1.95	2.03	-	-	-	-
9	1.8	C	1.00	57.90	96.00	170.90	-	1.96	2.04	-	-	-	-
10	2.0	C	0.80	51.90	86.00	159.80	-	1.95	2.03	-	-	-	-
11	2.2	C	0.90	55.20	92.00	165.90	-	1.96	2.04	-	-	-	-
12	2.4	C	1.30	82.20	137.00	211.70	-	2.02	2.10	-	-	-	-
13	2.6	C	1.40	85.20	142.00	216.30	-	2.03	2.11	-	-	-	-
14	2.8	C	1.50	91.20	152.00	225.50	-	2.04	2.12	-	-	-	-
15	3.0	C	1.20	76.20	127.00	202.10	-	2.01	2.09	-	-	-	-
16	3.2	C	1.20	70.80	118.00	193.20	-	2.00	2.08	-	-	-	-
17	3.4	C	0.90	55.80	93.00	167.00	-	1.96	2.04	-	-	-	-
18	3.6	C	0.90	55.80	93.00	167.00	-	1.95	2.03	-	-	-	-
19	3.8	C	1.00	64.80	108.00	183.00	-	1.98	2.06	-	-	-	-
20	4.0	C	1.70	106.80	178.00	248.40	-	2.07	2.15	-	-	-	-
21	4.2	I-C	0.90	59.10	99.00	173.00	-	1.96	2.04	18.11	21.29	39.4	-
22	4.4	C	0.90	56.10	94.00	167.60	-	1.95	2.03	-	-	-	-
23	4.6	C	1.00	62.10	104.00	178.30	-	1.97	2.05	-	-	-	-
24	4.8	C	1.10	71.10	119.00	193.70	-	2.00	2.08	-	-	-	-
25	5.0	C	1.00	62.10	104.00	178.30	-	1.97	2.05	-	-	-	-
26	5.2	C	0.90	59.40	99.00	173.50	-	1.96	2.04	-	-	-	-
27	5.4	C	0.90	56.40	94.00	168.10	-	1.95	2.03	-	-	-	-
28	5.6	C	0.80	50.40	84.00	157.00	-	1.93	2.01	-	-	-	-
29	5.8	I-C	0.70	47.40	79.00	151.20	-	1.92	2.00	-	18.61	31.6	-
30	6.0	I-C	0.90	59.40	99.00	173.50	-	1.96	2.04	8.14	19.52	39.6	-
31	6.2	C	1.50	96.00	160.00	232.70	-	2.05	2.13	-	-	-	-
32	6.4	C	1.30	81.00	135.00	209.80	-	2.02	2.10	-	-	-	-
33	6.6	C	1.50	93.00	155.00	228.20	-	2.04	2.12	-	-	-	-
34	6.8	C	1.50	93.00	155.00	228.20	-	2.04	2.12	-	-	-	-
35	7.0	C	1.40	90.00	150.00	223.70	-	2.03	2.11	-	-	-	-
36	7.2	C	1.50	96.30	160.00	233.10	-	2.05	2.13	-	-	-	-
37	7.4	C	1.50	93.30	156.00	228.70	-	2.04	2.12	-	-	-	-
38	7.6	C	1.30	84.30	141.00	214.90	-	2.02	2.10	-	-	-	-
39	7.8	I-C	1.50	96.30	160.00	233.10	-	2.04	2.12	18.4	20.51	64.2	-
40	8.0	C	1.40	90.30	151.00	224.20	-	2.03	2.11	-	-	-	-
41	8.2	C	1.70	108.60	181.00	250.90	-	2.07	2.15	-	-	-	-
42	8.4	I-C	3.00	91.80	306.00	345.80	-	2.16	2.24	39.87	23.2	122.4	-
43	8.6	C	2.10	132.60	221.00	283.50	-	2.10	2.18	-	-	-	-
44	8.8	I	-	405.30	-	856.90	-	2.41	2.49	92.79	30.02	540.4	-
45	9.0	I	-	322.80	-	745.60	-	2.37	2.45	83.71	28.8	430.4	-
46	9.2	I	-	467.10	-	934.50	-	2.43	2.51	96.51	30.43	622.8	-

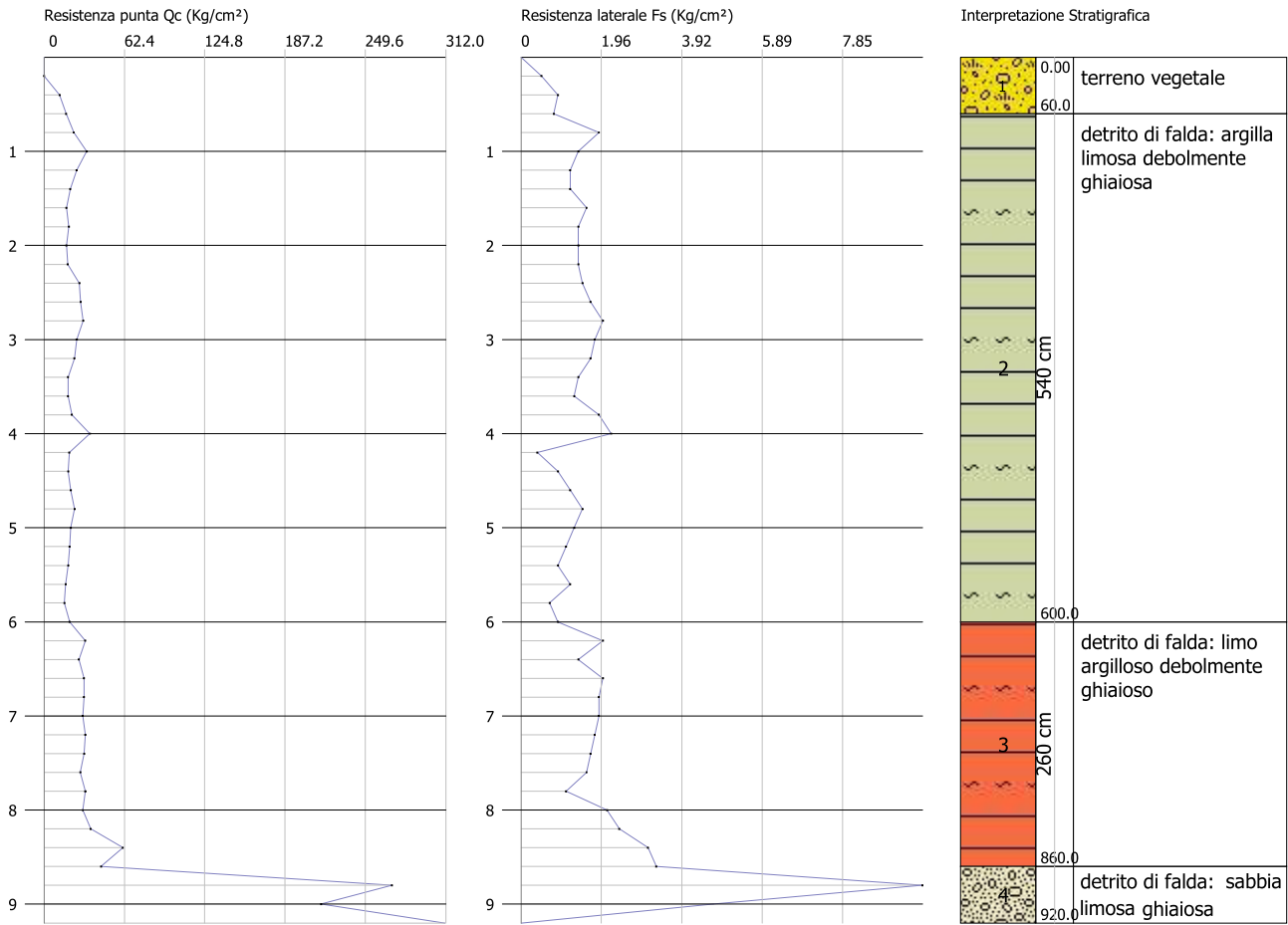
SINTESI STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Strato			Cu	Mo	Eu	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Φ	Ey	K
Nr.	Prof.	Tipo	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	t/m ³	t/m ³	%	(°)	Kg/cm ²	cm/s
1	0.6	I-C	0.75	43.80	73.50	143.60	-	1.92	2.00	83.17	33.05	34.20	-
2	6.0	C	1.07	66.47	110.78	184.85	-	1.98	2.06	-	-	-	-
3	8.6	C	1.63	95.88	171.62	241.29	-	2.05	2.13	-	-	-	-
4	9.2	I	-	398.40	-	845.67	-	2.40	2.48	91.00	29.75	531.20	-

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato PAGANI TG 63 (200 kN)

Committente: Agenzia del Demanio - Dott.Geol. Stronati
Cantiere: Ex Caserma dei Carabinieri
Località: Fiastra (MC)

