AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE

E LA PROTEZIONE CIVILE

OPERE DI CONSOLIDAMENTO DELLA BRIGLIA SUL FIUME PANARO

IN LOCALITA' MAZZI, IMMEDIATAMENTE A VALLE DEL PONTE

DELL'ABITATO DI VIGNOLA (MO)

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

ELABORATO N.2

DOCUMENTO	REVISIONE	REDATTO	CONTROLLATO	DATA *DATE*
1840RELGEO_A	A	CAMPANINI	MANFREDI	05.04.2019

G.T. ENGINEERING S.R.L.
Via Ponchielli, 2
43011 BUSSETO (PR)
Tel. 0524 930103 - Fax 0524 930040
e-mail: gte@gteng.it
PEC: gte@pec.gteng.it
www.gteng.it

Registro Imprese di Parma e
Cod. Fisc. N° 00379670334
P. IVA N° 01887730347
R.E.A. Parma N° 174961
Capitale Sociale € 14.000,00 i.v.

SISTEMA QUALITA' AZIENDALE CERTIFICATO
NORME UNI EN ISO 9001
DNV GL Business Assurance
Certificato n° CERT-02421-97-AQ-BOL-SINCERT

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Indice

1 Scopo del documento ... 3
2 Inquadramento geologico-geomorfologico-idrogeologico ... 4
2.1 Geologia ... 4
2.2 Geomorfologia ... 7
2.3 Idrogeologia ... 10
3 Indagini geognostiche e geofisiche ... 11
3.1 Sondaggi ... 12
3.1.1. Prove di laboratorio ... 13
3.2 Indagini geofisiche e geoelettriche ... 13
3.2.1. MASW ... 13
3.2.2. HVSR ... 15
3.3 Modello geologico ... 17
3.4 Modello geotecnico ... 19
4 Sismicità ... 20
4.1 Elementi di sismotettonica regionale ... 20
4.1.1. Sismicità storica dell'area d'intervento ... 21
4.1.2. Sorgenti sismogenetiche ... 24
4.1.3. Zonazione sismogenetica ... 26
4.2 Azioni sismiche ... 27
4.2.1. Spettro di risposta elastico ... 30
5 Sintesi delle analisi e conclusioni ... 32

ALLEGATO 1 – Carta geologica-geomorfologica

ALLEGATO 2 – Verbale lavori indagini geognostiche e geofisiche e certificati prove di laboratorio

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

1 Scopo del documento

La presente relazione geologica, geotecnica e sismica è redatta a supporto delle opere di messa in sicurezza e ripristino dell'officiosità della briglia Muratori, tra i Comuni di Vignola (MO) e Savignano sul Panaro (MO), ubicata lungo il fiume Panaro, immediatamente a valle del ponte della SP 569 di collegamento all'abitato di Vignola (MO) (Figura 1).

Figura 1 Inquadramento dell'area d'intervento

Lo scopo del documento è quello di costruire il modello geologico e geotecnico dell'area d'intervento tramite sezioni significative, definire i parametri geotecnici dei terreni di fondazione per il dimensionamento delle strutture, e l'azione sismica locale, sulla base della campagna di indagini geognostiche e geofisiche eseguita dalla Ditta Subsoil, incaricata dalla REGIONE EMILIA ROMAGNA - Agenzia Regionale per la sicurezza territoriale e la Protezione civile.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

2 Inquadramento geologico-geomorfologico-idrogeologico

2.1 Geologia

L'area ricade, dal punto di vista geologico, nella zona di transizione tra il margine appenninico e la fascia di alta pianura modenese, lungo la conoide del fiume Panaro.

Dal margine collinare modenese il corso d'acqua incide formazioni costituite prevalentemente da terreni argillosi e marnoso-arenacei, appartenenti ai complessi delle unità liguri ed epiliguri ed ai depositi Pliocenici-Quaternari marini, che caratterizzano il margine padano.

Il complesso dei sedimenti che costituiscono la conoide aumenta di spessore a partire dalla zona apicale fino a raggiungere alcune centinaia di metri nella zona distale, dove si verifica un significativo cambio di pendenza, che ha permesso l'accumulo dei depositi alluvionali quaternari.

La parte apicale è prevalentemente costituita da banchi ghiaiosi separati da orizzonti limo-argillosi, non molto potenti; queste ghiaie mostrano una parziale cementazione, favorita dalla presenza di sabbie talvolta impastate con limi e argille.

La zona mediana e settentrionale di apice della pianura modenese, che si sviluppa ai piedi dell'Appennino settentrionale e che è delimitata lateralmente dai fiumi Secchia Tiepido e Panaro, si raccorda con il solco vallivo intercollinare a quote comprese fra 120 e 150 metri, in cui affiorano le successioni argillose del ciclo plio-pleistocenico. Il passaggio tra la sedimentazione marina e quella continentale è contraddistinto da depositi di transizione, quali sabbie e ghiaie di ambiente litorale e da peliti sabbiose e ghiaie di delta.

L'assetto attuale del territorio in esame deriva da una complessa azione tettonica che ha dato origine all'Appennino settentrionale e al bacino padano.

Per meglio comprendere la paleogeografia che ha dato origine a ciò che oggi osserviamo, è necessario ricostruire, secondo modelli ormai universalmente accreditati, l'ambiente e l'evoluzione dal Giurassico ad oggi.

L'ambiente oceanico nel quale si è formata l'Unità Ligure è rappresentato dalla parte occidentale dell'Oceano, presente nell'era Mesozoica, conosciuto in letteratura come "Tetide", situato fra la placca africana e la placca euroasiatica; l'ambiente continentale nel quale si è formata l'Unità Umbro - Toscana è costituita dalla parte marginale della Tetide, caratterizzata appunto da crosta continentale.

A loro volta, queste grandi Unità vengono convenzionalmente suddivise in "domini": le Liguridi si suddividono in "Liguridi Interne" e "Liguridi Esterne", mentre l'Unità Umbro-Toscana comprende un "Dominio Toscano" e un "Dominio Umbro" (affiorante nella finestra tettonica della Successione di Gova).

Queste suddivisioni si rendono necessarie per giustificare la diversa origine delle rocce affioranti nell'Appennino Settentrionale, per capire i rapporti fra le varie formazioni e per comprendere i meccanismi orogenetici che hanno portato all'evoluzione della catena montuosa.

Le spinte dovute alla convergenza fra placca africana e la placca euroasiatica, in un processo durato diversi milioni di anni, hanno portato alla "distruzione" della crosta oceanica della Tetide per subduzione ed alla sovrapposizione delle suddette Unità tettoniche così come le possiamo osservare attualmente (Figura 2).

La struttura dell'Appennino Settentrionale appare sotto forma di una sovrapposizione o "impilamento" tettonico di rocce appartenenti a domini paleogeografici differenti, per effetto dell'interazione geodinamica tra la placca euroasiatica e la placca africana, avvenuta a partire dal Cretacico Superiore (circa 80 milioni di anni fa) e tuttora in corso.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

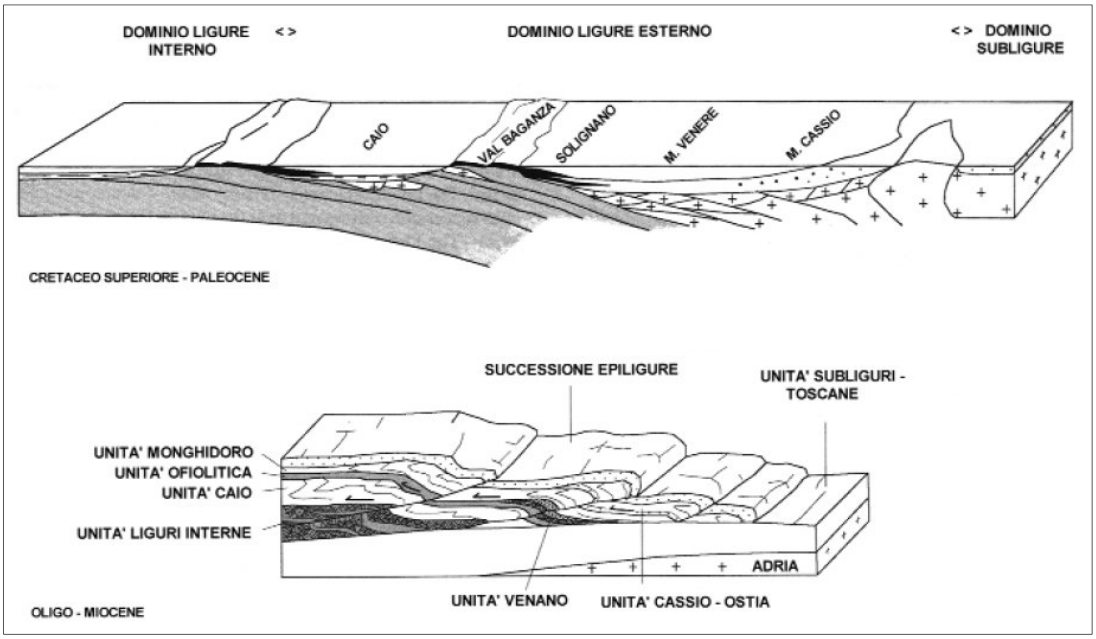


Figura 2 Ricostruzione paleogeografica del dominio ligure esterno e assetto strutturale generale delle liguridi esterne nella trasversale dell'appennino modenese (Daniele e Plesi, 2000)

La sovrapposizione delle unità tettoniche di cui sopra, ha comportato l'impilamento delle unità più interne del bacino oceanico (Liguridi) sulle unità più esterne (Umbro-Toscane) determinando caratteristiche di forte alloctonia per le prime e di conseguenti minori traslazioni per le seconde, fino ad una sostanziale autoctonia per le unità più esterne come ad esempio la Formazione Marnoso-Arenacea.

In pratica, nel corso dei processi tettonici sopra detti, si è venuta a creare una catena a falde di ricoprimento vergente verso NE e quindi con una distribuzione delle unità tettoniche secondo direzioni parallele alla dorsale principale. Tale assetto strutturale è evidente in sezione naturale lungo le incisioni vallive dei principali corsi d'acqua appenninici (F. Secchia, T. Tiepido e F. Panaro), che attraversano ortogonalmente le diverse Unità tettoniche.

I rapporti di sovrapposizione stratigrafica originaria tra la Successione epiligure e le Liguridi generalmente non sono preservati a causa di una intensa tettonica disgiuntiva neogenico-quaternaria.

Le principali linee tettoniche presenti nell'area di studio costituiscono il Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeapenninic Thrust Front = PTF), coincidente con il margine morfologico appenninico, che si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani, in direzione NW-SE. Il fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici, tra i quali, nell'area in esame, dalla linea del F. Panaro.

Le coperture quaternarie, come riportato nello stralcio cartografico tratto dalla Carta Geologica dell'Emilia-Romagna (Figura 3), sono attribuibili ai depositi alluvionali appartenenti al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (Pleistocene medio – Olocene), in particolare, al Subsintema di Ravenna (AES8a), affiorante lungo i piani golenali.

L'approfondimento del fondo alveo ha portato in affioramento, nell'area a monte e a subito a valle della traversa Muratori, del substrato roccioso, costituito dalla formazione delle Argille Azzurre (FAA) e dalla Formazione di Monte Adone (ADO2a), qui affiorante con il membro delle Ganzole, a litofacies pelitico-arenacea.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

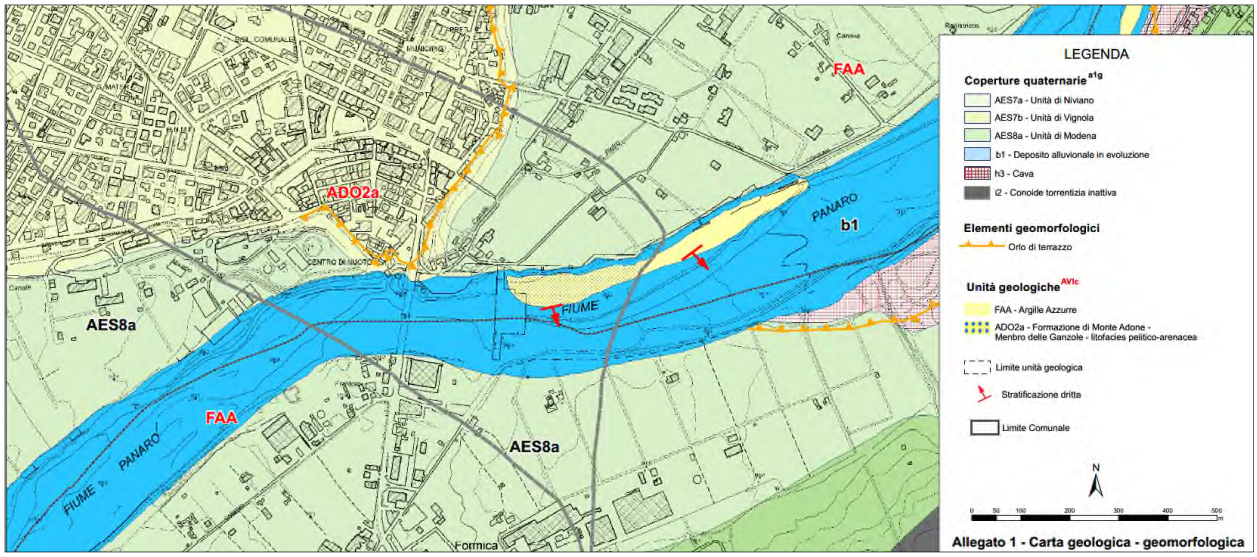


Figura 3 Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna 1:10.000, rielaborata.

Di seguito vengono descritte le principali coperture quaternarie e unità geologiche presenti nell'area d'intervento.

Coperture quaternarie:

Depositi alluvionali in evoluzione (b1)

Depositi alluvionali del F. Panaro costituiti da ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa.

Olocene

Subsintema di Ravenna (AES8a)

La sedimentazione dell'unità si sviluppa estesamente in condizioni di piana inondabile e rappresenta l'intero spessore dei sedimenti, prevalentemente fini, deposti nell'ultimo postglaciale. La litologia prevalente è limosa-argillosa, espressione dei sub-ambienti di argine e di piana inondabile. Depositi sabbiosi e ghiaiosi, espressione di subambienti di canale, argine e di rotta fluviale, si rinvengono in corrispondenza delle principali aste fluviali e torrentizie nell'alta pianura e nelle zone più depresse della pianura.

Al tetto del subsintema è stata distinta una unità (unità di Modena, AES8a) qui definita sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo minore di 100 cm, non decarbonatato. I terrazzi più antichi si trovano a quote di oltre 5 metri rispetto l'attuale corso del Panaro e non sono pertanto più raggiungibili dalle acque.

Pleistocene Superiore - Olocene

Unità geologiche:

Argille Azzurre (FAA)

Marne argillose e siltose, talora sabbiose, grigie e grigio-azzurre, talora grigio plumbeo, spesso a stratificazione poco evidente per bioturbazione e scarsa differenziazione granulometrica. Nella parte inferiore della formazione sono localmente presenti sottili livelli discontinui di biocalcareniti fini e siltiti giallo, o ocra se alterate, sottilmente laminate. Sempre frequenti i microfossili (Foraminiferi e Ostracodi); variabile la concentrazione di malacofaune a Gasteropodi e Lamellibranchi, sia come biosomi che come bioclasti. Nella parte alta sono presenti "slumps", non cartografabili per l'esiguità degli spessori e intercalazioni arenacee e arenaceo-pelitiche.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Pliocene Inferiore – Pleistocene Inferiore

Formazione di Monte Adone - membro delle Ganzole -litofacies pelitico-arenacea (ADO2a)

Prevalenti arenarie, generalmente poco cementate, con abbondante matrice siltoso-argillosa e subordinati conglomerati, in strati da medi a banchi, alternate a peliti sabbiose con stratificazione da sottile a spessa, a geometria talora tabulare, talora lenticolare. Verso l'alto, nell'area in esame, aumenta la frequenza dei livelli pelitici (ADO2a), di transizione verso le sovrastanti FAA. Spesso la stratificazione non è ben evidente a causa della bioturbazione. Il colore delle sabbie è grigio e grigio-azzurro, beige se alterate, quello delle peliti grigio scuro.

Pliocene medio e superiore – Pleistocene basale?

2.2 Geomorfologia

Il tratto del F. Panaro oggetto di studio è stato caratterizzato da modificazioni significative dell'assetto plano-altimetrico, in relazione agli interventi antropici di stabilizzazione del profilo longitudinale di fondo alveo, a salvaguardia delle numerose infrastrutture di attraversamento stradale e ferroviario.

L'alveo attuale, si presenta monocursale rettilineo, interessando i territori comunali di Vignola (MO) in sinistra idrografica, e di Savignano sul Panaro (MO), in destra idrografica, per poi proseguire a valle fino all'attraversamento ferroviario della linea Vignola-Casalecchio, incassato nel substrato roccioso.

Il piano golenale, dove sorgono gli abitati di Vignola e Formica, rappresenta l'ordine di terrazzo superiore, costituito da un corpo sedimentario prevalentemente ghiaioso e sabbioso, caratterizzato da una superficie sommitale, sub-orizzontale, con lieve pendenza verso NNE, profondamente incisa dal corso del F. Panaro.

Lungo entrambe le sponde è presente una scarpata d'erosione fluviale che presenta un'incisione netta rispetto all'alveo attivo, con dislivello superiore ai 5 metri (Figura 4).

Figura 4 Incisione del fiume Panaro nel substrato argilloso subito a valle della briglia Muratori

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Le cause principali di tale abbassamento sono legate all'azione dell'uomo, con la costruzione di opere di contenimento dei livelli idrici nel tratto di valle di pianura e all'intensa attività di escavazione in alveo avvenuta a metà del secolo scorso (Figura 5).

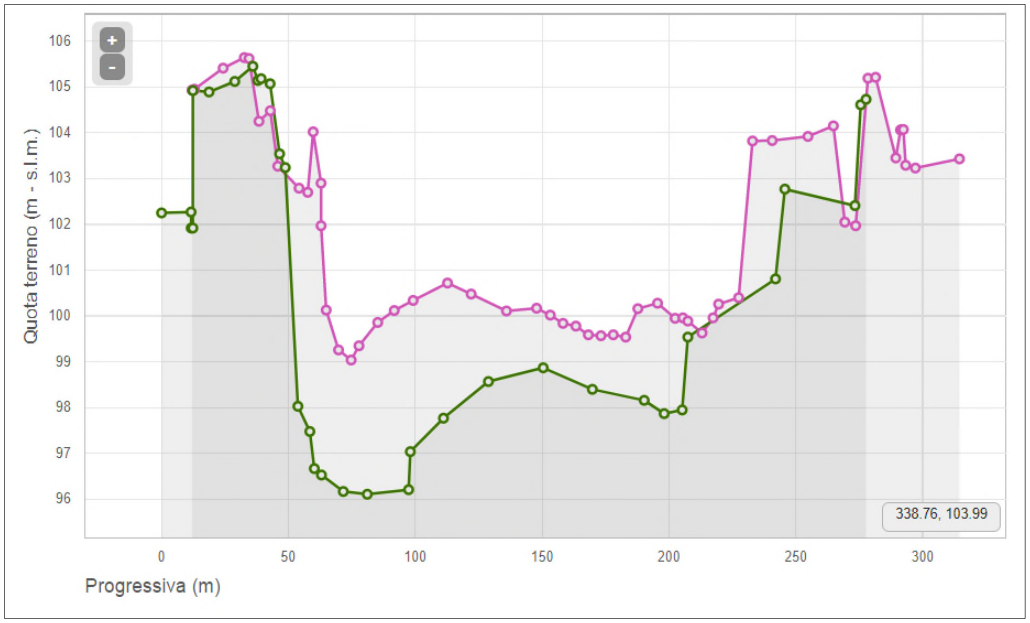


Figura 5 Confronto tra sezioni di rilievo fluviale AIPO Panaro 1969, in viola, e AIPO Panaro 1991, in verde, (Fonte Geoportale AIPO), a valle della briglia Muratori.

A contrasto del progressivo abbassamento del fondo alveo, al fine di salvaguardare le opere di attraversamento, sono state costruite numerose opere di regimazione idraulica trasversale, mediante la realizzazione di briglie/traverse, subito a valle dei principali ponti stradali e ferroviari e lungo le maggiori discontinuità altimetriche. Tali opere hanno stabilizzato localmente il profilo longitudinale di fondo di questo tratto del corso del Panaro.

A causa della dinamicità del corso d'acqua e della sua elevata pendenza di fondo, si sono avuti, nel corso degli eventi alluvionali più intensi, fenomeni di erosione di fondo a valle di alcune briglie esistenti, che hanno portato ad un principio di scalzamento al piede delle opere, minacciandone la stabilità.

In particolare, nei giorni dal 17 al 19 gennaio 2014 si sono verificati eventi alluvionali che hanno gravemente danneggiato le opere di difesa del fiume Panaro. In conseguenza di tali eventi alluvionali è stato decretato lo stato di emergenza con delibera del Consiglio dei Ministri del 31/01/2014 ed in data 12/05/2014 è stato approvato il D.L. n. 74 "*Misure urgenti in favore delle popolazioni dell'Emilia Romagna colpite dal terremoto e dai successivi eventi alluvionali verificatisi tra il 17 ed il 19 gennaio 2014, nonché per assicurare l'operatività del Fondo per le emergenze nazionali*".

La briglia Muratori allo stato attuale presenta le seguenti criticità:

- mancanza di una platea di dissipazione a valle dell'ultimo salto, che ha dato origine a fenomeni erosivi retrogressivi del fondo alveo a valle dell'opera, con approfondimenti dell'ordine dei 3-4 m (Figura 6);
- fenomeni erosivi a valle della paratia tirantata dove la platea in massi cementati è stata parzialmente asportata in diversi punti ed in corrispondenza dei quali si sono create voragini che raggiungono i 3 m di profondità (Figura 7).

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Figura 6 Erosione a valle dell'opera esistente con formazione di un invaso d'acqua

Figura 7 Effetti dell'erosione delle opere esistenti

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

2.3 Idrogeologia

L'assetto litostratigrafico desunto dal rilievo geologico e dalle indagini geognostiche eseguite, vede la sovrapposizione dei depositi alluvionali in precedenza citati ad una successione sedimentaria complessa nel seguito descritta.

Il substrato è costituito dai sedimenti che hanno riempito il bacino "perisuturale" padano a partire dal Pliocene inferiore (4 milioni di anni fa). In questo lasso di tempo il passaggio da un tipo di sedimentazione marina a quella continentale (come l'attuale) è avvenuto in modo discontinuo e intermittente a causa delle continue variazioni del livello relativo del mare dovute a fenomeni combinati di natura tettonica e meteo-climatica. Il pacco di sedimenti, se analizzato in sezione, vede la sovrapposizione ciclica di corpi sedimentari composti da granulometrie fini alla base e sempre più grossolane verso l'alto, generati in un ambiente che da marino passava gradualmente a continentale, riconoscibili a differenti scale di grandezza.

Per quanto riguarda l'alta pianura modenese, precipitazioni e acque correnti alimentano il sistema acquifero del sottosuolo, rappresentato in particolare da depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi tardo pleistocenici e olocenici, dotati di coefficienti di conducibilità idraulica medio-alti e sedi delle captazioni più importanti per uso idropotabile.

Lo spessore di questi di questi corpi, sede delle principali falde acquifere, intercalati da altri meno permeabili, tendono ad assottigliarsi allontanandosi dal margine collinare (alla quale si aggiunge una diminuzione della granulometria), suddividendosi in più corpi fino scomparire, dove si verifica il fenomeno di risalita delle acque di falda lungo la linea dei fontanili Castlenuovo Rangone – Spilamberto -Crespellano, a sud della via emilia.

Le condizioni idrauliche risultano miste: in prossimità delle aste fluviali e in diversi tratti del settore pedemontano la falda risulta libera, per passare poi ad artesiana nel settore centrale della pianura. Ciò si verifica in quanto lo spessore dei depositi ghiaiosi in vicinanza dei corsi d'acqua è rilevante.

In particolare, i depositi alluvionali in evoluzione contengono una falda superficiale di subalveo che progressivamente si disperde verso valle a prevalente circolazione da sud in direzione N-NE. Sono caratterizzati da livelli di ghiaie o sabbie presenti in corpi tabulari passanti sottocorrente a corpi isolati, alternati a prevalenti depositi fini. Presentano una scarsa circolazione idrica, con rapporto idrico da fiume a falda localizzato nelle parti superficiali non connesse con le sottostanti.

Qui il substrato marino, che affiora a pochi metri dal piano campagna, è costituito da argille e argille limose e sabbiose da compatte a molto compatte a scarsa permeabilità, e confina l'acquifero superficiale.

Il corso d'acqua del fiume Panaro qui assume prevalentemente un'azione drenante della falda nei periodi di magra, a causa dell'assetto morfologico incassato rispetto alla piana golenale.

Dal punto di vista idrogeologico è possibile affermare che il sottosuolo, vista la sua natura stratificata in cui risultano dominanti livelli estremamente impermeabili (limi ed argille), risulta caratterizzato dalla presenza di una falda libera superficiale ad alta trasmissività soggetta a consistenti fluttuazioni di livello legate al regime delle precipitazioni e dal livello delle acque e di una falda compartimentata in pressione a profondità normalmente superiori ai 20 metri di profondità.

I livelli piezometrici misurati nel corso delle indagini geognostiche, realizzate nel periodo di Gennaio 2019, pongono la falda superficiale a circa 13,0 m dal p.c. dalla quota attuale di fondo alveo, nei sondaggi 1 e 2.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3 Indagini geognostiche e geofisiche

La campagna di indagini geognostiche e geofisiche è stata condotta dalla ditta Subsoil nei mesi di Gennaio e Febbraio 2019.

In particolare, sono stati eseguiti:

- n.° 2 sondaggi a carotaggio continuo verticali, con prove in foro tipo Standard Penetration Test (SPT);
- n.° 1 stendimento sismico tipo MASW;
- n.° 1 indagine sismica tipo HVSR;
- n.° 1 indagine geoelettrica.

Sono stati inoltre prelevati, durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo, dei campioni indisturbati che sono stati sottoposti alle seguenti prove geotecniche di laboratorio, per ogni campione:

- contenuto naturale d'acqua, massa volumica naturale, massa volumica dei grani;
- prova di consolidazione edometrica;
- prova di compressione triassiale non consolidata non drenata (UU);
- prova di taglio diretto consolidato drenato.

Si rimanda per i dettagli sulle modalità di esecuzione ai certificati di prova allegati al presente documento nel verbale lavori redatto dalla ditta Subsoil.

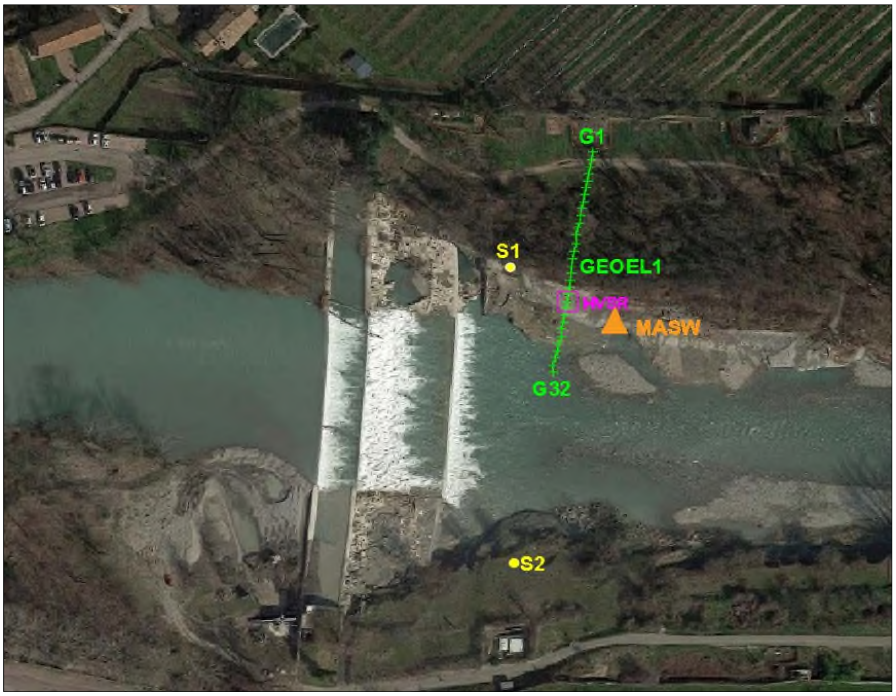


Figura 8 Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche (in giallo i sondaggi a carotaggio continuo, in arancio la MASW, in viola la HVSR, in verde l'indagine geoelettrica)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.1 Sondaggi

I due sondaggi a carotaggio continuo sono stati eseguiti lungo le verticali fino a 20 m di profondità dal p.c. per il sondaggio S1 posto in sinistra idrografica, e fino a 25 m di profondità dal p.c. per il sondaggio S2, ubicato in destra idrografica, utilizzando carotieri semplici di diametro esterno di 101 mm e lunghezza 150 cm, dotate di corone in Widia, visto la natura litologica dei terreni attraversati (prevalentemente argille e limi consolidati).

La perforazione è stata condotta a secco, senza l'ausilio di fluidi di perforazione, garantendo una percentuale di recupero pari al 100%, in modo tale da consentire una sicura e dettagliata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo.

Le carote di terreno recuperate sono state alloggiate in apposite cassette catalogatrici in plastica nella posizione corrispondente alla profondità di carotaggio ed evitando rimescolamenti del materiale al fine di ricostruire in dettaglio la successione litostratigrafica dei terreni.

Sono state eseguite all'interno delle verticali di sondaggio delle prove di Standard Penetration Test (Norme ASTM D 1586-84) a punta chiusa, al fine di determinare le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei materiali incoerenti "in situ".

Nelle seguenti tabelle riassuntive sono riportate le profondità e i risultati dei numeri di colpi SPT.

Sondaggio	Prova	Quota inizio da p.c. (m)	N1	N2	N3	N_{spt}
S1	SPT1	3,0	35	50/Rif	-	-
	SPT2	6,0	32	36	40	76
	SPT3	9,2	24	23	30	53
	SPT4	12,0	20	27	29	56
	SPT5	15,0	17	19	22	41
	SPT6	18,0	20	24	32	56
	SPT7	19,9	28	25	30	55

Sondaggio	Prova	Quota inizio da p.c. (m)	N1	N2	N3	N_{spt}
S2	SPT1	3,0	23	27	30	57
	SPT2	6,0	17	22	24	46
	SPT3	9,0	19	30	32	62
	SPT4	12,0	20	27	29	56
	SPT5	15,0	22	26	34	60
	SPT6	18,0	30	35	40	75
	SPT7	20,0	32	34	43	77
	SPT8	21,80	34	39	50/Rif	-
	SPT9	24,00	20	30	38	68

Tab. 1 Prove in foro SPT

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.1.1. Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo è stato possibile prelevare dei campioni indisturbati di terreno lungo il sondaggio S2, per l'esecuzione di prove di laboratorio finalizzate alla terminazione delle proprietà geotecniche, riassunte nella seguente tabella.

Codice Sondaggio		**S2**	
Codice campione e profondità di prelievo		**CI1** (4,50-5,0)	**CI2** (13,50-14,00)
Litologia		**Unità geotecnica: UG2** **(LS_a)** Limo sabbioso debolmente argilloso, da molto consistente a duro	**Unità geotecnica: UG1** **(SL)** Sabbia limosa debolmente argillosa da consistente a molto consistente
Parametro	**Sigla**		
Coesione non drenata (kPa)	C_u	206	125,0
Coesione efficace (kPa)	c'	38,10	101,1
Angolo di attrito interno efficace (°)	ϕ'	31,4	19,0
Peso di volume (kN/m³)	γ'	21,20	20,40
Modulo edometrico (MPa)	M	4,5	18,4
Permeabilità verticale (m/s)	k	1,52*e-10	5,13*e-11

Tab. 2 Risultati delle prove geotecniche di laboratorio

Si rimanda per i dettagli ai certificati di prova contenuti nel verbale lavori redatto dalla ditta Subsoil, allegato al presente documento.

3.2 Indagini geofisiche e geoelettriche

Ad integrazione delle indagini geognostiche sono state eseguite indagini geofisiche di tipo MASW e HVSR per la caratterizzazione delle Vs_{30}, e una linea geoelettrica per la misura della resistività dei terreni.

3.2.1. MASW

Per determinare la rigidezza media dei terreni da indagare e la classificazione ai sensi delle NTC 2018, è stata condotta un'indagine sismica secondo la metodologia MASW (Multi-channel Analysis of Surface Wave, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999).

Questa indagine è stata condotta per raggiungere i seguenti obiettivi:

- ricostruire la geometria delle unità litotecniche (definire gli spessori delle principali coperture e delle principali unità litotecniche);
- caratterizzare con la velocità delle onde S, le unità litologico-tecniche;

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

- definire la tipologia di substrato ai sensi delle NTC 2018.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente (di almeno 8-10 Kg) di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m), fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità.

Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.

La tecnica permette inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs.

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 24 canali (PASI 16SG12) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, con passo di campionamento di 0,25 ms. con durata acquisizione di 1 sec.

L'energizzazione è stata effettuata con una massa battente (martello) da 10 kg. I dati acquisiti sono stati elaborati mediante software winMASW 4.3 Standard, per ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio Vs e per ottenere l'inversione della curva di dispersione.

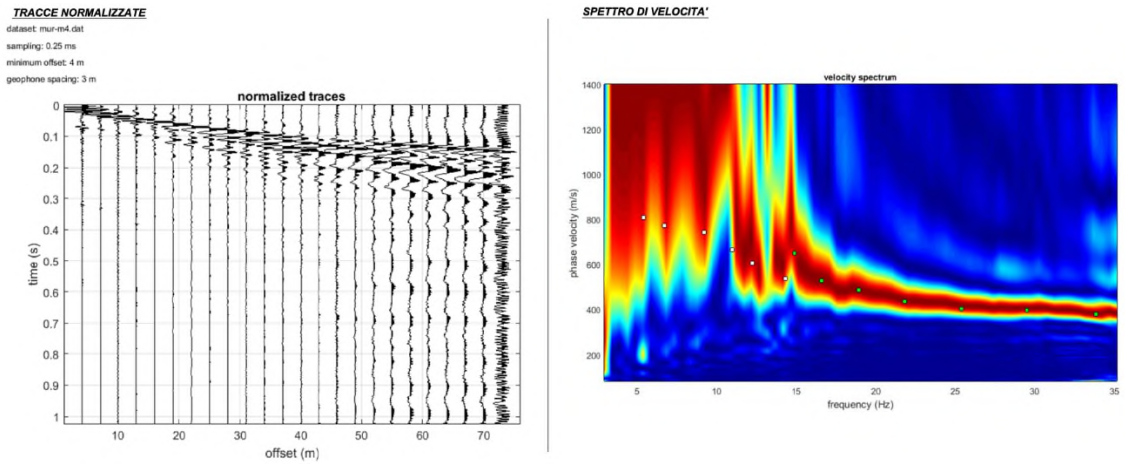


Figura 9 Tracce normalizzate e spettro delle velocità

Nella seguente figura sono riportati i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW e la stima delle Vs_{30}.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

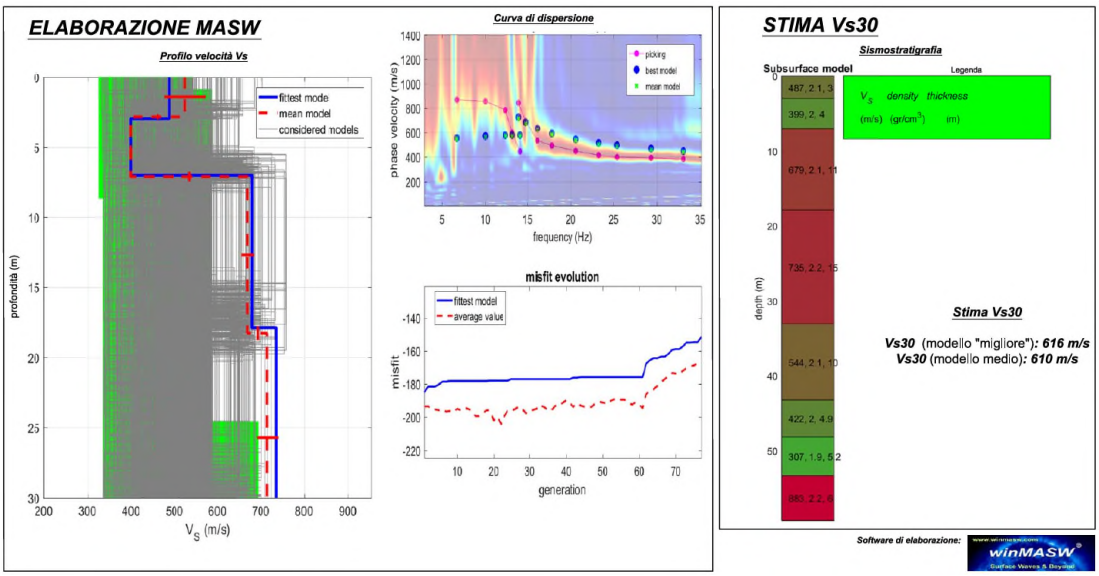


Figura 10 Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi di dati MASW in cui si rappresenta il profilo verticale Vs identificato

Dall'esame dei grafici sotto riportati si può rilevare che il valore della Vs_{30} calcolato è di **610 m/s** (considerando come riferimento il piano campagna).

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018), il sito in esame rientra quindi nella **categoria di sottosuolo B**, corrispondente a "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

3.2.2. HVSR

La prova sismica a stazione singola HVSR è basata sull'acquisizione del Rumore Sismico Ambientale (seismic noise), ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali.

Questa tipologia è definita come metodo sismico passivo in quanto non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna visto che utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.

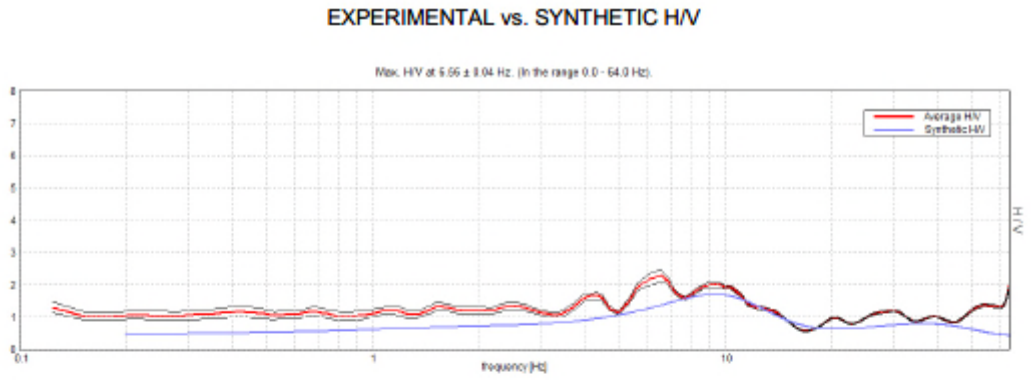
Il sistema di prova presenta diversi vantaggi:

- le acquisizioni vengono difficilmente "sporcate" da interferenze esterne poiché sfruttano come sorgente quella porzione di segnale sismico che altre tecniche considerano disturbo;
- non necessitando si alcuna energizzazione esterna si possono raggiungere profondità di investigazione anche superiori a 100 m.

