



Tipo Documento: RELAZIONE TECNICA

Codice documento: CSP-RTC-200002-IMAG

Rev. 01

Pagina 1 di 72

**IMPIANTO DI CASSANO D'ADDA  
IMPIANTO DI PRODUZIONE CON MOTORI A GAS  
RELAZIONE GEOLOGICA**

**APPLICA**

A2A/DGE/BGT/GEN/ING

**LISTA DI DISTRIBUZIONE**

A2A/DGE/BGT/GEN/ING

AEF/AMD/ICA

TIMBRO E FIRMA



**LOGO E CODIFICA DEL FORNITORE**



Geodrill Srl – Dott. Geol. Marco Belloli  
Via F.lli bandiera, 2 – 24048 Treviolo (BG)  
tel/fax 0356221296  
E-mail [info@geodrill.it](mailto:info@geodrill.it)

EMISSIONE					
01	01/10/2019	Emissione per istanza autorizzativa	Dott. Geol. Belloli Marco	Dott. Paolo Tagliaferri	Dott. Geol. Belloli Marco
00	03/09/2019	Emissione per approvazione	Dott. Geol. Belloli Marco	Dott. Paolo Tagliaferri	Dott. Geol. Belloli Marco
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

- Il documento approvato e firmato in originale è depositato presso l'archivio tecnico della S.O.-

Questo documento è proprietà del Gruppo A2A: non può essere utilizzato, trasmesso a terzi o riprodotto senza autorizzazione della stessa. Il Gruppo A2A tutela i propri diritti a norma di legge

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....</b>	<b>3</b>
2.1	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA .....	3
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CONFRONTO CON ALTRA CARTOGRAFIA DI INTERESSE GEOLOGICO DEL PGT COMUNALE .....</b>	<b>11</b>
4.1	GEOTECNICA .....	11
4.2	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....	13
4.3	VINCOLI .....	15
4.4	SINTESI .....	18
4.5	FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO.....	20
<b>5</b>	<b>CONFRONTO CON LA CARTOGRAFIA DEL PIANO DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DI INTERESSE GEOLOGICO .....</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>CONFRONTO E VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA DEL PGRA .....</b>	<b>23</b>
<b>7</b>	<b>ATTREZZATURA UTILIZZATA E METODOLOGIA DELL'INDAGINE IN SITO SIA ATTUALE CHE PREGRESSA .....</b>	<b>24</b>
7.1	MODALITÀ DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DI TIPO SCPT .....	24
7.2	MODALITÀ DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI.....	24
7.2.1	METODOLOGICA GENERALE ESECUTIVA DEI SONDAGGI.....	24
7.2.2	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO .....	25
7.2.3	MODALITÀ DI STESURA DELLE STRATIGRAFIE.....	25
7.3	MODALITÀ DELLA PROSPEZIONE GEORADAR.....	26
7.3.1	INDAGINE ESEGUITA .....	27
7.4	MODALITÀ DELLA PROSPEZIONE GEOSISMICA CON METODO MASW .....	28
7.4.1	PREMESSA.....	28
7.4.2	RISULTATI.....	30
7.5	MODALITÀ DELLA PROSPEZIONE GEOSISMICA CON METODO HVSR.....	34
7.5.1	STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO E DELLA VULNERABILITÀ SISMICA CON VELOCIMETRO TRIASSIALE. Tecnica di misurazione e strumentazione.....	34
7.5.2	Effetti di sito .....	35
Risposta sismica locale.....	35	
Liquefazione dei terreni.....	35	
7.5.3	PROFILO VELOCITÀ DELLE ONDE S E CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO SECONDO IL D.M. 17.01.2018.....	37
7.5.4	VULNERABILITÀ SISMICA DELL'OPERA .....	38
7.5.5	RISULTATI DELL'ANALISI.....	38
7.5.6	RISULTATI DELL'ANALISI.....	43
7.5.7	RISULTATI DELL'ANALISI.....	49
<b>8</b>	<b>VERIFICA SISMICA DI TERZO LIVELLO .....</b>	<b>55</b>
8.1	PREMESSA.....	55
8.2	VALUTAZIONE DELLA AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA .....	55
8.2.1	MOTO SISMICO DI RIFERIMENTO .....	56
8.2.2	FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DEL MOTO SISMICO NEL TERRENO DI COPERTURA. ....	60
8.2.3	SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI IN SUPERFICIE .....	63
<b>9</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO.....</b>	<b>67</b>
<b>10</b>	<b>VERIFICA DI LIQUEFACIBILITÀ.....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....</b>	<b>72</b>