Data: 06/05/2020
Pag. 1 Scala 1:80



PROVA P3- Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020
Profondità prova DPSH -10,00 m
Note: Falda non rilevata

**TABELLA VALORI DI RESISTENZA**

Prof. Strato (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. Dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.2	1.00	0.855	8.98	10.51	0.45	0.53
0.4	2.00	0.851	17.88	21.01	0.89	1.05
0.6	2.00	0.847	16.34	19.29	0.82	0.96
0.8	2.00	0.843	16.27	19.29	0.81	0.96
1.0	2.00	0.840	16.20	19.29	0.81	0.96
1.2	3.00	0.836	24.19	28.93	1.21	1.45
1.4	3.00	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.6	3.00	0.830	22.18	26.73	1.11	1.34
1.8	3.00	0.826	22.09	26.73	1.10	1.34
2.0	3.00	0.823	22.01	26.73	1.10	1.34
2.2	4.00	0.820	29.23	35.64	1.46	1.78
2.4	3.00	0.817	21.84	26.73	1.09	1.34
2.6	4.00	0.814	26.97	33.13	1.35	1.66
2.8	4.00	0.811	26.88	33.13	1.34	1.66
3.0	5.00	0.809	33.49	41.41	1.67	2.07
3.2	5.00	0.806	33.38	41.41	1.67	2.07
3.4	5.00	0.803	33.27	41.41	1.66	2.07
3.6	3.00	0.801	18.59	23.21	0.93	1.16
3.8	3.00	0.798	18.53	23.21	0.93	1.16
4.0	4.00	0.796	24.63	30.94	1.23	1.55
4.2	3.00	0.794	18.42	23.21	0.92	1.16
4.4	3.00	0.791	18.37	23.21	0.92	1.16
4.6	4.00	0.789	22.91	29.03	1.15	1.45
4.8	4.00	0.787	22.85	29.03	1.14	1.45
5.0	3.00	0.785	17.09	21.77	0.85	1.09
5.2	4.00	0.783	22.73	29.03	1.14	1.45
5.4	5.00	0.781	28.34	36.28	1.42	1.81
5.6	6.00	0.779	31.95	41.00	1.60	2.05
5.8	4.00	0.777	21.25	27.34	1.06	1.37
6.0	4.00	0.775	21.20	27.34	1.06	1.37
6.2	5.00	0.774	26.44	34.17	1.32	1.71
6.4	5.00	0.772	26.38	34.17	1.32	1.71
6.6	5.00	0.770	24.87	32.29	1.24	1.61
6.8	5.00	0.769	24.82	32.29	1.24	1.61
7.0	5.00	0.767	24.77	32.29	1.24	1.61
7.2	9.00	0.766	44.50	58.12	2.22	2.91
7.4	5.00	0.764	24.67	32.29	1.23	1.61
7.6	6.00	0.763	28.01	36.73	1.40	1.84
7.8	8.00	0.761	37.28	48.97	1.86	2.45
8.0	8.00	0.760	37.21	48.97	1.86	2.45
8.2	9.00	0.759	41.79	55.09	2.09	2.75
8.4	16.00	0.707	69.26	97.93	3.46	4.90
8.6	14.00	0.706	57.50	81.44	2.87	4.07
8.8	12.00	0.755	52.68	69.81	2.63	3.49
9.0	12.00	0.753	52.60	69.81	2.63	3.49
9.2	16.00	0.702	65.37	93.08	3.27	4.65
9.4	13.00	0.701	53.02	75.62	2.65	3.78
9.6	25.00	0.650	90.06	138.56	4.50	6.93
9.8	39.00	0.549	118.63	216.15	5.93	10.81
10.0	50.00	0.548	151.78	277.12	7.59	13.86

PROVA P3- Ex Caserma dei Carabinieri - Comune di Fiastra (MC)