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva di tipo HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo Nakamura) non permette un dettaglio come altri sistemi quali sismica a rifrazione o down-hole, ma è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, le quali sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Per l'acquisizione del segnale è stato utilizzato il tromografo "TROMINO 3G+" prodotto da MOHO Srl costituito da un geofono 3D ad alte prestazioni e bassa frequenza di risonanza, con sensori da 0,1 a 1024Hz e scheda da 24 bit reali.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	285	0.42
8.80	7.00	420	0.42
18.80	10.00	650	0.42
48.80	30.00	750	0.40
118.80	70.00	790	0.38
inf.	inf.	860	0.38

Vs_eq(0.0-30.0)=563m/s

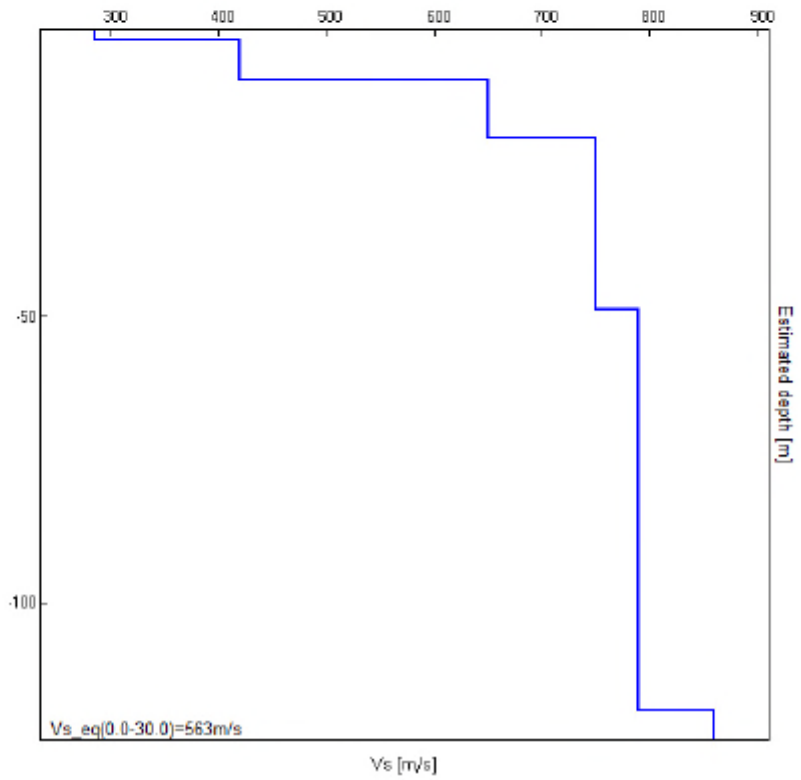


Figura 11 Frequenze caratteristiche in sito H/V e ricostruzione delle Vs_{30}

La ricostruzione delle Vs30 = **563 m/s** fa ricadere il terreno di fondazione nella **categoria di sottosuolo B** delle NTC 2018.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.3 Modello geologico

Secondo la definizione delle NTC 2018 (6.2.1) "*Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento*".

Nel contesto in esame assumono rilevanza, ai fini della definizione del modello, essenzialmente i caratteri stratigrafici del terreno in quanto i processi geomorfologici e più in generale i pericoli ad esso connessi non trovano sviluppo.

Sulla base delle informazioni stratigrafiche rilevate nel corso della realizzazione della campagna di indagine, sono state ricostruite 2 sezioni geologiche, una trasversale e una longitudinale al corso d'acqua, rappresentate nella tavola "1840PRF2_A-ProfGeologico", allegata al presente progetto e di cui si riporta uno stralcio in Figura 12.

Il modello evidenzia come il sottosuolo si presenti differenziato in vari orizzonti di seguito descritti:

- **SL** - Sabbia limosa debolmente argillosa, di colore grigio scuro, da consistente a molto consistente. Lo spessore dell'orizzonte è pari a circa 3,0 m;
- **LS_a** - Limo sabbioso debolmente argilloso, di colore grigio scuro, da molto consistente a duro, con spessore variabile da 2,0 a 6,0 m;
- **LA** - Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), di colore grigio scuro, da molto consistente a duro. L'orizzonte varia da 6,0 a oltre 9 m in destra idrografica;
- **AL** - Argilla limosa debolmente sabbiosa (fine) molto consistente di colore grigio scuro, con rari clasti (argillitici) spigolosi millimetrici in inclusione; l'orizzonte, si estende fino a fine sondaggi eseguiti circa 20 m dal p.c. dell'alveo attuale.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

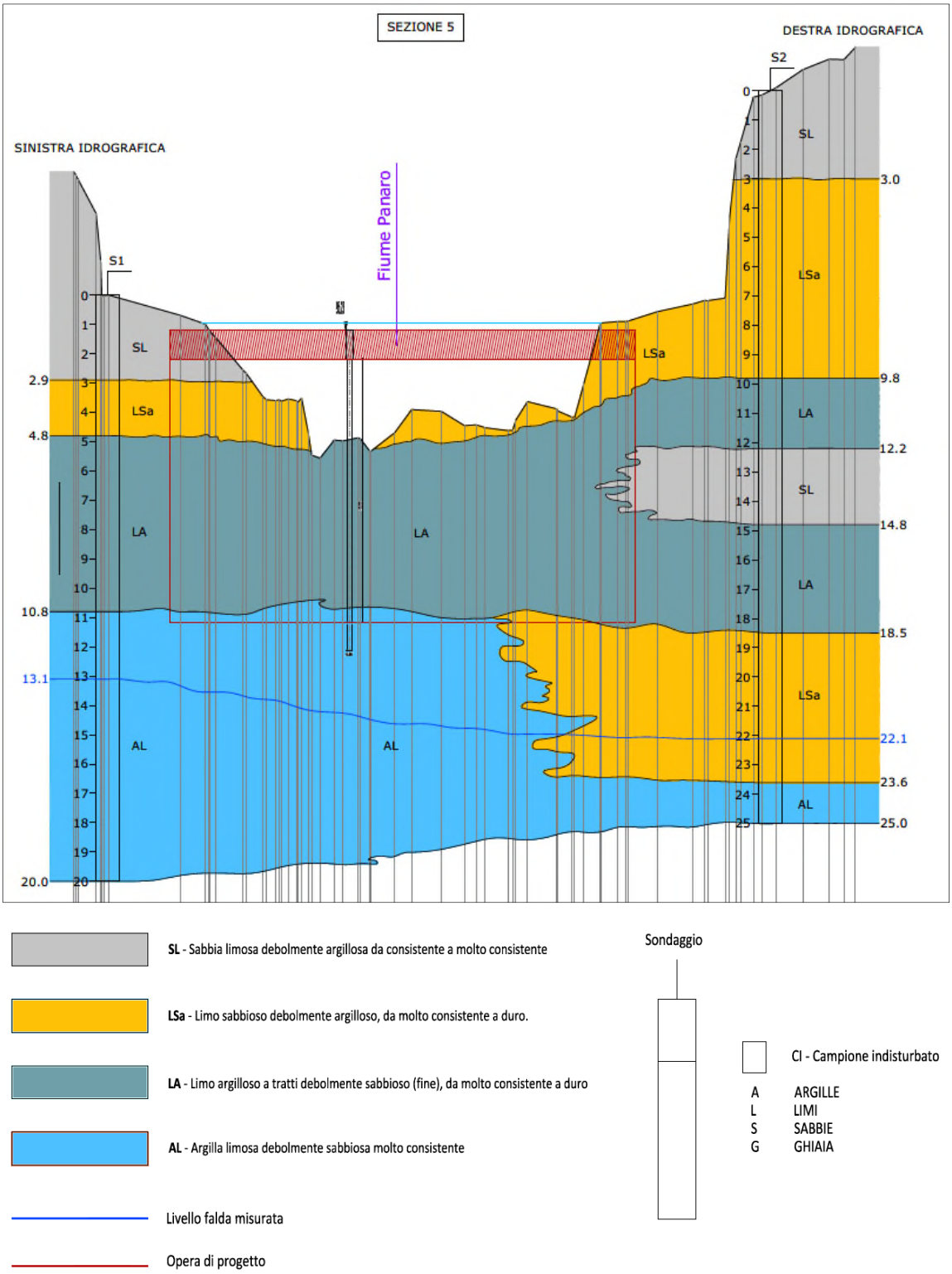


Figura 12 Modello geologico locale dell'area d'intervento (sezione trasversale al corso d'acqua)

Per quanto riguarda l'assetto piezometrico, deve essere evidenziato che nell'area è stata rilevata una falda superficiale individuata e misurata nel corso dei sondaggi con soggiacenza di circa 13 m dal p.c. dall'attuale quota di fondo alveo.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.4 Modello geotecnico

Sulla base della caratterizzazione litostratigrafia derivata dai sondaggi eseguiti e sull'elaborazione dei dati delle prove SPT in foro precedentemente descritte, è stato ricostruito il modello geotecnico schematico del sottosuolo investigato, definendo per ogni unità geotecnica il range di valori dei principali parametri geotecnici mediante le prove di laboratorio, integrate con correlazioni di formule e dati di letteratura.

Si rimanda alla tavola "1840PRF3_A-ProfGeotecnico" allegata al presente progetto, in cui è stato ricostruito il profilo geotecnico lungo 2 sezioni, una trasversale e l'altra longitudinale al corso d'acqua.

UG1 – Sabbia limosa debolmente argillosa da consistente a molto consistente.

Peso di volume γ= 20,4 kN/m^3
Angolo di attrito interno efficace ϕ'= 22 - 24°
Coesione non drenata Cu= 125 kPa
Coesione efficace C' = 100 kN/m^2
Modulo edometrico M= 11-18 MPa

UG2 - Limo sabbioso debolmente argilloso, da molto consistente a duro

Peso di volume γ= 21,2 kN/m^3
Angolo di attrito interno efficace ϕ'= 29°- 31,5°
Coesione non drenata Cu= 150 - 180 kPa
Coesione efficace C' = 30 – 40 kN/m^2
Modulo edometrico M= 4,5 - 6 Mpa

UG3 - Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), da molto consistente a duro

Peso di volume γ= 20,5-21,50 kN/m^3
Angolo di attrito interno efficace ϕ'= 25°- 27°
Coesione non drenata Cu= 60 - 80 kPa
Coesione efficace C' = 50 – 70 kN/m^2
Modulo edometrico M= 11-18 MPa

UG4 - Argilla limosa debolmente sabbiosa (fine) molto consistente

Peso di volume γ= 20,0-20,5 kN/m^3
Angolo di attrito interno efficace ϕ'= 23°- 25°
Coesione non drenata Cu= 50 - 70 kPa
Coesione efficace C' = 8 – 10 kN/m^2
Modulo edometrico M= 4 – 6,5 Mpa

Correlazioni: "*Peso di volume γ (Meyerhof), Angolo di attrito interno efficace ϕ' (Meyerhof), Coesione non drenata Cu (Terzaghi-Peck/ Schmertmann), Modulo edometrico M (Begemann)*".

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

4 Sismicità

4.1 Elementi di sismotettonica regionale

Nella Carta Sismotettonica pubblicata dalla Regione Emilia-Romagna (Figura 13), sono rappresentati gli elementi strutturali attivi di superficie e profondi sia in catena che in pianura, tenendo conto dei regimi di stress e, per quanto concerne i terremoti, la loro distribuzione ipocentrale secondo intervalli di profondità.

La carta permette di analizzare l'assetto dell'area di studio con riferimento alla sismicità generale. Gli elementi di maggiore interesse ai fini della rappresentazione del quadro delle sollecitazioni tettoniche che hanno agito nel corso degli ultimi 450.000 anni circa di storia geologica sul margine appenninico padano, sono dati dalle strutture sepolte e affioranti attive rappresentate.

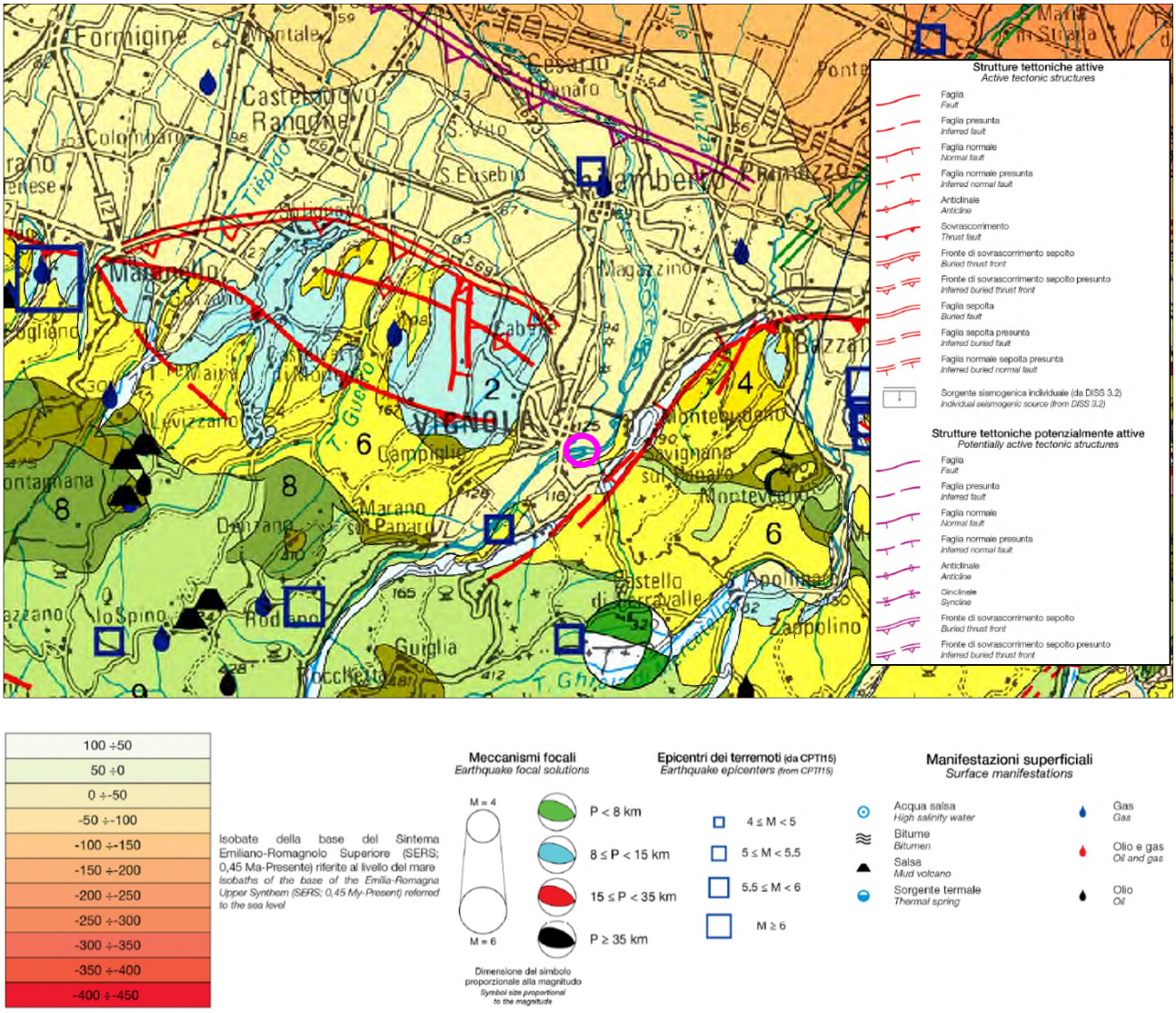


Figura 13 Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe (AAAVV, 2016); nel cerchio viola è evidenziata l'area d'interesse.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Le principali linee tettoniche presenti nell'area di studio costituiscono il Fronte di accavallamento pedeappenninico (Pedeapenninic Thrust Front = PTF), coincidente con il margine morfologico appenninico, che si sviluppa nel sottosuolo in corrispondenza dei terrazzi pre-wurmiani, in direzione NW-SE. Il fronte risulta coinvolto da discontinuità trasversali (linee) coincidenti con alcuni corsi d'acqua appenninici, tra i quali, nell'area in esame, dalla linea del F. Panaro.

Attraverso l'analisi dei dati sopra esposti, nell'ambito della realizzazione della Carta Sismotettonica, e grazie alle valutazioni fornite dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia (ARPAE), sono stati individuati i settori soggetti a diversi tassi di abbassamento (attraverso curve isocinetiche che rappresentano la velocità di subsidenza media nel periodo dal 2006 al 2011), in conseguenza delle sollecitazioni tettoniche subite.

Risulta evidente che lungo la pianura padana (Figura 14) le più alte velocità di abbassamento si registrano nella zona del delta padano, dove è dell'ordine di 4 mm/a mentre rimane attorno ai 2 mm/s in ampie parti della pianura emiliano-romagnola. È da sottolineare che in corrispondenza di aree con tassi inferiori a 2 mm/a, queste siano caratterizzate solamente da subsidenza naturale (movimenti tettonici, consolidamento terreni e deglaciazione), mentre per valori superiori sono da considerare i contribuiti di tipo antropico.

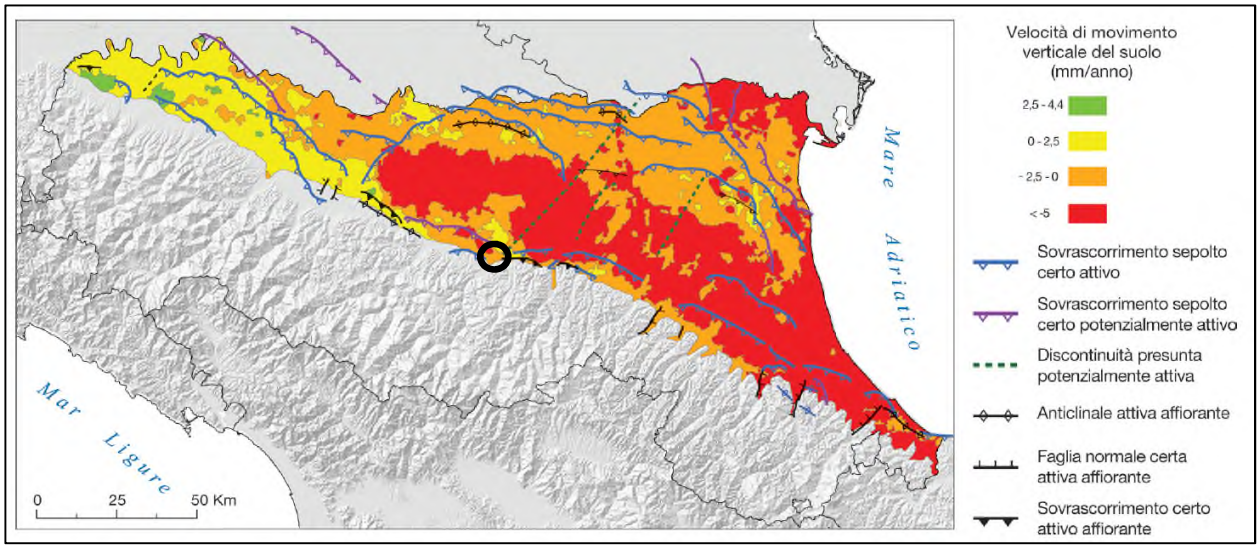


Figura 14 Mappa di confronto tra le velocità di movimento verticale del suolo (tra 2006 e 2011) e le principali strutture tettoniche attive riconosciute (tratta dalle Note Illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna)

4.1.1. Sismicità storica dell'area d'intervento

La sismicità rappresenta uno strumento indispensabile per le analisi sismotettoniche e un utile supporto alla geologia strutturale, in quanto varie tipologie di dati sismici, ottenuti attraverso differenti metodologie, possono fornire indicazioni per l'identificazione e la caratterizzazione delle strutture geologicamente attive.

L'insieme delle informazioni disponibili sui terremoti avvenuti in passato, ottenute secondo metodi di analisi di tipo sia strumentale che non, consistono essenzialmente in registrazioni del moto del terreno dalle quali è possibile ricavare l'ipocentro (in termini di latitudine, longitudine, profondità e relative incertezze), così come la dimensione (in termini di magnitudo o momento sismico) e la tipologia del meccanismo del terremoto (in termini di parametri di faglia o di tensore momento).

I dati strumentali sono integrati da informazioni sulla distribuzione spaziale degli effetti indotti dal terremoto sulle persone, sulle cose e sull'ambiente, dalle quali, attraverso la codifica di una scala

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

macrosismica, è possibile ricavare la localizzazione, la magnitudo equivalente, le dimensioni fisiche ed anche l'orientazione della struttura sismogenetica.

Le informazioni riguardanti gli eventi sismici avvenuti nell'area in esame sono state ricavate dall'ultima versione del Database Macrosismico Italiano chiamata "DBMI15" (http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15), rilasciata nel luglio 2016, la quale aggiorna e sostituisce la precedente DBMI11, e dal Bollettino Sismico Italiano elaborato da ISIDe Working Group (http://iside.rm.ingv.it/).

Nella tabella sottostante è rappresentata la storia sismica della località di Vignola (MO) con elencati i 44 terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio nelle vicinanze dell'area in esame.

Considerando i valori esposti in tabella si può notare come il terremoto più significativo vicino all'area in esame, avvenuto nel 1983, con area epicentrale nel Parmense, produsse effetti del 6-7° grado della scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), la quale considera gli effetti distruttivi su persone e cose per misurare l'intensità del sisma.

Nella tabella il termine "Is" è riferito all'intensità al sito per ogni evento sismico e per ognuno di essi è indicata l'ora, il giorno, l'area e l'intensità macrosismica epicentrale, e la magnitudo del momento sismico (MMS – Moment Magnitude Scale). Quest'ultima è stata sviluppata come aggiornamento della scala Richter.

Storia sismica di	**Vignola (MO)**				
Numero di eventi 14					
Effetti Is (MCS)	**Data**	**Area epicentrale**	**Punti di osservazione macrosismiche**	**Intensità macrosismica epicentrale**	**Magnitudo momento Mw**
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5,01
F	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6,29
4-5	1873 09 17	Appennino tosco-ligure	64	6-7	5,26
2-3	1874 10 07	Imolese	60	7	4,96
F	1885 02 26 20 48	Pianura Padana	78	6	5,01
2	1887 02 23 05 21 50.00	Liguria occidentale	1511	9	6,27
4	1889 03 08 02 57 04.00	Bolognese	38	5	4,53
4	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	403	8-9	5,87
NF	1897 12 18 07 24 20.00	Alta Valtiberina	132	7	5,09
6	1904 02 25 18 47 50.00	Reggiano	62	6	4,81
NF	1904 11 17 05 02	Pistoiese	204	7	5,1
NF	1911 09 13 22 29 02.00	Chianti	115	7	5,08
4	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5,63
NF	1919 06 29 15 06 13.00	Mugello	565	10	6,38
6	1920 09 07 05 55 40.00	Garfagnana	750	10	6,53
4	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5,04
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5,05
5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5,13

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Storia sismica di Vignola (MO)					
Numero di eventi 14					
Effetti Is (MCS)	Data	Area epicentrale	Punti di osservazione macrosismiche	Intensità macrosismica epicentrale	Magnitudo momento Mw
5	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5,36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5,1
2	1929 04 22 14 19	Bolognese	12	5-6	4,61
3	1929 04 28 19 40	Bolognese	20	6	4,73
6	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5,2
5	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5,29
4	1929 08 17 04 25	Bolognese	10	4-5	3,89
2	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4,91
4	1930 10 24 00 52	Appennino tosco-emiliano	12	4	3,97
4	1930 10 26 07 14	Appennino tosco-emiliano	14	4	4,21
4	1930 10 26 07 31	Modenese	11	4	4,12
5	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4,73
NF	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4,17
NF	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
6	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5,04
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1986 12 06 17 07 19.77	Ferrarese	604	6	4,43
3	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4,71
3-4	1992 04 17 11 59 07.29	Appennino bolognese	56	4-5	4,11
NF	1995 10 10 06 54 21.72	Lunigiana	341	7	4,82
4-5	1996 10 15 09 55 59.95	Pianura emiliana	135	7	5,38
NF	2000 06 18 07 42 07.68	Pianura emiliana	304	5-6	4,4
3	2002 06 08 20 13 07.10	Frignano	115	4	4,23
3-4	2002 06 18 22 23 38.10	Frignano	186	4	4,3
3	2002 06 19 22 11 15.57	Frignano	52	3	4,03
5	2003 09 14 21 42 53.18	Appennino bolognese	133	6	5,24

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

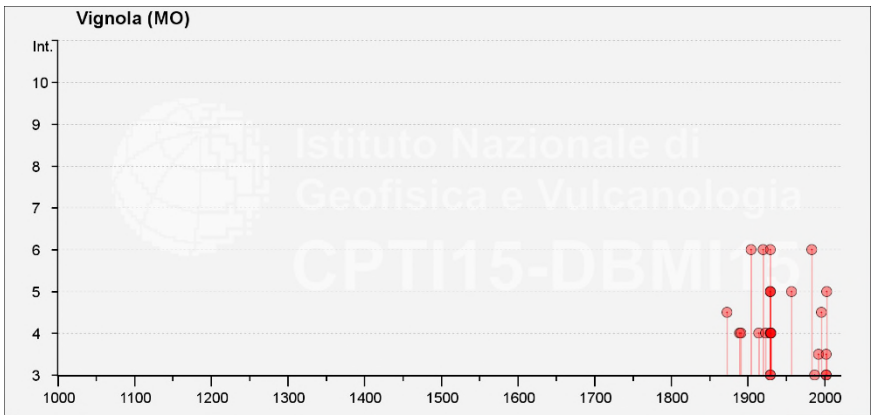


Figura 15 Rappresentazione degli eventi sismici significativi avvenuti in località Vignola (MO) negli anni compresi tra 1000 e il 2003 (fonte: DBMI15)

4.1.2. Sorgenti sismogenetiche

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia ha diffuso, nell'ambito del Progetto DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) le informazioni riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale.

La Figura 16 mostra le aree sismogenetiche riferite alla versione più aggiornata del database DISS 3.2.0 "A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas" del 2015 (http://diss.rm.ingv.it/diss/).

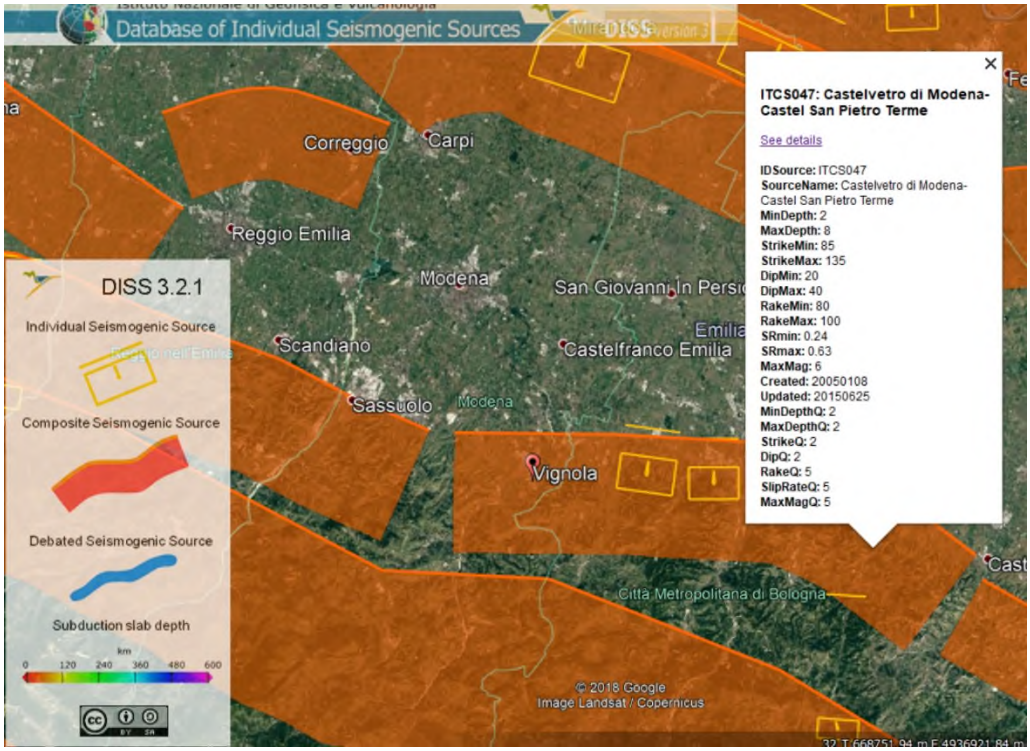


Figura 16 Database zone sismogenetiche INGV (DISS3.2): rappresentazione cartografica della CSS (Composite Seismogenic Source) (Google Earth)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

L'area oggetto di studio ricade all'interno nella sorgente sismogenetica composita (CSS) classificata come "ITCS047: "Castelvetro di Modena – Castel San Pietro" a partire dalla quale possono svilupparsi sismi di magnitudo pari a 6,0 (scala Richter). La geometria del thrust è compresa tra i 2 e i 8 Km dalla superficie.

La sorgente sismogenetica composita è essenzialmente una struttura identificata sulla base dell'analisi di dati geologici di superficie e sotterranei, ed in particolare sulla base dell'identificazione delle tracce e delle caratteristiche delle faglie attive. La lunghezza della rottura attesa in conseguenza del terremoto, tuttavia, è scarsamente definibile in quanto, normalmente, le sorgenti sismogenetiche composite derivano da un numero imprecisato di singole fonti vicine tra loro ma sostanzialmente discontinue. Ad una CSS non è possibile attribuire una specifica dimensione del terremoto atteso per il futuro, ma il loro potenziale sismico è stimato dai cataloghi terremoto esistenti.

Da un punto di vista geometrico la CSS rappresenta la proiezione sulla superficie terrestre della superficie di faglia (Figura 17).

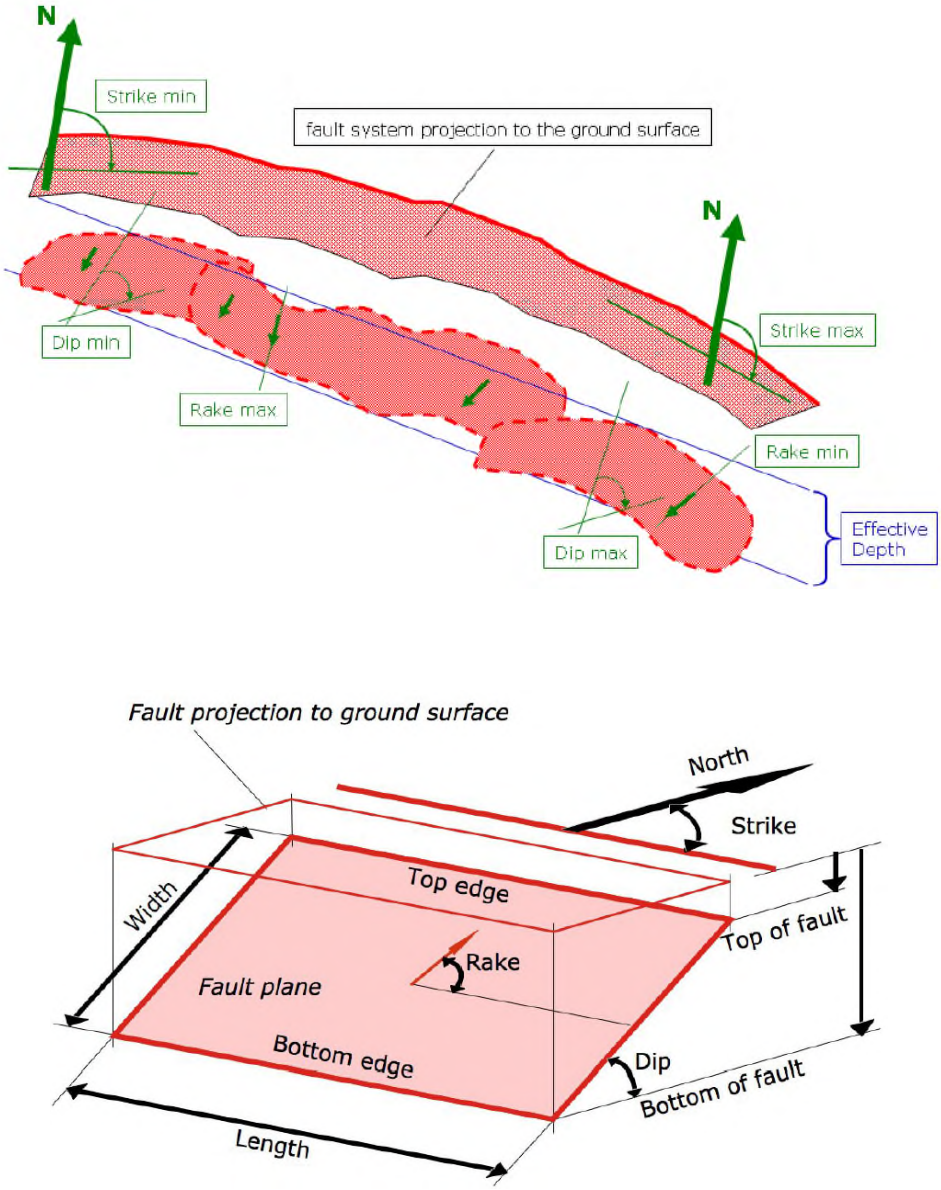


Figura 17 Schema geometrico di una sorgente sismogenetica composita (CSS)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

4.1.3. Zonazione sismogenetica

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha realizzato una zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale per soddisfare diversi requisiti, ed in particolare per recepire le conoscenze più recenti sulla tettonica attiva della penisola e sulla distribuzione delle sorgenti sismogenetiche, fornire per ogni zona una stima della profondità efficace dei terremoti (ovvero l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti) e un meccanismo di fagliazione prevalente attraverso l'analisi cinematica di eventi geologici importanti che interessano la crosta superficiale e anche strutture profonde (INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004).

La ZS9 rappresenta la più recente zonizzazione sismogenetica del territorio nazionale ed è stata elaborata tenendo in considerazione i principali riferimenti informativi sui terremoti: progetto DISS e il Database Macrosismico Italiano (DBMI15), che contiene i dati di intensità utilizzati per la compilazione dei parametri del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani rilasciato nel 2015 (CPTI15, Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15).

Il territorio italiano è suddiviso in 36 aree differenti numerate da 901 a 936 cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto non contribuiscono alla pericolosità del territorio italiano o hanno un numero di eventi interno molto basso (Figura 18). Si possono distinguere le seguenti porzioni:

- Arco alpino: 901 ÷ 910;
- Appennino settentrionale e centrale: 911 ÷ 923;
- Appennino meridionale e avampaese apulo: 924 ÷ 928 e 931;
- Calabria: 929 – 930;
- Sicilia: 932 ÷ 936.

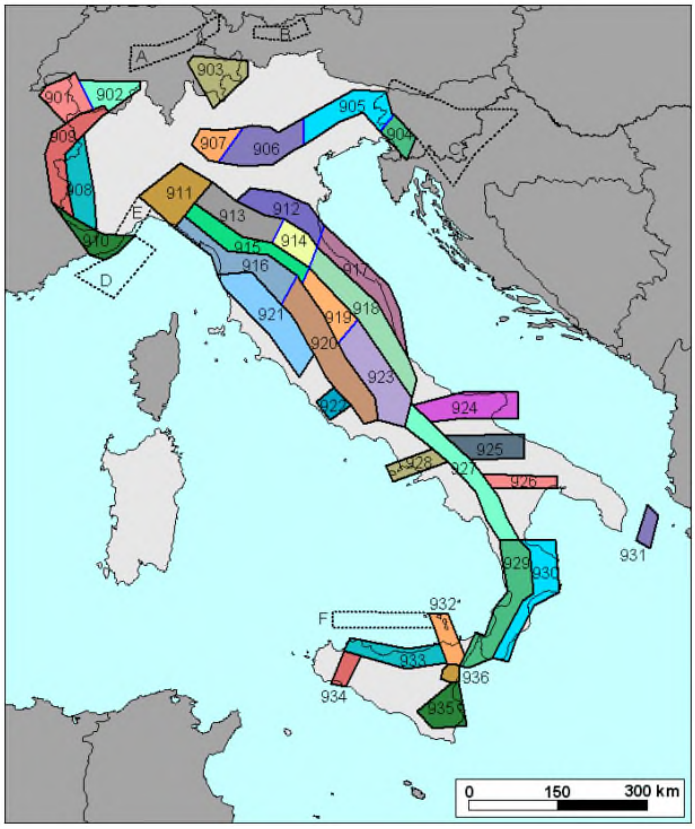


Figura 18 Schema Zonazione sismogenetica ZS9. I limiti blu separano zone con analogo significato cinematico ma diverse caratteristiche sismiche (fonte: INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento di Protezione Civile, 2004)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

L'area in esame ricade all'interno della zona 913 nel settore dell'Appennino settentrionale. Questa zona rappresenta la porzione della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale. Si estende lungo l'asse della catena appenninica ed è caratterizzata da un regime tettonico debolmente compressivo, infatti la sismicità dell'area dipende proprio dalla presenza di strutture compressive (thrust).

4.2 Azioni sismiche

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati dalle NTC 2018, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente Se (T), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR}, nel periodo di riferimento V_R. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le NTC 2018 stabiliscono che le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g: accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_o: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g, F_o e T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

L'area di studio indicativamente ubicata alle coordinate (ED50) Lat: 44.475820° Long: 11.014222° ricade pertanto all'interno del reticolo di riferimento tra i 4 vertici indicati nella Figura 19, per i quali le NTC definiscono i parametri necessari per definire l'azione sismica.

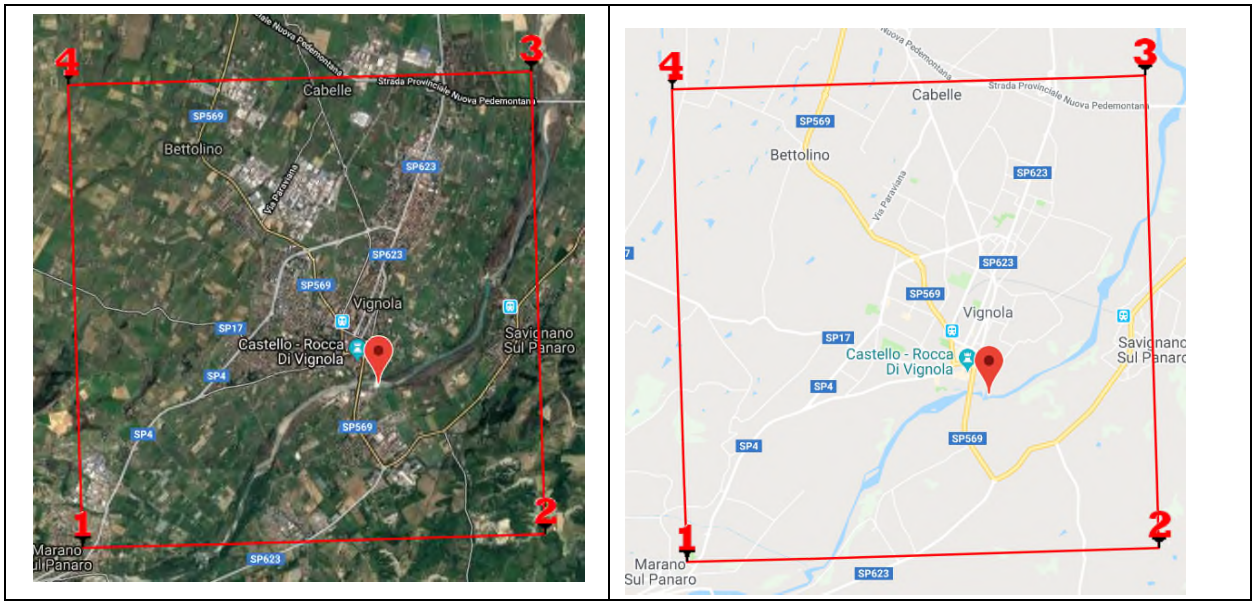


Figura 19 Reticolo di riferimento per la dfinizione dei parametri per l'azione sismica

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

	ID	Latitudine (°)	Longitudine (°)	Distanza (m)
Sito 1	16947	44,458080	10,969420	4065,8
Sito 2	16948	44,459550	11,039360	2693,0
Sito 3	16726	44,509540	11,037290	4172,1
Sito 4	16725	44,508070	10,967290	5168,9

Tab. 3 Siti di riferimento

Secondo la classificazione sismica del DGR 1164 del 23/07/2018 il Comune di Vignola (MO) e il Comune di Savignano sul Panaro (MO) ricadono in zona sismica 3. I valori di accelerazione massima orizzontale di riferimento di picco al suolo, cioè per T = 0, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (banca dati accelerometrica "European Strong Motion database – ISESD"), per entrambi i comuni è pari a a_{refg}=0,163 m/s^2.

La seguente tabella riporta i parametri sismici relativi all'area in esame, così come definiti dalle NTC 2018:

Stato limite	Probabilità Superamento (%)	Tr [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T^*_c [s]
SLO	81	30	0,053	2,491	0,255
SLD	63	50	0,066	2,496	0,268
SLV	10	475	0,163	2,402	0,292
SLC	5	975	0,205	2,408	0,307

Tab. 4 Parametri sismici

Per quanto riguarda la definizione dei coefficienti sismici sono state operate, a livello preliminare, le seguenti classificazioni tipologiche sia per quanto concerne l'opera in progetto, sia per quanto riguarda la stratigrafia del sito di intervento.

In primo luogo, è stata definita la classe prevalente delle opere da realizzare, facendo riferimento alla **II Classe**, così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 5).

Classe	Descrizione
I.	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
II.	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
III.	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
IV.	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 5 Classe degli edifici secondo NTC2018

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

È stata quindi definita la "Vita nominale" dell'opera, facendo riferimento al valore di **50 anni**, così come definito dalle NTC 2018 (Tab. 6).

Tipo opera	Vita Nominale
Opere provvisorie	<=10
Opere ordinarie	>=50
Grandi opere	>=100

Tab. 6 Vita nominale delle opere secondo le NTC 2018

Con riferimento ai criteri classificativi introdotti dalle NTC 2018, sulla base delle caratteristiche stratigrafiche individuate dalle indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo) e dalle indagini geofisiche effettuate (MASW con Vs_{30} = 610 m/s e HVSR dove Vs_{30} = 563 m/s), la categoria di sottosuolo del sito in esame, ricade nella **Categoria di sottosuolo B** (Tab. 7).