## 1 PREMESSA

L'area in esame si colloca in comune di Cassano D'Adda presso la centrale di A2A.

L'ubicazione dell'area viene presentata in Tavola n° 1.

Nell'area in oggetto, in base all'incarico ricevuto è stata esperita la seguente indagine geognostica:

- Prospezione geofisica preliminare con metodologia GEORADAR per eventuale rilevazione di sottoservizi presenti;
- N° 1 indagine geofisica costituita da una n°3 prospezioni H.V.S.R. con strumentazione SARA Geometrics.
- N° 1 sondaggio geognostico spinto a profondità di 30 metri con prove SPT in foro ogni 2 metri, con prelievo di campioni di terreno indisturbati in corrispondenza degli orizzonti significativi e posa di piezometro per verifica profondità della falda;
- Analisi di laboratorio fisiche sui n°6 campioni prelevati consistite in: granulometria ed aerometria.
- Vengono inoltre acquisite altre indagini eseguite dallo scrivente nell' area nel gennaio 1998 e nell'ottobre 2018, di cui si allega documentazione.

## 2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

### 2.1 GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

L'area in oggetto risulta ubicata all'interno della centrale termoelettrica di A2A gencogas nella porzione Sudovest del territorio comunale di Cassano d'Adda. Essa si colloca ad una quota di circa 123 m s.l.m. non molto distante da una scarpata naturale, che all'interno della Centrale è stata totalmente artificializzata in quanto sostituita con un muro. In adiacenza al confine E-SE dell'area si colloca un'importante asta del reticolo idrico minore a circa 60m, il canale Muzza evidenziato nelle cartografie riportate a seguire; il Fiume Adda scorre invece ad una distanza minima di circa 225 m ad Est.

Dal punto di vista geologico il territorio in esame risulta costituito da formazioni geologiche continentali pleistoceniche ed oloceniche.

La distribuzione areale delle diverse unità geologiche presenti nell'ambito dell'area di indagine è illustrata nella Figura n° 1 in pagina seguente, tratta dalla Carta Geologica d'Italia a scala 1: 100.000, Foglio Treviglio.

Di seguito viene riportata la descrizione delle unità litologiche affioranti nell'area di studio e nelle zone limitrofe, in ordine cronologico dall'unità più recente alla più antica possiamo osservare:

**FG<sup>wr</sup>**: Alluvioni fluvioglaciali sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondenti al livello fondamentale della pianura. (Pleistocene).

Il limite tra la presente unità geologica e le precedenti è spesso ben definito da una netta scarpata morfologica. L'area in esame ricade interamente in questa unità.

**A<sup>2</sup>**: Alluvioni ghiaioso – sabbioso - limose degli alvei abbandonati ed attivi. (Olocene).

**A<sup>1</sup>**: Alluvioni sabbiose e ghiaiose, poligeniche, costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostanti al livello fondamentale della pianura, con strato di alterazione superficiale mancante o molto ridotto. (Olocene).