Prova eseguita in data 30/04/2020

Profondità prova DPSH -10,00 m

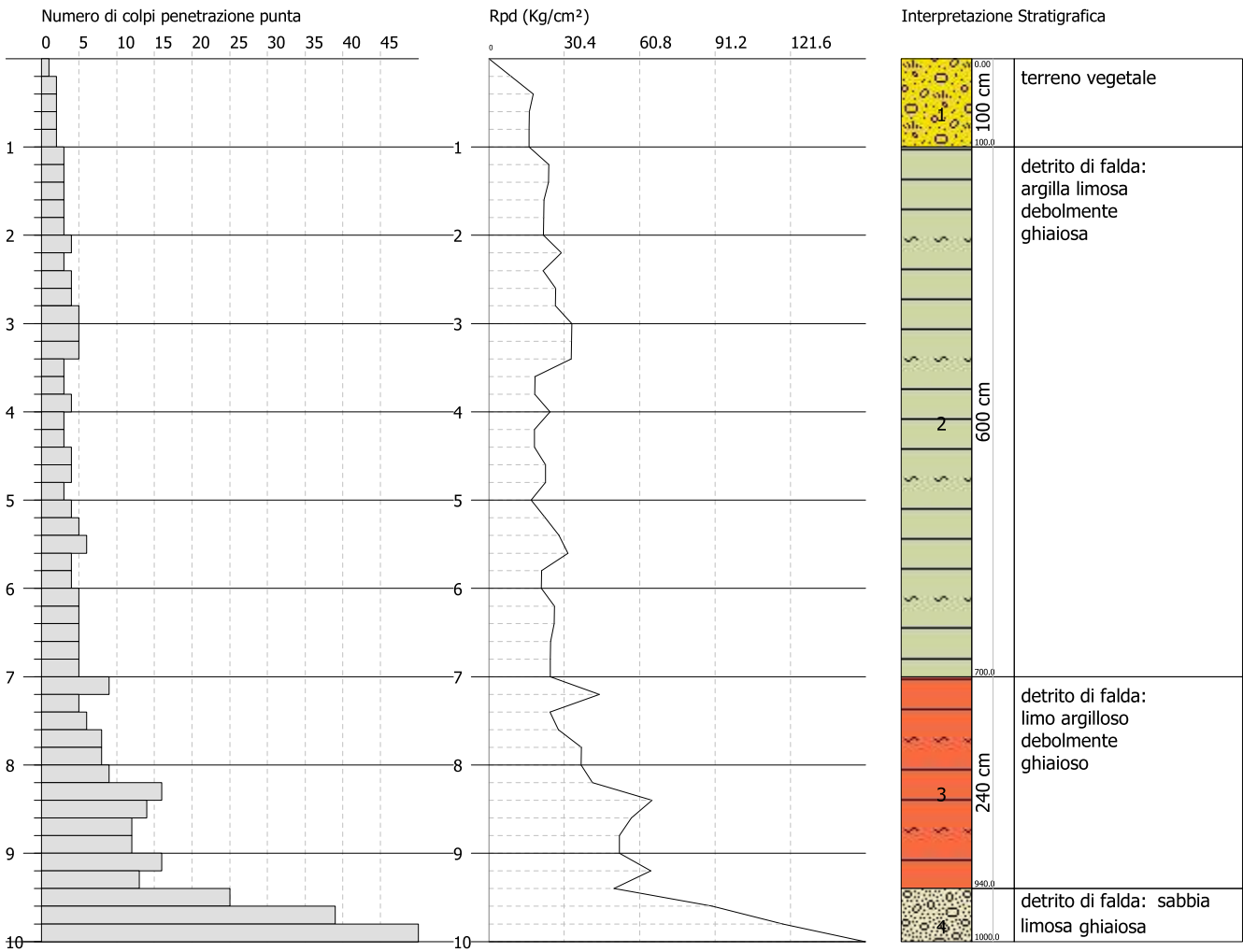
Note: Falda non rilevata


STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ³	t/m ³	%	(°)	(°)	(°)
1	0.2	I-C	1.47	0.09	14.7	6.74	PRIVO DI CONSISTENZA	1.52	1.85	10.79	30.14	19.7	27.44
2	0.4	I-C	2.94	0.18	29.4	13.49	POCO CONSISTENTE	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
3	0.6	I-C	2.94	0.18	29.4	13.49	POCO CONSISTENTE	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
4	0.8	I-C	2.94	0.18	29.4	13.49	POCO CONSISTENTE	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
5	1	I-C	2.94	0.18	29.4	13.49	POCO CONSISTENTE	1.63	1.86	15.13	30.79	21.64	27.88
6	1.2	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
7	1.4	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
8	1.6	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
9	1.8	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
10	2	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
11	2.2	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
12	2.4	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
13	2.6	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
14	2.8	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
15	3	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
16	3.2	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
17	3.4	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
18	3.6	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
19	3.8	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
20	4	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
21	4.2	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
22	4.4	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
23	4.6	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
24	4.8	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
25	5	I-C	4.41	0.28	44.1	20.23	MODERAT. CONSISTENTE	1.72	1.87	19.24	31.42	23.13	28.32
26	5.2	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
27	5.4	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
28	5.6	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
29	5.8	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
30	6	I-C	5.88	0.37	58.8	26.98	MODERAT. CONSISTENTE	1.81	1.89	23.14	32.04	24.39	28.76
31	6.2	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
32	6.4	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
33	6.6	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
34	6.8	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
35	7	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
36	7.2	I-C	13.23	0.89	132.3	60.7	CONSISTENTE	2.04	2.24	39.69	34.86	29.09	30.97
37	7.4	I-C	7.35	0.46	73.5	33.72	MODERAT. CONSISTENTE	1.87	1.9	26.83	32.63	25.5	29.2
38	7.6	I-C	8.82	0.6	88.2	40.47	CONSISTENTE	1.93	2.12	30.33	33.22	26.5	29.65
39	7.8	I-C	11.76	0.79	117.6	53.96	CONSISTENTE	2.01	2.21	36.75	34.33	28.28	30.53
40	8	I-C	11.76	0.79	117.6	53.96	CONSISTENTE	2.01	2.21	36.75	34.33	28.28	30.53
41	8.2	I-C	13.23	0.89	132.3	60.7	CONSISTENTE	2.04	2.24	39.69	34.86	29.09	30.97
42	8.4	I-C	23.52	1.59	235.2	107.91	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.18	56.1	38.08	33.78	34.06
43	8.6	I-C	20.58	1.39	205.8	94.42	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.11	52.08	37.24	32.57	33.17
44	8.8	I-C	17.64	1.19	176.4	80.93	MOLTO CONSISTENTE	2.09	2.3	47.56	36.34	31.27	32.29
45	9	I-C	17.64	1.19	176.4	80.93	MOLTO CONSISTENTE	2.09	2.3	47.56	36.34	31.27	32.29
46	9.2	I-C	23.52	1.59	235.2	107.91	MOLTO CONSISTENTE	2.11	2.18	56.1	38.08	33.78	34.06
47	9.4	I-C	19.11	1.29	191.1	87.68	MOLTO CONSISTENTE	2.1	2.31	49.89	36.8	31.93	32.73
48	9.6	I-C	36.75	2.48	367.5	168.61	ADDENSATO	2.35	2.5	69.71	40.97	38.48	38.03
49	9.8	I-C	57.33	3.87	573.3	263.03	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	87.15	42.69	44.32	44.2
50	10	I-C	73.5	4.96	735	337.22	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	100	41.67	48.2	49.05

SINTESI PARAMETRI GEOTECNICI

Strato			Nspt	Cu	Ey	Mo	Classificazione	Puv	PuvS	Dr	Φ ₁	Φ ₂	Φ ₃
Nr.	Prof.	Tipo	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ³	t/m ³	%	(°)	(°)	(°)
1	1.0	I-C	2.6	0.2	26.5	12.1	TERRENO VEGETALE	1.6	1.9	14.3	30.7	21.3	27.8
2	7.0	I-C	5.9	0.4	58.8	27.0	POCO CONSISTENTE	1.8	1.9	23.1	32.0	24.3	28.8
3	9.4	I-C	15.7	1.1	156.8	71.9	CONSISTENTE	2.0	2.2	43.3	35.6	30.1	31.7
4	10.0	I-C	55.9	3.8	558.6	256.3	MOLTO ADDENSATO	2.5	2.5	85.6	41.8	43.7	43.8





Verbale d'accettazione N. 064/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS1** Profondità di prelievo: da m **2,50** a m **2,80**

SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata)	n.d.
Tipo contenitore	Sacchetto in plastica
Data di apertura del campione	05/06/20
Classe di Qualità Eurocodice 7	3

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	w_n	%	20,2
Massa volumica granuli solidi	ρ_s	[Mg/m ³]	-
Massa volumica naturale	ρ_n	[Mg/m ³]	2,22

Prove eseguite

- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Contenuto acqua
- 4) Massa volumica (misure lineari)

- 5) Limiti di Atterberg (Casagrande)
- 6) Compressione ELL
- 7)
- 8)

DESCRIZIONE

Ghiaia argilloso limoso sabbiosa marrone chiaro , plastica con ciottoli anche centimetrici e prevalentemente subarrotondati .

Note: -

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo S.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

Web: www.technogeo.it

LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

e-mail: info@technogeo.it - Pec: info@pec.technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Certificato N.	063 /1	del 11/06/20
Verbale d'accettazione N. 064/GT del 04/06/20		

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS1** Profondità di prelievo: da m **2,50** a m **2,80**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA
(UNI EN ISO 17892-1)

Data della prova da: 05/06/20 a: 08/06/20

m ₁	Massa campione umido	[g]	1140,62
m ₂	Massa campione secco	[g]	949,13
w	Contenuto in acqua	%	20,2

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta di Technogeo Srl.

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo s.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

Web: www.technogeo.it

LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

e-mail: info@technogeo.it - Pec: info@pec.technogeo.it

A.I.L.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Rapporto di prova N. 063 /2 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 064/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS1** Profondità di prelievo: da m **2,50** a m **2,80**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE
(UNI EN ISO 17892-2)
(Metodo delle misure lineari)

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

m	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	2120,96
V	Volume della fustella	[cm ³]	953,35
w_n	Contenuto in acqua del provino (UNI EN ISO 17892-1)	%	20,2
ρ	Massa volumica in condizioni di umidità naturale	[Mg/m ³]	2,22
ρ_d	Massa volumica essiccata	[Mg/m ³]	1,85

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi



technogeo S.r.l.

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

Web: www.technogeo.it

LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

e-mail: info@technogeo.it - Pec: info@pec.technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Certificato N. 063 /3 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 064/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

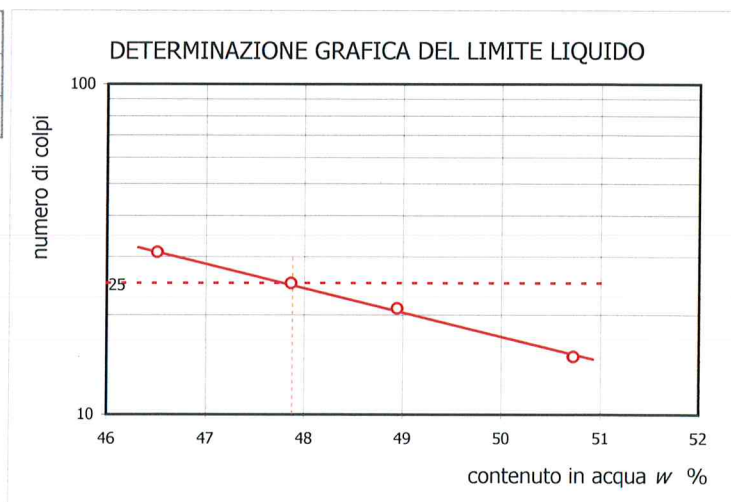
Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS1** Profondità di prelievo: da m **2,50** a m **2,80**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

**DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA
METODO CASAGRANDE
(ASTM D4318-05)**

Data della prova da: 09/06/20 a: 10/06/20

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	31	25	21	15	-	-
Massa del provino umido [g]	28,95	30,49	32,41	31,32	5,16	5,05
Massa del provino asciutto [g]	19,76	20,62	21,76	20,78	4,30	4,20
Contenuto in acqua w %	46,5	47,9	48,9	50,7	20,0	20,2

LIMITE LIQUIDO WL	%	48
LIMITE PLASTICO WP	%	20
INDICE PLASTICO IP	%	28



Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

Rapporto di prova N. 063 / 4 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 064/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS1**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **2,50** a m **2,80**

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE (UNI EN ISO 17892-7)