Categoria	Descrizione
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti,* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 7 Categorie del sottosuolo secondo le NTC 2018

Per quanto riguarda la definizione della categoria topografica dell'area in esame questa ricade nella **categoria T1** in ragione della morfologia dell'area, così come definita dalle NTC 2018 (Tab. 8).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°
T2	Pendii con inclinazione media i > 15°
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media 15° ≤ i ≤ 30°
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media i > 30°

Tab. 8 Categorie topografiche secondo le NTC 2018

Sulla base delle classificazioni sopra riportate è stato possibile calcolare i coefficienti sismici che permetteranno di definire gli spettri di accelerazione sia orizzontali che verticali, così come definiti dalle relazioni riportate nel paragrafo 3.2.3.2 delle NTC.

La seguente tabella riporta i coefficienti sismici orizzontali, l'accelerazione massima attesa al sito e il coefficiente di riduzione dell'accelerazione stessa nei diversi stati limite, per paratie secondo le NTC 2018.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

PARATIE

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia (H): 13,0 m

Spostamento ammissibile: 0,01 m

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
K_h	0,053	0,065	0,161	0,203
K_v	--	--	--	--
Amax [m/s²]	0,626	0,776	1,915	2,411
Beta	0,827	0,827	0,827	0,827

Tab. 9 Coefficienti sismici

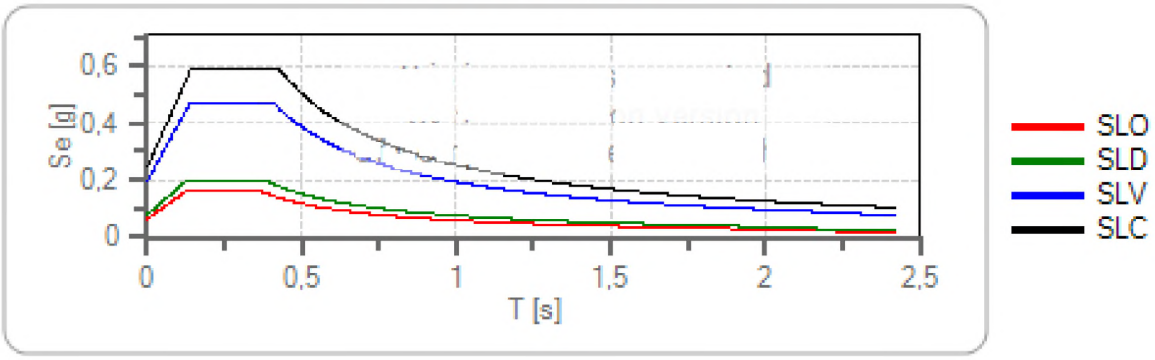
4.2.1. Spettro di risposta elastico

Sono stati definiti gli spettri relativi alle componenti orizzontale e verticale, con riferimento agli stati limite contemplati dalle NTC 2018 ed in particolare:

- SLE = Stati limite di esercizio
- SLO = Stato limite di operatività
- SLD = Stato limite di danno
- SLU = Stati limite ultimi
- SLV = Stato limite di salvaguardia della vita
- SLC = Stato limite di prevenzione del collasso

I grafici riportati nelle seguenti figure rappresentano i valori di accelerazione spettrali attesi (Sd [g]) rispetto ad un di periodo di oscillazione di riferimento (T [s]). Nel corso della progettazione strutturale esecutiva degli interventi tali considerazioni dovranno essere verificate e puntualizzate in funzione delle caratteristiche strutturali e dimensionali delle opere.

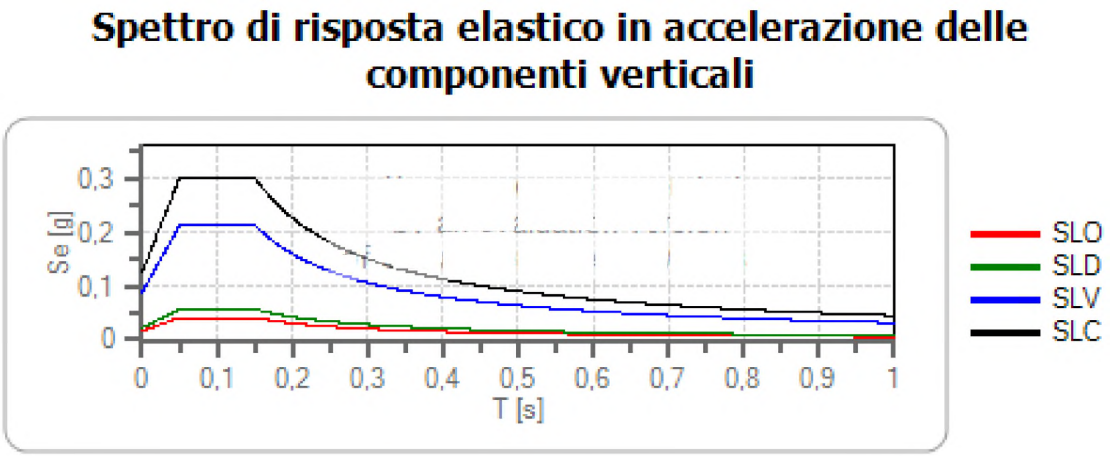
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,053	2,491	0,255	1,200	1,450	1,000	1,200	1,000	0,123	0,370	1,813
SLD	1	0,066	2,496	0,268	1,200	1,430	1,000	1,200	1,000	0,128	0,383	1,864
SLV	1	0,163	2,402	0,292	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,137	0,412	2,251
SLC	1	0,205	2,408	0,307	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,426	2,420

Figura 20 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,053	2,491	0,255	1,000	1,450	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,066	2,496	0,268	1,000	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,163	2,402	0,292	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,205	2,408	0,307	1,000	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Figura 21 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

5 Sintesi delle analisi e conclusioni

Lo studio condotto ha permesso di delineare i principali aspetti geologici, geomorfologici idrogeologici, geotecnici e sismici degli interventi di ripristino della briglia Muratori, sul fiume Panaro, all'altezza dell'abitato di Vignola (MO) e Formica (MO). Il quadro generale degli aspetti indagati è in sintesi riportato nei seguenti paragrafi.

Inquadramento geografico e amministrativo

L'intervento ricade lungo il fiume Panaro, tra i Comuni di Vignola (MO) e Savignano sul Panaro (MO), a valle dell'attraversamento stradale della SP 569.

Geologia

L'area è caratterizzata dai depositi quaternari alluvionali legati alla conoide del fiume Panaro e dall'affioramento del substrato plio-pleistocenico, costituito dalle Argille Azzurre (FAA) e dalla litofacies pelitico-arenacea della Formazione di Monte Adone (ADO2a).

Geomorfologia

Il tratto del F. Panaro in esame è stato caratterizzato da modificazioni significative dell'assetto plano-altimetrico, in relazione agli interventi antropici di stabilizzazione del profilo longitudinale di fondo alveo, a salvaguardia dei numerosi attraversamenti stradali e ferroviari.

Il canale attivo si presenta monocursale rettilineo incassato rispetto ai piani golenali di oltre 5 m, nel substrato roccioso plio-pleistocenico affiorante.

Idrogeologia

Il sottosuolo risulta caratterizzato dalla presenza di una falda superficiale ad alta trasmissività contenuta nei depositi alluvionali, soggetta a consistenti fluttuazioni di livello legate al regime idrometrico del fiume Panaro e dalle precipitazioni meteoriche. Il corso d'acqua, per le sue caratteristiche morfologiche attuali, assume nei periodi di magra, un'azione drenante della falda presente nei terrazzi alluvionali antichi posti a sommità superiore al fondo alveo.

Modello geologico

Sulla base delle informazioni stratigrafiche rilevate nel corso della realizzazione della campagna di indagini geognostiche è stato ricostruito il modello geologico. La successione litostratigrafica è costituita da un primo orizzonte di circa 3 m di spessore, caratterizzato da sabbia limosa debolmente argillosa, di colore grigio scuro. Al di sotto si rinviene del limo sabbioso debolmente argilloso, di colore grigio scuro, da molto consistente a duro, con spessore variabile da 2,0 a 6,0 m. In profondità è presente un livello di limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), di colore grigio scuro, da molto consistente a duro. L'orizzonte varia da 6,0 a oltre 9 m in destra idrografica. L'ultimo orizzonte, che si estende fino a fine sondaggi, a circa 20 m dal p.c. dell'alveo attuale, è costituito da argilla limosa debolmente sabbiosa (fine) molto consistente di colore grigio scuro, con rari clasti (argillitici) spigolosi millimetrici in inclusione.

Modello geotecnico

I terreni di fondazione ricadono nell'unità geotecnica individuata come UG3, costituita da limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), di colore grigio scuro, da molto consistente a duro. I seguenti parametri geotecnici di riferimento sono derivati dai risultati delle prove di laboratorio sui campioni indisturbati e da correlazioni dalle indagini SPT in foro eseguite nel sondaggio S2 a carotaggio continuo, in destra idrografica.

UG3 - Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), da molto consistente a duro

Peso di volume γ= 20,5-21,50 kN/m^3

Angolo di attrito interno efficace ϕ'= 25°- 27°

Coesione non drenata Cu= 60 - 80 kPa

Coesione efficace C' = 50 – 70 kN/m^2

Modulo edometrico M= 11-18 MPa

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Azione sismica

La classificazione sismica del DGR 1164 del 23/07/2018 pone i Comuni di Vignola (MO) e Savignano sul Panaro (MO) in zona sismica 3. I valori di accelerazione massima orizzontale di riferimento di picco al suolo, cioè per T = 0, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (banca dati accelerometrica "European Strong Motion database – ISESD"), sono per entrambi i Comuni pari a a_{refg}=0,163 m/s^2.

Dalle indagini geofisiche è stata ricavata la velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di terreno, risultata pari a V_{s30} = 610 m/s. Il terreno di fondazione ricade nella **Categoria di sottosuolo B** delle NTC 2018 "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

La via nominale delle opere, secondo le NTC 2018, è pari a **VN= 50 anni**, e la **categoria topografica** ricade nella classe **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media i ≤ 15°"

La seguente tabella riporta i coefficienti sismici orizzontali, l'accelerazione massima attesa al sito e il coefficiente di riduzione dell'accelerazione stessa nei diversi stati limite, per le paratie (esempio h=13 m), secondo le NTC 2018.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
K_h	0,053	0,065	0,161	0,203
K_v	--	--	--	--
Amax [m/s²]	0,626	0,776	1,915	2,411
Beta	0,827	0,827	0,827	0,827

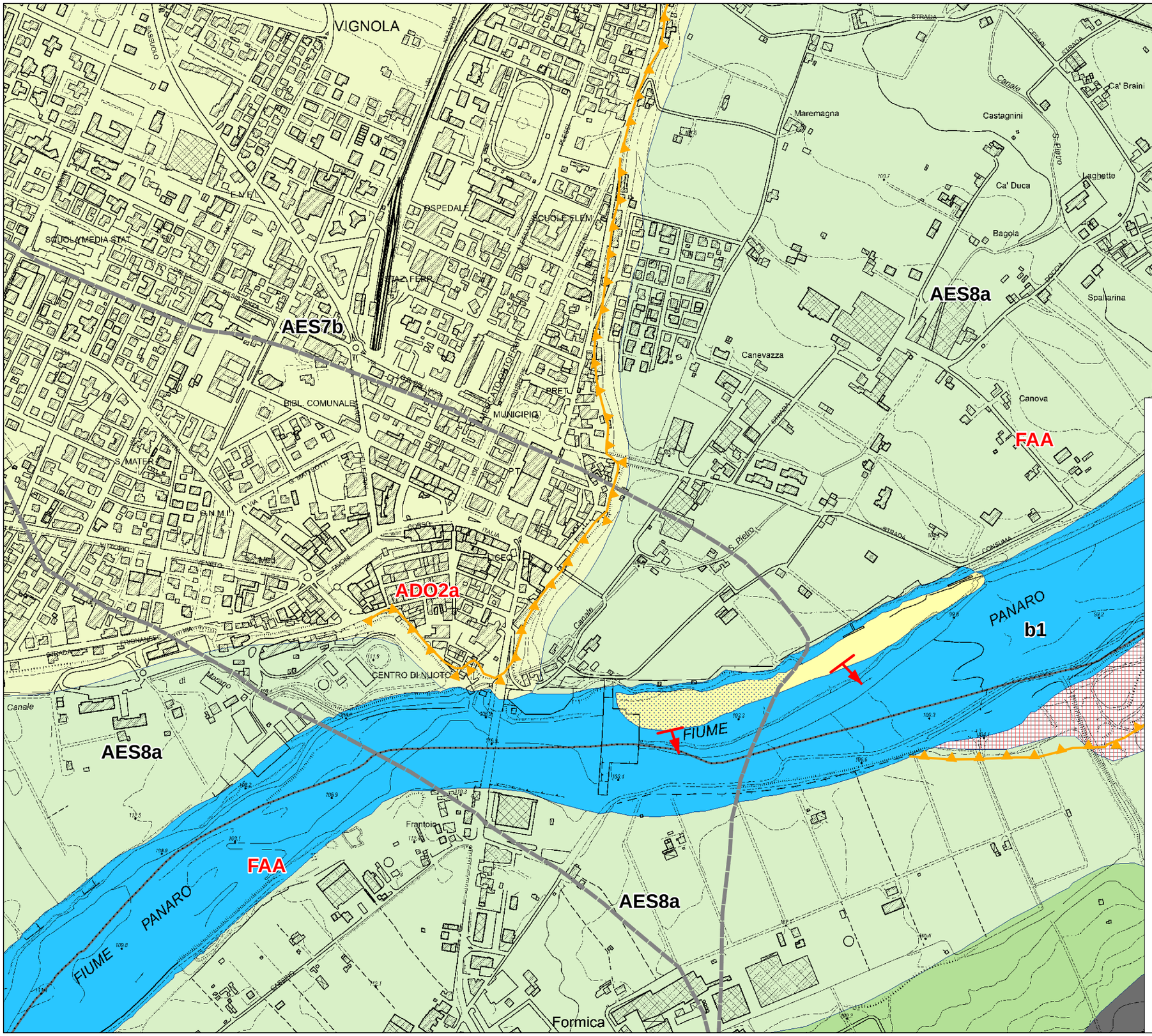
Tab. 10 Coefficienti sismici

Sulla base delle criticità segnalate lungo la briglia Muratori, è necessario realizzare una vasca di dissipazione a fondo piatto, collocata al piede dell'ultima paratia tirantata esistente, e una paratia di contenimento a fine vasca dissipazione, con intestazione delle fondazioni profonde nel substrato roccioso a maggior grado di consolidazione.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

ALLEGATO 1 – Carta geologica-geomorfologica

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



LEGENDA

Coperture quaternarie[a1g]

- AES7a - Unità di Niviano
- AES7b - Unità di Vignola
- AES8a - Unità di Modena
- b1 - Deposito alluvionale in evoluzione
- h3 - Cava
- i2 - Conoide torrentizia inattiva

Elementi geomorfologici

- Orlo di terrazzo

Unità geologiche[AVIc]

- FAA - Argille Azzurre
- ADO2a - Formazione di Monte Adone - Menbro delle Ganzole - litofacies pelitico-arenacea
- Limite unità geologica
- Stratificazione dritta
- Limite Comunale

N

0 50 100 200 300 400 500 m

Allegato 1 - Carta geologica - geomorfologica

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

ALLEGATO 2 – Verbale lavori indagini geognostiche e geofisiche e certificati prove di laboratorio

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

VERBALE LAVORI

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

INDICE

1. PREMESSA 3
2. INDAGINI ESEGUITE 4
3. DESCRIZIONE INDAGINI 6
3.1 Sondaggi a carotaggio continuo 6
3.2 Prove in foro SPT (Standard Penetration Test) 7
3.3 Prelievo di campioni indisturbati 9
3.4 Analisi sismica tipo Masw 9
3.5 Prova sismica a stazione singola tipo HVSR 10
3.6 Prova fisica tipo geoelettrica 11

ALLEGATI

ALLEGATO 1
Planimetria generale
ALLEGATO 2
Sondaggi a carotaggio continuo
ALLEGATO 3
Analisi simica tipo Masw
ALLEGATO 4
Prova singola a stazione singola tipo HVSR
ALLEGATO 5
Prova fisica tipo geoelettrica
ALLEGATO 6
Risultati Laboratorio

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto da AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE in merito a "Indagini geognostiche, geofisiche e analisi di laboratorio propedeutiche alla progettazione definitiva/esecutiva degli interventi di messa in sicurezza idraulica" è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche a sostegno della progettazione dei primi interventi di messa in sicurezza per tratte saltuarie del Fiume Secchia e Fiume Panaro.
Le indagini sono state suddivise in quattro zone ove si intende migliorare strutturalmente e funzionalmente il sistema difensivo esistente, proteggendo e riducendo la vulnerabilità di infrastrutture e abitati esistenti.

Le aree in questione sono:
- Briglia Casella sul fiume Panaro, comune di Savignano sul Panaro (MO)
- Briglia Muratori sul fiume Panaro, comune di Vignola (MO)
- Briglia Zenzano sul fiume Panaro, comune di Marano sul Panaro (MO)
- Briglia San Michele dei Mucchietti, sul fiume Secchia, comune di San Michele dei Mucchietti (MO)

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Strada per Barco 1/c - Montecchio E. (RE)
Tel. 0522/887268 – Fax. 0522/ 249540

2. INDAGINI ESEGUITE

La campagna di indagini geognostiche si è svolta nei mesi di Gennaio e Febbraio 2019, dopo il posizionamento delle indagini concordate con la Committenza.

Di seguito alleghiamo una ubicazione generale delle aree dove si sono svolte le indagini..

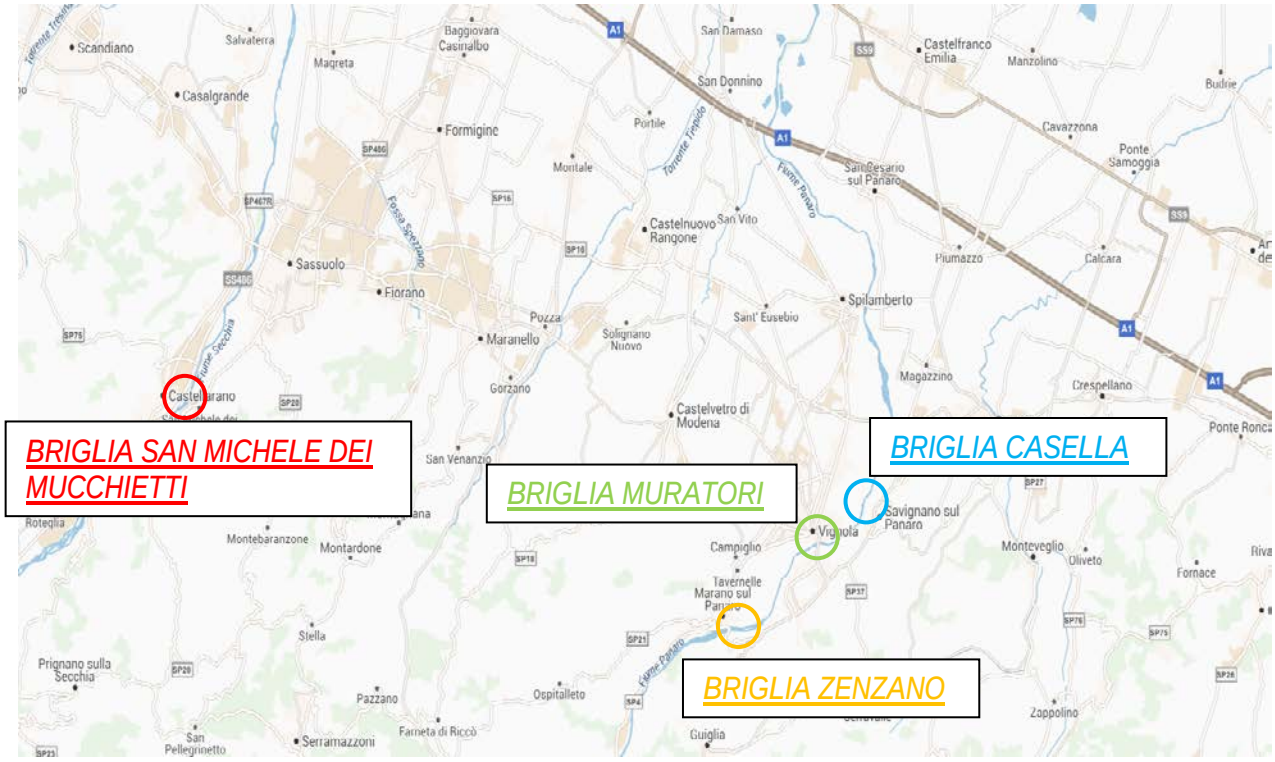


Figura 1: Ubicazione aree di indagine

In questo verbale andremo a descrivere le indagini eseguite a <u>Briglia Muratori</u>

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

BRIGLIA MURATORI

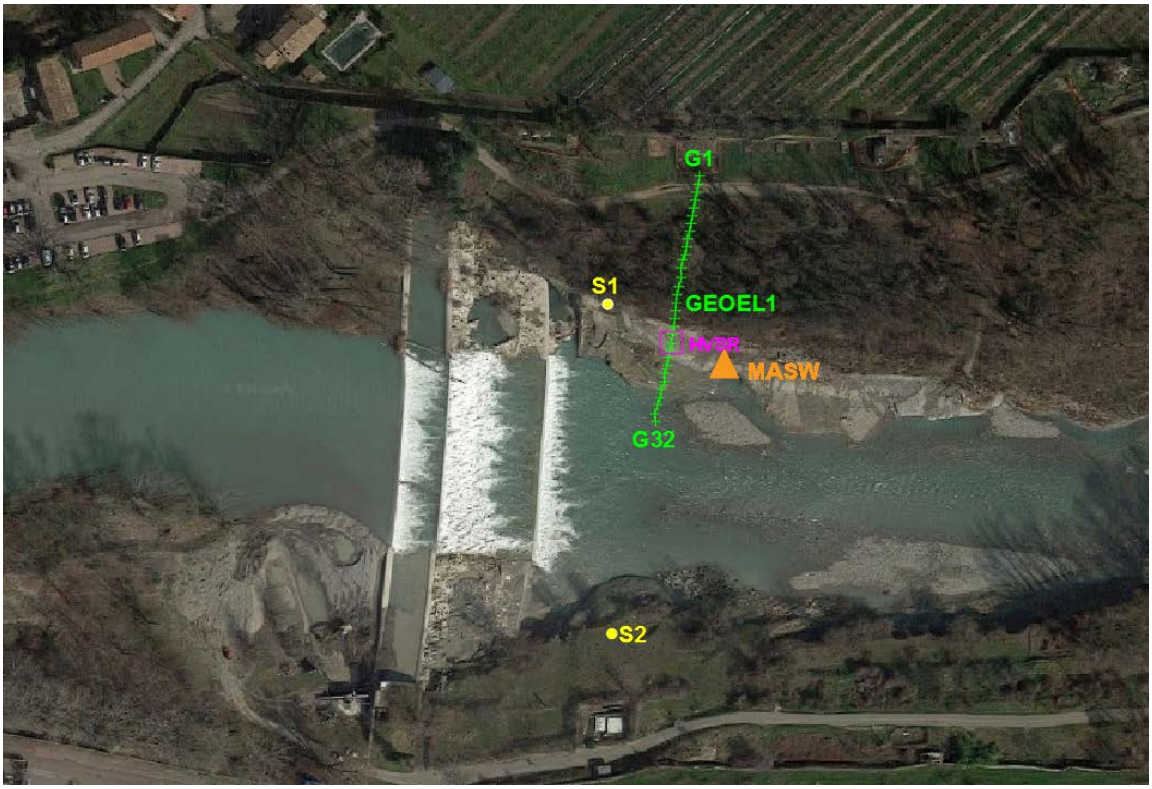


Figura 2: Planimetria indagini Briglia Muratori - fiume PANARO

Nell'area Briglia Muratori sono state effettuate le seguenti indagini:

- n.° 2 sondaggi a carotaggio continuo verticali;
- prove in foro tipo Standard Penetration Test;
- prelievo di campioni indisturbati per analisi ambientali;
- n.° 1 stendimento sismico tipo MASW;
- n.° 1 stendimento geofisico di tipo geoelettrico.
- n.° 1 HVSR

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3. DESCRIZIONE INDAGINI

3.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi a carotaggio continuo sono stati realizzati mediante la sonda perforatrice Soilmec SM-8G, le cui caratteristiche sono riportate nelle tabelle tab.3.1, seguendo le norme e specifiche di riferimento riportate qui di seguito:

- *AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) – Raccomandazioni sulla Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;*
- *UNI EN 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 Euurocode 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and testing];*
- *EN ISO 22475-1 – Geotechnical investigation and Testing – Sampling Methods and grounwater measurements – Part 1: Technical Principles for execution.*

Apparecchio di trivellazione	SOILMEC SM-G8
Allestimento	cingolata
Velocità massima di rotazione	450 giri/min
Coppia massima	436 Kg m
Corsa continua	4000 mm
Spinta	3500 Kg
Tiro	3500 Kg
Morsa idraulica per rivestimenti e/o aste	
Pompa fluidi	NENZI TRIPPLEX 200
Pressione continua	45 bar
Pressione max intermittente	70 bar
Portata	200 l min

Tabella 1: Caratteristiche sonda di perforazione SOILMEC SM-G8

La sonda è stata posizionata in corrispondenza dei punti concordati con la Committenza per procedere con perforazioni verticali. L'esecuzione dei sondaggi è stata effettuata mediante attrezzature a rotazione idraulica secondo il metodo del carotaggio continuo utilizzando carotieri semplici di diametro esterno di 101 mm e lunghezza 150 cm. dotate di corone in Widia visto la natura litologica dei terreni attraversati (prevalentemente argille e ghiaie). Con l'avanzamento della perforazione si è fatto ricorso di aste di perforazione con filettatura tronco conica del diametro di 76 mm e lunghezza 150 cm..

La stabilità delle pareti dei fori è stata assicurata mediante l'impiego di rivestimenti metallici provvisori, aventi spessore 8 mm, diametro di 127 mm e lunghezza 150 cm.. Tale rivestimento segue immediatamente ogni manovra di avanzamento del carotiere, ed è poi estratto e recuperato a fine perforazione. Ogni manovra di rivestimento è stata eseguita con l'uso di fluido di circolazione (nel caso specifico acqua pulita) e a pressioni controllate.

La perforazione è stata condotta a secco, senza l'ausilio di fluidi di perforazione, garantendo una percentuale di recupero pari al 100% in modo tale da consentire una sicura e dettagliata ricostruzione stratigrafica del sottosuolo. L'estrusione delle carote è stata eseguita a pressione idraulica avendo cura che il terreno non subisse dilavamento oppure per gravità tramite battitura in prossimità della corona terminale (nel caso di terreni granulari).

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Le carote di terreno recuperate sono state alloggiate in apposite cassette catalogatrici in plastica nella posizione corrispondente alla profondità di carotaggio ed evitando rimescolamenti del materiale, seguendo il riempimento da sinistra a destra e dall'alto verso il basso.
All'inizio e alla fine di ogni setto di ciascuna casetta catalogatrice è stata trascritta la profondità corrispondente, mentre sul bordo inferiore e sul coperchio sono state riportate le informazioni identificative del sondaggio (nome impresa, committente, nome sondaggio numero cassa e profondità.
Inoltre, opportuni separatori di plastica indicano le profondità delle varie manovre eseguite.

Tutte le informazioni relative alla perforazione e la descrizione stratigrafica dei campioni di terreno recuperati dal sondaggio, comprese tutta la documentazione fotografica del piazzamento e delle casse contenenti i campioni sono riportate nei certificati di prova (***Allegato 2)***.

Le caratteristiche dei sondaggi eseguiti sono riportati in tabella 2.

Nome sondaggio	Data		Profondità	Strumentazione installata
	Inizio	Fine	(m)	
S1	08/01/2019	09/01/2019	20,00 m	-
S2	09/01/2019	10/01/2019	25,00 m	-

Tabella 2: Caratteristiche sondaggi

3.2 Prove in foro SPT (Standard Penetration Test)

Le prove di Standard Penetration Test (Norme ASTM D 1586-84) sono state eseguite all'interno delle verticali di sondaggio al fine di determinare le caratteristiche di resistenza e compressibilità dei materiali incoerenti "in situ".

La prova è stata eseguita con seguente attrezzatura 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.;
- per terreni ghiaiosi utilizzo di punta conica chiusa del diametro esterno di 51 mm spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo aste di 813 mm.

Le procedure di prova sono di seguito elencate:
- verifica con apposito scandaglio della quota del "fondo foro", confrontandola con quella raggiunta dalla manovra di perforazione o di pulizia precedente. La quota può risultare maggiore per fenomeni di refluimento del foro o per decantazione di detriti in sospensione nel fluido. Se la differenza misurata supera i 7 cm la prova non si può eseguire previa ulteriore pulitura.
- Inizio prova che consiste nel misurare il numero di colpi necessari per far penetrare di 30 cm nel terreno vergine, dopo una penetrazione preliminare di 15 cm, un utensile standard a punta chiusa (Fig. 1).
  Tale attrezzo è collegato alla superficie mediante batterie di aste, sulle quali agisce un maglio del peso di 63,5 Kg che cade liberamente da un'altezza di 0,76 m. L'eventuale affondamento delle aste dovuto al proprio peso deve essere annotato e non incluso nei primi 15 cm di affondamento.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

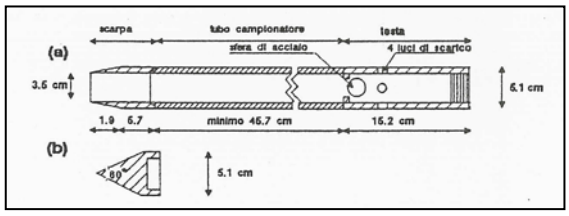


Figura 3: *Attrezzo SPT a punta aperta (a) e a punta chiusa (b).*

- Si procede all'infissione preliminare di 15 cm, contando i colpi necessari fino ad un massimo di 50 colpi. Successivamente si procede all'infissione vera e propria per un tratto di 30 cm, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm. Il valore di N_{SPT} è la somma dei colpi misurati in questi ultimi 30 cm.
- La prova viene sospesa quando il numero di colpi N_{SPT}, per un tratto di 15 cm, supera 50. In tal caso si annota un "rifiuto" da parte del terreno con la penetrazione in cm ottenuta con i 50 colpi.

Di seguito è riportata una tabella riassuntiva che riporta le profondità e i risultati delle SPT e comunque riportati in ciascun certificato di prova.

Sondaggio	Nome prova	Quota inizio prova (m. da p.c.)	Tipo punta	Prova			N_{SPT}
				N1	N2	N3	
S1	SPT1	3,00 m.	Chiusa	35	50/Rif	-	-
	SPT2	6,00 m.	Chiusa	32	36	40	76
	SPT3	9,20 m.	Chiusa	24	23	30	53
	SPT4	12,00 m.	Chiusa	20	27	29	56
	SPT5	15,00 m.	Chiusa	17	19	22	41
	SPT6	18,00 m.	Chiusa	20	24	32	56
	SPT7	19,90 m.	Chiusa	28	25	30	55
S2	SPT1	3,00 m.	Chiusa	23	27	30	57
	SPT2	6,00 m.	Chiusa	17	22	24	46
	SPT3	9,00 m.	Chiusa	19	30	32	62
	SPT4	12,00 m.	Chiusa	20	27	29	56
	SPT5	15,00 m.	Chiusa	22	26	34	60
	SPT6	18,00 m.	Chiusa	30	35	40	75
	SPT7	20,00 m.	Chiusa	32	34	43	77
	SPT8	21,80 m.	Chiusa	34	39	50/Rif	-
	SPT9	24,00 m.	Chiusa	20	30	38	68

Tabella 3: risultati delle prove SPT

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.3 Prelievo di campioni indisturbati

Durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio sono stati prelevati campioni indisturbati di terreno per l'identificazione del terreno e per l'esecuzione di prove di laboratorio finalizzate alla terminazione delle proprietà geotecniche e geomeccaniche.

Il prelievo dei campioni è stato eseguito secondo la seguente normativa e specifica di riferimento:
- *AGI Associazione Geotecnica Italiana (1977) – Raccomandazioni sulla Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;*
- *UNI EN 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 Eurocode 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and testing];*
- *EN ISO 22475-1 – Geotechnical investigation and Testing – Sampling Methods and groundwater measurements – Part 1: Technical Principles for execution.*

Visto la natura dei terreni attraversati, è stato utilizzato il campionatore semplice tipo "Shelby", caratterizzato dalla presenza di un pistone fisso collegato alle aste di manovra.
Di seguito si riportano le profondità dei campioni indisturbati prelevati:

Sondaggio	Nome campione	Profondità campione (m. da p.c.)	Tipologia
S2	CI1	4,00 a 4,50 m.	Shelby
	CI2	13,00 a 13,50 m.	Shelby

Tabella 4: elenco campioni indisturbati

I risultati dei campioni inviati al laboratorio sono riportati nell' ***Allegato 6***

3.4 Analisi sismica tipo Masw

In base alle norme tecniche per le costruzioni del DM 14 gennaio 2008 (ex DM 14/09/2005), è stata condotta una indagine sismica secondo la metodologia MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Wave*, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999), al fine di caratterizzare la risposta del sito in esame.

Tale indagine è stata condotta per raggiungere i seguenti obiettivi:
- ricostruire la geometria delle unità litotecniche (definire gli spessori delle coperture e delle principali unità litotecniche, definire le geometrie dei corpi che possono essere sede di movimenti franosi)
- caratterizzare con la velocità delle onde S, le unità litologico-tecniche.

Il MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà dell'applicazione del SASW in ambienti rumorosi. La tecnica che prevede la registrazione simultanea (in questo caso l'energizzazione è prodotta da una massa battente di almeno 8-10 Kg) di 12 o più canali (separati da 0,5m a 10m), fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalora la veridicità.
Il salvataggio delle tracce nel dominio temporale, previsto dal metodo, permette inoltre di distinguere e evidenziare, durante l'analisi, le onde di Rayleigh presenti nel record che, normalmente, sono caratterizzate da un'elevata ampiezza di segnale (circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si distribuisce in onde di superficie). Una particolare analisi spettrale, "overtone analysis", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie da cui ricavare la curva di dispersione ed il profilo delle Vs per successiva inversione 1-D.
La tecnica permette inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento per risalire ad un profilo bidimensionale che evidenzia le variazioni laterali delle Vs. risoluzione.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Queste fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (Vs)
La classificazione dei terreni è stata svolta sulla base del valore Vs30 (valore medio della Vs nei primi 30 m. di profondità) definita dalla relazione:

$$Vs30 = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$

in cui Vsi e hi sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato.

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA E CARATTERIZZAZIONE SISMICA

Sono stati eseguiti n.° 1 stendimenti con acquisizione mediante sismografo a 24 canali (PASI 16SG12) collegata a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, con passo di campionamento di 0,25 ms. con durata acquisizione di 1 sec.
L'energizzazione è stata effettuata con una massa battente (martello) da 10 kg.

I geofoni sono stati posizionati con distanza intergeofonica di 3,0 m. per una lunghezza complessiva di 69 m.

L'energizzazione è stata realizzata a distanze di 4,00m, -7,00m., -10,00m., -13,00m. dal piano campagna dal primo geofono.

ELABORAZIONE

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante software winMASW 4.3 Standard, per ricostruire il profilo della velocità delle onde di taglio Vs e per ottenere l'inversione della curva di dispersione. Il risultati dell'analisi sono riportati nell'***Allegato 3*** dai quali si ottiene la seguente ricostruzione sismo stratigrafica.

3.5 Prova sismica a stazione singola tipo HVSR

La prova sismica a stazione singola HVSR è basata sull'acquisizione del Rumore Sismico Ambientale (seismic noise) ovvero la continua vibrazione del suolo dovuta sia a cause antropiche che naturali.
Questa tipologia è definita come metodo sismico passivo in quanto non ha bisogno di alcuna energizzazione esterna visto che utilizza come sorgente il traffico veicolare, la produzione industriale, il vento, la pioggia e tutto ciò che è in grado di produrre una minima vibrazione sulla superficie del suolo.
Questo sistema di prova presenta diversi vantaggi:

- le acquisizioni vengono difficilmente "sporcate" da interferenze esterne poiché sfruttano come sorgente quella porzione di segnale sismico che altre tecniche considerano disturbo;
- non necessitando si alcuna energizzazione esterna si possono raggiungere profondità di investigazione anche superiori a 100 m.;

La caratterizzazione sismica dei terreni tramite la tecnica di indagine sismica passiva di tipo HVSR (Horizzontal to Vertical Spectral Ratio – Metodo Nakamura) non permette un dettaglio come altri sistemi quali sismica a rifrazione o down-hole, ma è finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito, le quali sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Per l'acquisizione del segnale è stato utilizzato il tromografo "TROMINO 3G+" prodotto da MOHO Srl costituito da un geofono 3D ad alte prestazioni e bassa frequenza di risonanza, con sensori da 0,1 a 1024Hz e scheda da 24 bit reali.
L'elaborazione della prova è riportata nell'***Allegato 4***.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

3.6 Prova fisica tipo geoelettrica

La metodologia generalmente definita "geoelettrica" rappresenta uno dei metodi geofisici più utilizzati per la caratterizzazione dei materiali del sottosuolo.
Il parametro di base è la resistività elettrica, proprietà fisica che esprime la "resistenza" che i materiali offrono al passaggio della corrente.
Le misure geoelettriche consentono quindi, studiando le deformazioni del flusso di corrente causate dalle diverse strutture nel sottosuolo, di caratterizzare le strutture stesse e ricostruirne la distribuzione spaziale.
La resistività delle diverse formazioni geo litologiche è determinata essenzialmente dai seguenti fattori:

- porosità (forma, dimensione e continuità dei pori);
- percentuale di contenuto d'acqua dei pori;
- salinità del liquido di saturazione dei pori;
- presenza di matrice a granulometria fine;
- conducibilità intrinseca dei minerali di base.

È pertanto evidente che i materiali più addensati e/o grossolani presentano valori di resistività più elevati, mentre i materiali più disgregati e/o fini associati a presenza d'acqua, hanno una resistività inferiore.
Come accennato la misura del valore di resistività elettrica dei materiali si realizza creando un campo elettrico artificiale nel mezzo da indagare e studiandone la distribuzione nel sottosuolo (dispositivo quadripolare). Generalmente i dispositivi sono simmetrici rispetto ad un punto centrale O al quale si riferisce il valore misurato.

La coppia di elettrodi attraverso la quale si immette corrente nel terreno è denominata C1-C2 o A-B, mentre la coppia attraverso la quale si misura la differenza di potenziale generata nel terreno stesso dal passaggio della corrente è chiamata P1-P2 o M-N.
Si misurano così le variazioni del campo elettrico, indotte dalle eterogeneità litologiche presenti nel sottosuolo.
Queste variazioni sono più o meno marcate in funzione del contrasto di resistività elettrica esistente tra mezzi con caratteristiche differenti.
La distribuzione della corrente in profondità e quindi la profondità dell'esplorazione è essenzialmente legata alla distanza tra i due elettrodi C1 e C2 ed alle caratteristiche intrinseche del mezzo esplorato.
La scelta del dispositivo più opportuno è legata alle condizioni dell'area da indagare sia in termini strutturali sia di rapporto segnale-rumore.
Dalla misura dell'intensità di corrente che fluisce tra gli elettrodi C1-C2 e della differenza di potenziale tra gli elettrodi P1-P2 è possibile calcolare la resistività apparente e riferirla generalmente al centro del quadripolo ad una profondità che è funzione della distanza C1C2.

Figura 4: *Elettrodi utilizzati per l'acquisizione geoelettrica*

L'acquisizione tomografica consiste quindi nella misura dei valori di resistività in corrispondenza di un elevato numero di punti lungo la sezione d'indagine.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

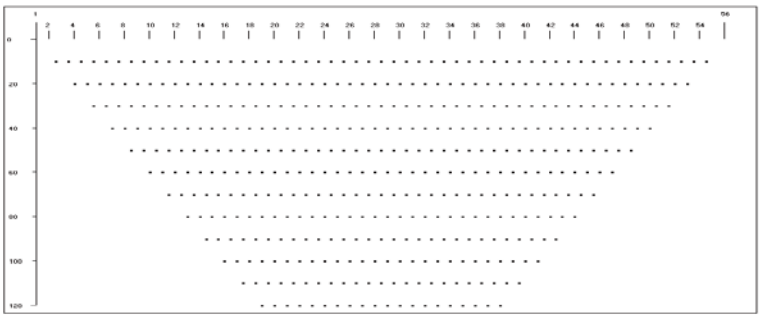


Figura 5: Tomografia elettrica – schema misure

La densità dei punti consente di ricostruire con estremo dettaglio, anche tramite l'applicazione di algoritmi di calcolo bidimensionali, la sezione definendo in particolare gli effetti delle variazioni laterali e quindi ricostruendo una rappresentazione finale maggiormente corrispondente alla situazione reale.