Figura n° 1 : Carta Geologica d'Italia



stralcio da: CARTA GEOLOGICA D'ITALIA scala 1:25000 - FOGLIO TREVIGLIO


● Area in esame: Cassano d'Adda (MI), Centrale elettrica A2A

**LEGENDA:**

**a2:** Alluvioni ghiaioso-sabbioso-limose degli alvei abbandonati ed attivi

**a1:** Alluvioni sabbioso e ghiaiose, poligeniche, costituenti il sistema di terrazzi immediatamente sottostanti al livello fondamentale della pianura, con strato di alterazione superficiale mancante o molto ridotto

**fgwr:** Alluvioni fluvio-glaciali sabbiose e ghiaiose, per lo più non alterate, corrispondenti al livello fondamentale della pianura

 : Orlo di terrazzo morfologico




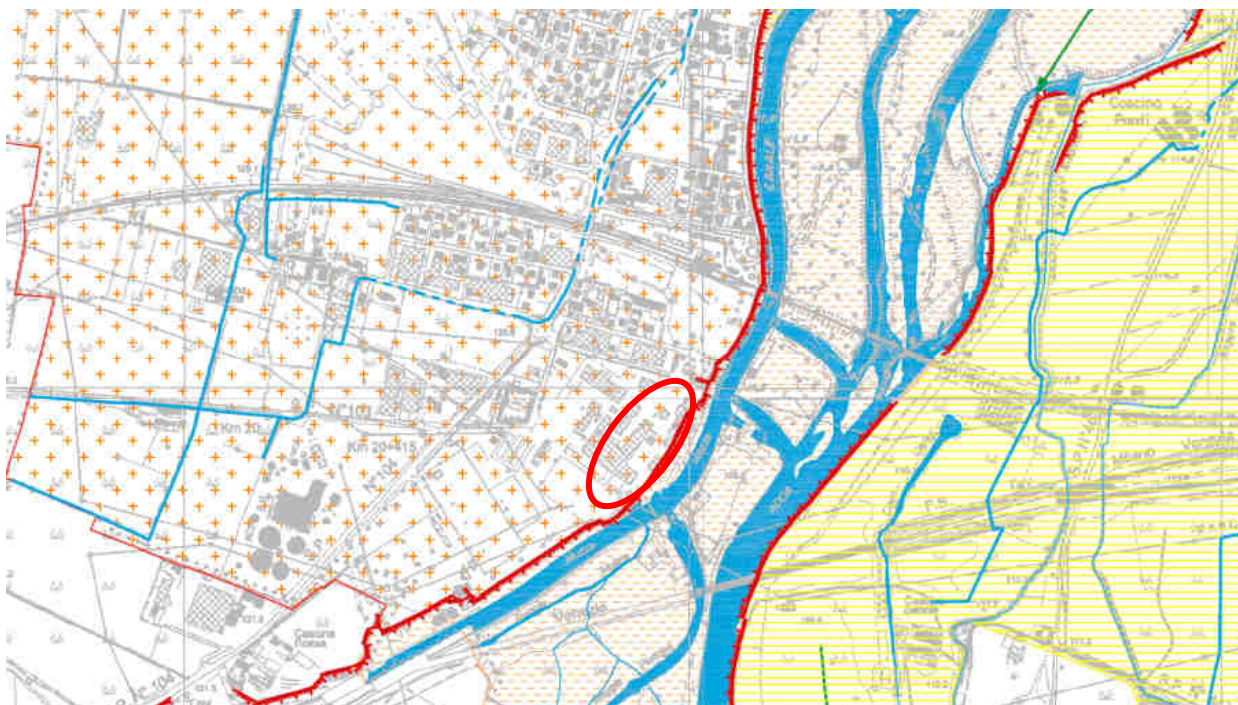
Per una cartografia di dettaglio si consulta la Componente Geologica del Piano di Governo del Territorio comunale. Nel caso di Cassano d'Adda essa è stata redatta nella sua versione più aggiornata nel 2019 ad opera dello *Studio Idrogeotecnico Associato*, a firma dei Dott.i Ghezzi, Breviglieri e Sguera.