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

Tempo di rottura [min.]	5,5
-------------------------	-----

Prova eseguita su campione: ☐ indisturbato ☒ rimaneggiato

Dati sperimentali della fase di compressione

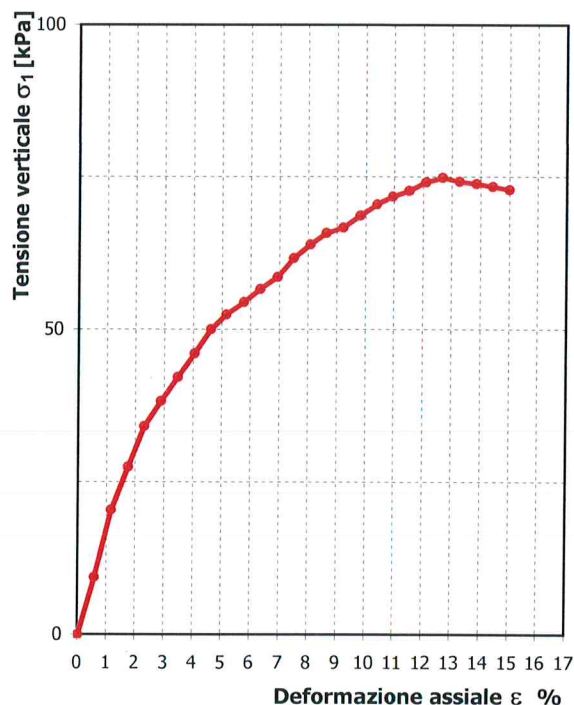
ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1
%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]
0,0	0,0	14,4	73,4	-	-	-	-
0,6	9,4	15,0	72,9	-	-	-	-
1,1	20,4	-	-	-	-	-	-
1,7	27,5	-	-	-	-	-	-
2,3	34,2	-	-	-	-	-	-
2,9	38,3	-	-	-	-	-	-
3,4	42,2	-	-	-	-	-	-
4,0	46,0	-	-	-	-	-	-
4,6	50,0	-	-	-	-	-	-
5,1	52,4	-	-	-	-	-	-
5,7	54,5	-	-	-	-	-	-
6,3	56,6	-	-	-	-	-	-
6,9	58,6	-	-	-	-	-	-
7,5	61,7	-	-	-	-	-	-
8,1	63,9	-	-	-	-	-	-
8,6	65,8	-	-	-	-	-	-
9,2	66,7	-	-	-	-	-	-
9,8	68,7	-	-	-	-	-	-
10,4	70,5	-	-	-	-	-	-
10,9	71,8	-	-	-	-	-	-
11,5	72,8	-	-	-	-	-	-
12,1	74,2	-	-	-	-	-	-
12,7	74,9	-	-	-	-	-	-
13,2	74,3	-	-	-	-	-	-
13,8	73,9	-	-	-	-	-	-

FOTO ROTTURA PROVINO



Dati iniziali del provino

Diametro [mm]	84,5
Altezza [mm]	170
Sezione [mm ²]	5608
Contenuto in acqua (w) %	20,4
Massa volumica a umidità naturale (ρ) [Mg/m ³]	2,22



Note: -

Lo sperimentatore
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE

UNI EN ISO 17892-7

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

DATI PROVINO		
Diametro provino	[mm]	84,5
Altezza iniziale del provino	[mm]	170,0
Sezione iniziale del provino	[mm ²]	5607,9
Massa provino umido iniziale	[g]	2120,96
Contenuto in acqua iniziale	%	20,4
Massa volumica iniziale umida	[Mg/m ³]	2,22
Massa volumica iniziale secca	[Mg/m ³]	1,84

SINTESI DEI RISULTATI		
Resistenza a compressione non confinata (q_u)	[kPa]	75
Deformazione assiale a rottura (ϵ)	%	13
Resistenza al taglio non drenata (C_u)	[kPa]	38
Modulo di Young non drenato (E) 50%	[kPa]	1369

Velocità di deformazione-	[mm/min.]	4,00
---------------------------	-----------	------



Verbale d'accettazione N. 065/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS2**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **3,80** a m **4,00**

SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata)	n.d.
Tipo contenitore	Sacchetto in plastica
Data di apertura del campione	05/06/20
Classe di Qualità Eurocodice 7	3

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	W_n	%	-
Massa volumica granuli solidi	ρ_s	[Mg/m ³]	-
Massa volumica naturale	ρ_n	[Mg/m ³]	-

Prove eseguite

- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Granulometria per sedimentazione
- 4)

- 5)
- 6)
- 7)
- 8)

DESCRIZIONE

Ghiaia con argilla sabbioso limosa marrone rossastra . Presenza di resti carboniosi e i ciottoli si presentano prevalentemente di natura carbonatica

Note: -

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. *Ermanno Librandi*

Certificato N. 064 /1 del 11/06/20
Verbale d'accettazione N. 0065/GT del 04/06/20
Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**
Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS2**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **3,80** a m **4,00**

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Data della prova da: **08/06/20**

a: **10/06/20**

SETACCIATURA	Setacci ISO	Trattenuto	Passante
	[mm]	[g]	%
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	31,5	0,00	100,0
	16,0	41,94	95,5
	11,2	61,14	89,0
	8,00	48,96	83,8
	6,30	47,79	78,7
	4,00	64,41	71,8
	2,00	61,44	65,2
	1,00	47,40	60,1
	0,400	52,14	54,6
	0,250	21,96	52,2
	0,125	50,16	46,9
	0,063	33,63	43,3

SEDIMENTAZIONE (Met. densimetrico)	Diametro equivalente dei grani	Passante
	[mm]	%
	0,0642	44,3
	0,0456	42,8
	0,0324	41,3
	0,0231	39,9
	0,0164	38,4
	0,0086	35,4
	0,0061	32,5
	0,0044	29,5
	0,0022	26,6
	0,0013	23,6
	-	-
	-	-
	-	-
	-	-

Massa secca provino [g] 936,06
Massa volumica dei granuli ρ_s 2,65 [Mg/m³]

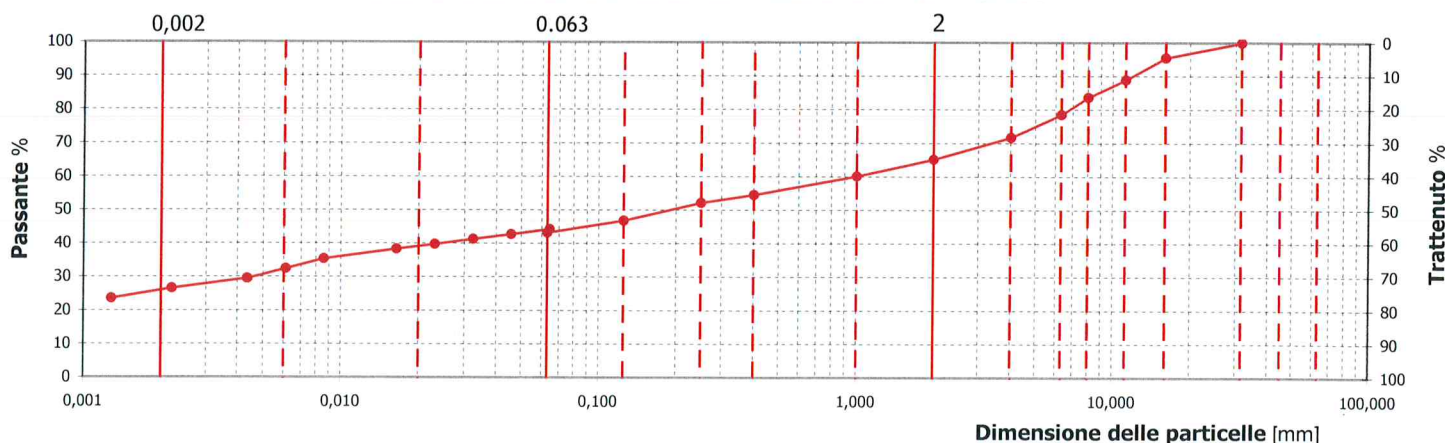
Valore determinato (metodo del picnometro)

Densimetro tipo ASTM - AASHTO N° 151 H

Metodo usato: ☒ umido ☐ asciutto

Limiti granulometrici	
Argilla	< 0.002
Limo	da 0.002 a 0.063
Sabbia	da 0.063 a 2
Ghiaia	> di 2

Frazioni granulometriche		
Argilla	26,57	%
Limo	16,70	%
Sabbia	21,93	%
Ghiaia	34,79	%

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA DELLE PARTICELLE


Note:

Lo sperimentatore
Dott. Luca Sibini

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi



Verbale d'accettazione N. 066/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS3**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **8,00** a m **8,30**

SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata)	n.d.
Tipo contenitore	Sacchetto in plastica
Data di apertura del campione	05/06/20
Classe di Qualità Eurocodice 7	3

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	w_n	%	-
Massa volumica granuli solidi	ρ_s	[Mg/m ³]	-
Massa volumica naturale	ρ_n	[Mg/m ³]	-

Prove eseguite

- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Granulometria per sedimentazione
- 4)

- 5)
- 6)
- 7)
- 8)

DESCRIZIONE

Ghiaia argillosa limoso sabbiosa marrone rossastra con ciottoli di natura prevalentemente carbonatica e presenza di resti carboniosi.