L'acquisizione dei dati è stata condotta con l'utilizzo di una centralina PASI modello 16SG24 N combinato per effettuare anche acquisizioni sismiche ed energizzatore PASI P-300T.

Lo strumento, dopo aver indicato la posizione di ciascun picchetto, inizia a gestire i vari elettrodi, trasformandoli di volta in volta in elettrodi di misura o di corrente fino a completare il sondaggio.

I valori via via acquisiti vengono riportati in tabelle ed in caso di necessità ogni singola acquisizione può essere ripetuta. Le acquisizioni possono anche essere visualizzate in un diagramma semilogaritmico C1C2/2-resistività apparente permettendo in questo modo un primo controllo diretto sulla qualità dell'acquisizione e la presenza di eventuali anomalie.

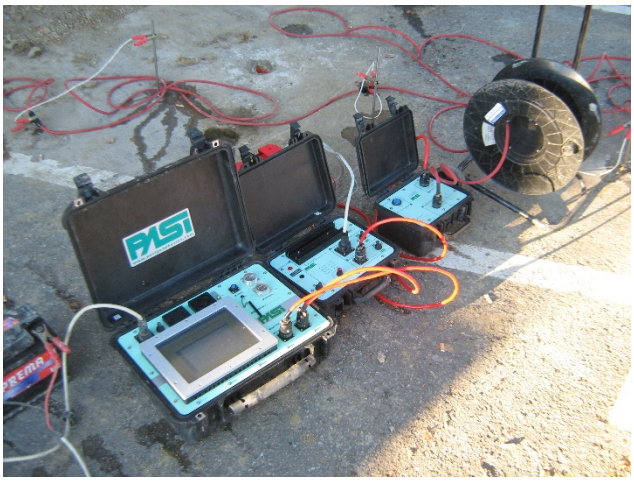


Figura 6: *Tomografia elettrica – strumentazione*

È stato scelto di misurare la resistività apparente secondo lo stendimento Wenner-Schlumberger che consiste nella combinazione degli stendimenti Wenner e Schlumberger. L'elaborazione dei dati è stata eseguita con il programma RES2DINVx64 ver. 4.05.

A Briglia Zenzano sono stati eseguiti n.° 2 stendimenti di geoelettrica composti le cui caratteristiche sono riportate in tabella 6, mentre i risultati dell'indagine geoelettrica sono riportati in ***Allegato 5***.

Prova n.°	n.° elettrodi	Passo elettrodi (m.)	Lunghezza stendimento	Data esecuzione
GEOEL 1	32	2,50 m	77,50 m.	15/02/2019

Tabella 5: Prove di Tomografia elettrica

Dott. Fabrizio Giorgini

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

PIANO DI INDAGINI

ALLEGATO **1**

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

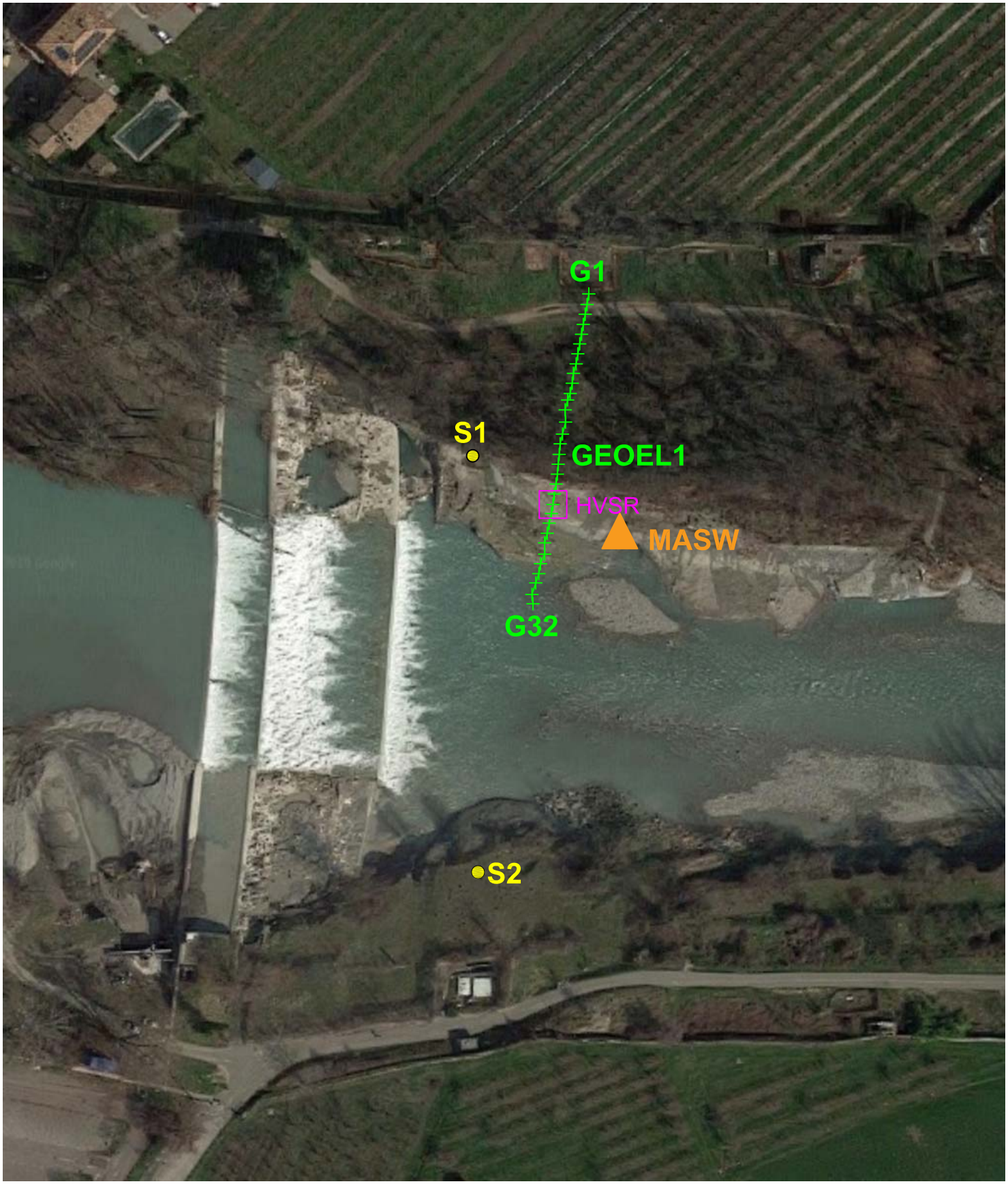
SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

BRIGLIA MURATORI

PIANO DI INDAGINI

DATA: MARZO 2019

ALLEGATO 1

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI
Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

Indagini geognostiche propedeutiche ad interventi di sicurezza

Redatto: Dott. Andrea Sarachi

Approvato: Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

SONDAGGI

2

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019

PLANIMETRIA

PIAZZAMENTO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019

Fotografie - Pagina 2/3

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

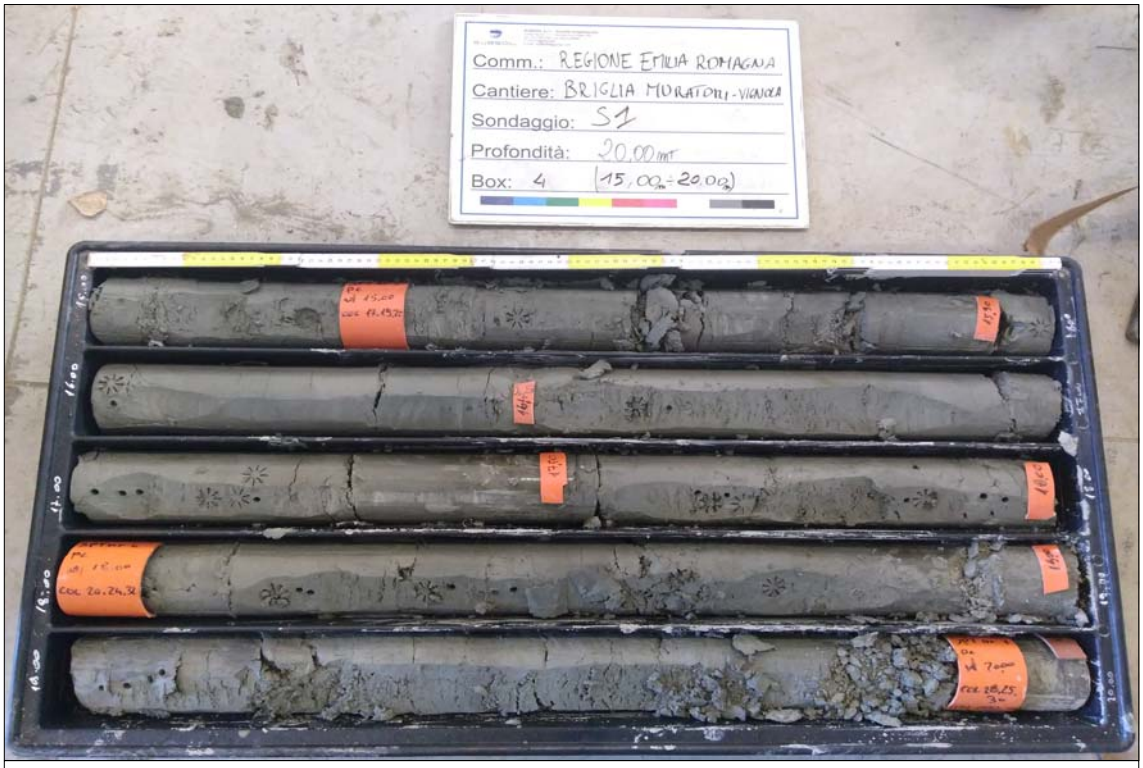
Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019

Fotografie - Pagina 3/3

Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00



Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	A r	S	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
2) Rivestimento
3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
4) Scala metrica con limiti delle battute (>)
5) Simbolo litologico
6) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
7) Resistenza alla punta (kg/cm²)
8) Vane test (kg/cm²)
9) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
11) Prova S.P.T.
12) Valore di Nspt
13) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
14) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
15) Profondità della base dello strato (m)
16) Descrizione della litologia dello strato
17) Cassette catalogatrici
18) Piezometri
19) Schema geometrico del foro
20) Profondità del tratto di foro (m)
21) Diametro del tratto di foro (mm)
22) Dati tecnici

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Tubo aperto	*Casagrande*
tubo cieco	*tubo cieco*
finestrato	*cella drenaggio cementazione*

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

STRATIGRAFIA - S1

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :45

Pagina 1/3

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
				1			4.8			3,0	35-50/6cm	Rif	C		2,9	Sabbia limosa debolmente argillosa, umida, di colore grigio scuro. Da 2,40m a 2,75m bagnata Da 2.90m a 3.90m molto consistente.	1					
				2																		
				3																		
				4			/ /4.6	/							4,8	Limo sabbioso debolmente argilloso, da umido a debolmente umido, di colore grigio scuro, da molto consistente a duro.						
				5			/ 5 5.2	/ 0.65 0.75								Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), umido, di colore grigio scuro, da molto consistente a duro.						
				6			/ / /

STRATIGRAFIA - S1

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :45

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
							/	/								Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso (fine), umido, di colore grigio scuro, da molto consistente a duro.						
							/	/														
							/	/														
							/	/							10,8							
				11			/	/								Alternanze decimetriche di limo argilloso, debolmente umido, di colore grigio scuro, molto consistente, con rari clasti (argillitici) spigolosi millimetrici in inclusione e argilla limosa a tratti leggermente sabbiosa (fine) da umida a molto umida, di colore grigio, da umida a molto umida, poco consistente, con abbondanti clasti millimetrici argillitici spigolosi in inclusione.						
							/	/														
							2.8	0.6														
				12						12,0	20-27-29	56	C									
							2.8	0.5														
							4.7	0.7									3					
							/	/														
				13			/	/														
							/	/														
							/	/														
							/	/														
							3.5	0.65														
				14			/	/														
							/	/														
							/	/														
				15						15,0	17-19-22	41	C								127	
							5	0.75														
							4.7	0.85														
							/	/														
				16			4	0.7														
							/	/														
							/	/														
							3.7	0.65														
							/	/														
				17			/	/														
							4.5	/														
							/	/														
							/	0.35									4					
							/	0.35														
				18			2	0.4		18,0	20-24-32	56	C									
							2	0.4														
							2	0.4														
							/	/														
				19																		
101				20						19,9	28-25-30	55	C		20,0					20,0		

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

STRATIGRAFIA - S1

SCALA 1 :45	Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S1
	Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 08/01/2019-09/01/2019
	Coordinate:	Quota:
Pagina 3/3	Perforazione: Carotaggio continuo	

Campioni:
NESSUNO

Prove in foro:
- SPT

Strumentazione installata:
NESSUNA

Caratteristiche Sonda:
Marca/Modello: SOILMAC SM-8G
Coppia: 472 Nm
Corsa utile: 37000 mm
Morse: Ømax: 200 mm

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
A.G.I. - (1977): Raccomandazioni sulla Programmazione e d Esecuzione delle Indagini Geotecniche.
DM 11.03.88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
Shelby 1;

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	08/01/19	09/01/19														
Ora	sera	mattina														
Livello dell'acqua (m)	14,80	13,10														
Prof. perforazione(m)	15,00	15,00														
Prof. rivestimento(m)	15,00	15,00														

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019

PLANIMETRIA

PIAZZAMENTO

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019

Cassetta n° 1 - profondità da m 0,00 a m 5,00

Cassetta n° 2 - profondità da m 5,00 a m 10,00

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019

Cassetta n° 3 - profondità da m 10,00 a m 15,00

Cassetta n° 4 - profondità da m 15,00 a m 20,00

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019

Fotografie - Pagina 4/4

Cassetta n° 5 - profondità da m 20,00 a m 25,00

LEGENDA STRATIGRAFIA

ø mm	R v	A r	S	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
2) Rivestimento
3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
4) Scala metrica con limiti delle battute (>)
5) Simbolo litologico
6) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
7) Resistenza alla punta (kg/cm²)
8) Vane test (kg/cm²)
9) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
10) Profondità di inizio della prova S.P.T.
11) Prova S.P.T.
12) Valore di Nspt
13) Tipo di punta (A = punta aperta; C = punta chiusa)
14) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
15) Profondità della base dello strato (m)
16) Descrizione della litologia dello strato
17) Cassette catalogatrici
18) Piezometri
19) Schema geometrico del foro
20) Profondità del tratto di foro (m)
21) Diametro del tratto di foro (mm)
22) Dati tecnici

She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Tubo aperto	*Casagrande*
tubo cieco	*tubo cieco*
finestrato	*cella drenaggio cementazione*

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

STRATIGRAFIA - S2

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :45

Pagina 1/3

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
															0,1	Terreno vegetato						
				1			5.8	/								Limo sabbioso, debolmente umido, di colore grigio nocciola con abbondanti clasti eterometrici subarrotondati e ciottoli. Presenza di laterizi.	1					
				2																		
				3			/	/		3,0	23-27-30	57	C		3,0							
							4.4	/								Argilla limosa con sabbia fine, umida, di colore grigio scuro, molto consistente-dura. Presenza di conchiglie e calcinelli.						
							/	/														
							/	/														
							/	/														
				4			/	/														
							/	/														
						C.I 1) She	< 4,50 5,00	/							4,5							
																CAMPIONE INDISTURBATO C.I.1						
				5			/	/							5,0							
							/	/								Argilla limosa con sabbia fine, umida, di colore grigio scuro, molto consistente-dura. Presenza di conchiglie e calcinelli.	2					
							/	/														
							/	/														
							/	/														
				6			2.5	0.75		6,0	17-22-24	46	C									
							3	0.75							6,2							
							/	/								Limo sabbioso debolmente argilloso, umido, di colore grigio scuro, moltoconsistente. Presenza di abbondanti calcinelli e conchiglie.						
							5	/														
							4.2	0.55														
				7			5	0.8														
							4.5	0.5														
							5.2	0.9														
							2.5															
							5.5															
				8			/															
							3.2															
							5.5	0.7														
							5.5	0.7														
							5.9	/		9,0	19-30-32	62	C									
				9			/	/														
							/	/														
							/	/														
							/	0.8							9,8							
				10			5.5	0.75								Limo argilloso con sabbia fine, umido, di colore grigio scuro, molto consistente.						
								/														

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

STRATIGRAFIA - S2

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :45

Pagina 2/3

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
				11			5									Limo argilloso con sabbia fine, umido, di colore grigio scuro, molto consistente.						
				12			2.2			12,0	20-27-29	56	C		12,2							
							2.1									Sabbia limosa con argilla, umida, di colore grigio scuro, molto consistente.	3					
							2.7															
				13		C.I 2) She < 13,00 13,50									13,0							
																CAMPIONE INDISTURBATO C.I.2						
															13,5							
																Sabbia limosa con argilla, umida, di colore grigio scuro, molto consistente.						
				14																		
															14,8							
				15						15,0	22-26-34	60	C			Limo argilloso con a tratti presenza di sabbia fine in inclusione, umido, di colore grigio scuro, molto consistente.						
				16																		
				17													4					
				18						18,0	30-35-40	75	C		18,0							
							5.2									Argilla limosa debolmente sabbiosa, umida, di colroe grigio scuro, molto consistente-dura.						
															18,5							
																Limo sabbioso a tratti debolmente argilloso, umido, di colore grigio scuro, molto consistente.						
				19			4.7															
				20						20,0	32-34-43	77	C									

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

STRATIGRAFIA - S2

Committente: REGIONE EMILIA ROMAGNA	Sondaggio: S2
Riferimento: BRIGLIA MURATORI (MO)	Data: 09/01/2019-10/01/2019
Coordinate:	Quota:
Perforazione: Carotaggio continuo	

SCALA 1 :45

Pagina 3/3

ø mm	Rv	Ar	As	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	Standard Penetration Test m	S.P.T.	N	Pt	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	Cass.	Pz	FORO	prof. m	ø mm	DATI TECNICI
							/	/								Limo sabbioso a tratti debolmente argilloso, umido, di colore grigio scuro, molto consistente.						
							/	/														
							/	/														
							4.2	0.45														
				21			4	/														
							3	0.5														
							3.2															
							3.1			21,8	34-39-50/4cm	Rif	C									
							3.8															
				22			/	/														
								/														
							/	/									5				127	
							4.2	/														
							4.2	/														
				23			/	/														
							/	/														
							1.5	0.65														
							4								23,6							
																Limo argilloso a tratti debolmente sabbioso, molto umido, di colore grigio scuro, con clasti argillitici spigolosi (dim max. 2cm) fino a quota 24.30m.						
				24						24,0	20-30-38	68	C									
							2.8	0.6														
							4.6															
							/	/														
							/	/														
101				25			/	/							25,0					25,0		

Campioni:
N.2 CAMPIONI INDISTURBATI

Prove in foro:
- SPT

Strumentazione installata:
NESSUNA

Caratteristiche Sonda:
Marca/Modello: SOILMEC SM-8G
Coppia: 472 Nm
Corsa utile: 37000 mm
Morse: Ømax: 200 mm

NORMATIVA DI RIFERIMENTO
A.G.I. - (1977): Raccomandazioni sulla Programmazione e d Esecuzione delle Indagini Geotecniche.
DM 11.03.88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
Shelby 1;

Rilievo del livello dell'acqua nel corso della perforazione

Giorno	09/01/19	10/01/19	10/01/19													
Ora	sera	mattina	sera													
Livello dell'acqua (m)	assente	assente	22,10													
Prof. perforazione(m)	6,00	6,00	25,00													
Prof. rivestimento(m)	6,00	6,00	25,00													

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

ANALISI SISMICA TIPO MASW

3

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

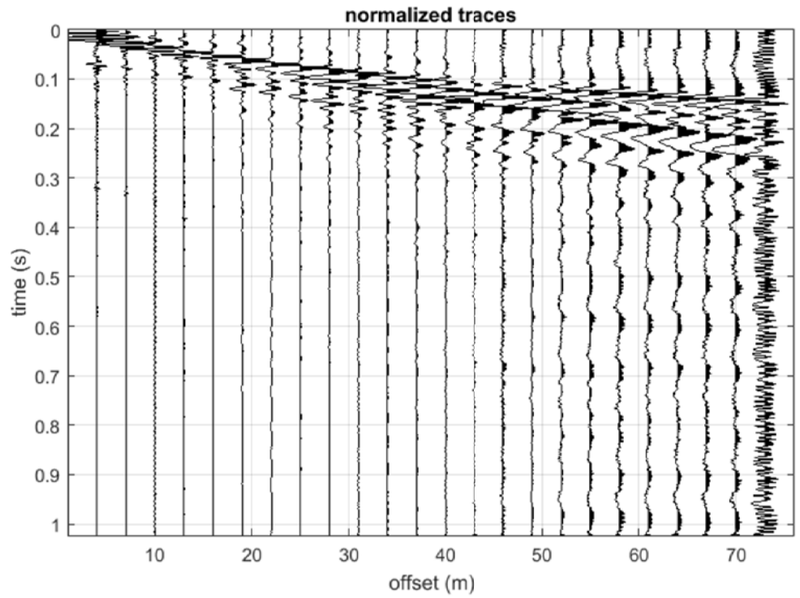
TRACCE NORMALIZZATE

dataset: mur-m4.dat

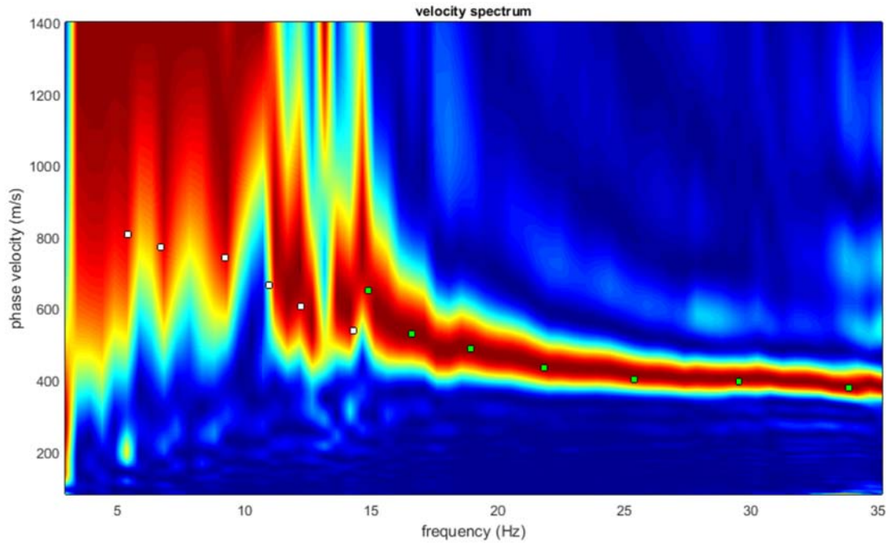
sampling: 0.25 ms

minimum offset: 4 m

geophone spacing: 3 m

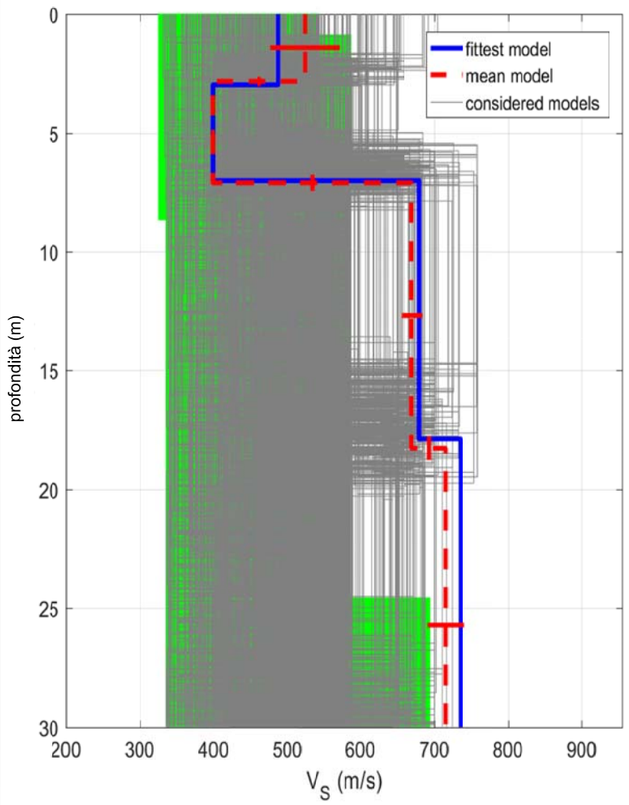


SPETTRO DI VELOCITA'

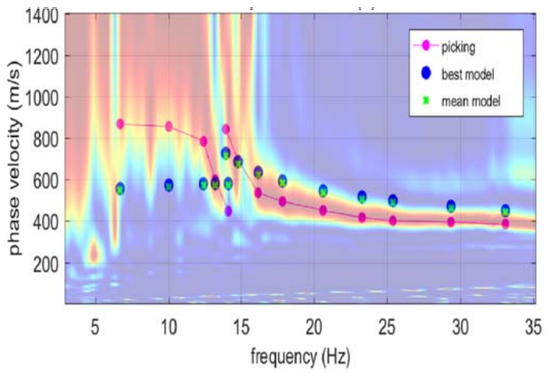


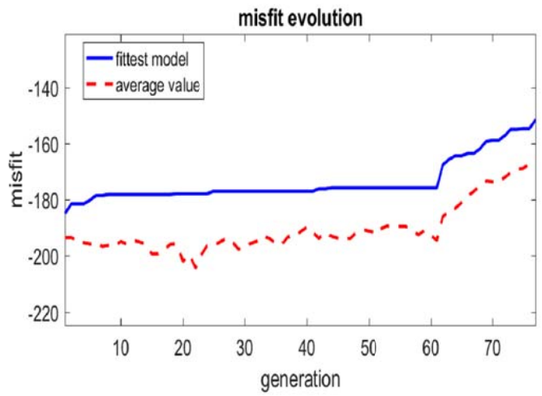
ELABORAZIONE MASW

Profilo velocità Vs



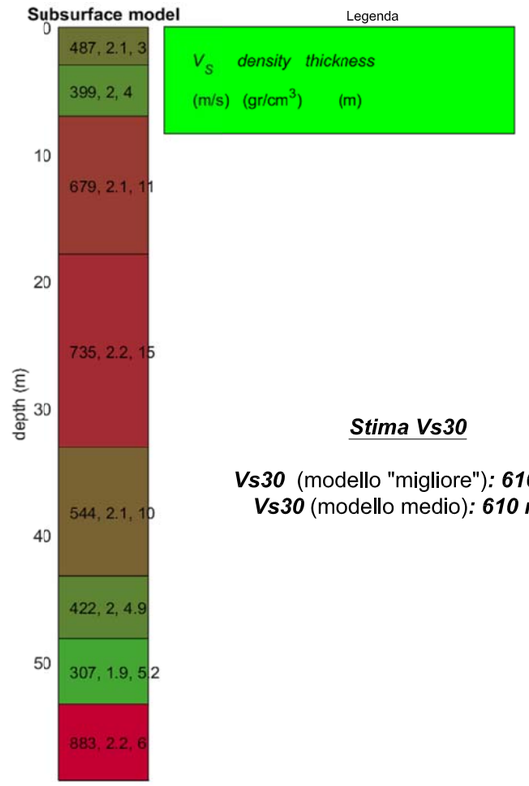
Curva di dispersione





STIMA Vs30

Sismostratigrafia



Stima Vs30

Vs30 (modello "migliore")***: 616 m/s***

Vs30 (modello medio)***: 610 m/s***

Software di elaborazione: winMASW

SUBSOIL Srl
Strada per Barco 1/c
42027 Montecchio Emilia (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

Indagini geognostiche, geofisiche e analisi di laboratorio propedeutiche alla progettazione definitiva/esecutiva degli interventi di messa in sicurezza idraulica COD. 13056, 13059, 13060, 13061.

COMMITTENTE: **Regione Emilia Romagna**

OGGETTO: **INDAGINI GEOFISICHE**

LOCALITA': **Briglia Muratori- Modena**

TAVOLA: **1 - Indagine sismica MASW**

DATA: **20/02/2019**

REDATTO
Dott. A. Saracchi

APPROVATO
Dott. geol. F. Giorgini

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

PROVA SINGOLA A STAZIONE SINGOLA TIPO HVSR **4**

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

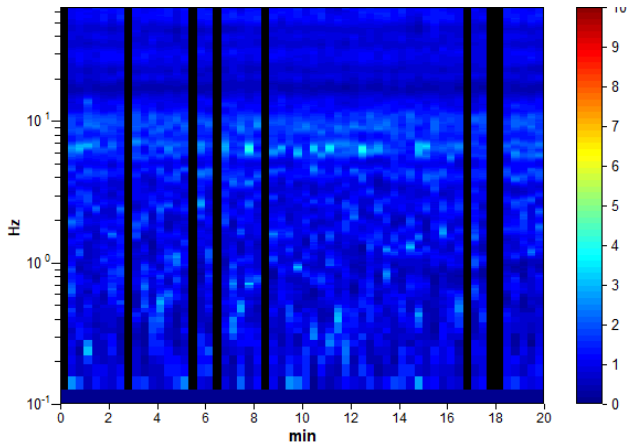
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

COMMITTENTE: Regione Emilia Romagna
Cantiere: Briglia Muratori

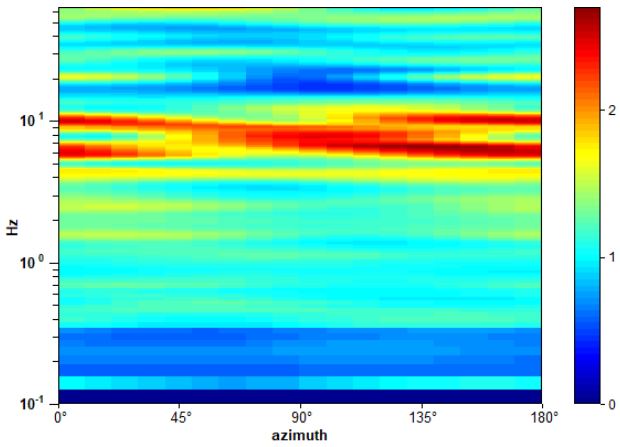
Instrument: TE3-0242/01-17
Data format: 32 byte
Full scale [mV]: 51
Start recording: 14/02/19 16:41:07 End recording: 14/02/19 17:01:07
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 87% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

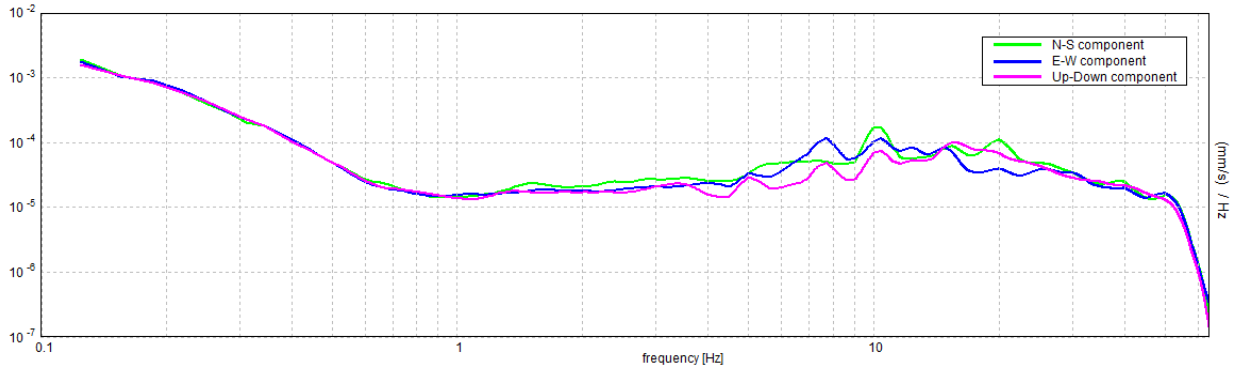
H/V TIME HISTORY



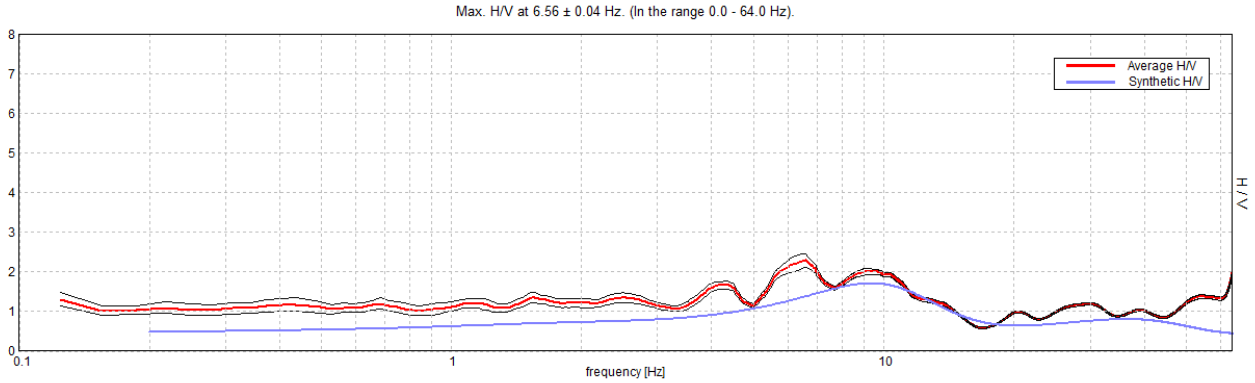
DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA

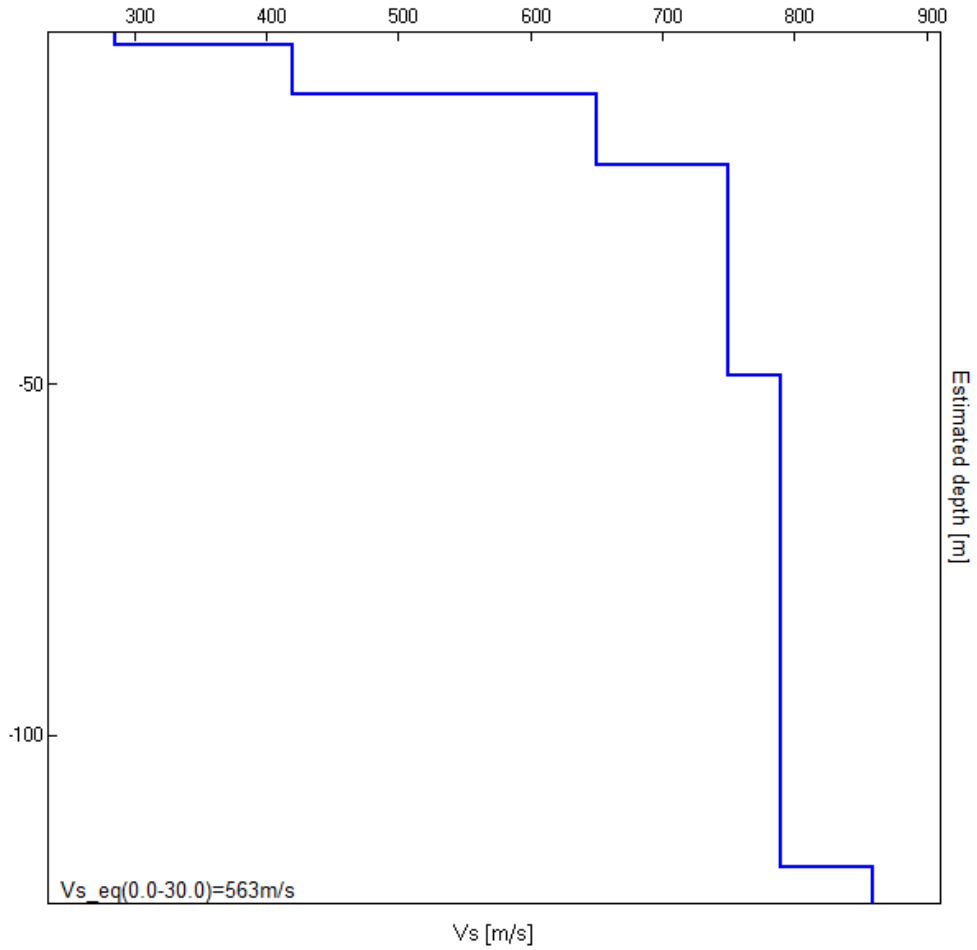


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.80	1.80	285	0.42
8.80	7.00	420	0.42
18.80	10.00	650	0.42
48.80	30.00	750	0.40
118.80	70.00	790	0.38
inf.	inf.	860	0.38

Vs_eq(0.0-30.0)=563m/s



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

[According to the SESAME, 2005 guidelines. **Please read carefully the** *Grilla* **manual before interpreting the following tables**.]