Note: -

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi

Certificato N. 065 /1 del 11/06/20
Verbale d'accettazione N. 0066/GT del 04/06/20
Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**
Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS3**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **8,00** a m **8,30**

DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE (UNI EN ISO 17892-4)

Data della prova da: **08/06/20**

a: **10/06/20**

SETACCIATURA	Setacci ISO	Trattenuto	Passante
	[mm]	[g]	%
	-	-	-
	-	-	-
	-	-	-
	31,5	0,00	100,0
	16,0	46,95	95,4
	11,2	53,79	90,1
	8,00	104,43	79,8
	6,30	80,28	71,9
	4,00	92,13	62,8
	2,00	94,86	53,5
	1,00	48,63	48,7

SEDIMENTAZIONE (Met. densimetrico)	Diametro equivalente dei grani	Passante
	[mm]	%
	0,0656	36,1
	0,0466	34,7
	0,0331	33,3
	0,0235	31,9
	0,0168	29,1
	0,0088	26,3
	0,0063	23,6
	0,0045	20,8
	0,0023	18,0
	0,0013	15,3
	-	-

Massa secca provino [g] 1015,32
Massa volumica dei granuli ρ_s 2,65 [Mg/m³]

Valore assunto

Densimetro tipo ASTM - AASHTO N° 151 H

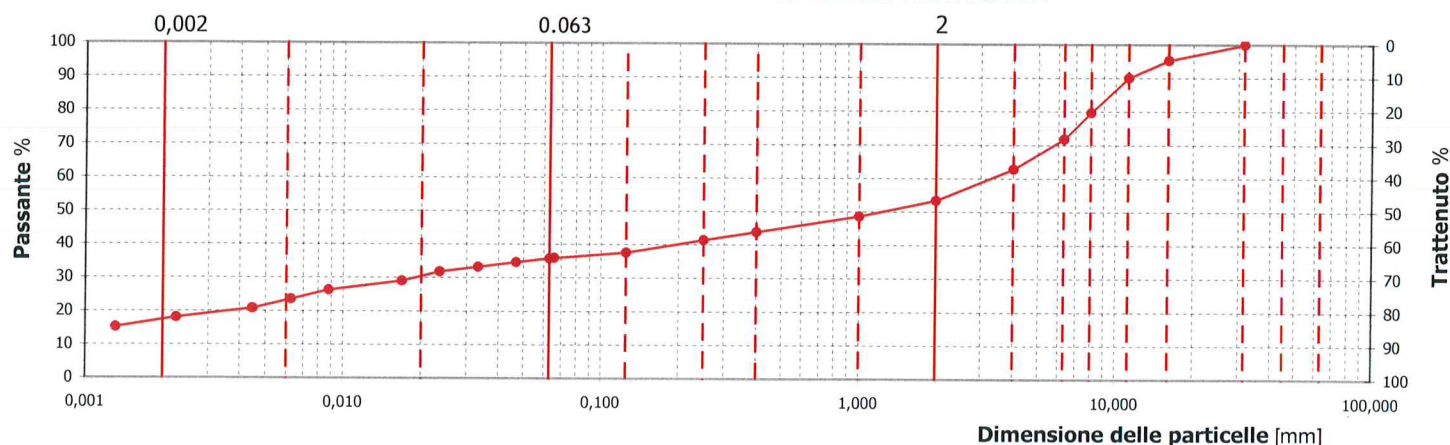
Metodo usato: ☒ umido ☐ asciutto

Limiti granulometrici

Argilla	< 0.002
Limo	da 0.002 a 0.063
Sabbia	da 0.063 a 2
Ghiaia	> di 2

Frazioni granulometriche

Argilla	18,02	%
Limo	17,83	%
Sabbia	17,61	%
Ghiaia	46,53	%

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA DELLE PARTICELLE


Note:

Lo sperimentatore
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi



Verbale d'accettazione N. 067/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS4**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **11,40** a m **11,70**

SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata)	n.d.
Tipo contenitore	Sacchetto in plastica
Data di apertura del campione	05/06/20
Classe di Qualità Eurocodice 7	3

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	w_n	%	20,2
Massa volumica granuli solidi	ρ_s	[Mg/m ³]	-
Massa volumica naturale	ρ_n	[Mg/m ³]	2,07

Prove eseguite

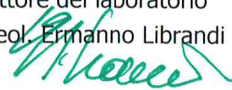
- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Contenuto acqua
- 4) Massa volumica (misure lineari)

- 5) Limiti di Atterberg (Casagrande)
- 6) Compressione ELL
- 7)
- 8)

DESCRIZIONE

Ghiaia argilloso limoso sabbiosa marrone chiaro, plastica con ciottoli subarrotondati di dimensioni anche centimetriche.

Note: -

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol.  Ermanno Librandi



technogeo s.r.l

Via Cluana, 10 - 62010 MONTECOSARO (MC)

Tel. 0733/566421

Partita IVA e Codice Fiscale 00361380439

C.C.I.A.A. Macerata 85918

Web: www.technogeo.it

LABORATORIO PROVE GEOTECNICHE

Autorizzazione per l'esecuzione e certificazione di prove su terre (Settore A) ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001. (Estensioni: Taglio torsionale, Prova di piastra, Prova di densità in sito, Prova di carico su pali, Prova CBR in sito).

e-mail: info@technogeo.it - Pec: info@pec.technogeo.it

A.L.I.G. - ASSOCIAZIONE LABORATORI DI INGEGNERIA E GEOTECNICA

Certificato N. 066 /1 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 067/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS4** Profondità di prelievo: da m **11,40** a m **11,70**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA
(UNI EN ISO 17892-1)

Data della prova da: 05/06/20 a: 08/06/20

m ₁	Massa campione umido	[g]	1856,36
m ₂	Massa campione secco	[g]	1544,28
w	Contenuto in acqua	%	20,2

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta di Technogeo Srl.

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

**Rapporto di prova N. 066 /2 del 11/06/20**

Verbale d'accettazione N. 067/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS4** Profondità di prelievo: da m **11,40** a m **11,70**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE
(UNI EN ISO 17892-2)
(Metodo delle misure lineari)

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

m	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	1780,21
V	Volume della fustella	[cm ³]	858,01
w_n	Contenuto in acqua del provino (UNI EN ISO 17892-1)	%	20,2
ρ	Massa volumica in condizioni di umidità naturale	[Mg/m ³]	2,07
ρ_d	Massa volumica essiccata	[Mg/m ³]	1,73

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

**Certificato N. 066 /3 del 11/06/20**

Verbale d'accettazione N. 067/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

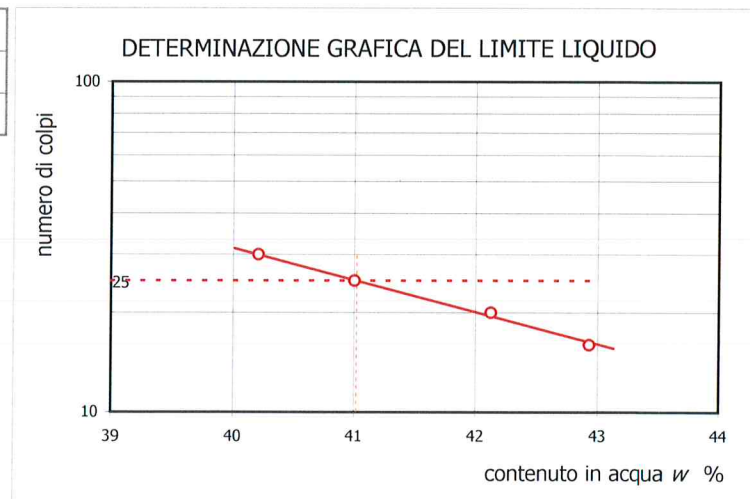
Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS4** Profondità di prelievo: da m **11,40** a m **11,70**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA METODO CASAGRANDE (ASTM D4318-05)

Data della prova da: 09/06/20 a: 10/06/20

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	-	30	25	20	-	-
Massa del provino umido [g]	31,28	32,43	34,82	33,76	4,62	4,54
Massa del provino asciutto [g]	22,31	23,00	24,50	23,62	3,94	3,88
Contenuto in acqua w %	40,2	41,0	42,1	42,9	17,3	17,0

LIMITE LIQUIDO WL	%	41
LIMITE PLASTICO WP	%	17
INDICE PLASTICO IP	%	24



Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Nibrandi

Rapporto di prova N. 066 /4 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 067/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS4**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **11,40** a m **11,70**

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE (UNI EN ISO 17892-7)

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 09/06/20 a: 10/06/20

Tempo di rottura [min.]	4,0
-------------------------	-----

Prova eseguita su campione: ☐ indisturbato ☒ rimaneggiato

Dati sperimentali della fase di compressione

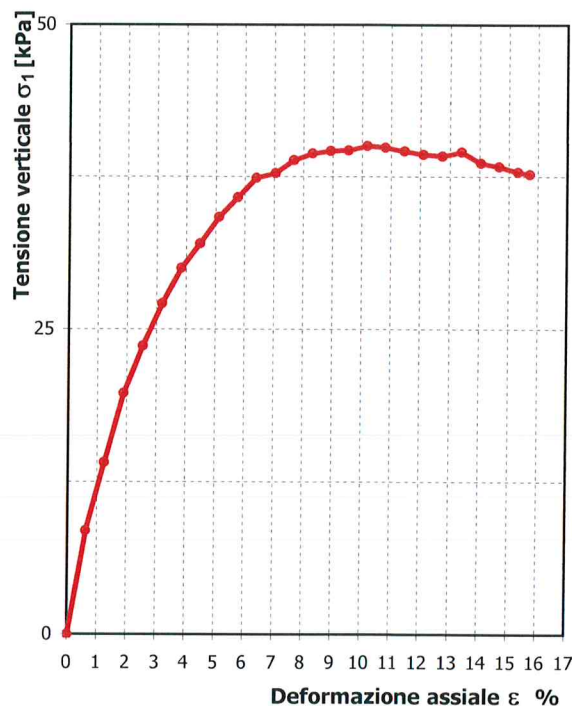
ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1
%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]
0,0	0,0	15,7	37,7	-	-	-	-
0,6	8,5	-	-	-	-	-	-
1,2	14,1	-	-	-	-	-	-
1,9	19,8	-	-	-	-	-	-
2,5	23,6	-	-	-	-	-	-
3,2	27,1	-	-	-	-	-	-
3,8	30,0	-	-	-	-	-	-
4,5	32,0	-	-	-	-	-	-
5,1	34,2	-	-	-	-	-	-
5,7	35,8	-	-	-	-	-	-
6,4	37,4	-	-	-	-	-	-
7,0	37,8	-	-	-	-	-	-
7,7	38,9	-	-	-	-	-	-
8,3	39,4	-	-	-	-	-	-
8,9	39,6	-	-	-	-	-	-
9,5	39,7	-	-	-	-	-	-
10,2	40,0	-	-	-	-	-	-
10,8	39,9	-	-	-	-	-	-
11,5	39,6	-	-	-	-	-	-
12,1	39,3	-	-	-	-	-	-
12,7	39,2	-	-	-	-	-	-
13,4	39,5	-	-	-	-	-	-
14,0	38,6	-	-	-	-	-	-
14,7	38,3	-	-	-	-	-	-
15,3	37,9	-	-	-	-	-	-

FOTO ROTTURA PROVINO



Dati iniziali del provino

Diametro [mm]	84,5
Altezza [mm]	153
Sezione [mm ²]	5608
Contenuto in acqua (w) %	20,3
Massa volumica a umidità naturale (ρ) [Mg/m ³]	2,07



Note: -

Lo sperimentatore
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE

UNI EN ISO 17892-7

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 09/06/20 a: 10/06/20

DATI PROVINO		
Diametro provino	[mm]	84,5
Altezza iniziale del provino	[mm]	153,0
Sezione iniziale del provino	[mm ²]	5607,9
Massa provino umido iniziale	[g]	1780,21
Contenuto in acqua iniziale	%	20,3
Massa volumica iniziale umida	[Mg/m ³]	2,07
Massa volumica iniziale secca	[Mg/m ³]	1,72

SINTESI DEI RISULTATI		
Resistenza a compressione non confinata (q_u)	[kPa]	40
Deformazione assiale a rottura (ε)	%	11
Resistenza al taglio non drenata (C_u)	[kPa]	20
Modulo di Young non drenato (E) 50%	[kPa]	1015

Velocità di deformazione-	[mm/min.]	4,00
---------------------------	-----------	------



Verbale d'accettazione N. 068/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS5**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **14,00** a m **14,20**

SCHEDA CAMPIONE

Tipo di perforazione (dichiarata)	n.d.
Tipo contenitore	Sacchetto in plastica
Data di apertura del campione	05/06/20
Classe di Qualità Eurocodice 7	3

SINTESI DELLE CARATTERISTICHE FISICHE E VOLUMETRICHE			
Contenuto in acqua	w_n	%	21,6
Massa volumica granuli solidi	ρ_s	[Mg/m ³]	-
Massa volumica naturale	ρ_n	[Mg/m ³]	2,05

Prove eseguite

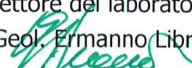
- 1) Apertura campione rimaneggiato
- 2) Descrizione ed identificazione campione
- 3) Contenuto acqua
- 4) Massa volumica (misure lineari)

- 5) Limiti di Atterberg (Casagrande)
- 6) Compressione ELL
- 7)
- 8)

DESCRIZIONE

Ghiaia argilloso limoso sabbiosa marrone rossastra, plastica con ciottoli subarrotondati e di dimensioni centimetriche.

Note: -

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol.  Ermanno Librandi

**Certificato N. 067 /1 del 11/06/20**

Verbale d'accettazione N. 068/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS5** Profondità di prelievo: da m **14,00** a m **14,20**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

**DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO IN ACQUA
(UNI EN ISO 17892-1)**

Data della prova da: 05/06/20 a: 08/06/20

m ₁	Massa campione umido	[g]	1111,58
m ₂	Massa campione secco	[g]	913,80
w	Contenuto in acqua	%	21,6

Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente senza l'approvazione scritta di Technogeo Srl.

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

**Rapporto di prova N. 067 /2 del 11/06/20**

Verbale d'accettazione N. 068/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**Sondaggio n.: **S1**Data di prelievo: **29/04/20**Campione n.: **CRS5**Profondità di prelievo: da m **14,00** a m **14,20**Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica****MASSA VOLUMICA DEI TERRENI A GRANA FINE
(UNI EN ISO 17892-2)
(Metodo delle misure lineari)**

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

m	Massa del provino in condizioni di umidità naturale	[g]	1760,36
V	Volume della fustella	[cm ³]	858,01
w_n	Contenuto in acqua del provino (UNI EN ISO 17892-1)	%	21,6
ρ	Massa volumica in condizioni di umidità naturale	[Mg/m ³]	2,05
ρ_d	Massa volumica essiccata	[Mg/m ³]	1,69

Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

**Certificato N. 067 /3 del 11/06/20**

Verbale d'accettazione N. 068/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

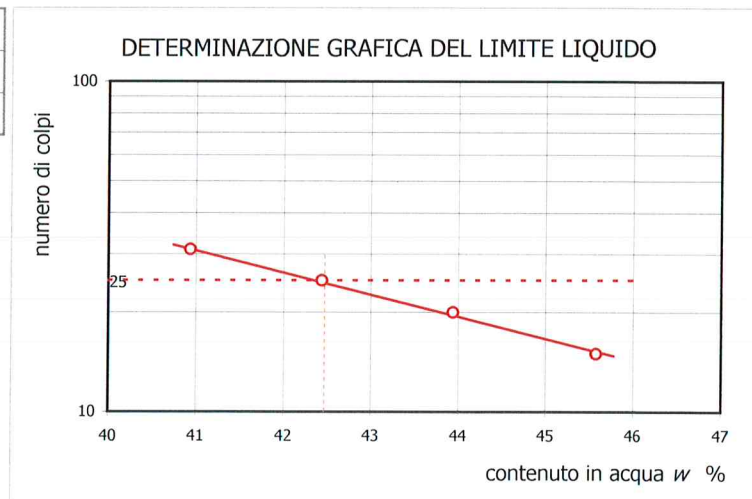
Sondaggio n.: **S1** Data di prelievo: **29/04/20**
Campione n.: **CRS5** Profondità di prelievo: da m **14,00** a m **14,20**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

DETERMINAZIONE DEI LIMITI DI CONSISTENZA METODO CASAGRANDE (ASTM D4318-05)

Data della prova da: 09/06/20 a: 10/06/20

	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
Determinazione n.	1	2	3	4	1	2
Numero dei colpi	31	25	20	15	-	-
Massa del provino umido [g]	32,09	34,27	30,73	29,93	5,13	4,97
Massa del provino asciutto [g]	22,77	24,06	21,35	20,56	4,37	4,23
Contenuto in acqua w %	40,9	42,4	43,9	45,6	17,4	17,5

LIMITE LIQUIDO WL	%	42
LIMITE PLASTICO WP	%	17
INDICE PLASTICO IP	%	25



Note: -

Lo sperimentatore

Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio

Dott. Geol. Ermanno Librandi

Rapporto di prova N. 067 /4 del 11/06/20

Verbale d'accettazione N. 068/GT del 04/06/20

Dati dichiarati nella richiesta di prove:

Committente: **AGENZIA DEL DEMANIO**
Progetto/Opera: **EX CASERMA DEI CARABINIERI**
Località prelievo campioni: **FIASTRA (MC)**

Sondaggio n.: **S1**
Campione n.: **CRS5**
Tipo di contenitore: **Sacchetto in plastica**

Data di prelievo: **29/04/20**
Profondità di prelievo: da m **14,00** a m **14,20**

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE (UNI EN ISO 17892-7)