Max. H/V at 6.56 ± 0.04 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	6.56 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	6825.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5$Hz $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5$Hz	Exceeded 0 out of 316 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ | $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.5 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ | $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	14.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	2.29 > 2	OK	
$f_{peak}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	|0.00647| < 0.05	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.04246 < 0.32813	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.1721 < 1.58	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{logH/V}(f)$	standard deviation of log $A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{logH/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

PROVA FISICA TIPO GEOELETTRICA

5

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

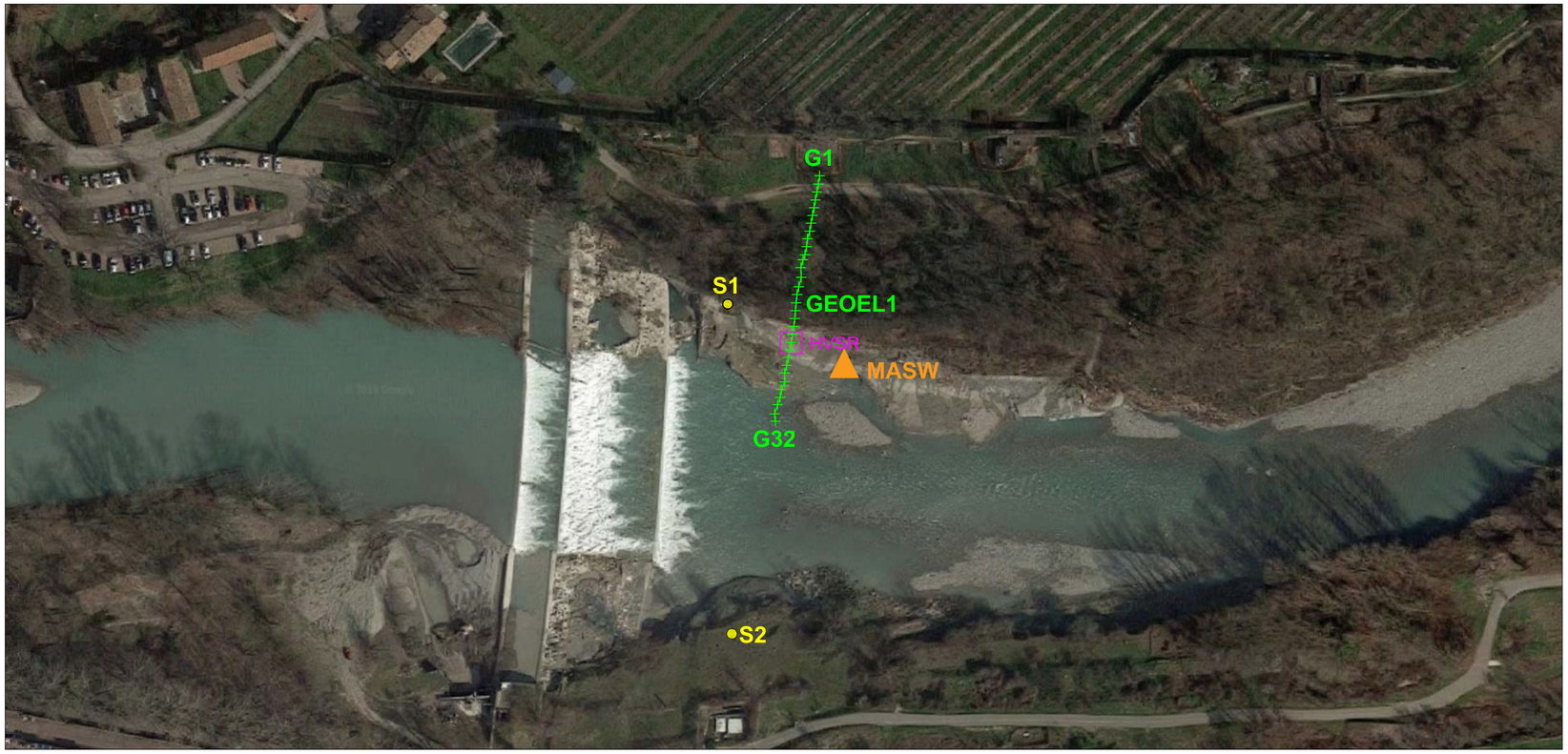
SUBSOIL srl

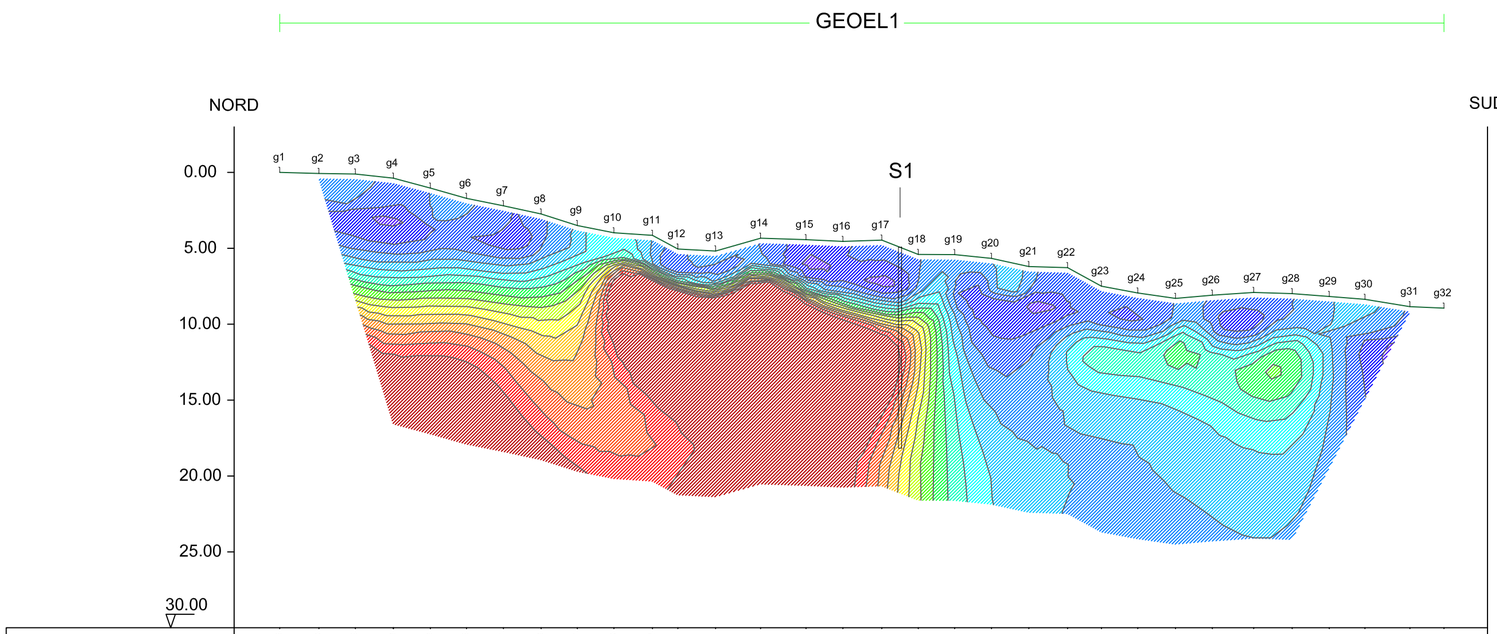
Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23





Quota	104.16	104.09	104.05	103.78	103.13	102.45	101.97	101.43	100.67	100.19	100.02	99.12	98.99	99.83	99.73	99.62	99.71	98.76	98.75	98.50	97.96	97.89	96.67	96.22	95.86	96.07	96.25	96.17	95.99	95.80	95.32	95.22				
Progressiva	0.00	2.58	4.98	7.49 / 7.49	9.92	12.31	14.74	17.22	19.61	22.02	24.56	26.23	28.72	31.68	34.68	37.11	39.67	42.08	44.47	46.90	49.36	51.91	54.15	56.54	59.02	61.45	64.17	66.71	69.15	71.51	74.47	76.71				
Parziale		2.58	2.40	2.51	2.43	2.38	2.43	2.48	2.39	2.41	2.54	1.67	2.49	2.96	2.99	2.43	2.56	2.41	2.40	2.43	2.46	2.55	2.23	2.39	2.49	2.42	2.73	2.53	2.45	2.35	2.96	2.24				

Resistività

Ohm m

25 75 125 175 225 275 325 375

SCALA 1:285

Regione Emilia-Romagna

PROTEZIONE CIVILE REGIONE EMILIA-ROMAGNA

INDAGINE GEOELETTRICA BRIGLIA MURATORI

"INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA CON CODICE 13056, 13059, 13060, E 13061 DI CUI ALL'ORDINANZA N.1 DEL 28 DICEMBRE 2017" BANDO MEPA "LAVORI DI MANUTENZIONE DI OPERE SPECIALIZZATE - OS20B INDAGINI GEOGNOSTICHE" CIG Z0126056FC .

INDAGINE GEOELETTRICA

TAVOLA n. **5**

SUBSOIL INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		FEBBRAIO 2019 Dott. Andrea Saracchi	FEBBRAIO 2019 Dott. Roberto Spagni	FEBBRAIO 2019 Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PG/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Regione Emilia-Romagna

AGENZIA REGIONALE PER LA SICUREZZA TERRITORIALE
E LA PROTEZIONE CIVILE
Viale Silvani n. 6 - 40122 Bologna (BO) Tel. : 059248733 - Fax. :059248750

INDAGINI GEOGNOSTICHE, GEOFISICHE E ANALISI DI LABORATORIO PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA/ESECUTIVA DEGLI INTERVENTI DI MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA COD.13056, 13059, 13060, 13061 - ORDINANZA1/2017 (CIG-Z0126056FC)

BRIGLIA MURATORI

Campagna delle indagini geognostiche

RISULTATI LABORATORIO

6

SUBSOIL
INDAGINI GEOLOGICHE & MONITORAGGI GEOTECNICI

SUBSOIL srl

Strada Barco, 1/C - 42027 Montecchio E. (RE)
Tel. 0522 887268 - fax 0522 249540

IMPRESA ESECUTRICE				
REV.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A		MARZO 2019	MARZO 2019	MARZO 2019
		Dott.Andrea Saracchi	Dott.Andrea Saracchi	Dott.Geol.Fabrizio Giorgini

COMMESSA: 00100019_FG

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
ACCETTAZIONE: 31/01/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 4.50-5.00
DATA DI PRELIEVO:

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 14/02/2019

tipologia: indisturbato
contenitore: fustella metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *5 Y 3/2 "Dark Olive Gray"*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 56
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	x	Triassiale U.U.	x	Edometria	x
massa volumica naturale	x	Triassiale C.K0.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	x	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg		Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria		Taglio Diretto	x	Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo coesivo di limo con sabbia, prsenza di ciottoli arrotondati centimetrici. Il campione si presenta duro, umido al tatto e mediamente plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	580	650	Taglio diretto
20	450	650	Edometro
30	590	650	TX UU
40	f.s.*	640	TX UU
50	550	630	TX UU

f.s.*: : superiore alla sensibilità strumentale

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 4.50-5.00
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	146,53	provino 1	superiore
72,00	157,69	provino 2	centrale
72,00	154,62	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,12 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (T_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 4.50-5.00
DATA DI PRELIEVO: -

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
68,98	61,58	provino 1	superiore
78,87	69,50	provino 2	centrale
59,96	53,73	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 12,36 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITA' (m): 4.50-5.00
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

	misura I	misura II
picnometro n°	12	3
massa campione (g)	15,32	17,18
massa picnometro + acqua + campione (g)	190,45	189,24
massa picnometro + acqua (g)	180,73	178,34
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r *calcolato (Mg/m^3)*	2,731	2,731

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,73 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

PARAMETRI CALCOLATI
sulla base dei risultati di prova

Cantiere: Briglia Muratori **sondaggio:** S2 **campione:** CI1

DATI MISURATI

Peso di volume naturale	ρ	2,12	Mg/m^3	certificato di prova n° 0111/19 del 22/02/2019
Umidità allo stato naturale	**W**	12,36	%	certificato di prova n° 0112/18 del 22/02/2019
Peso specifico dei granuli	ρ_s	2,73	Mg/m^3	certificato di prova n° 0113/18 del 22/02/2019
Temperatura media delle prove	**T**	20	°C	

ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

Peso specifico dell'acqua	δ_w	1,00	Mg/m^3

PARAMETRI CALCOLATI

peso di volume saturo	ρ_w	2,20	Mg/m^3
peso di volume secco	ρ_d	1,89	Mg/m^3
indice dei vuoti	**e**	0,444	
grado di saturazione	S_r	76	%

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0162/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0380166

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ: Briglia Muratori
CANTIERE:
Data ricevimento campione: 31/01/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 4.50-5.00
Data esecuzione prove: 14/02-01/03/19

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	19,87	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	0,516	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	13,194	mm
massa iniziale	82,45	g	*altezza finale*	18,09	mm
umidità iniziale	12,51	%	*umidità finale*	16,40	%
peso specifico dei granuli	2,73	Mg/m^3	*massa secca finale*	71,57	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
14/02/2019	5	20,000	0,000	0,516	0,000		
15/02/2019	12	19,953	0,047	0,512	0,235	3,310E-04	3,021E+03
16/02/2019	25	19,882	0,118	0,507	0,590	2,910E-04	3,437E+03
17/02/2019	49	19,718	0,282	0,494	1,410	3,347E-04	2,988E+03
18/02/2019	98	19,379	0,621	0,469	3,105	3,459E-04	2,891E+03
19/02/2019	196	18,948	1,052	0,436	5,260	2,199E-04	4,548E+03
20/02/2019	392	18,450	1,550	0,398	7,750	1,270E-04	7,871E+03
21/02/2019	784	17,907	2,093	0,357	10,465	6,926E-05	1,444E+04
22/02/2019	1569	17,340	2,660	0,314	13,300	3,611E-05	2,769E+04
23/02/2019	3138	16,754	3,246	0,270	16,230	1,867E-05	5,355E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
24/02/2019	784	16,975	3,025	0,287	15,125	2,781E-02	1,835
25/02/2019	196	17,260	2,740	0,308	13,700	3,588E-02	2,367
26/02/2019	49	17,640	2,360	0,337	11,800	4,784E-02	3,156
27/02/2019	12	17,937	2,063	0,360	10,315	3,750E-02	2,474
28/02/2019	5	18,094	1,906	0,371	9,530	3,183E-02	2,099

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0000186

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino V (98-196 kPa)		*gradino VI (196-392 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,621	0	1,052
6	0,809	6	1,263
15	0,830	15	1,286
30	0,845	30	1,305
60	0,861	60	1,326
120	0,882	120	1,351
240	0,902	240	1,378
480	0,927	480	1,407
900	0,952	900	1,437
1800	0,977	1800	1,465
3600	1,001	3600	1,495
7200	1,018	7200	1,510
14400	1,031	14400	1,523
28800	1,041	28800	1,534
86400	1,052	86400	1,550

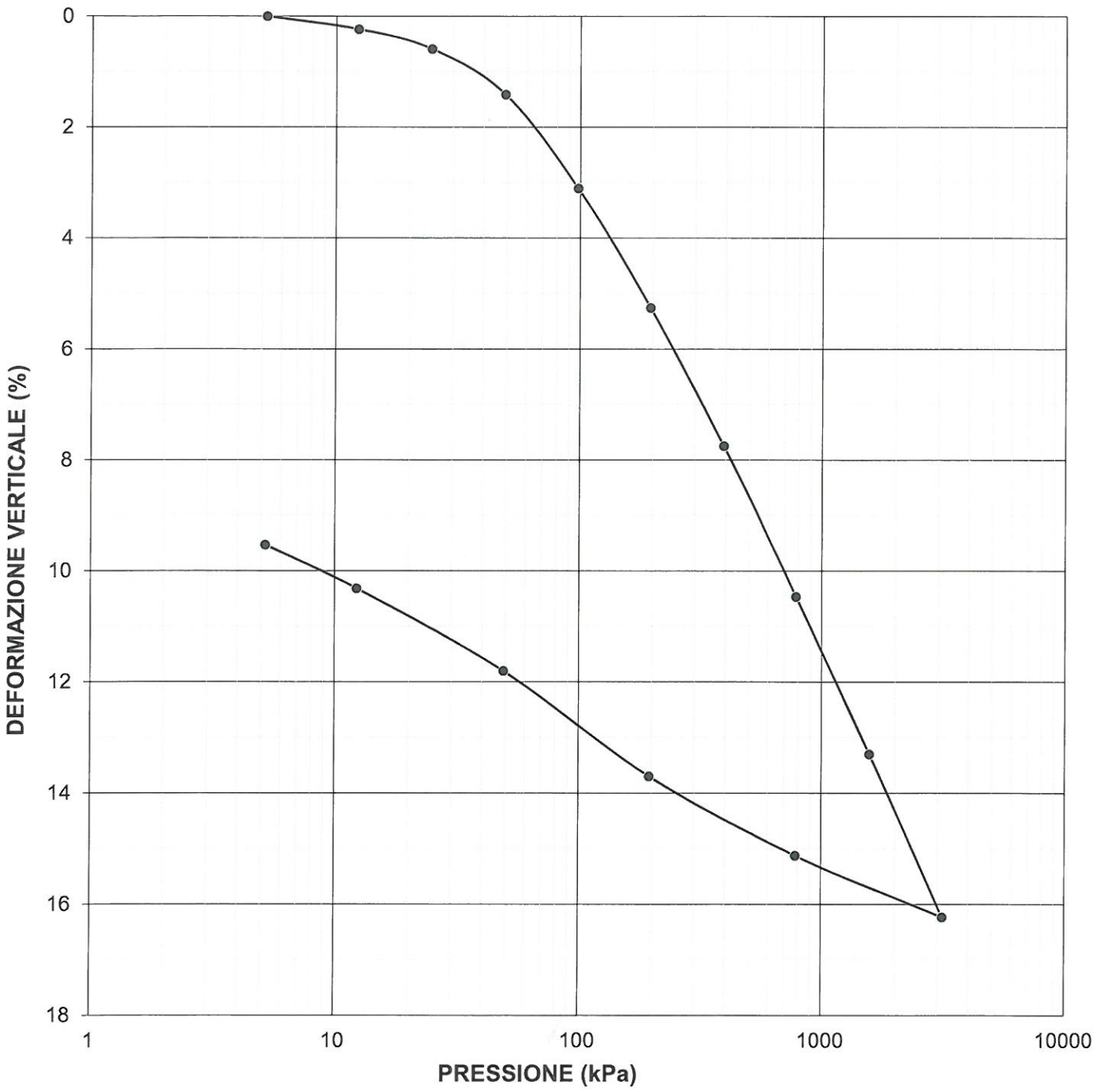
gradino VII (392-785 kPa)		*gradino VIII (785-1596 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	1,550		
6	1,762		
15	1,785		
30	1,803		
60	1,826		
120	1,854		
240	1,889		
480	1,929		
900	1,965		
1800	2,004		
3600	2,033		
7200	2,048		
14400	2,063		
28800	2,077		
86400	2,093		

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
04	**04**	**Briglia Muratori S2 Cl1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

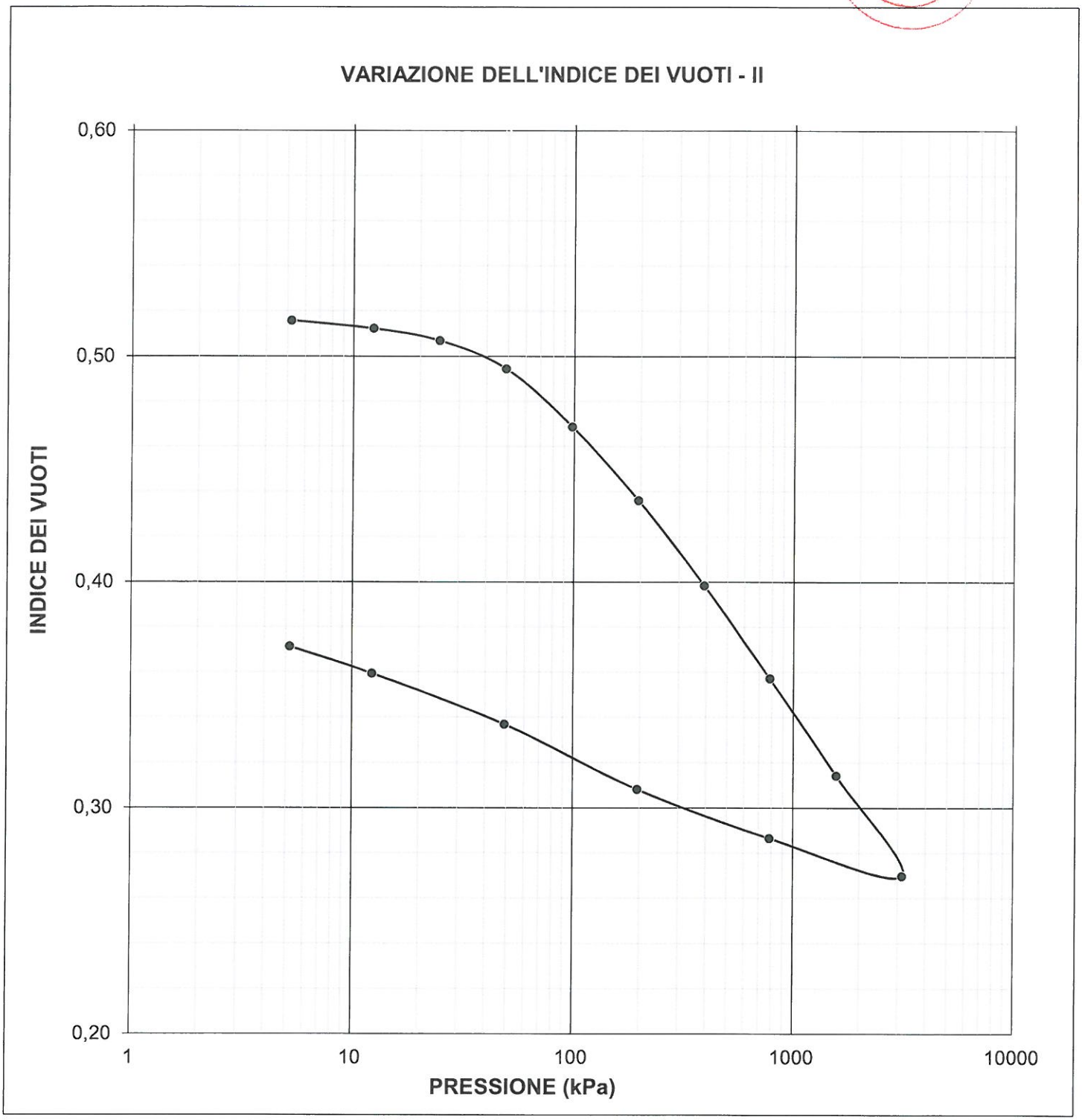
C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



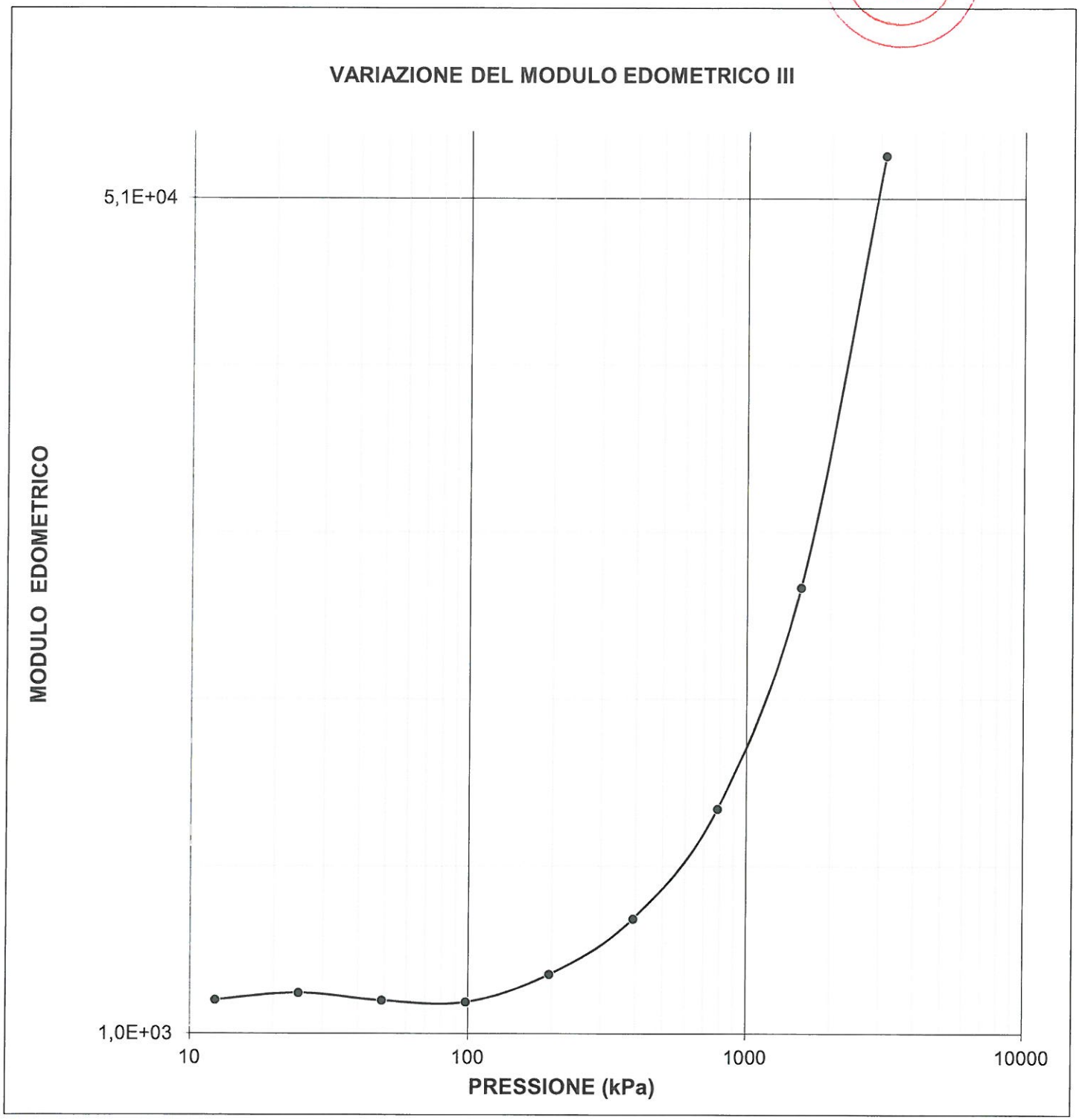
commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0162/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0000186



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

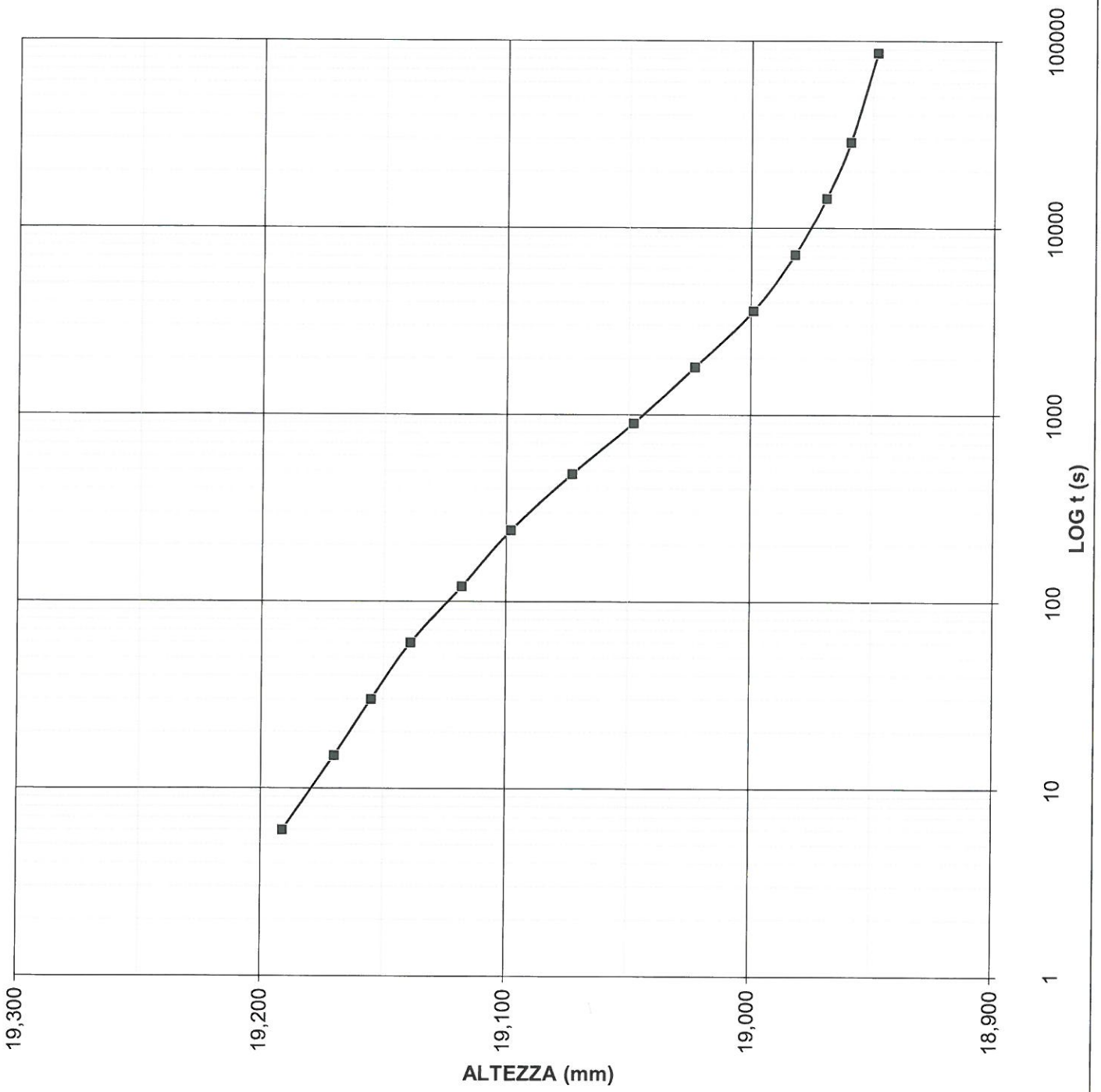
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0162/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186/36

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

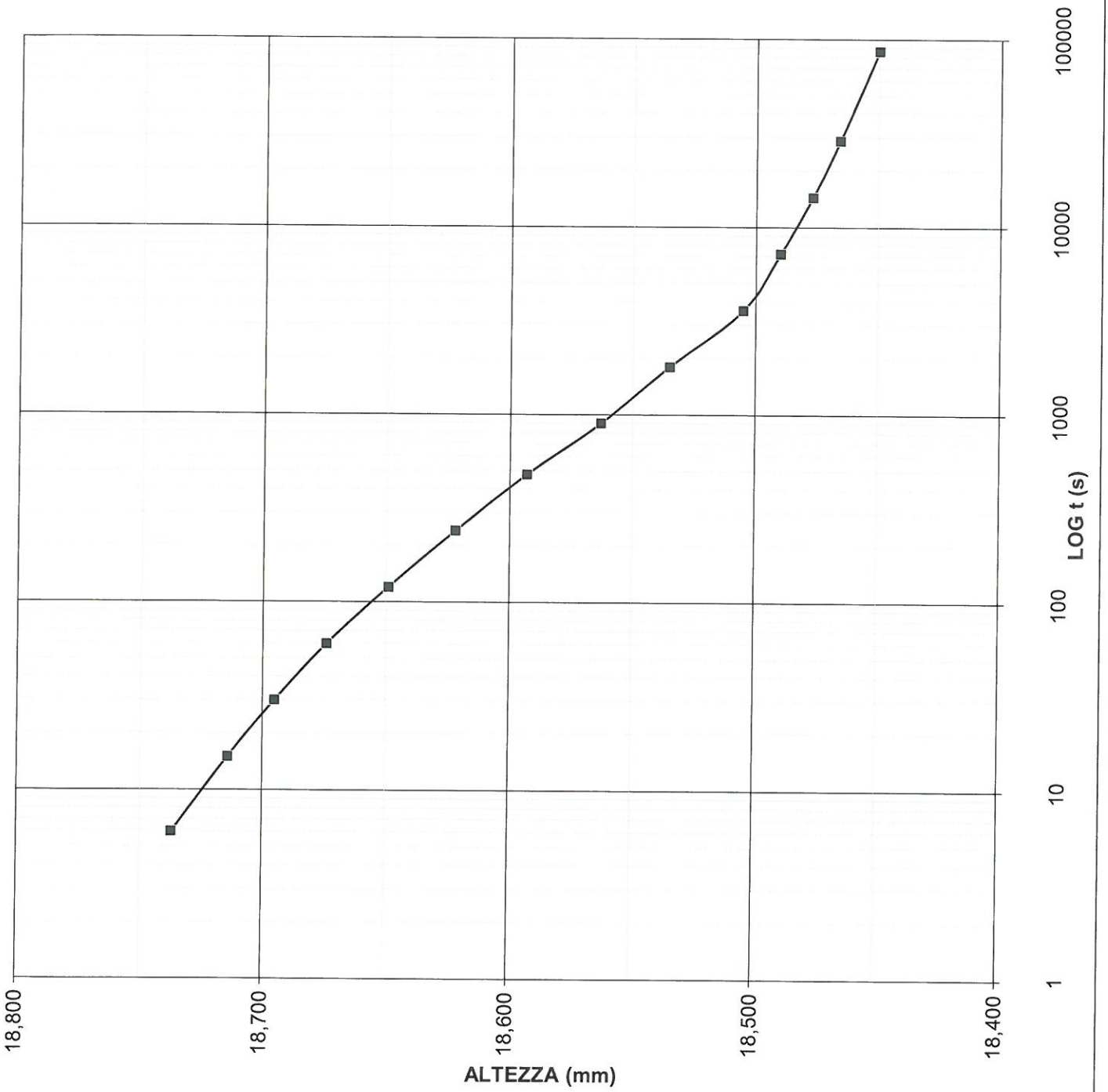
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0162/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa



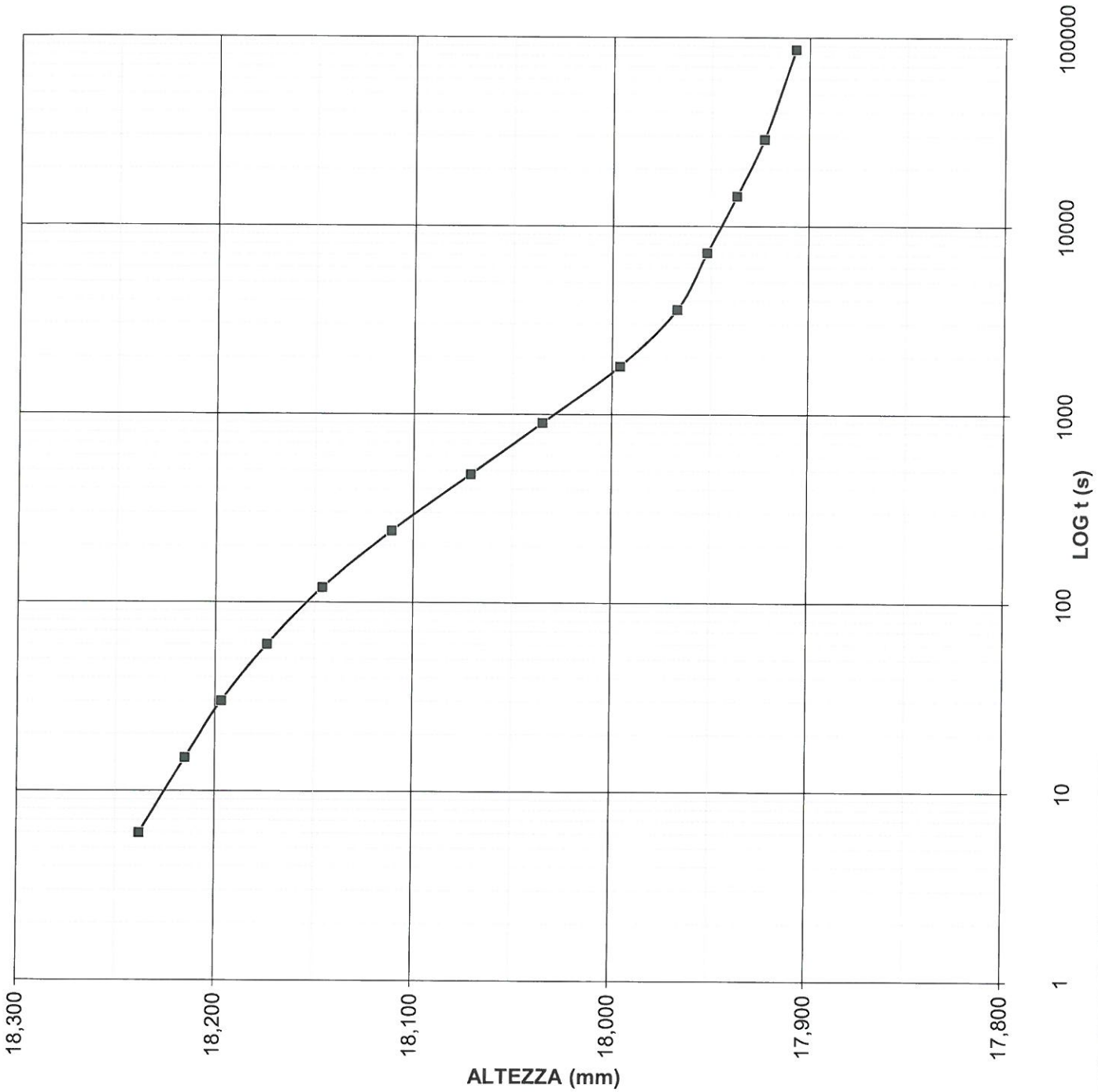
commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00001186

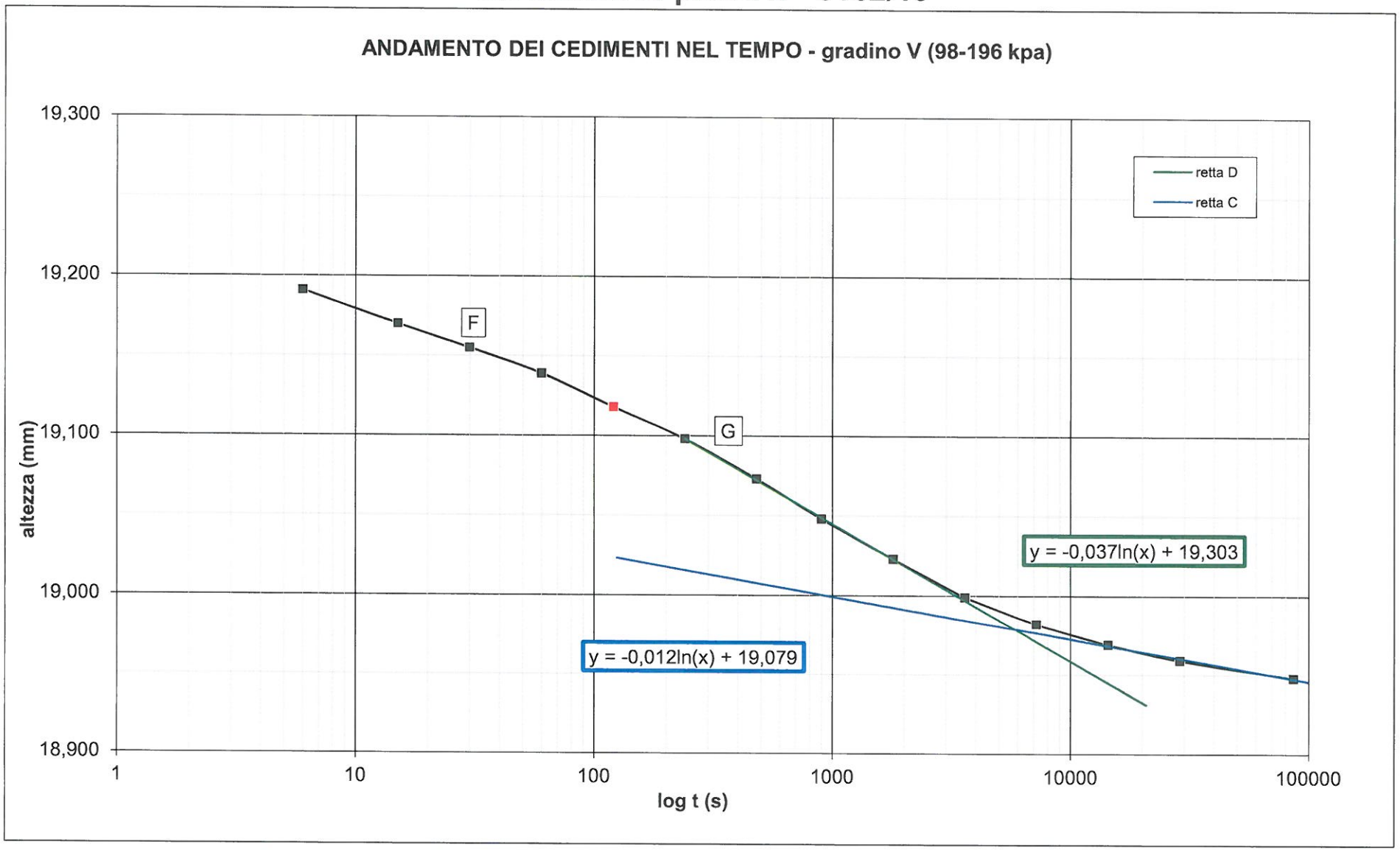
ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

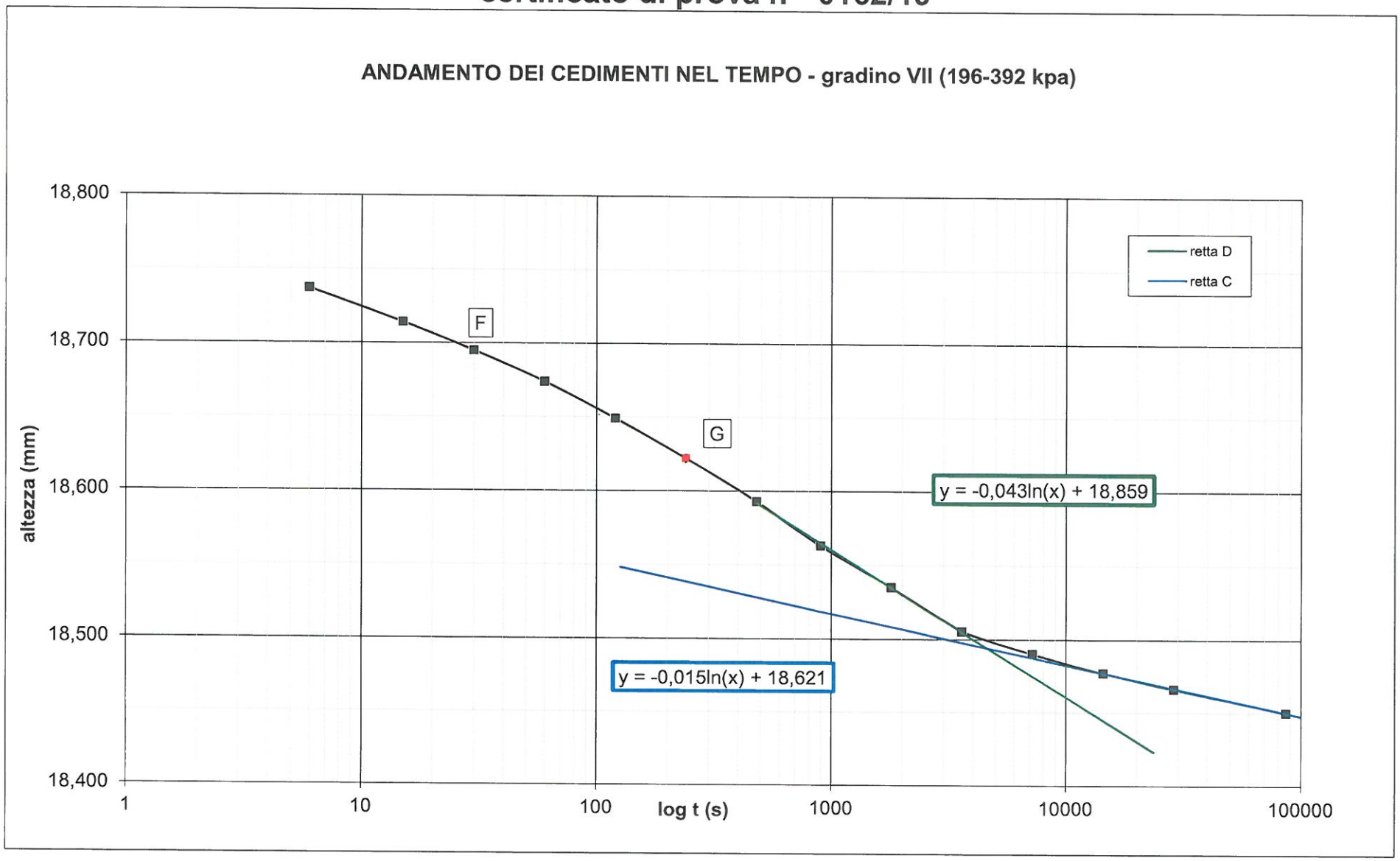
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0162/19



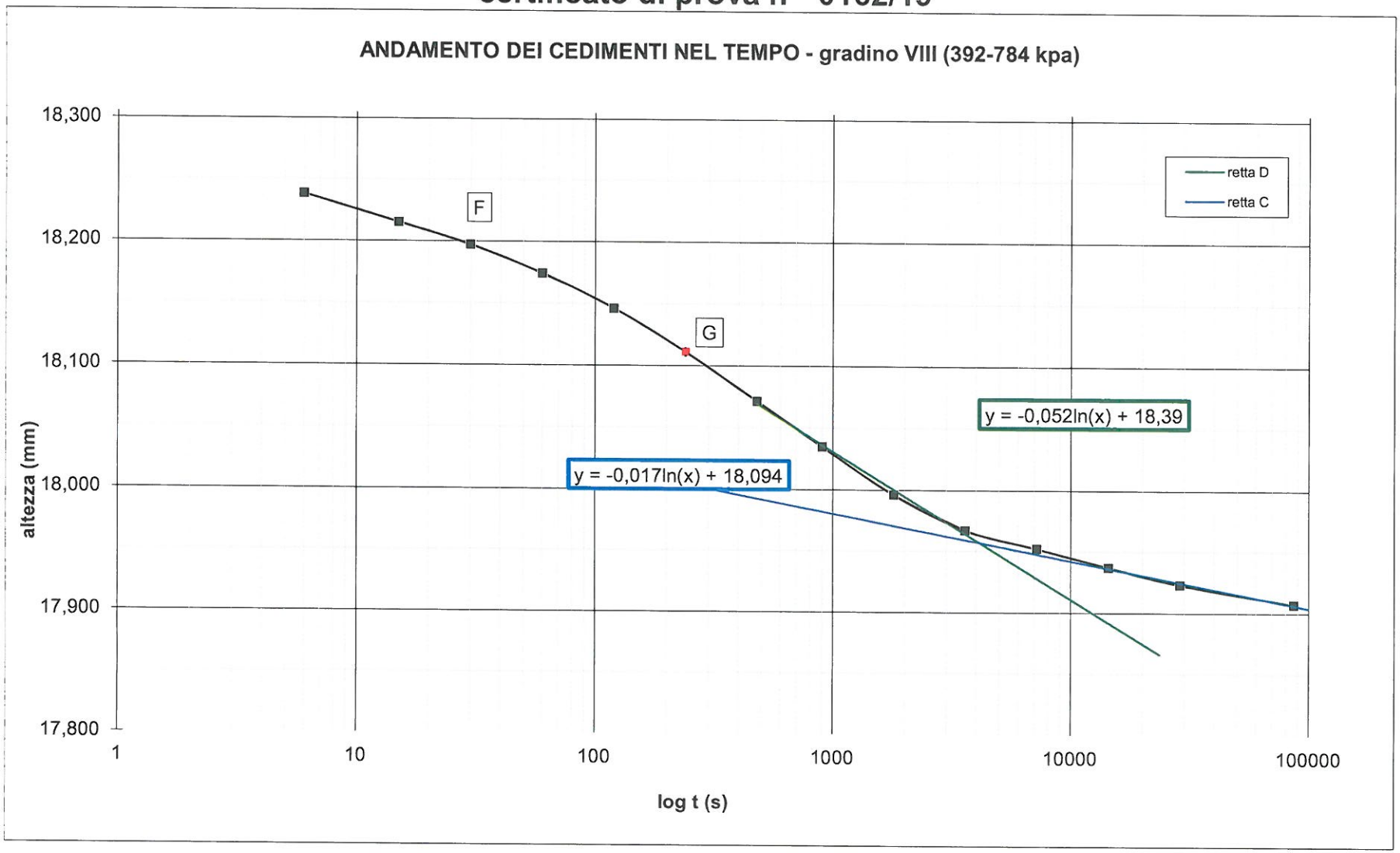
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0162/19



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0162/19



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1

cedimento a inizio di prova		0,621	mm	gradino V (98-196 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,921	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,898	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,910	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	259	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	5843	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**6,93E-04**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**2,20E-04**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,52E-08**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,052	mm	gradino VI (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,877	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,849	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,863	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	195	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	4622	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**8,76E-04**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**1,27E-04**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**1,11E-08**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		1,550	mm	gradino VII (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,828	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,796	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,812	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	180	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	4146	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**8,97E-04**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**6,93E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**6,22E-09**	cm/s	

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ: 4.50-5.00

Data ricevimento campione: 31/01/2019

Data esecuzione prove: 26/02/2019

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA - NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892-8)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (mm)	*umidità finale* (%)	*peso di volume* (Mg/m^3)
provino 1	11,34	7,60	178,29	12,54	6,48	12,33	2,07
provino 2	11,34	7,60	180,32	11,26	6,48	11,54	2,09
provino 3	11,34	7,60	177,07	12,44	6,48	12,06	2,05

DATI DI PROVA

simbologia: σ_1 = pressione assiale
σ_3 = pressione di confinamento
velocità di deformazione: 7,00E-01 mm/s

dF = variazione di forza assiale
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta

provino 1 *pressione di confinamento:* 50 kPa

dH (mm)	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dH (mm)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*
0,00	11,34	0,00	0,00	4,23	12,01	452,00	376,42
0,21	11,37	26,00	22,87	4,38	12,03	457,00	379,79
0,43	11,40	48,00	42,09	4,55	12,06	461,00	382,21
0,69	11,44	78,00	68,16	4,73	12,09	465,00	384,55
0,86	11,47	111,00	96,78	4,89	12,12	469,00	386,95
1,04	11,50	139,00	120,91	5,10	12,16	473,00	389,13
1,22	11,52	175,00	151,85	5,27	12,18	477,00	391,47
1,38	11,55	215,00	186,15	5,43	12,21	481,00	393,83
1,53	11,57	245,00	211,70	5,59	12,24	485,00	396,21
1,71	11,60	287,00	247,39	5,79	12,28	489,00	398,36
1,90	11,63	315,00	270,82	5,97	12,31	491,00	398,99
2,06	11,66	346,00	296,83	6,13	12,34	493,00	399,67
2,28	11,69	385,00	329,32	6,31	12,37	495,00	400,27
2,44	11,72	392,00	334,56	6,49	12,40	497,00	400,83
2,62	11,75	399,00	339,72	6,69	12,43	499,00	401,31
2,81	11,77	406,00	344,81	6,86	12,47	501,00	401,91
2,95	11,80	413,00	350,07	7,04	12,50	503,00	402,49
3,16	11,83	420,00	354,95	7,22	12,53	495,00	395,05
3,34	11,86	427,00	359,99	7,40	12,56	487,00	387,65
3,49	11,89	432,00	363,47	7,58	12,60	479,00	380,26
3,69	11,92	437,00	366,65	7,74	12,63	471,00	373,03
3,83	11,94	442,00	370,11	7,90	12,66	463,00	365,84
4,02	11,97	447,00	373,35	8,08	12,69	455,00	358,56

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1_emilro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)
8,28	12,73	448,00	352,02	9,86	13,03	393,00	301,61
8,46	12,76	441,00	345,61	10,04	13,07	390,00	298,50
8,64	12,79	434,00	339,21	10,23	13,10	387,00	295,33
8,82	12,83	427,00	332,84	10,39	13,14	384,00	292,34
8,98	12,86	420,00	326,58	10,59	13,18	381,00	289,16
9,16	12,89	413,00	320,29	10,75	13,21	378,00	286,19
9,34	12,93	406,00	314,04	10,90	13,24	375,00	283,25
9,49	12,96	399,00	307,90	11,07	13,27	372,00	280,25
9,66	12,99	396,00	304,83	11,20	13,30	369,00	277,46

provino 2 *pressione di confinamento:* 150 kPa

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)
0,00	11,34	0,00	0,00	5,80	12,28	504,00	410,52
0,23	11,37	29,00	25,50	5,97	12,31	498,00	404,64
0,44	11,41	77,00	67,51	6,14	12,34	492,00	398,80
0,67	11,44	105,00	91,78	6,32	12,37	486,00	392,94
0,83	11,47	144,00	125,59	6,48	12,40	480,00	387,18
1,01	11,49	189,00	164,46	6,67	12,43	474,00	381,33
1,20	11,52	236,00	204,82	6,88	12,47	468,00	375,35
1,39	11,55	287,00	248,47	7,04	12,50	462,00	369,68
1,57	11,58	335,00	289,32	7,20	12,53	456,00	364,02
1,75	11,61	389,00	335,15	7,41	12,56	450,00	358,16
1,93	11,64	426,00	366,12	7,56	12,59	444,00	352,59
2,09	11,66	465,00	398,78	7,77	12,63	438,00	346,77
2,28	11,69	489,00	418,29	7,90	12,66	435,00	343,70
2,42	11,71	525,00	448,24	8,09	12,69	432,00	340,41
2,63	11,75	555,00	472,46	8,27	12,72	429,00	337,14
2,81	11,78	578,00	490,85	8,44	12,76	426,00	333,93
2,98	11,80	582,00	493,08	8,61	12,79	423,00	330,78
3,15	11,83	586,00	495,36	8,81	12,83	420,00	327,43
3,34	11,86	590,00	497,41	8,97	12,86	417,00	324,31
3,50	11,89	592,00	498,00	9,13	12,89	414,00	321,20
3,69	11,92	594,00	498,38	9,32	12,93	411,00	317,97
3,87	11,95	596,00	498,79	9,50	12,96	408,00	314,80
4,02	11,97	598,00	499,43	9,67	12,99	405,00	311,70
4,19	12,00	586,00	488,25	9,86	13,03	402,00	308,53
4,39	12,04	574,00	476,91	10,05	13,07	401,00	306,85
4,53	12,06	562,00	466,02	10,23	13,10	400,00	305,25
4,74	12,09	550,00	454,78	10,40	13,14	399,00	303,70
4,90	12,12	542,00	447,16	10,57	13,17	398,00	302,16
5,10	12,16	534,00	439,27	10,73	13,20	397,00	300,64
5,26	12,18	526,00	431,75	10,94	13,25	396,00	298,92
5,43	12,21	518,00	424,13	11,08	13,28	395,00	297,53
5,59	12,24	510,00	416,64	11,20	13,30	394,00	296,26

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

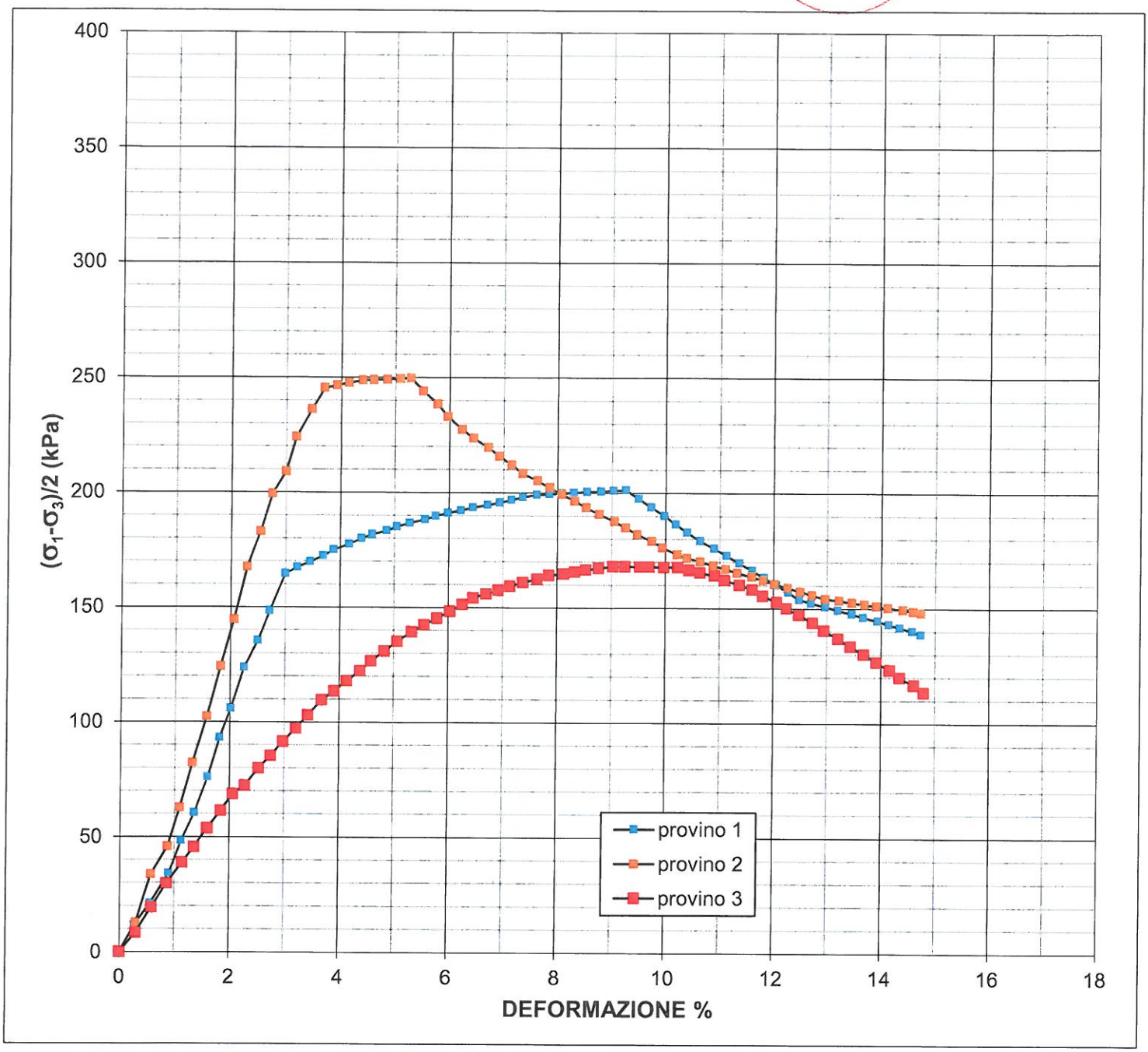
provino 3

pressione di confinamento: 250 kPa

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)
0,00	11,34	0,00	0,00	5,80	12,28	399,00	325,01
0,23	11,37	19,00	16,70	5,96	12,31	404,00	328,30
0,44	11,41	44,00	38,57	6,17	12,34	407,00	329,77
0,65	11,44	68,00	59,45	6,32	12,37	410,00	331,47
0,87	11,47	89,00	77,59	6,48	12,40	413,00	333,15
1,03	11,50	105,00	91,34	6,66	12,43	416,00	334,70
1,21	11,52	124,00	107,60	6,86	12,47	419,00	336,13
1,40	11,55	142,00	122,91	7,03	12,50	420,00	336,13
1,56	11,58	159,00	137,33	7,24	12,53	421,00	335,90
1,73	11,60	168,00	144,77	7,37	12,56	422,00	336,05
1,92	11,63	186,00	159,87	7,58	12,60	423,00	335,82
2,09	11,66	199,00	170,65	7,77	12,63	424,00	335,67
2,26	11,69	214,00	183,10	7,93	12,66	422,00	333,30
2,44	11,72	228,00	194,61	8,08	12,69	420,00	330,98
2,60	11,74	242,00	206,09	8,29	12,73	418,00	328,39
2,80	11,77	258,00	219,14	8,43	12,75	414,00	324,59
2,97	11,80	268,00	227,10	8,64	12,79	410,00	320,45
3,14	11,83	279,00	235,86	8,82	12,83	406,00	316,49
3,33	11,86	290,00	244,53	8,96	12,86	400,00	311,13
3,48	11,88	301,00	253,28	9,17	12,90	394,00	305,54
3,67	11,92	312,00	261,84	9,31	12,92	388,00	300,26
3,85	11,94	323,00	270,41	9,49	12,96	382,00	294,82
4,05	11,98	334,00	278,82	9,68	12,99	374,00	287,81
4,22	12,01	342,00	284,82	9,84	13,03	366,00	280,98
4,40	12,04	350,00	290,77	10,04	13,07	358,00	274,01
4,58	12,07	358,00	296,66	10,21	13,10	350,00	267,17
4,75	12,10	366,00	302,58	10,40	13,14	342,00	260,34
4,90	12,12	374,00	308,54	10,57	13,17	334,00	253,55
5,08	12,15	379,00	311,86	10,76	13,21	326,00	246,79
5,25	12,18	384,00	315,21	10,90	13,24	318,00	240,22
5,42	12,21	389,00	318,59	11,10	13,28	310,00	233,45
5,60	12,24	394,00	321,85	11,24	13,31	302,00	226,94

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

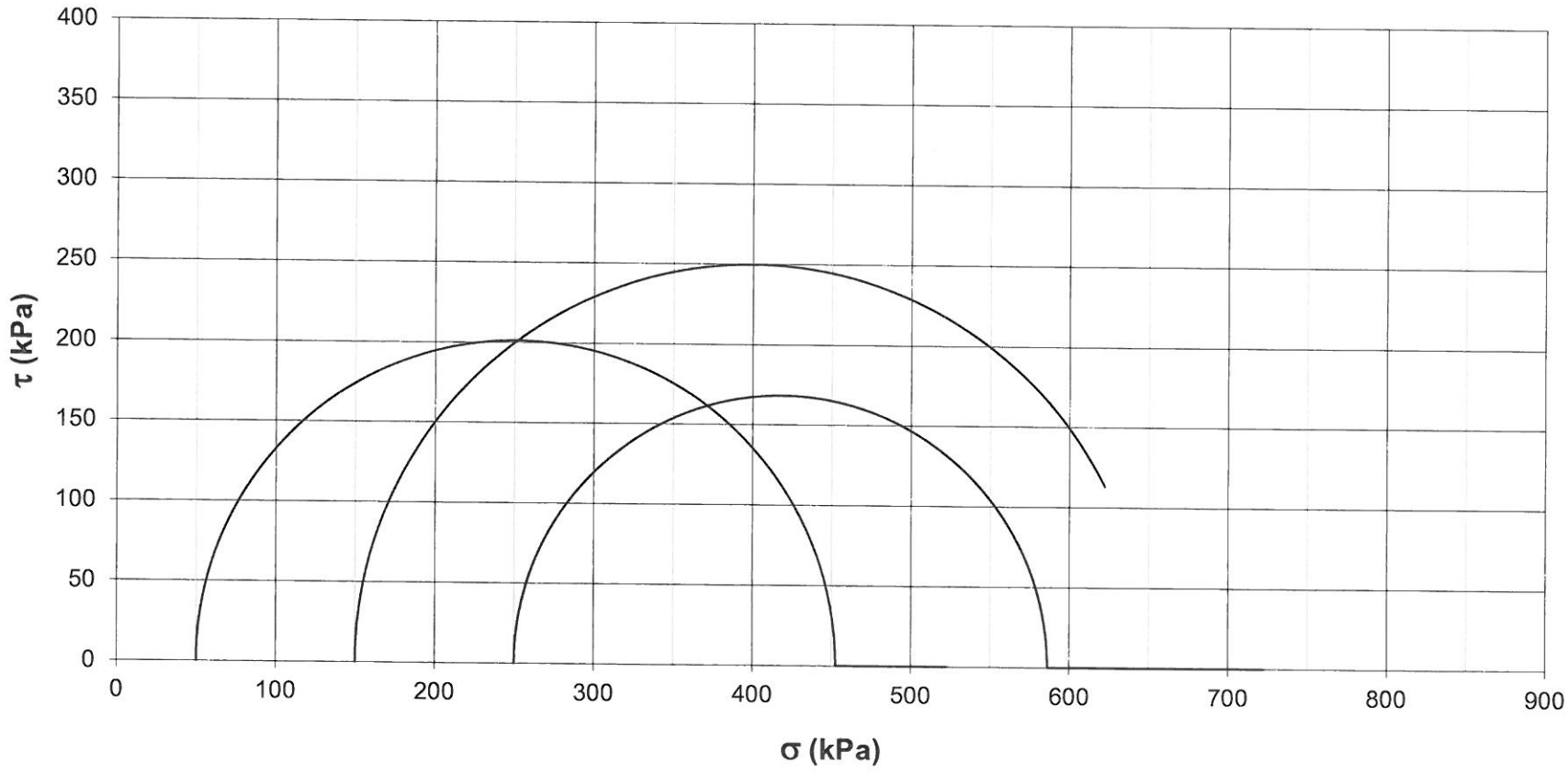
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

INVILUPPO DI ROTTURA SECONDO MOHR-COULOMB



parametri ricavati - proposta di interpretazione

provino	1	2	3
σ (kPa)	251,2	399,7	418,1
τ (kPa)	201,2	249,7	168,1
E_0 (Mpa)	6,4	7,8	3,2
E_{50} (Mpa)	5,1	8,5	3,2

c_u (kPa) = 206 (media dei punti di rottura)

ϕ_u (°) = 0

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

CGG s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0086.36

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
Data di accettazione: 31/01/2019
Data esecuzione prove: 02-05/03/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI1
PROFONDITÀ (m): 4.50-5.00
Tipo Campione: Indisturbati -

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	146,53	13,14	1,98	17,97
provino 2	36,00	2,00	157,69	13,48	1,97	15,56
provino 3	36,00	2,00	154,62	13,20	1,94	15,67

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 50 kPa
velocità di deformazione: 1,28E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,350	-0,110	119	33,8
0,030	-0,020	15	4,2	1,430	-0,120	123	35,0
0,090	-0,020	20	4,2	1,500	-0,130	129	36,8
0,160	-0,020	25	5,6	1,580	-0,130	135	38,5
0,240	-0,020	30	7,0	1,660	-0,140	139	39,7
0,320	-0,020	35	8,4	1,730	-0,140	144	41,2
0,400	-0,020	37	9,8	1,810	-0,140	149	42,7
0,470	-0,030	38	10,3	1,890	-0,140	152	43,6
0,520	-0,030	40	10,6	1,970	-0,150	156	44,8
0,540	-0,030	41	11,2	2,050	-0,150	161	46,3
0,620	-0,030	42	11,5	2,130	-0,150	164	47,2
0,630	-0,030	44	11,8	2,210	-0,150	168	48,5
0,710	-0,030	45	12,4	2,290	-0,150	172	49,7
0,790	-0,040	57	12,6	2,370	-0,150	174	50,3
0,820	-0,040	59	16,0	2,450	-0,150	176	51,0
0,840	-0,050	64	16,6	2,540	-0,160	177	51,3
0,910	-0,060	76	18,0	2,620	-0,160	181	52,6
0,970	-0,070	85	21,4	2,700	-0,160	182	52,9
1,050	-0,080	94	24,0	2,790	-0,160	183	53,3
1,120	-0,090	102	26,6	2,870	-0,170	184	53,7
1,200	-0,100	109	28,9	2,950	-0,160	185	54,0
1,270	-0,110	113	30,9	3,040	-0,170	187	54,7
1,350	-0,110	119	32,1	3,120	-0,170	187	54,8

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**glia Muratori S2 CI1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
3,200	-0,170	187	54,9	4,610	-0,190	197	59,3
3,280	-0,170	189	55,5	4,690	-0,180	198	59,7
3,370	-0,170	191	56,2	4,770	-0,190	198	59,8
3,450	-0,170	191	56,3	4,850	-0,180	199	60,1
3,530	-0,170	192	56,7	4,930	-0,180	199	60,2
3,620	-0,180	193	57,1	5,020	-0,180	201	60,9
3,700	-0,180	194	57,4	5,100	-0,180	201	61,0
3,780	-0,180	194	57,5	5,180	-0,180	201	61,1
3,860	-0,180	195	57,9	5,260	-0,180	201	61,2
3,940	-0,180	196	58,3	5,340	-0,180	201	61,3
4,030	-0,180	196	58,4	5,420	-0,180	202	61,7
4,110	-0,180	196	58,4	5,510	-0,180	202	61,8
4,190	-0,180	196	58,5	5,590	-0,180	202	61,9
4,280	-0,180	197	58,9	5,670	-0,180	202	62,0
4,360	-0,180	197	59,0	5,750	-0,180	202	62,1
4,440	-0,180	197	59,1	5,840	-0,180	203	62,5
4,520	-0,180	197	59,2	5,920	-0,180	204	62,9

provino 2

carico verticale applicato: 150 kPa
velocità di deformazione: 1,25E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)	dislocamento orizzontale (mm)	deformazione verticale (mm)	forza tangenziale (N)	sforzo di taglio (kPa)
0,000	0,000			1,730	-0,073	373	106,7
0,022	-0,001	12	3,3	1,804	-0,074	377	108,0
0,121	-0,003	45	12,5	1,879	-0,075	383	109,8
0,195	-0,012	75	20,9	1,955	-0,075	388	111,4
0,264	-0,017	120	33,5	2,032	-0,076	394	113,3
0,323	-0,024	155	43,3	2,108	-0,076	399	114,9
0,385	-0,032	184	51,4	2,184	-0,078	404	116,5
0,455	-0,035	210	58,8	2,262	-0,077	407	117,5
0,529	-0,039	231	64,7	2,341	-0,078	411	118,8
0,604	-0,040	246	69,0	2,420	-0,080	414	119,8
0,679	-0,042	260	73,0	2,496	-0,081	417	120,9
0,755	-0,045	272	76,5	2,575	-0,083	421	122,2
0,829	-0,048	284	80,0	2,653	-0,084	424	123,2
0,904	-0,051	294	82,9	2,733	-0,083	427	124,3
0,982	-0,055	303	85,6	2,812	-0,084	428	124,7
1,058	-0,057	311	87,9	2,889	-0,084	431	125,8
1,135	-0,060	319	90,3	2,969	-0,085	434	126,8
1,211	-0,062	326	92,4	3,048	-0,086	436	127,6
1,285	-0,065	332	94,2	3,128	-0,085	438	128,4
1,360	-0,066	342	97,2	3,209	-0,087	441	129,4
1,434	-0,067	349	99,3	3,288	-0,086	442	129,9
1,509	-0,069	354	100,9	3,368	-0,087	443	130,4
1,583	-0,070	360	102,7	3,447	-0,087	445	131,1
1,657	-0,072	367	104,8	3,522	-0,087	448	132,2

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	glia Muratori S2 CI1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,601	-0,087	450	133,0	4,846	-0,096	464,0	140,2
3,679	-0,088	451	133,5	4,925	-0,097	463,0	140,1
3,757	-0,089	453	134,2	5,005	-0,096	464,0	140,6
3,837	-0,087	453	134,4	5,084	-0,098	464,0	140,8
3,915	-0,089	453	134,6	5,163	-0,099	464,0	141,0
3,991	-0,089	455	135,4	5,243	-0,097	463,0	140,9
4,064	-0,089	457	136,2	5,323	-0,098	462,0	140,8
4,140	-0,090	458	136,7	5,403	-0,099	460,0	140,4
4,218	-0,091	458	136,8	5,485	-0,099	458,0	140,0
4,297	-0,090	459	137,3	5,566	-0,100	456,0	139,6
4,374	-0,091	459	137,5	5,607	-0,101	454,0	139,1
4,453	-0,092	459	137,7	5,608	-0,103	452,0	138,5
4,534	-0,092	459	137,9	5,610	-0,105	450,0	137,9
4,615	-0,092	459	138,1	5,610	-0,106	448,0	137,3
4,690	-0,095	461	138,9	5,611	-0,107	446,0	136,7
4,768	-0,096	463	139,7	5,611	-0,107	442,0	135,4

provino 3

carico verticale applicato: 250 kPa
velocità di deformazione: 1,30E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			0,580	-0,280	455	127,6
0,010	-0,010	3	0,8	0,660	-0,290	463	130,0
0,020	-0,030	4	1,1	0,740	-0,290	475	133,6
0,020	-0,050	11	3,1	0,820	-0,300	485	136,6
0,020	-0,060	25	6,9	0,900	-0,310	491	138,5
0,030	-0,090	38	10,6	0,980	-0,310	504	142,3
0,030	-0,100	20	5,6	1,060	-0,320	510	144,2
0,030	-0,110	109	30,3	1,130	-0,330	517	146,4
0,040	-0,120	156	43,4	1,210	-0,330	526	149,1
0,040	-0,140	189	52,5	1,290	-0,340	532	151,0
0,040	-0,150	217	60,3	1,380	-0,340	533	151,5
0,040	-0,160	243	67,5	1,450	-0,350	537	152,9
0,040	-0,180	267	74,2	1,540	-0,350	539	153,7
0,050	-0,190	289	80,3	1,620	-0,360	544	155,3
0,050	-0,200	307	85,3	1,700	-0,360	549	156,9
0,050	-0,210	328	91,2	1,780	-0,360	556	159,2
0,060	-0,210	339	94,3	1,860	-0,370	558	160,0
0,070	-0,220	349	97,1	1,950	-0,370	566	162,5
0,060	-0,230	366	101,8	2,030	-0,380	572	164,5
0,120	-0,240	379	105,5	2,110	-0,380	575	165,5
0,190	-0,250	386	107,6	2,190	-0,380	578	166,6
0,270	-0,250	406	113,3	2,280	-0,390	580	167,5
0,350	-0,260	418	116,8	2,360	-0,390	584	168,9
0,430	-0,270	428	119,7	2,440	-0,390	589	170,5
0,500	-0,270	443	124,1	2,520	-0,400	597	173,1

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**glia Muratori S2 Cl1**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

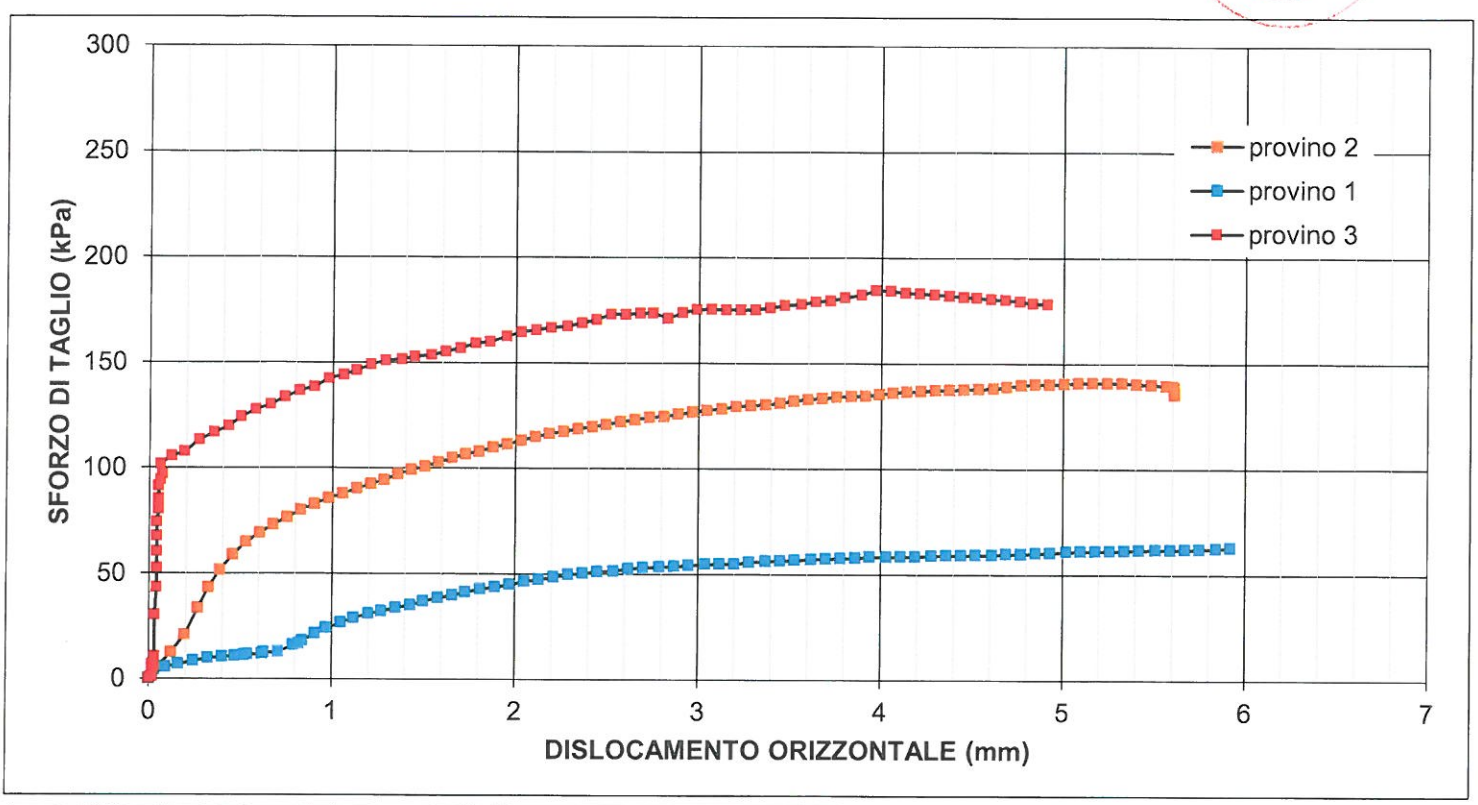
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
2,600	-0,400	596	173,1	3,800	-0,430	611	181,2
2,680	-0,410	597	173,6	3,890	-0,440	614	182,4
2,750	-0,410	597	173,8	3,970	-0,440	621	184,7
2,830	-0,410	587	171,1	4,050	-0,440	619	184,4
2,910	-0,410	596	174,0	4,130	-0,450	615	183,5
2,990	-0,420	600	175,4	4,210	-0,450	613	183,1
3,070	-0,420	600	175,7	4,290	-0,460	611	182,8
3,150	-0,420	598	175,3	4,370	-0,460	608	182,2
3,230	-0,430	597	175,3	4,450	-0,470	605	181,5
3,310	-0,430	596	175,2	4,520	-0,470	603	181,1
3,390	-0,430	599	176,4	4,600	-0,470	600	180,5
3,470	-0,410	602	177,5	4,680	-0,470	598	180,2
3,560	-0,420	603	178,1	4,760	-0,480	595	179,5
3,640	-0,420	606	179,2	4,830	-0,480	591	178,5
3,720	-0,430	607	179,8	4,910	-0,480	589	178,2

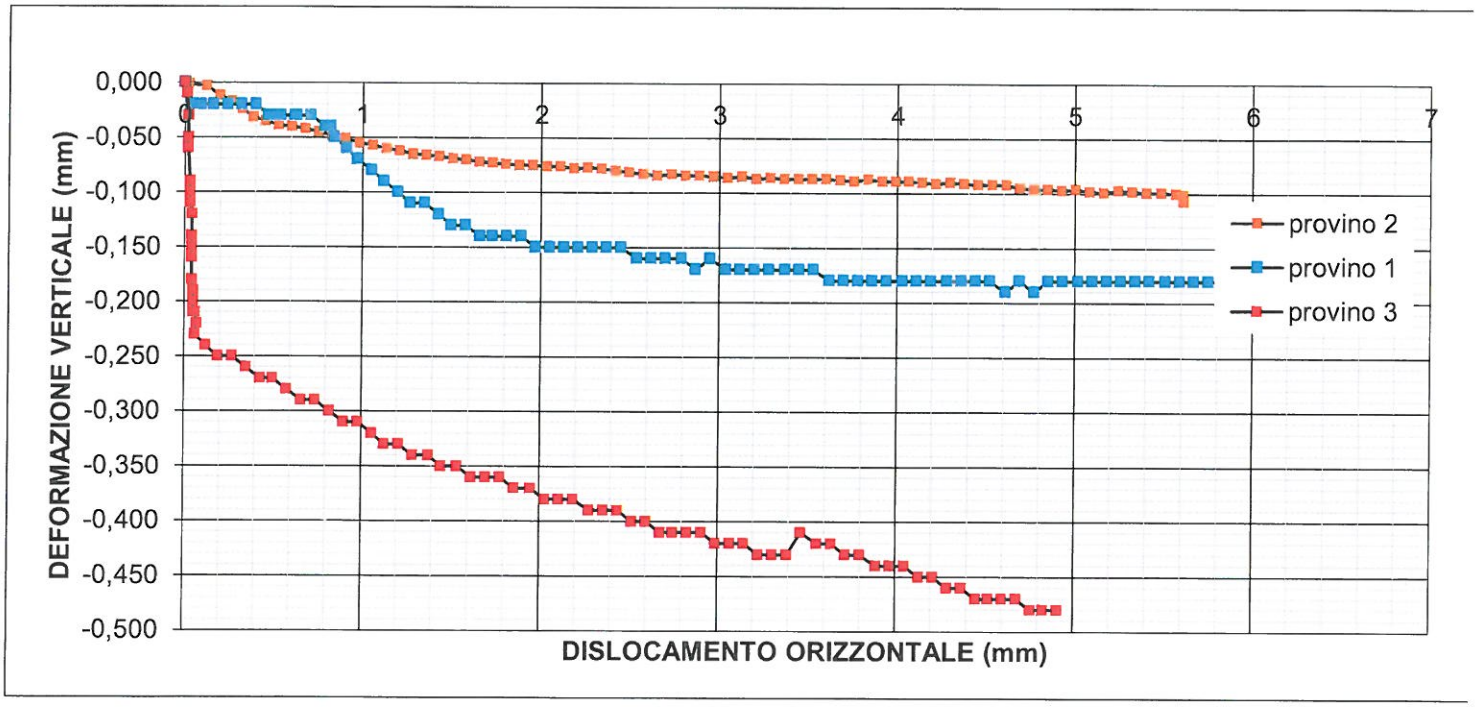
commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	glia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

CGG s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

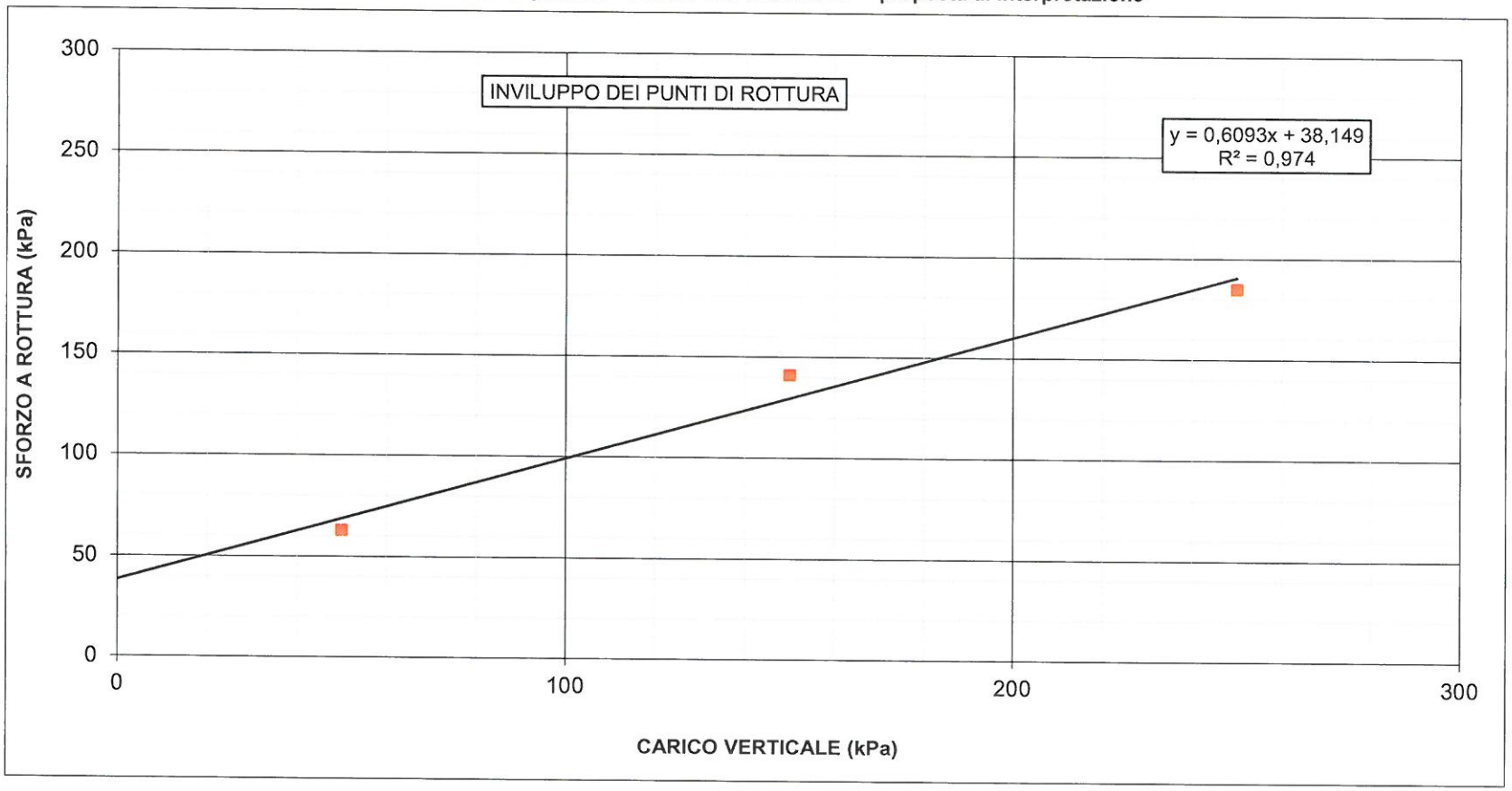




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	glia Muratori S2 Cl1	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0172/19 Del 07/03/2019 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: CI1