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

Tempo di rottura [min.]	6,8
-------------------------	-----

Prova eseguita su campione: ☐ indisturbato ☒ rimaneggiato

Dati sperimentali della fase di compressione

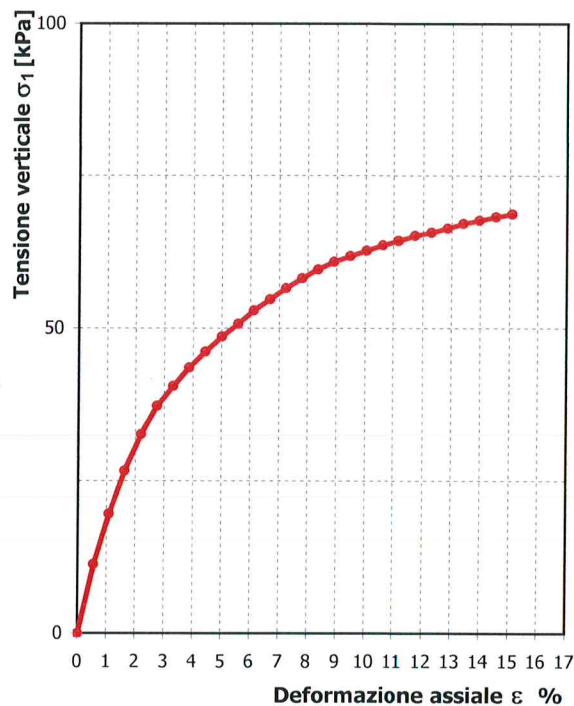
ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1	ε	σ_1
%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]	%	[kPa]
0,0	0,0	13,9	67,7	-	-	-	-
0,5	11,4	14,5	68,3	-	-	-	-
1,1	19,6	15,1	68,8	-	-	-	-
1,6	26,7	-	-	-	-	-	-
2,2	32,6	-	-	-	-	-	-
2,7	37,3	-	-	-	-	-	-
3,3	40,5	-	-	-	-	-	-
3,9	43,5	-	-	-	-	-	-
4,4	46,2	-	-	-	-	-	-
5,0	48,6	-	-	-	-	-	-
5,6	50,7	-	-	-	-	-	-
6,1	52,9	-	-	-	-	-	-
6,7	54,7	-	-	-	-	-	-
7,2	56,6	-	-	-	-	-	-
7,8	58,2	-	-	-	-	-	-
8,4	59,6	-	-	-	-	-	-
8,9	60,9	-	-	-	-	-	-
9,5	61,8	-	-	-	-	-	-
10,0	62,7	-	-	-	-	-	-
10,6	63,6	-	-	-	-	-	-
11,2	64,3	-	-	-	-	-	-
11,7	65,2	-	-	-	-	-	-
12,3	65,7	-	-	-	-	-	-
12,8	66,4	-	-	-	-	-	-
13,4	67,2	-	-	-	-	-	-

FOTO ROTTURA PROVINO



Dati iniziali del provino

Diametro [mm]	84,5
Altezza [mm]	153
Sezione [mm ²]	5608
Contenuto in acqua (w) %	21,4
Massa volumica a umidità naturale (ρ) [Mg/m ³]	2,05



Note: -

Lo sperimentatore
Dott. Luca Bibini

Il direttore del laboratorio
Dott. Geol. Ermanno Librandi

PROVA DI COMPRESSIONE NON CONFINATA SU TERRENI A GRANA FINE

UNI EN ISO 17892-7

Apparecchiatura: Pressa motorizzata TR115 da 50 kN con acquisizione automatica dei dati, connessione (pistone-piastra superiore) con snodo sferico.

Data della prova da: 10/06/20 a: 11/06/20

DATI PROVINO		
Diametro provino	[mm]	84,5
Altezza iniziale del provino	[mm]	153,0
Sezione iniziale del provino	[mm ²]	5607,9
Massa provino umido iniziale	[g]	1760,36
Contenuto in acqua iniziale	%	21,4
Massa volumica iniziale umida	[Mg/m ³]	2,05
Massa volumica iniziale secca	[Mg/m ³]	1,69

SINTESI DEI RISULTATI		
Resistenza a compressione non confinata (q_u)	[kPa]	69
Deformazione assiale a rottura (ϵ)	%	15
Resistenza al taglio non drenata (C_u)	[kPa]	35
Modulo di Young non drenato (E) 50%	[kPa]	1456

Velocità di deformazione-	[mm/min.]	3,50
---------------------------	-----------	------

Geco Srl Servizi Geologici & Indagini Sismiche

Via Osoppo, 38 / 60015 Falconara Marittima (AN)

P. IVA 02541280422 tel e fax 071 9156126



www.gecogeologia.com



info@gecogeologia.com



328.02.82.743 / 328.20.40.857

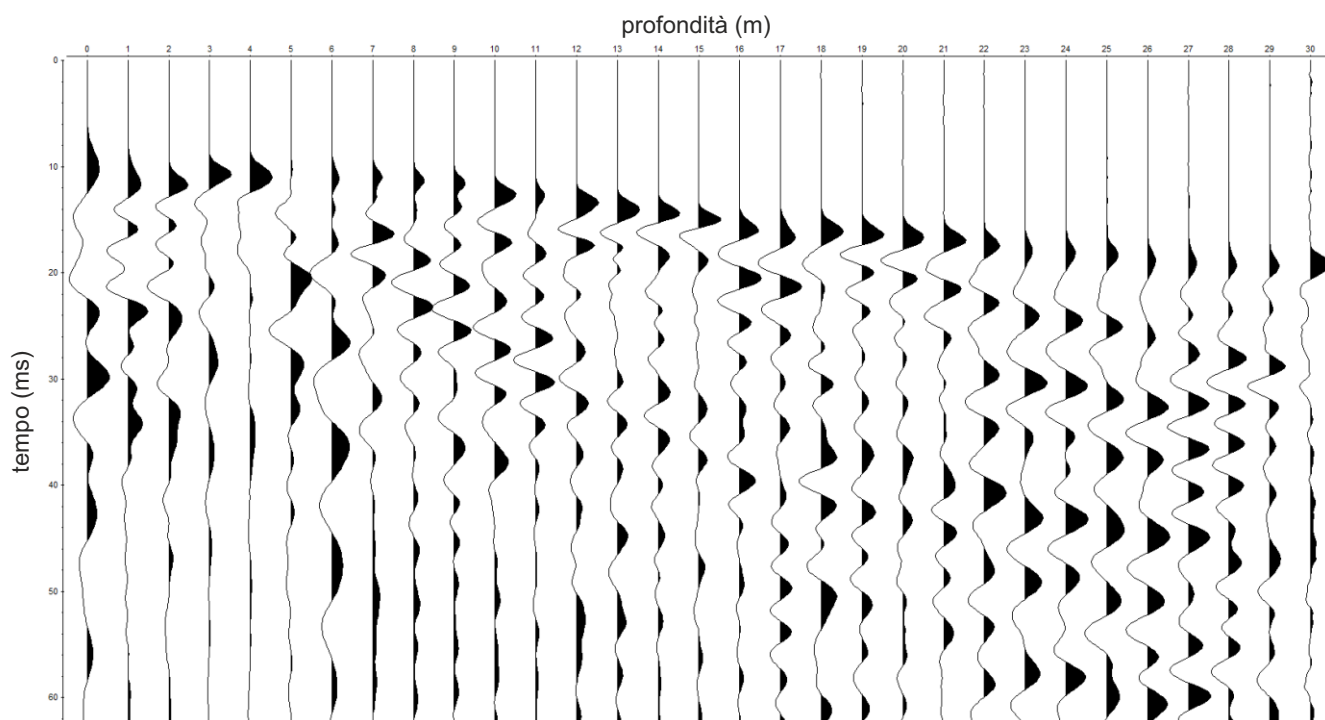
CECO

Servizi Geologici & Indagini Sismiche

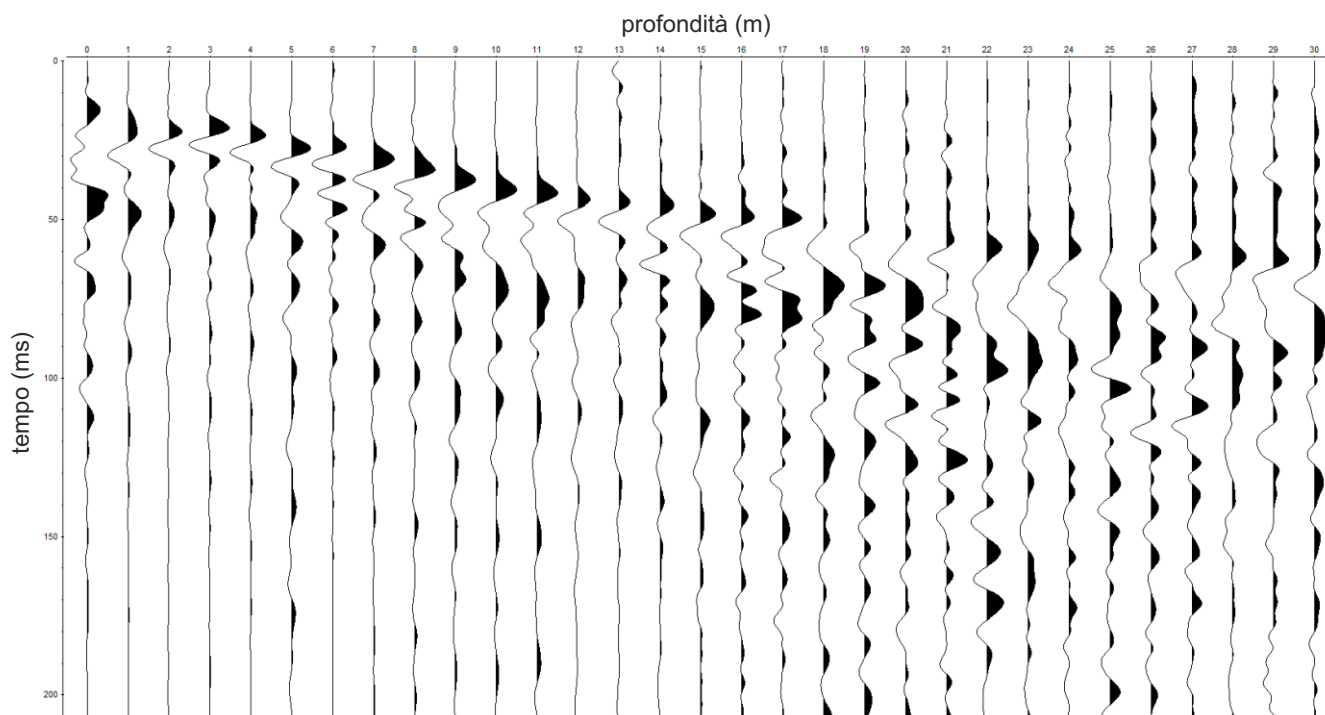
allegati indagine geofisica

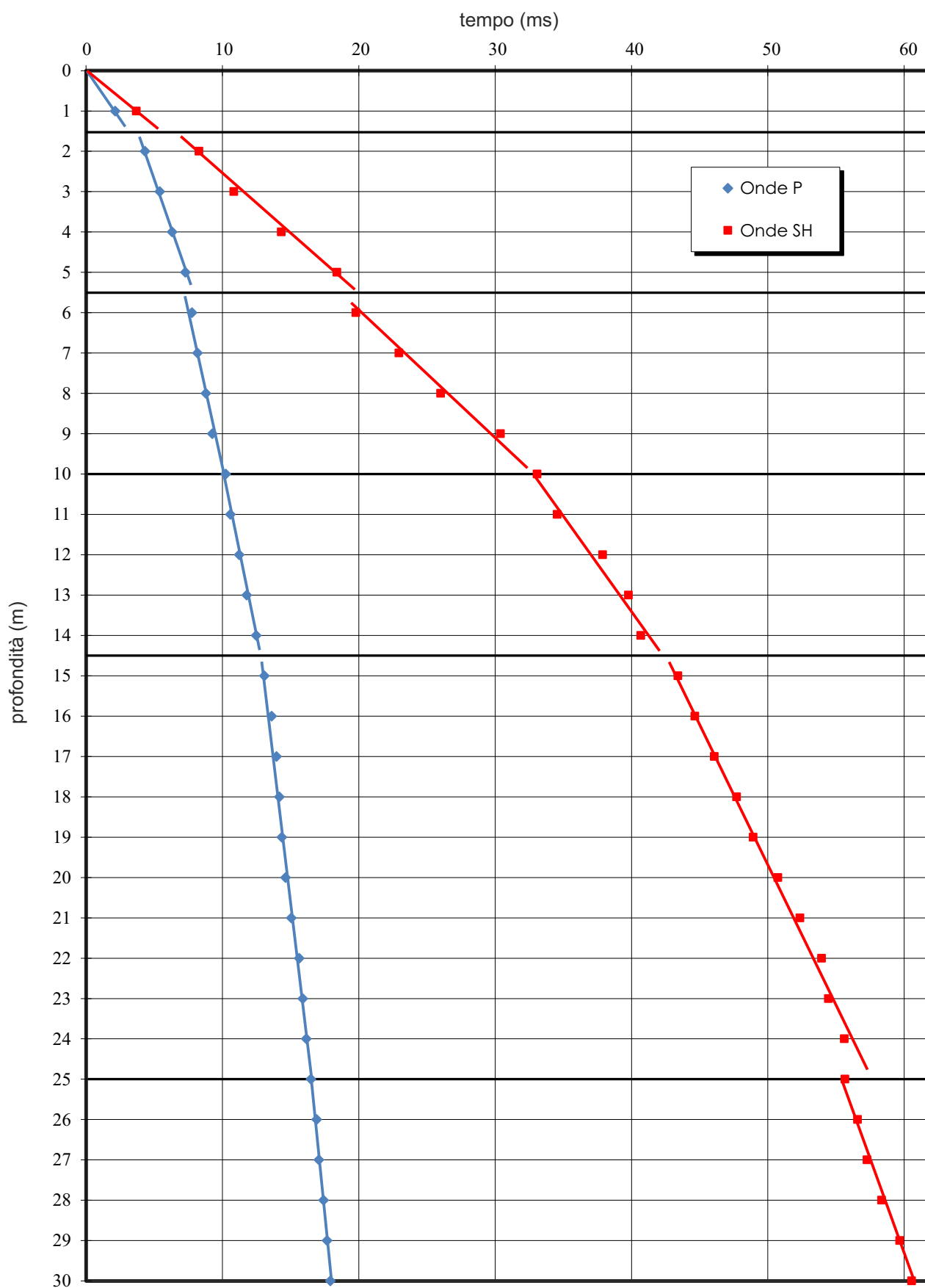
S1DH

ONDE P



ONDE SH





Profondità (m)	TEMPI DI ARRIVO INCLINATI E CORRETTI				VELOCITA'		MODULI ELASTICI DINAMICI				
	Tempi di arrivo inclinati onde P (ms)	Tempi di arrivo inclinati onde SH (ms)	Tempi di arrivo corretti onde P (ms)	Tempi di arrivo corretti onde SH (ms)	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]	Vp/Vs	γ [Kg/m ³]	E [Kg/cm ²]	G [Kg/cm ²]	ν
0	6.56	11.89	0.00	0.00	470	240	1.96	1800	27447	1057	0.324
1	8.75	15.19	2.12	3.68	470	240	1.96	1800	27447	1057	0.324
2	9.64	18.50	4.31	8.27	1020	280	3.64	1850	42330	1478	0.459
3	9.00	18.06	5.40	10.84	1020	280	3.64	1850	42330	1478	0.459
4	8.91	20.26	6.30	14.33	1020	280	3.64	1850	42330	1478	0.459
5	9.32	23.56	7.28	18.40	1020	280	3.64	1850	42330	1478	0.459
6	9.32	23.78	7.75	19.79	1570	305	5.15	1900	52331	1802	0.480
7	9.40	26.42	8.16	22.94	1570	305	5.15	1900	52331	1802	0.480
8	9.81	29.07	8.77	26.00	1570	305	5.15	1900	52331	1802	0.480
9	10.13	33.25	9.26	30.38	1570	305	5.15	1900	52331	1802	0.480
10	11.02	35.62	10.23	33.07	1570	305	5.15	1900	52331	1802	0.480
11	11.26	36.77	10.58	34.56	1900	480	3.96	2000	135099	4697	0.466
12	11.83	39.94	11.22	37.89	1900	480	3.96	2000	135099	4697	0.466
13	12.32	41.62	11.78	39.78	1900	480	3.96	2000	135099	4697	0.466
14	12.97	42.31	12.47	40.68	1900	480	3.96	2000	135099	4697	0.466
15	13.53	44.92	13.07	43.40	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
16	14.02	46.02	13.60	44.65	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
17	14.34	47.34	13.96	46.08	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
18	14.51	48.88	14.16	47.72	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
19	14.67	49.99	14.36	48.92	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
20	14.91	51.75	14.62	50.75	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
21	15.32	53.29	15.05	52.35	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
22	15.88	54.83	15.62	53.95	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
23	16.13	55.27	15.89	54.45	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
24	16.37	56.37	16.15	55.60	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
25	16.69	56.37	16.48	55.66	2750	675	4.07	2100	280910	9753	0.468
26	17.10	57.25	16.90	56.58	3490	980	3.56	2200	615778	21538	0.457
27	17.26	57.91	17.07	57.28	3490	980	3.56	2200	615778	21538	0.457
28	17.59	58.94	17.41	58.35	3490	980	3.56	2200	615778	21538	0.457
29	17.83	60.23	17.66	59.67	3490	980	3.56	2200	615778	21538	0.457
30	18.07	61.09	17.91	60.55	3490	980	3.56	2200	615778	21538	0.457