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	50	150	250
sforzo di taglio (kPa)	62,9	141,0	184,7

c' (kPa) = 38,1

ϕ' (° sessadecimali) = 31,4

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
ACCETTAZIONE: 31/01/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITÀ (m): 13.00-13.50
DATA DI PRELIEVO:

APERTURA E DESCRIZIONE VISIVA-MANUALE DI UN CAMPIONE (ASTM D2488)

DATI DI PROVA

data di esecuzione: 14/02/2019

tipologia: indisturbato
contenitore: fustella metallica tipo Shelby
colore secondo Munsell: *5 Y 4/4 "Olive"*

diametro nominale (mm): 85
lunghezza effettiva (cm): 46
classe di qualità: Q5

ANALISI LABORATORIO ESEGUITE

contenuto naturale acqua	x	Triassiale U.U.	x	Edometria	x
massa volumica naturale	x	Triassiale C.K0.U		cont. sost. organiche	
massa volumica dei grani	x	Triassiale C.D.		colonna risonante	
limiti Atterberg		Compressione E.L.L.		tg. Tors. ciclico	
Granulometria		Taglio Diretto	x	Tagl. Anulare	
Sedimentazione		Taglio Residuo		Altro	

Descrizione del campione: **Campione omogeneo di sabbia debolmente limosa. Il campione si presenta molto consistente, umido al tatto e mediamente plastico.**

PROVE SPEDITIVE DI CONSISTENZA

profondità relativa (cm)	*lettura al penetrometro tascabile (kPa)*	*lettura allo scissometro tascabile (kPa)*	*note*
10	150	300	Taglio diretto
20	290	320	Edometro
30	300	320	TX UU
40	280	360	TX UU

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

FOTOGRAFIA DEL CAMPIONE

ALTO → BASSO

commessa:	settore:	id. campione:	Sperimentatore:	Direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (T_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE n. 0186...06

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITA' (m): 13.00-13.50
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME (UNI CEN ISO/TS 17892-2 - metodo A)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

volume (cm^3)	*peso umido (g)*	*test eseguito*	*posizione*
72,00	153,09	provino 1	superiore
72,00	144,40	provino 2	centrale
72,00	142,27	provino 3	inferiore

Peso di volume: ρ 2,04 Mg/m^3
(medio, in condizioni di umidità naturale)

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (T_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0186/86

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITA' (m): 13.00-13.50
DATA DI PRELIEVO: -

UMIDITA' NATURALE (UNI CEN ISO/TS 17892-1)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

peso umido (g)	*peso secco (g)*	*test eseguito*	*posizione*
75,57	65,48	provino 1	superiore
72,68	62,34	provino 2	centrale
162,37	140,92	provino 3	inferiore

Umidità allo stato naturale: **W** 15,74 %

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0360/96

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITA':
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITA' (m): 13.00-13.50
DATA DI PRELIEVO:

PESO DI VOLUME REALE DEI GRANI (ASTM D854)

DATI DI PROVA

Data di accettazione: 31/01/2019
Data di esecuzione prove: 14-15/02/2019

	misura I	misura II
picnometro n°	3	12
massa campione (g)	17,87	14,42
massa picnometro + acqua + campione (g)	189,78	189,96
massa picnometro + acqua (g)	178,34	180,73
temperatura (°C)	20,2	20,2
ρ_r calcolato (Mg/m^3)	2,774	2,773

peso di volume reale dei granuli: ρ_r 2,77 Mg/m^3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emilro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

PARAMETRI CALCOLATI

sulla base dei risultati di prova

Cantiere: Briglia Muratori **sondaggio:** S2 **campione:** CI2

DATI MISURATI

Peso di volume naturale	ρ	2,04	Mg/m^3	certificato di prova n° 0115/19 del 22/02/2019
Umidità allo stato naturale	W	15,74	%	certificato di prova n° 0116/18 del 22/02/2019
Peso specifico dei granuli	ρ_s	2,77	Mg/m^3	certificato di prova n° 0117/18 del 22/02/2019
Temperatura media delle prove	T	20	°C	

ALTRI VALORI IMPIEGATI PER IL CALCOLO

Peso specifico dell'acqua	δ_w	1,00	Mg/m^3

PARAMETRI CALCOLATI

peso di volume saturo	ρ_w	2,12	Mg/m^3
peso di volume secco	ρ_d	1,76	Mg/m^3
indice dei vuoti	e	0,577	
grado di saturazione	S_r	76	%

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0163/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0060136

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ: Briglia Muratori
CANTIERE:
Data ricevimento campione: 31/01/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITÀ: 13.00-13.50
Data esecuzione prove: 14/02-01/03/19

PROVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA (ASTM D2435)

CARATTERISTICHE DEL PROVINO

sezione	19,87	cm^2	*indice dei vuoti iniziale*	0,623	
altezza iniziale	20,00	mm	*altezza ridotta*	12,324	mm
massa iniziale	81,84	g	*altezza finale*	18,49	mm
umidità iniziale	15,51	%	*umidità finale*	17,56	%
peso specifico dei granuli	2,77	Mg/m^3	*massa secca finale*	67,83	g

DATI DI PROVA

data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*m_v (kPa^{-1})*	*E_{ed} (kPa)*
14/02/2019	5	20,000	0,000	0,623	0,000		
15/02/2019	12	19,878	0,122	0,613	0,610	8,592E-04	1,164E+03
16/02/2019	25	19,744	0,256	0,602	1,280	5,492E-04	1,821E+03
17/02/2019	49	19,582	0,418	0,589	2,090	3,306E-04	3,025E+03
18/02/2019	98	19,419	0,581	0,576	2,905	1,663E-04	6,012E+03
19/02/2019	196	19,246	0,754	0,562	3,770	8,827E-05	1,133E+04
20/02/2019	392	19,033	0,967	0,544	4,835	5,434E-05	1,840E+04
21/02/2019	784	18,775	1,225	0,523	6,125	3,291E-05	3,039E+04
22/02/2019	1569	18,440	1,560	0,496	7,800	2,134E-05	4,687E+04
23/02/2019	3138	18,033	1,967	0,463	9,835	1,297E-05	7,710E+04
data inizio	*carico (kPa)*	*altezza (mm)*	*dH (mm)*	*indice vuoti*	*dH/H_0 (%)*	*c_s (kPa^{-1})*	*SR (kPa^{-1})*
24/02/2019	784	18,146	1,854	0,472	9,270	1,522E-02	0,938
25/02/2019	196	18,257	1,743	0,481	8,715	1,496E-02	0,922
26/02/2019	49	18,346	1,654	0,489	8,270	1,200E-02	0,739
27/02/2019	12	18,431	1,569	0,496	7,845	1,149E-02	0,708
28/02/2019	5	18,489	1,511	0,500	7,555	1,259E-02	0,776

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emilro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

DATI DI PROVA: ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO

gradino V (98-196 kPa)		*gradino VI (196-392 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,581	0	0,754
6	0,673	6	0,870
15	0,680	15	0,882
30	0,686	30	0,889
60	0,692	60	0,896
120	0,698	120	0,904
240	0,706	240	0,912
480	0,714	480	0,920
900	0,720	900	0,928
1800	0,727	1800	0,935
3600	0,734	3600	0,942
7200	0,740	7200	0,949
14400	0,746	14400	0,956
28800	0,750	28800	0,961
86400	0,754	86400	0,967

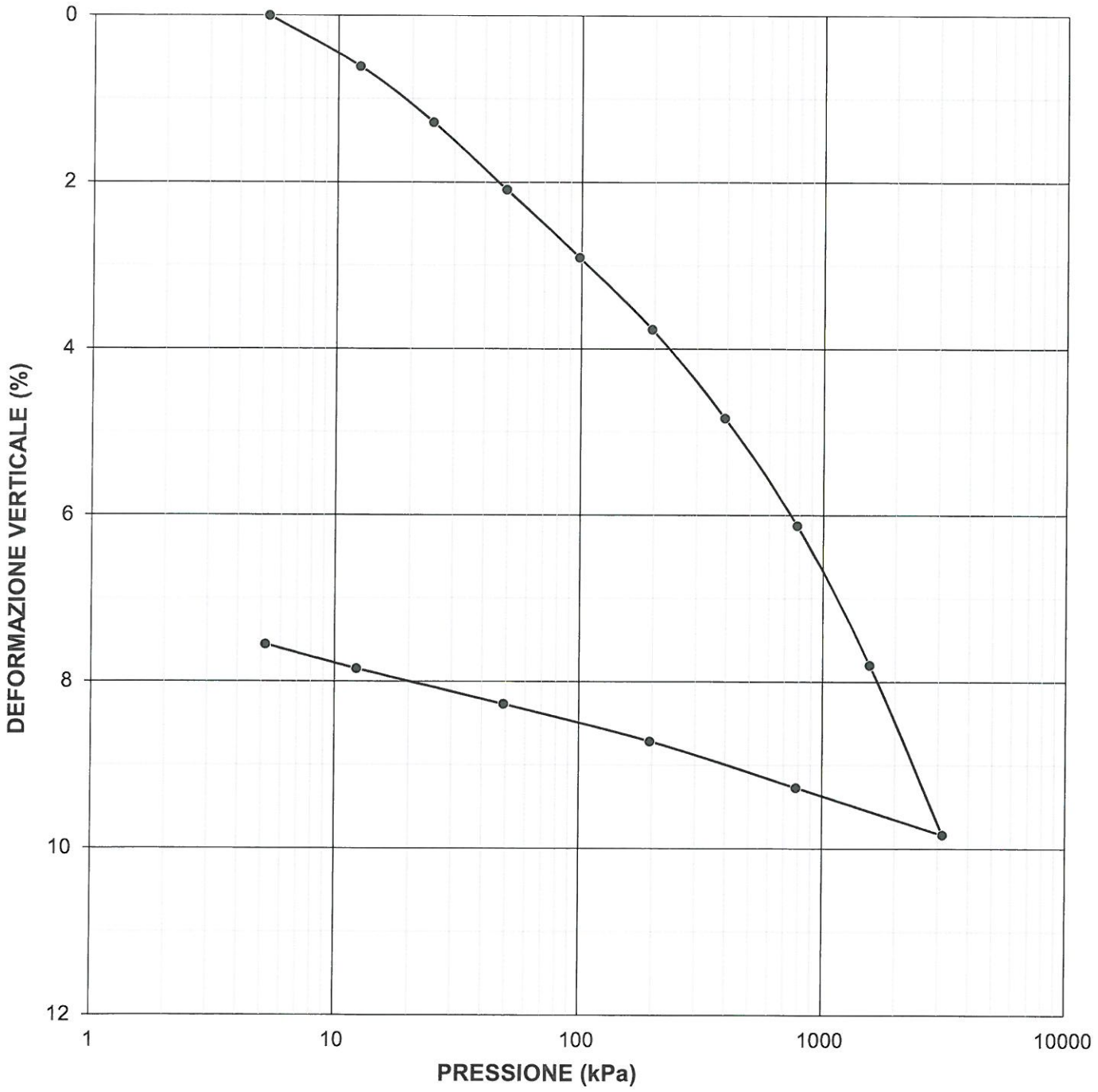
gradino VII (392-785 kPa)		*gradino VIII (785-1596 kPa)*	
tempo (s)	*dH (mm)*	*tempo (s)*	*dH (mm)*
0	0,967		
6	1,096		
15	1,108		
30	1,118		
60	1,127		
120	1,139		
240	1,150		
480	1,161		
900	1,171		
1800	1,182		
3600	1,192		
7200	1,200		
14400	1,208		
28800	1,217		
86400	1,225		

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
04	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

CURVA DI CONSOLIDAZIONE EDOMETRICA - I

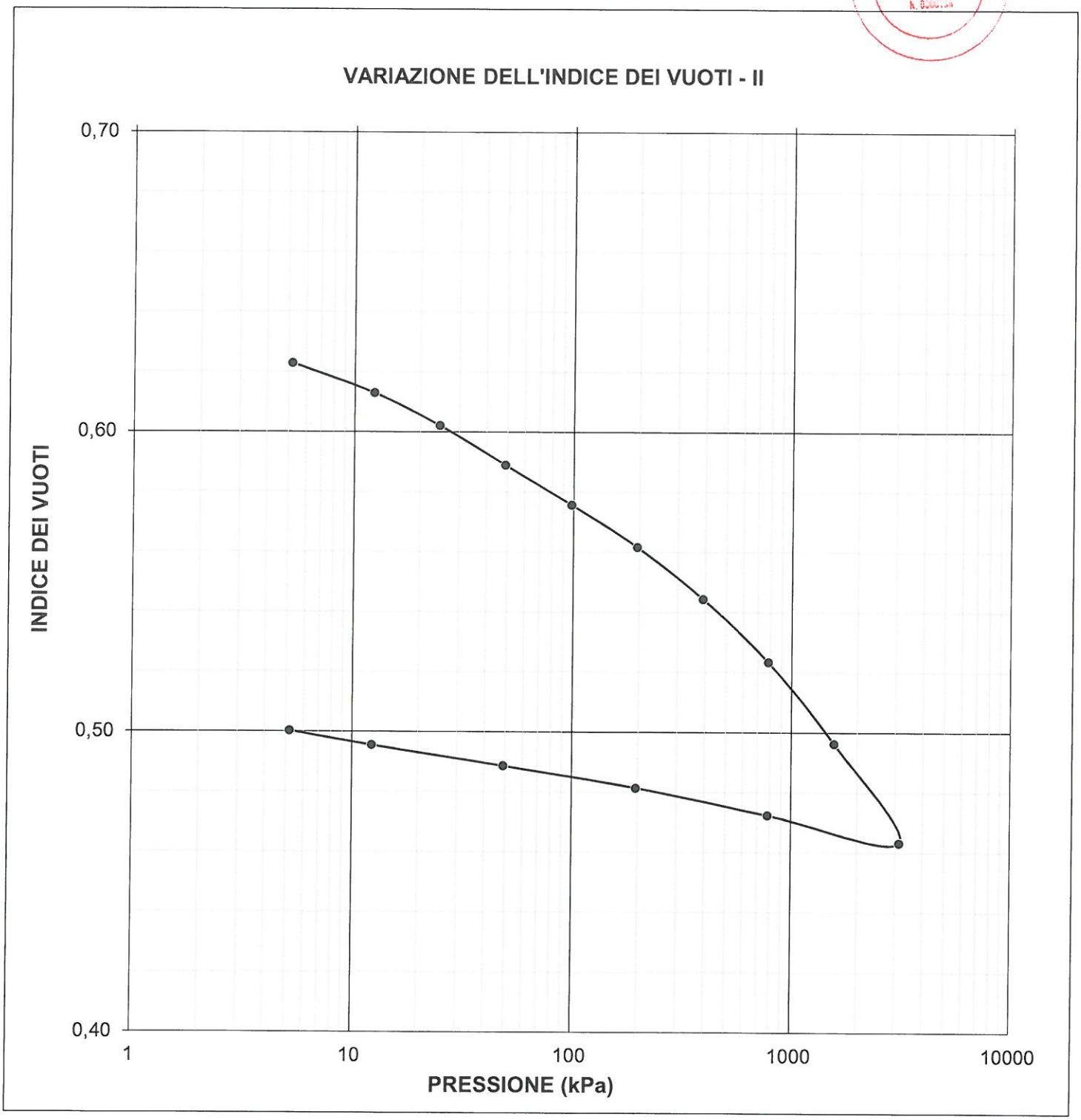


commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

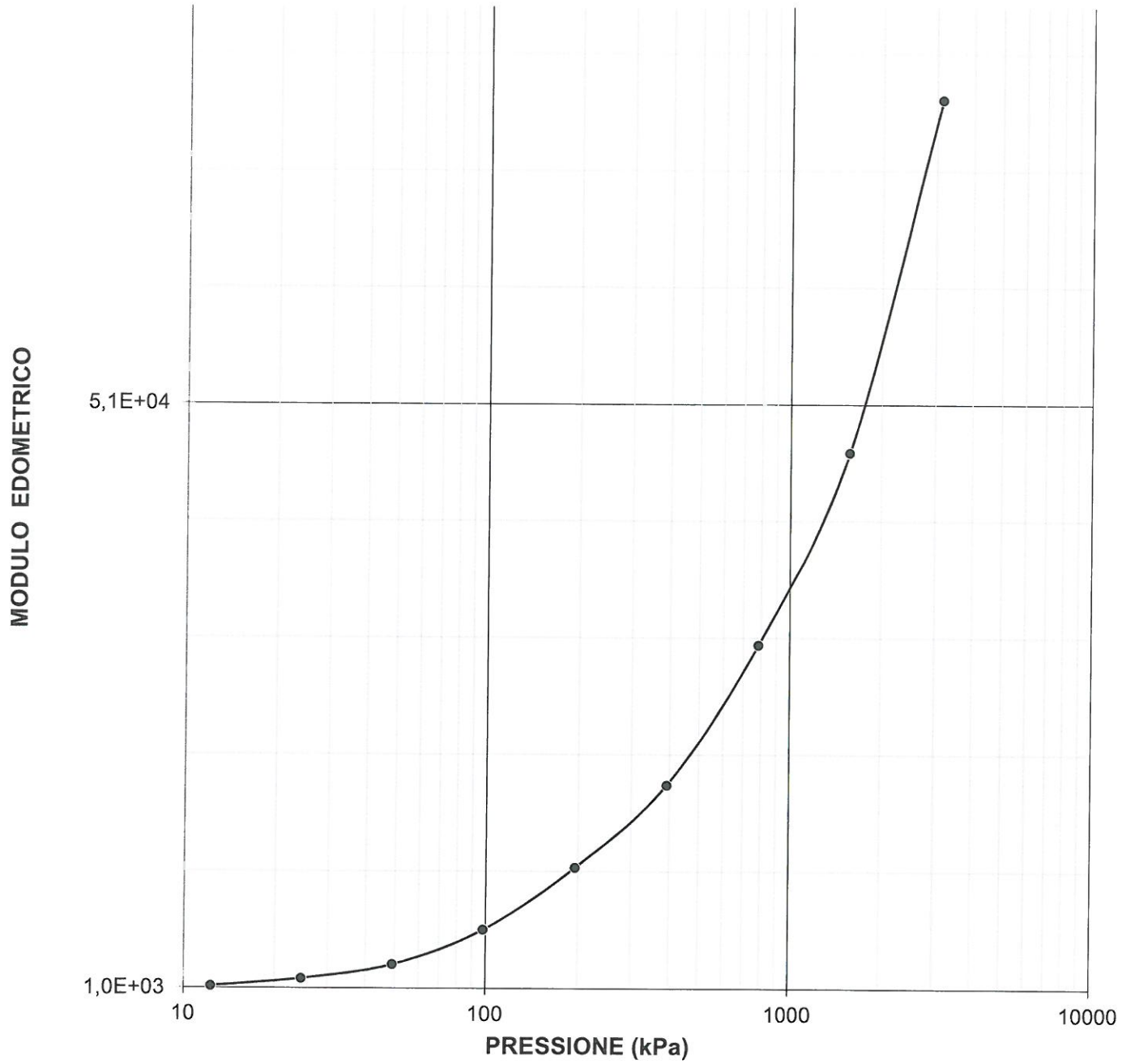


commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.R.L. COMMISSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 00186

VARIAZIONE DEL MODULO EDOMETRICO III



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

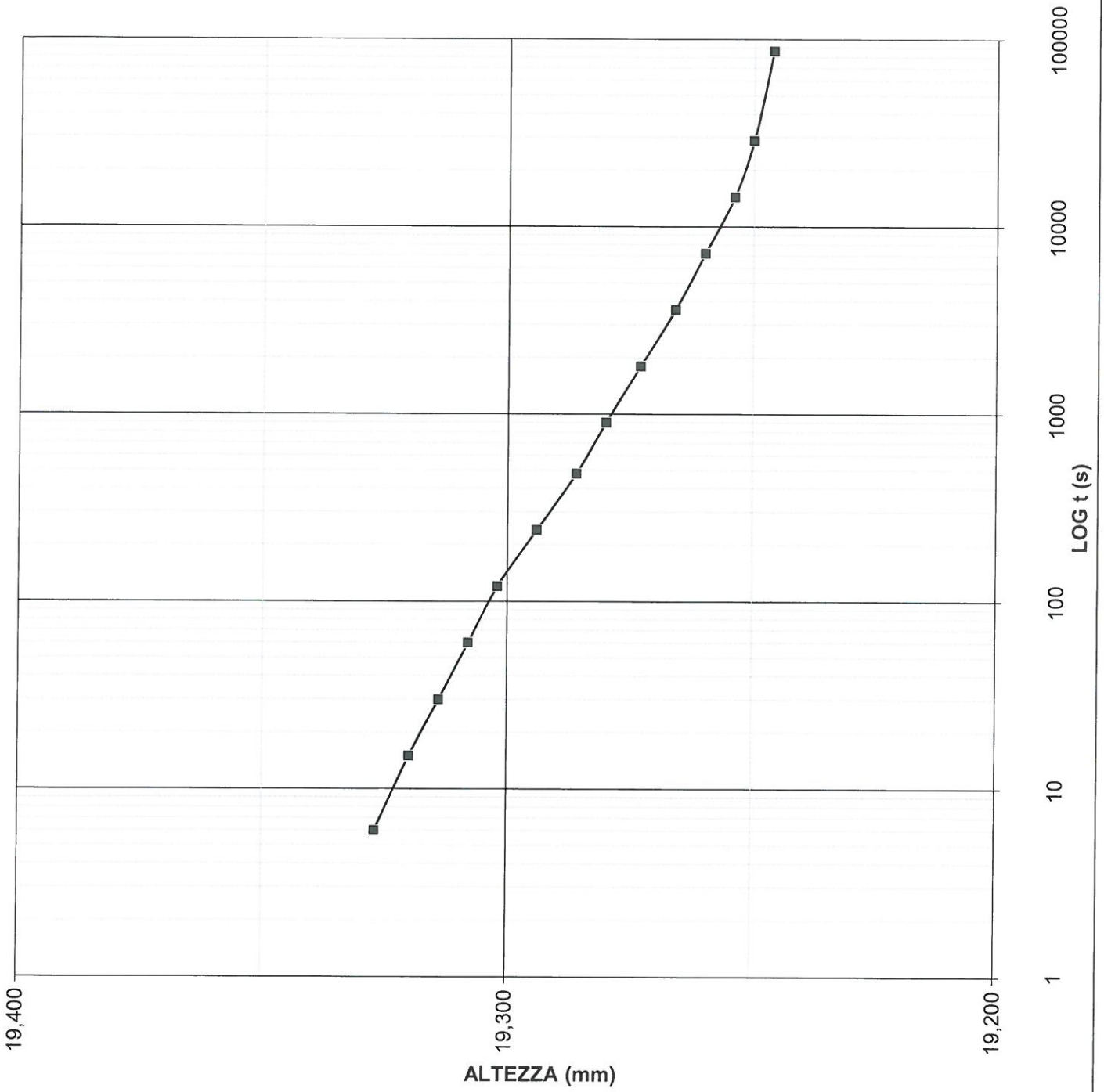
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0163/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. [illegible]

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino V (98-196 kPa)



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

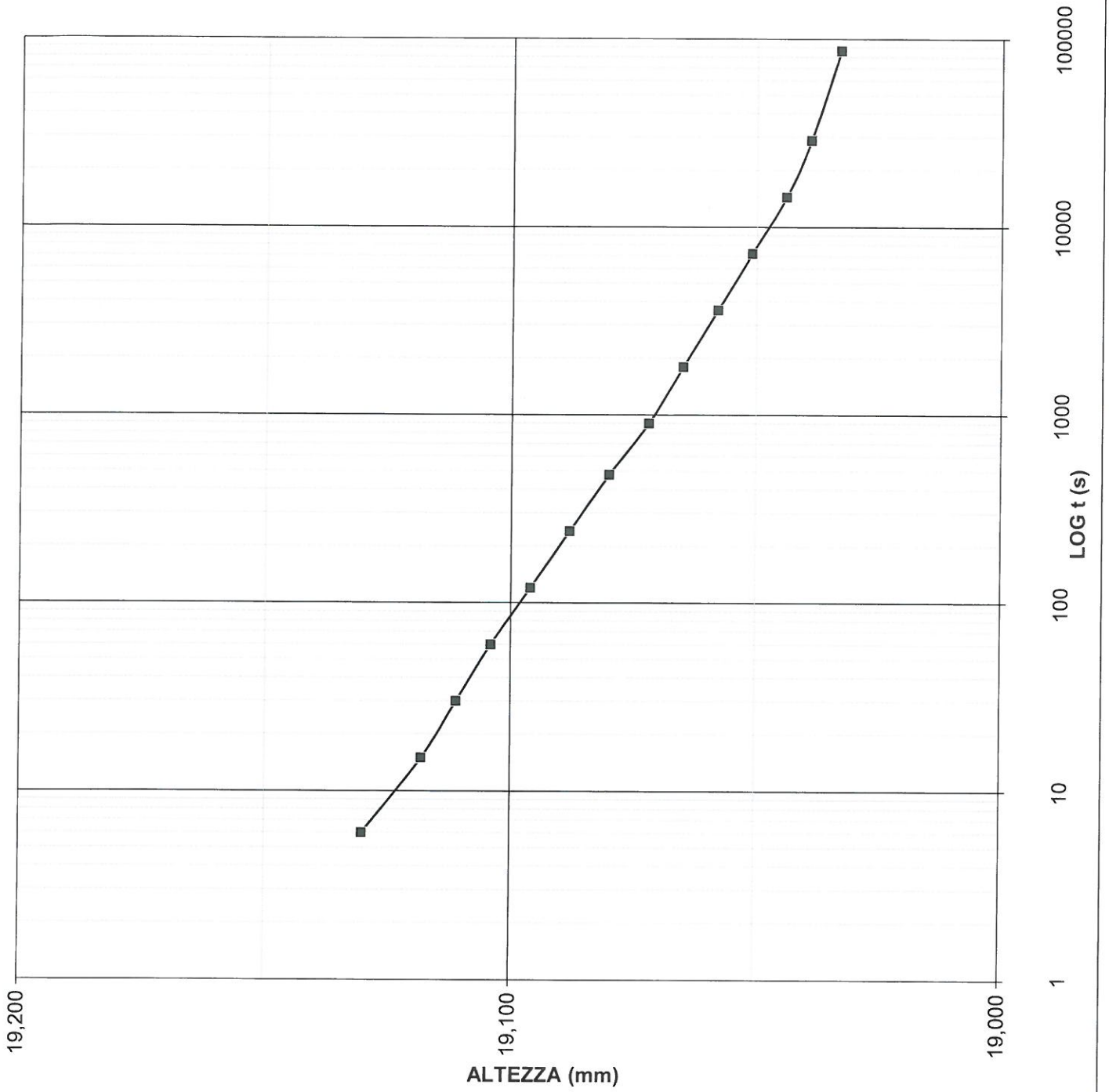
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

certificato di prova n° 0163/19 *08/03/2019*

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VI (196-392) kPa

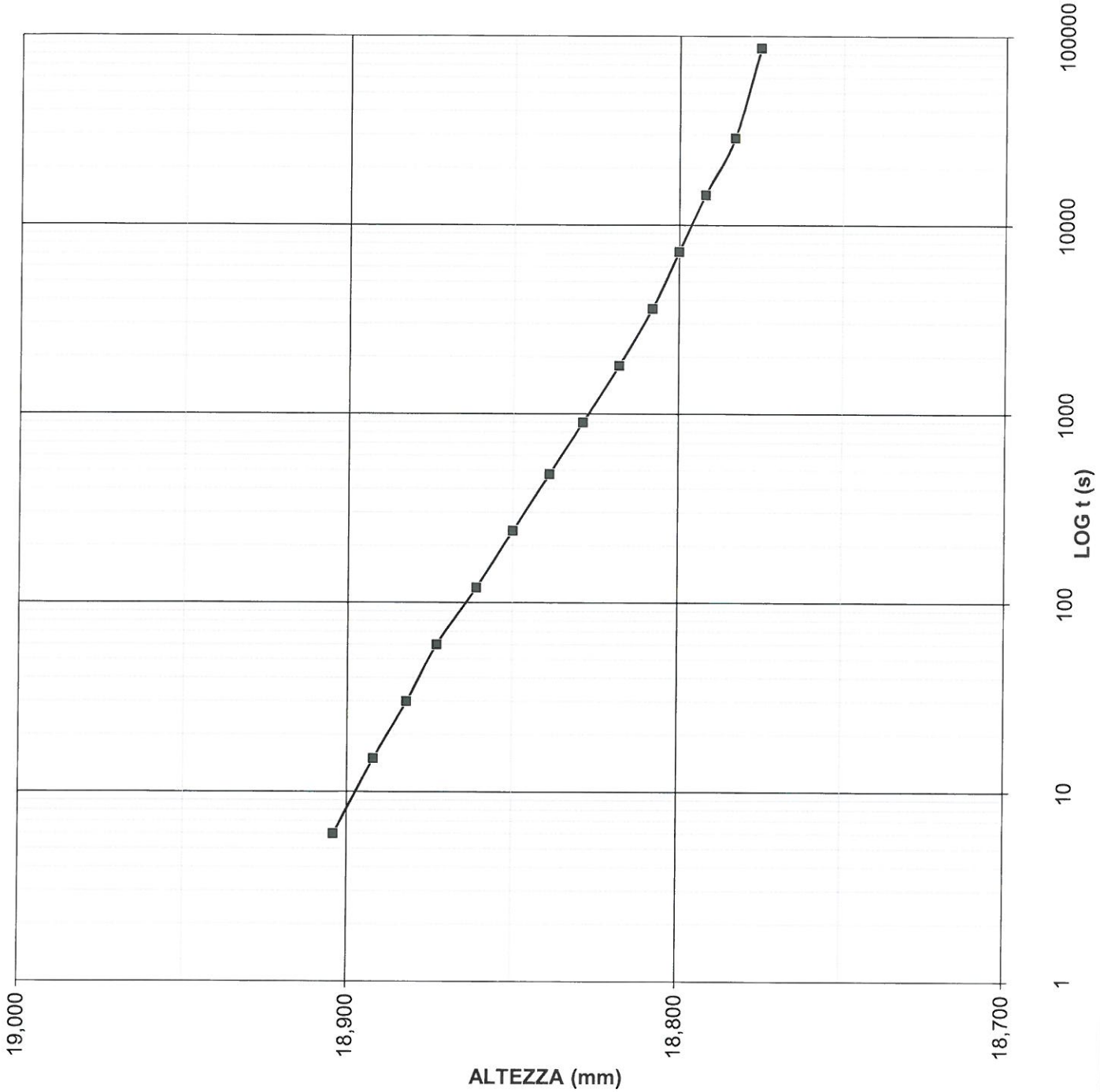


commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.R.L. CONCESSIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE N. 0360/06

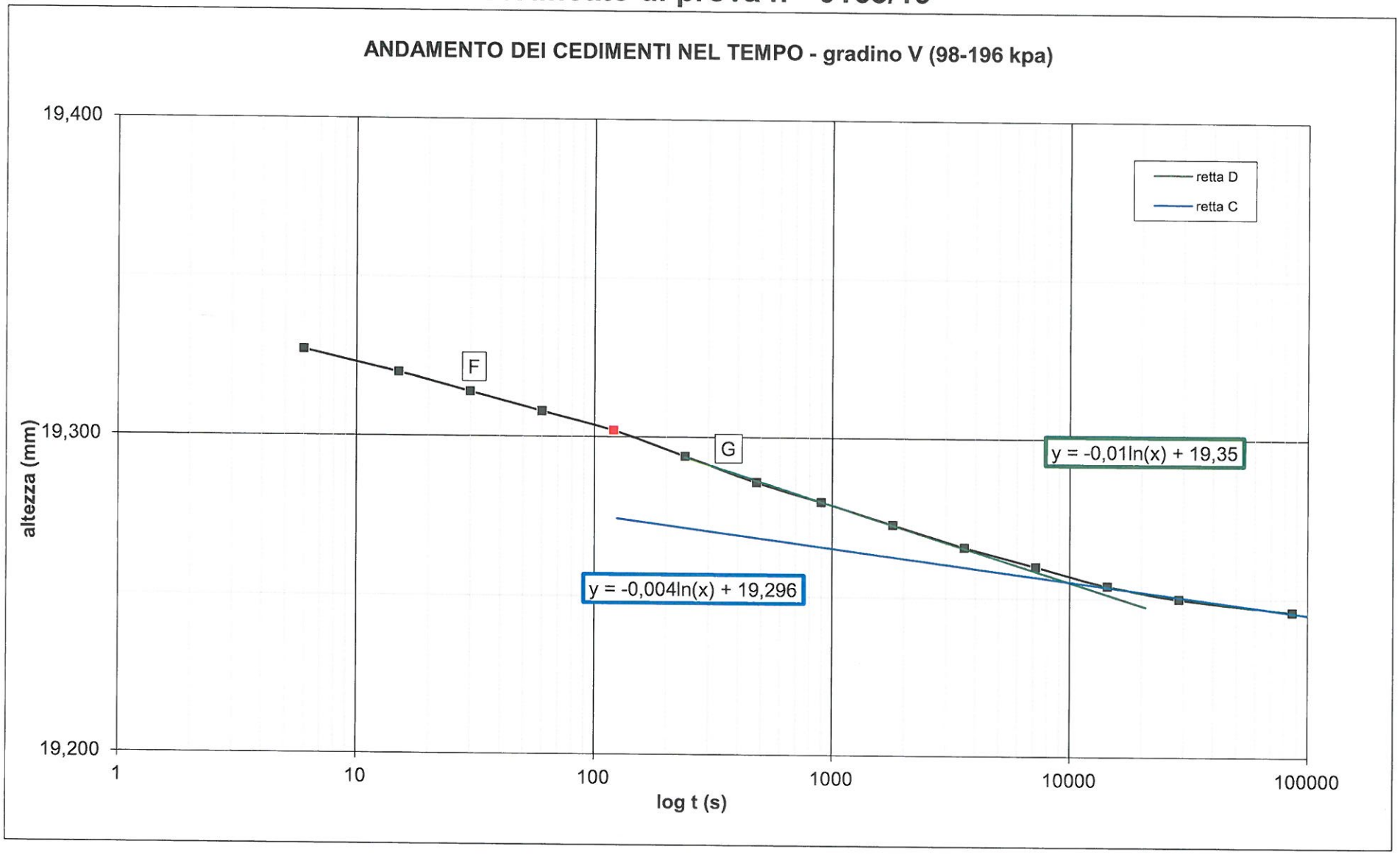
ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (392-784) kPa



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

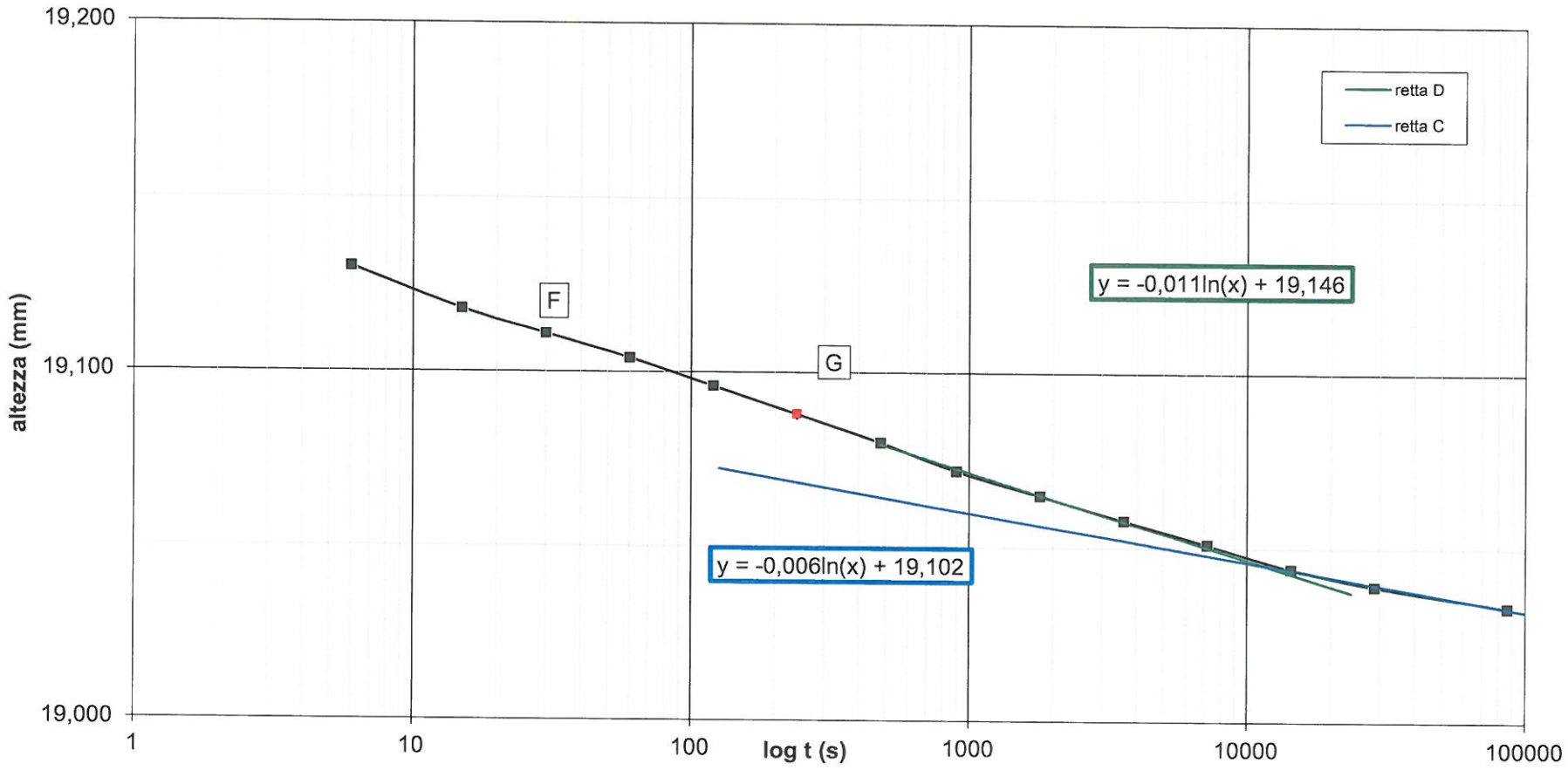
certificato di prova n° 0163/19



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

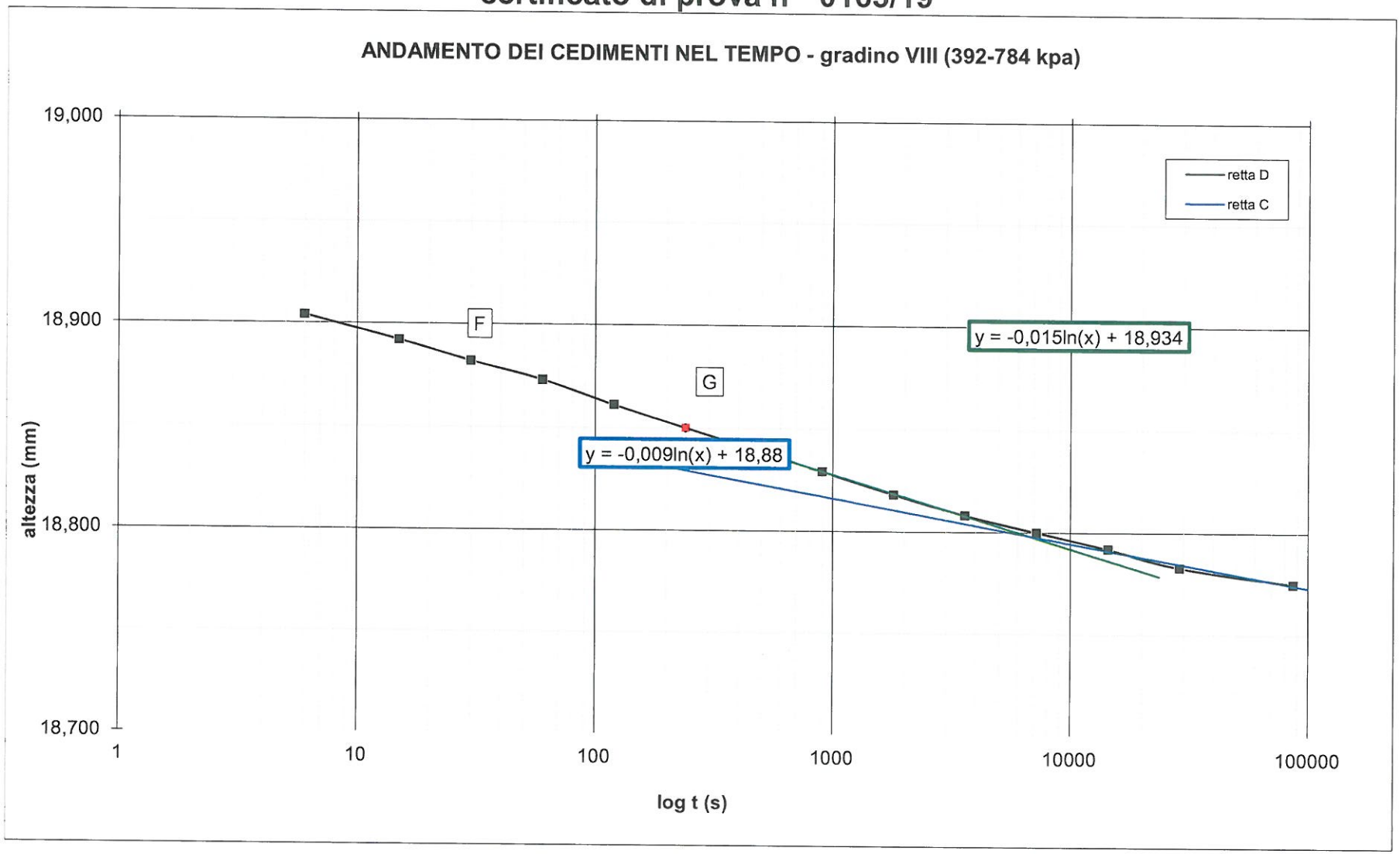
certificato di prova n° 0163/19

ANDAMENTO DEI CEDIMENTI NEL TEMPO - gradino VII (196-392 kpa)



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0163/19



REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2

cedimento a inizio di prova		0,581	mm	gradino V (98-196 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,933	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,926	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,929	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	218	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	9756	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**8,42E-04**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**8,83E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**7,43E-09**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		0,754	mm	gradino VI (196-392 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,913	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,905	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,909	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	190	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	11600	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**9,45E-04**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**5,43E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**5,13E-09**	cm/s	

cedimento a inizio di prova		0,967	mm	gradino VII (392-785 kPa)
altezza iniziale	h_0 =	1,891	cm	
altezza campione a fine cedimento primario	h_{100} =	1,880	cm	
altezza campione al 50% della consolidazione primaria	h_{50} =	1,886	cm	
tempo al 50% della consolidazione primaria	t_{50} =	157	s	
tempo al 100% della consolidazione primaria	t_{100} =	6689	s	
coefficiente di consolidazione	**C_v =**	**1,12E-03**	cm^2/s	
coefficiente di compressibilità volumetrica	**m_v =**	**3,29E-05**	kPa^{-1}	
coefficiente di permeabilità verticale	**K_v =**	**3,68E-09**	cm/s	

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G. S.r.l. con sistema qualità ISO 9001:2015
Certificato Bureau Veritas Italia S.p.A.
Laboratorio autorizzato dal Min. Infrastrutture e Trasporti
Prove e controlli su materiali e prodotti da costruzione, terre e rocce, in sito ed in laboratorio

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITÀ: 13.00-13.50

Data ricevimento campione: 31/01/2019

Data esecuzione prove: 26/02/2019

PROVA DI COMPRESSIONE TRIASSIALE NON CONSOLIDATA - NON DRENATA (UNI CEN ISO/TS 17892-8)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (mm)	*umidità finale* (%)	*peso di volume* (Mg/m^3)
provino 1	11,34	7,60	175,87	15,86	6,48	16,02	2,04
provino 2	11,34	7,60	176,68	15,87	6,48	15,62	2,05
provino 3	Provino non conforme						

DATI DI PROVA

simbologia: σ_1 = pressione assiale
σ_3 = pressione di confinamento
velocità di deformazione: 7,00E-01 mm/s

dF = variazione di forza assiale
dH = deformazione assiale
A_c = area corretta

provino 1

pressione di confinamento: 150 kPa

dH (mm)	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*	*dH (mm)*	*A_c (cm^2)*	*dF (N)*	*$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)*
0,00	11,34	0,00	0,00	4,22	12,01	196,00	163,24
0,20	11,37	5,12	4,50	4,37	12,03	201,00	167,06
0,48	11,41	19,00	16,65	4,53	12,06	206,00	170,82
0,68	11,44	28,00	24,47	4,71	12,09	211,00	174,53
0,86	11,47	42,00	36,62	4,90	12,12	216,00	178,19
1,04	11,50	56,00	48,71	5,07	12,15	219,00	180,23
1,20	11,52	69,00	59,89	5,27	12,19	222,00	182,19
1,40	11,55	75,00	64,92	5,43	12,21	225,00	184,22
1,54	11,57	88,00	76,03	5,63	12,25	228,00	186,17
1,71	11,60	99,00	85,34	5,81	12,28	231,00	188,12
1,93	11,64	112,00	96,26	5,96	12,31	234,00	190,16
2,08	11,66	126,00	108,08	6,12	12,33	237,00	192,16
2,28	11,69	133,00	113,77	6,31	12,37	240,00	194,07
2,43	11,71	139,00	118,66	6,51	12,40	242,00	195,12
2,63	11,75	145,00	123,44	6,71	12,44	244,00	196,18
2,77	11,77	151,00	128,31	6,87	12,47	246,00	197,32
2,96	11,80	157,00	133,06	7,02	12,49	248,00	198,51
3,13	11,83	163,00	137,81	7,21	12,53	250,00	199,55
3,34	11,86	169,00	142,49	7,41	12,57	247,00	196,56
3,48	11,88	175,00	147,26	7,56	12,59	244,00	193,76
3,66	11,91	181,00	151,92	7,78	12,63	241,00	190,77
3,84	11,94	186,00	155,73	7,90	12,66	238,00	188,06
4,01	11,97	191,00	159,53	8,10	12,69	235,00	185,15

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**Briglia Muratori S2 CI2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE CALABRIA
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)
8,25	12,72	232,00	182,37	9,87	13,03	187,00	143,48
8,46	12,76	227,00	177,89	10,03	13,06	185,00	141,60
8,63	12,79	222,00	173,53	10,22	13,10	183,00	139,67
8,79	12,82	217,00	169,23	10,39	13,14	181,00	137,79
8,97	12,86	212,00	164,88	10,59	13,18	179,00	135,86
9,13	12,89	207,00	160,60	10,74	13,21	177,00	134,03
9,32	12,92	202,00	156,29	10,91	13,24	175,00	132,16
9,53	12,97	197,00	151,94	11,09	13,28	173,00	130,30
9,70	13,00	192,00	147,71	11,22	13,30	171,00	128,53

provino 2 *pressione di confinamento:* 300 kPa

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)
0,00	11,34	0,00	0,00	5,79	12,28	326,00	265,57
0,20	11,37	21,00	18,47	5,98	12,31	315,00	255,92
0,47	11,41	45,00	39,44	6,13	12,33	304,00	246,46
0,66	11,44	69,00	60,32	6,30	12,37	293,00	236,95
0,83	11,47	96,00	83,73	6,48	12,40	282,00	227,47
1,01	11,49	126,00	109,63	6,67	12,43	271,00	218,00
1,19	11,52	154,00	133,68	6,87	12,47	260,00	208,56
1,37	11,55	178,00	154,13	7,02	12,49	249,00	199,29
1,55	11,58	198,00	171,05	7,20	12,53	244,00	194,79
1,75	11,61	223,00	192,13	7,37	12,56	239,00	190,32
1,92	11,63	245,00	210,60	7,57	12,59	234,00	185,81
2,06	11,66	254,00	217,92	7,76	12,63	229,00	181,32
2,27	11,69	263,00	224,98	7,94	12,66	224,00	176,90
2,42	11,71	272,00	232,21	8,07	12,69	219,00	172,60
2,59	11,74	281,00	239,34	8,28	12,73	214,00	168,14
2,81	11,77	290,00	246,28	8,43	12,76	212,00	166,20
2,98	11,80	299,00	253,32	8,60	12,79	210,00	164,22
3,14	11,83	308,00	260,37	8,79	12,82	208,00	162,21
3,33	11,86	317,00	267,28	8,95	12,85	206,00	160,26
3,48	11,88	325,00	273,46	9,14	12,89	204,00	158,25
3,67	11,92	333,00	279,48	9,31	12,92	202,00	156,30
3,84	11,94	341,00	285,52	9,51	12,96	200,00	154,29
4,05	11,98	349,00	291,37	9,69	13,00	198,00	152,33
4,22	12,01	357,00	297,35	9,87	13,03	196,00	150,39
4,39	12,04	360,00	299,11	10,08	13,07	195,00	149,16
4,54	12,06	362,00	300,16	10,23	13,10	194,00	148,05
4,71	12,09	364,00	301,10	10,40	13,14	193,00	146,91
4,88	12,12	363,00	299,54	10,56	13,17	192,00	145,78
5,10	12,16	362,00	297,79	10,75	13,21	191,00	144,61
5,28	12,19	353,00	289,66	10,94	13,25	190,00	143,43
5,45	12,22	344,00	281,61	11,08	13,28	189,00	142,37
5,61	12,24	335,00	273,62	11,23	13,31	188,00	141,29

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

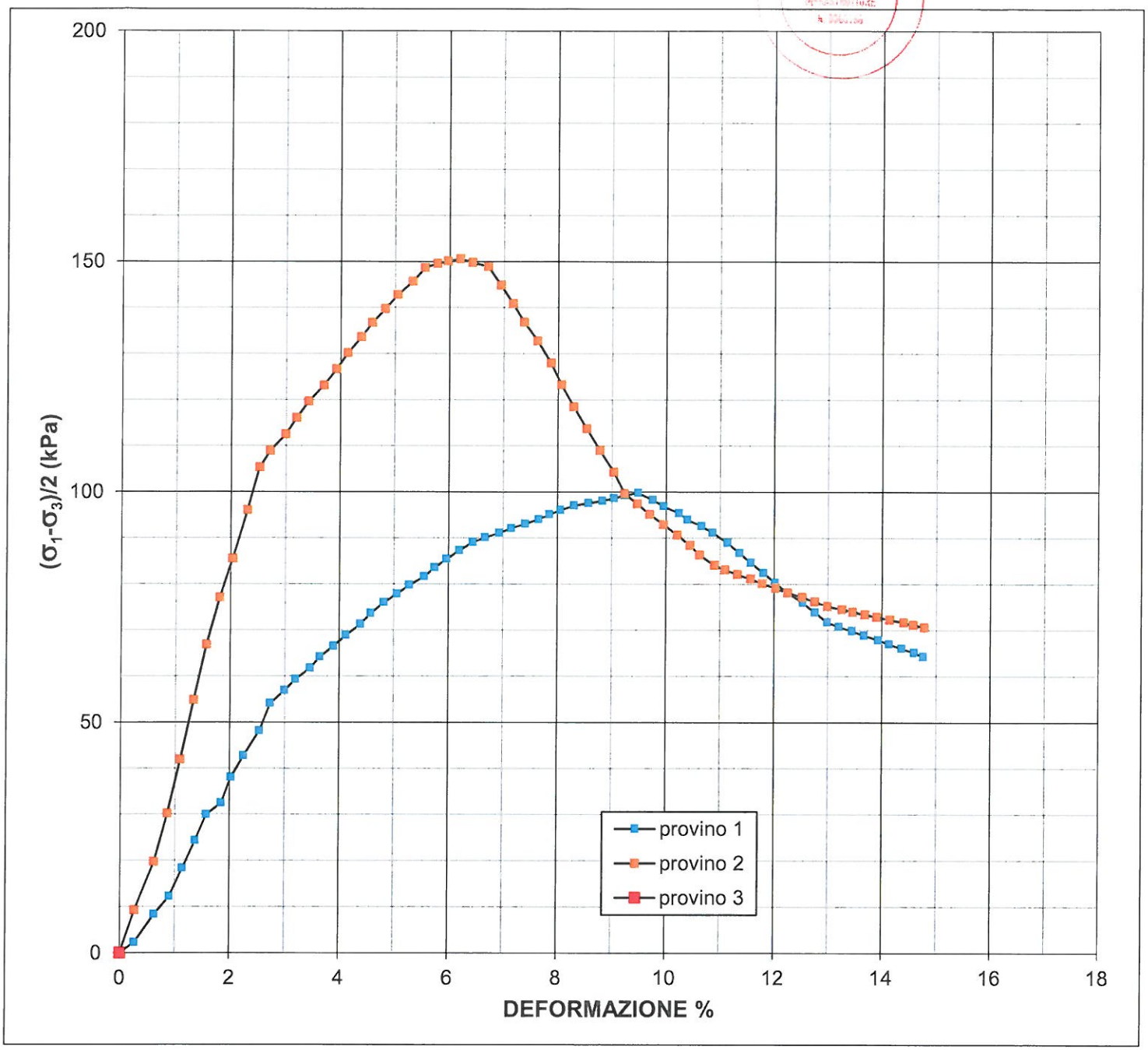
REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1_emilro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

provino 3 *pressione di confinamento:* 500 kPa

dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)	dH (mm)	A_c (cm^2)	dF (N)	$\sigma_1 - \sigma_3$ (kPa)

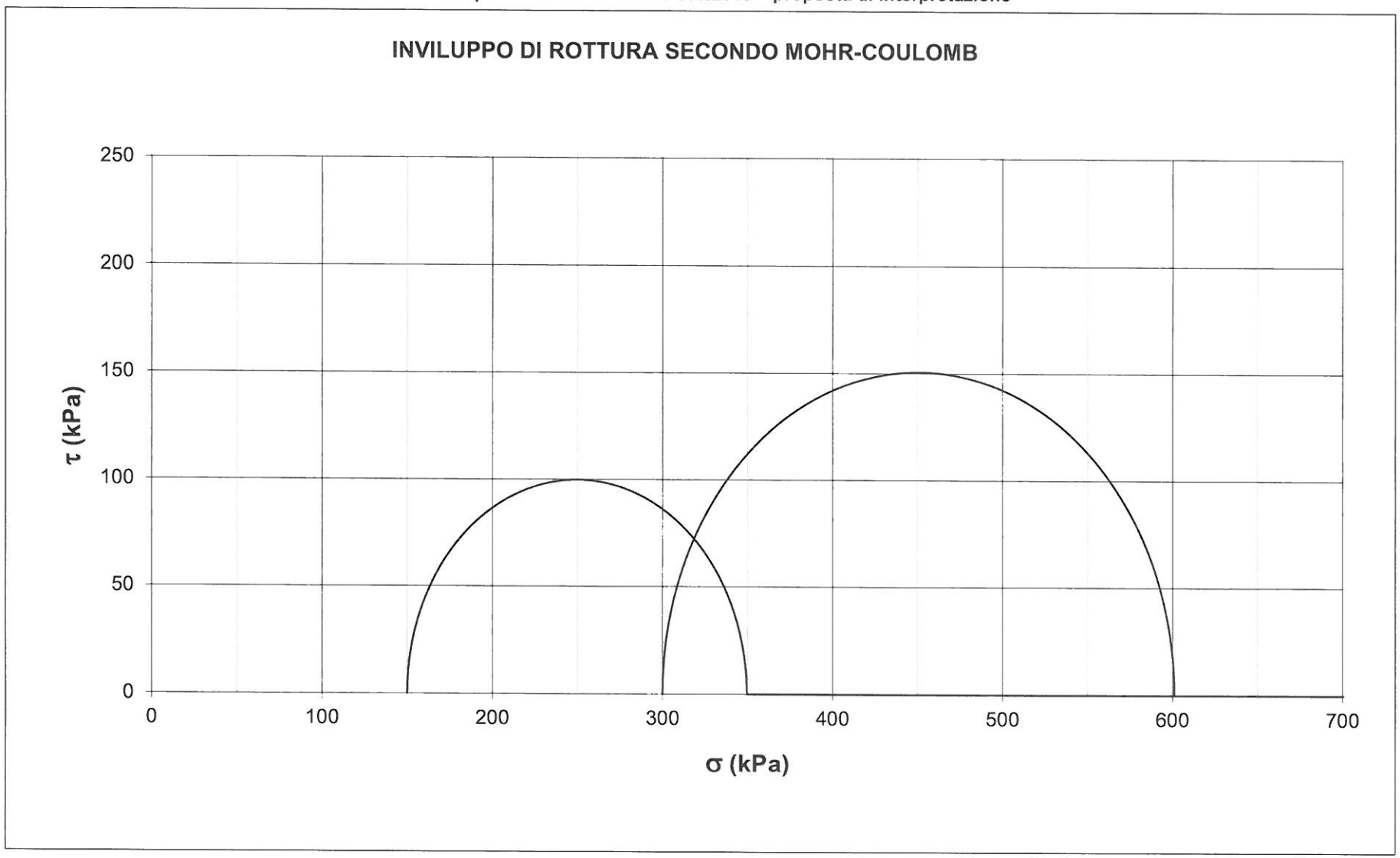
commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 Cl2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (1_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	Briglia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23



parametri ricavati - proposta di interpretazione

provino	1	2	3
σ (kPa)	249,8	450,5	500,0
τ (kPa)	99,8	150,5	0,0
E_0 (Mpa)	2,6	5,1	0,0
E_{50} (Mpa)	2,6	5,4	0,0

c_u (kPa) = 125 (media dei punti di rottura)

ϕ_u (°) = 0

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

CGG s.r.l.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

COMMITTENTE: SUBSOIL
LOCALITÀ:
CANTIERE: Briglia Muratori
Data di accettazione: 31/01/2019
Data esecuzione prove: 26-28/02/2019

SONDAGGIO: S2
CAMPIONE: CI2
PROFONDITÀ (m): 13.00-13.50
Tipo Campione: Indisturbati -

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CONSOLIDATO DRENATO (ASTM D3080-04)

CARATTERISTICHE DEI PROVINI

	sezione (cm^2)	*altezza iniziale* (cm)	*massa iniziale* (g)	*umidità iniziale* (%)	*altezza finale* (cm)	*umidità finale* (%)
provino 1	36,00	2,00	153,09	15,41	1,90	19,17
provino 2	36,00	2,00	144,40	16,59	1,90	20,03
provino 3	36,00	2,00	150,51	17,09	1,82	19,91

DATI DI PROVA: FASE DI ROTTURA

provino 1

carico verticale applicato: 150 kPa
velocità di deformazione: 1,32E-01 µm/s

nota: gli sforzi di taglio sono calcolati tenendo conto della riduzione di area dei provini.

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,350	-0,180	330	93,8
0,090	-0,028	3	0,8	1,430	-0,184	342	97,3
0,140	-0,034	5	0,8	1,510	-0,188	350	99,7
0,190	-0,038	7	1,4	1,580	-0,191	358	102,1
0,210	-0,047	8	2,0	1,660	-0,195	367	104,8
0,270	-0,059	10	2,2	1,740	-0,199	375	107,3
0,300	-0,072	12	2,8	1,820	-0,203	383	109,7
0,320	-0,082	22	3,4	1,900	-0,206	395	113,3
0,350	-0,093	27	6,1	1,980	-0,206	403	115,8
0,380	-0,102	34	7,5	2,060	-0,210	411	118,2
0,430	-0,109	60	9,5	2,140	-0,214	418	120,4
0,500	-0,118	100	16,8	2,220	-0,218	424	122,3
0,570	-0,125	134	28,0	2,300	-0,221	429	123,9
0,650	-0,132	166	37,6	2,380	-0,225	436	126,1
0,720	-0,138	193	46,6	2,460	-0,227	441	127,7
0,800	-0,144	218	54,3	2,540	-0,232	450	130,5
0,880	-0,150	241	61,4	2,620	-0,234	455	132,2
0,950	-0,157	260	67,9	2,710	-0,238	460	133,8
1,030	-0,162	278	73,4	2,790	-0,240	463	134,9
1,110	-0,166	292	78,6	2,870	-0,243	468	136,5
1,190	-0,171	307	82,6	2,950	-0,247	472	137,9
1,270	-0,176	320	87,0	3,040	-0,249	476	139,3
1,350	-0,180	330	90,8	3,120	-0,252	482	141,2

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**glia Muratori S2 CI2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

C.G.G.

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,200	-0,255	485	142,3	4,610	-0,291	500	150,4
3,280	-0,257	488	143,4	4,700	-0,295	500	150,7
3,370	-0,260	491	144,5	4,780	-0,296	500	150,9
3,450	-0,263	492	145,0	4,870	-0,298	499	150,9
3,530	-0,264	494	145,8	4,950	-0,299	498	150,8
3,610	-0,267	494	146,0	5,030	-0,302	496	150,4
3,700	-0,269	493	145,9	5,110	-0,303	494	150,0
3,780	-0,270	494	146,4	5,200	-0,304	494	150,2
3,860	-0,275	493	146,4	5,280	-0,307	491	149,5
3,950	-0,277	493	146,6	5,360	-0,308	490	149,5
4,030	-0,280	494	147,1	5,440	-0,310	489	149,4
4,110	-0,283	495	147,6	5,530	-0,312	488	149,3
4,200	-0,283	499	149,0	5,610	-0,314	486	148,9
4,280	-0,286	499	149,3	5,690	-0,314	486	149,1
4,360	-0,287	500	149,8	5,770	-0,315	484	148,7
4,450	-0,288	500	150,0	5,860	-0,317	484	149,0
4,530	-0,291	500	150,2	5,940	-0,316	483	148,9

provino 2

carico verticale applicato: 300 kPa
velocità di deformazione: 1,13E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,502	-0,320	588	167,5
0,017	-0,050	2	0,6	1,570	-0,330	606	172,9
0,068	-0,060	13	3,6	1,639	-0,350	623	177,9
0,108	-0,060	25	7,0	1,706	-0,360	640	183,0
0,211	-0,070	37	10,3	1,775	-0,370	656	187,8
0,289	-0,070	62	17,3	1,844	-0,380	672	192,6
0,347	-0,070	106	29,6	1,910	-0,390	679	194,8
0,408	-0,080	148	41,4	1,978	-0,400	701	201,4
0,472	-0,080	180	50,4	2,044	-0,410	705	202,7
0,533	-0,080	209	58,6	2,113	-0,410	707	203,6
0,596	-0,080	238	66,8	2,180	-0,420	707	203,8
0,657	-0,090	268	75,3	2,248	-0,430	709	204,6
0,718	-0,110	301	84,6	2,318	-0,440	711	205,4
0,779	-0,130	331	93,2	2,387	-0,440	713	206,3
0,842	-0,150	360	101,4	2,456	-0,450	715	207,1
0,905	-0,170	389	109,7	2,525	-0,460	719	208,5
0,971	-0,190	416	117,5	2,595	-0,460	713	207,0
1,035	-0,210	439	124,1	2,665	-0,470	711	206,7
1,100	-0,220	463	131,0	2,736	-0,480	710	206,6
1,165	-0,240	486	137,7	2,807	-0,480	709	206,6
1,233	-0,260	508	144,1	2,881	-0,490	707	206,3
1,299	-0,280	530	150,5	2,955	-0,490	705	206,0
1,366	-0,290	551	156,6	3,031	-0,500	705	206,3
1,433	-0,310	569	161,9	3,107	-0,500	703	205,9

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**glia Muratori S2 Cl2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,183	-0,510	698	204,8	4,429	-0,550	679,0	203,6
3,260	-0,510	695	204,1	4,509	-0,550	677,0	203,3
3,336	-0,520	693	203,8	4,586	-0,550	675,0	203,0
3,413	-0,520	691	203,5	4,662	-0,550	674,0	203,0
3,492	-0,520	691	203,8	4,740	-0,550	673,0	203,0
3,570	-0,530	687	202,9	4,819	-0,550	672,0	203,0
3,645	-0,530	685	202,6	4,898	-0,550	671,0	203,0
3,723	-0,530	685	202,9	4,977	-0,550	671,0	203,2
3,802	-0,540	685	203,2	5,056	-0,550	670,0	203,2
3,881	-0,540	683	202,8	5,099	-0,550	670,0	203,4
3,959	-0,540	683	203,1	5,102	-0,550	668,0	202,8
4,037	-0,540	683	203,4	5,104	-0,550	668,0	202,8
4,116	-0,550	681	203,1	5,105	-0,550	665,0	201,9
4,195	-0,550	681	203,4	5,106	-0,550	664,0	201,6
4,273	-0,550	680	203,4	5,107	-0,550	663,0	201,3
4,350	-0,550	679	203,4	5,111	-0,550	661,0	200,7

provino 3

carico verticale applicato: 500 kPa
velocità di deformazione: 1,28E-01 µm/s

dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
0,000	0,000			1,680	-0,600	683	195,2
0,010	-0,320	18	5,0	1,770	-0,610	697	199,5
0,040	-0,340	56	15,6	1,840	-0,620	703	201,5
0,070	-0,340	93	25,9	1,920	-0,630	721	206,9
0,120	-0,350	102	28,4	1,990	-0,640	731	210,0
0,170	-0,360	135	37,6	2,070	-0,650	739	212,6
0,230	-0,370	135	37,6	2,150	-0,660	744	214,3
0,300	-0,380	201	56,1	2,230	-0,670	752	217,0
0,370	-0,390	243	67,9	2,310	-0,680	756	218,4
0,450	-0,400	282	78,9	2,390	-0,680	759	219,6
0,520	-0,410	321	89,9	2,470	-0,690	768	222,5
0,600	-0,420	358	100,4	2,550	-0,700	773	224,3
0,670	-0,440	394	110,7	2,640	-0,710	778	226,1
0,750	-0,450	424	119,3	2,720	-0,720	782	227,5
0,830	-0,470	454	127,9	2,800	-0,720	786	229,0
0,910	-0,480	480	135,4	2,880	-0,730	788	229,9
0,980	-0,490	505	142,6	2,960	-0,740	791	231,1
1,060	-0,500	529	149,6	3,050	-0,750	794	232,4
1,140	-0,520	549	155,5	3,130	-0,760	798	233,9
1,220	-0,530	578	163,9	3,210	-0,760	800	234,8
1,300	-0,540	599	170,1	3,290	-0,770	802	235,7
1,380	-0,550	618	175,7	3,380	-0,780	805	237,0
1,450	-0,570	640	182,2	3,460	-0,780	808	238,2
1,530	-0,580	654	186,4	3,540	-0,790	810	239,1
1,610	-0,590	665	189,8	3,620	-0,800	813	240,3

commessa:	**settore:**	**id. campione:**	**lo sperimentatore:**	**il direttore del Laboratorio:**
005/19	**04**	**glia Muratori S2 CI2**	**Dott. Massimo Maugeri**	**Dott. Massimiliano Galli**

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

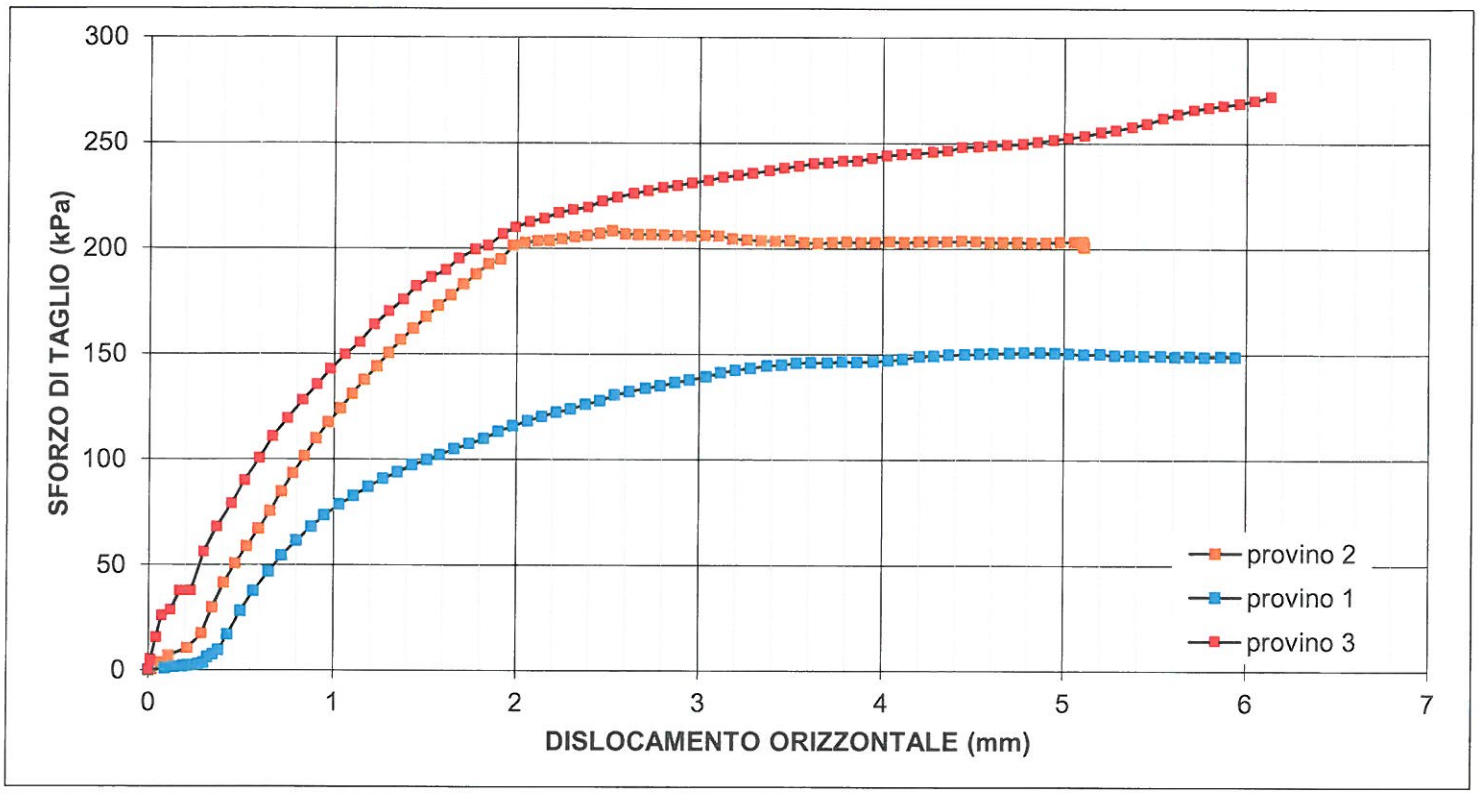
Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

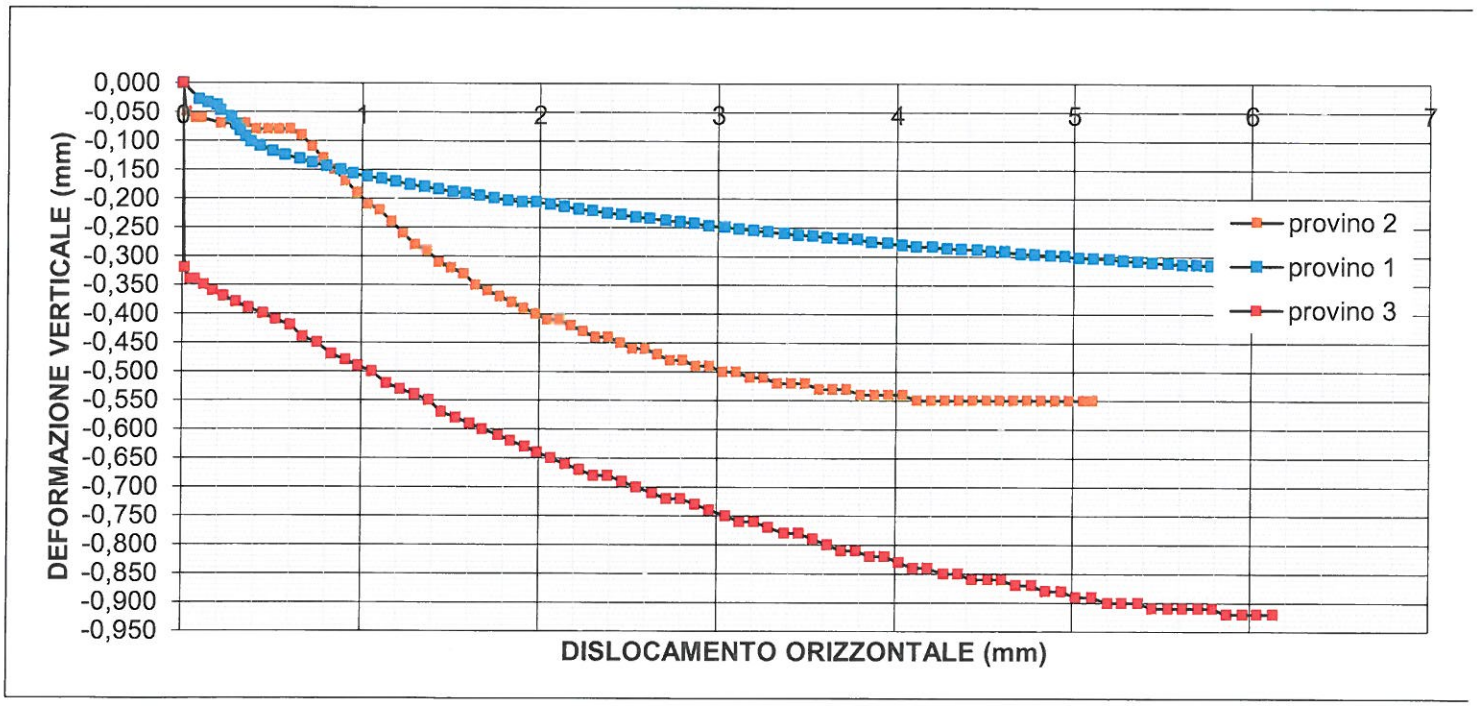
dislocamento orizzontale (mm)	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*	*dislocamento orizzontale (mm)*	*deformazione verticale (mm)*	*forza tangenziale (N)*	*sforzo di taglio (kPa)*
3,700	-0,810	813	240,7	4,940	-0,880	831	251,5
3,780	-0,810	815	241,6	5,020	-0,890	833	252,5
3,860	-0,820	814	241,7	5,110	-0,890	835	253,5
3,940	-0,820	817	242,9	5,200	-0,900	839	255,2
4,020	-0,830	820	244,1	5,280	-0,900	841	256,2
4,100	-0,840	821	244,8	5,370	-0,900	845	257,8
4,180	-0,840	821	245,1	5,450	-0,910	849	259,4
4,270	-0,850	822	245,8	5,540	-0,910	856	262,0
4,350	-0,850	823	246,5	5,620	-0,910	861	263,9
4,430	-0,860	827	248,0	5,710	-0,910	866	265,9
4,520	-0,860	827	248,4	5,790	-0,910	868	266,9
4,600	-0,860	827	248,8	5,870	-0,920	870	267,9
4,680	-0,870	827	249,2	5,960	-0,920	872	268,9
4,770	-0,870	827	249,6	6,040	-0,920	875	270,3
4,850	-0,880	829	250,5	6,130	-0,920	880	272,3

commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	glia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

Sede legale e laboratorio materiali: via Grazia Cherchi 15/17 Loc. Montale - 29122 Piacenza
Tel 0523/648231 -Fax 0523/574091

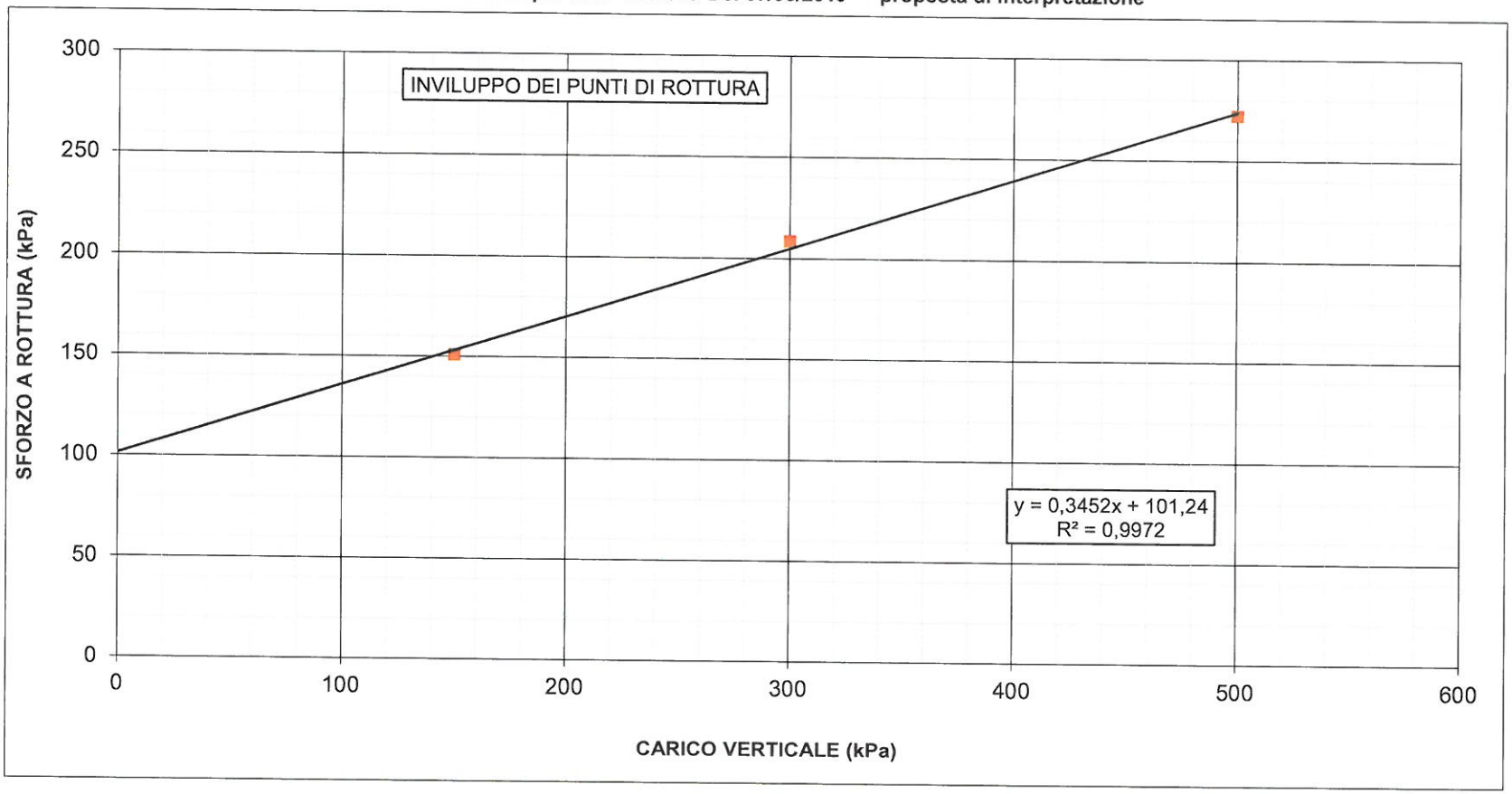




commessa:	settore:	id. campione:	lo sperimentatore:	il direttore del Laboratorio:
005/19	04	glia Muratori S2 CI2	Dott. Massimo Maugeri	Dott. Massimiliano Galli

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23

certificato di prova n° 0173/19 Del 07/03/2019 - proposta di interpretazione



CANTIERE: Briglia Muratori

SONDAGGIO: S2

CAMPIONE: CI2

provino	1	2	3
carico verticale (kPa)	150	300	500
sforzo di taglio (kPa)	150,9	208,5	272,3

c' (kPa) = 101,2

ϕ' (° sessadecimali) = 19,0

REGIONE EMILIA-ROMAGNA (r_emiro)
Protezione Civile (AOO_PC)
allegato al PC/2019/0020233 del 15/04/2019 15:34:23