Di seguito si riporta stralcio della Carta Geologica e Geomorfologica nell'intorno di interesse. L'affiorante (unità di Cantù) viene così descritto in legenda: "depositi fluvioglaciali di alterazione superficiale poco evoluto (da 0 a 1.5 m), colore della matrice giallastro e giallo-brunastro, Wurm A.A." corrispondenti litologicamente a "ghiaie a supporto di matrice tendenti a sabbie limose, con strutture di trasporto da correnti trattive (stratificazione/gradazione)". A livello geomorfologico non vengono segnalati processi o forme che influenzino l'area in oggetto; la legenda riporta alcune indicazioni di contesto ("piana fluvioglaciale delimitata ad E dalla valle dell'Adda e sopraelevata rispetto di un dislivello decrescente da N a S compreso tra 25 e 12 m"; si segnala la presenza di "deboli ondulazioni riferibili a paleoalvei").

Si segnala, al margine Est-Sudest ll'area in esame, la presenza di una scarpata, presumibilmente antropizzata, che degrada verso il fiume Adda.

**Figura 2: PGT - Carta Geologica e Geomorfologica**

 **area in esame**



UNITA' GEOLOGICHE		CARATTERI GEOMORFOLOGICI	CARATTERI LITOLOGICI
<b>UNITÀ POSTGLACIALE</b> (Pleistocene superiore - Olocene)  Depositi fluviali e di esondazione, privi di alterazione superficiale, con suoli assenti o poco sviluppati (inferiori al metro. Colore della matrice 10YR* (giallo-brunastro)		Alveo attivo del F. Adda e zone di pertinenza fluviale (aree golenali) potenzialmente inondabili	Ghiale da medio-grossolano a medio fini, a supporto clastico e/o di matrice sabbiosa, sabbie da fini a grossolane in matrice limosa (depositi fluviali); limi localmente sabbiosi, con clasti sparsi (depositi di esondazione). Strutture da trasporto in massa e ad opera di correnti trattive.
		Area del terrazzo alluvionale intermedio con debole dislivello rispetto all'alveo attivo, potenzialmente inondabile	
		Area del terrazzo alluvionale superiore, subplaneggiante o localmente ondulato, con livelli terrazzamenti secondari	
<b>UNITA' DI CANTU'</b> (Pleistocene superiore)  Depositi fluvio-glaciali con profilo di alterazione superficiale poco evoluto (da 0 a 1,5 m); colore della matrice 2.5/10YR* (giallastro e giallo-brunastro). Würm A,A.		Piana fluvio-glaciale delimitata ad est dalla valle del F. Adda e sopraelevata rispetto ad essa di un dislivello decrescente da N a S compreso tra 25 m e 12 m. Presenza di deboli ondulazioni riferibili a paleovalle.	Ghiale a supporto di matrice passanti a sabbie limose, con strutture da trasporto da correnti trattive (stratificazione/gradazione).
<b>CEPPO DELL'ADDA</b> (Pleistocene inferiore)  Depositi in facies fluviale, a meandri e braided, da mediamente a ben cementati		Pareti subverticali nell'ambito della scarpata del F. Adda in sponda destra. L'unità costituisce l'ossatura della forra.	Conglomerati grossolani con matrice arenacea e cemento carbonatico, a supporto clastico; cementazione variabile da media ad elevata

\* Le sigle dei colori si riferiscono alle Munsell Soil Color Charts



Depositi di versante a copertura delle unità geologiche, costituiti da ghiale massive a supporto di matrice limoso-sabbiosa o di clasti.

**ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**



Area di cava attiva



Orlo di terrazzo/scarpata



Orlo di terrazzo smussato



Asse di paleovalveo (fonte dati: Infrastruttura Informazione Territoriale - Regione Lombardia)

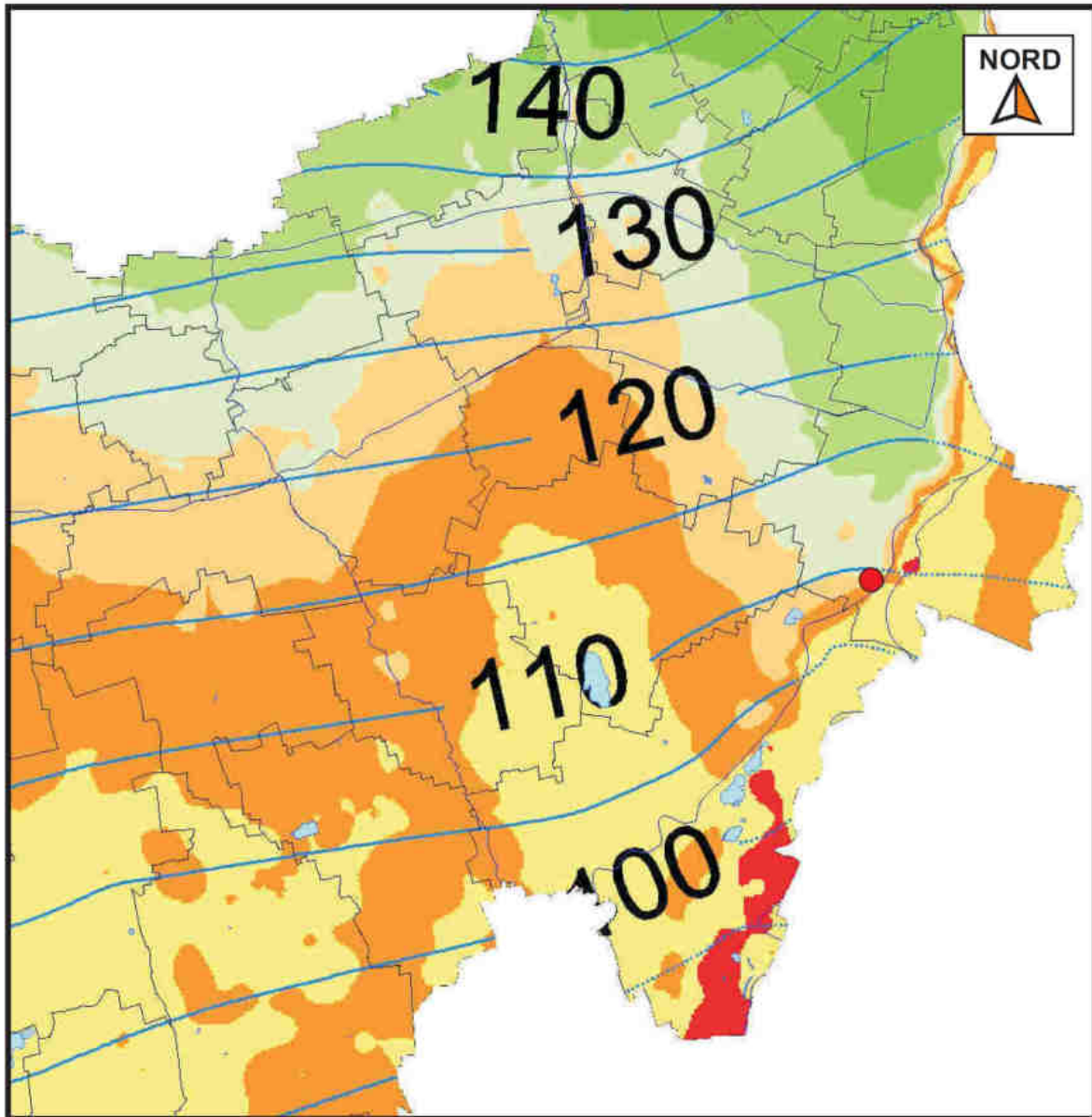


Reticolo idrografico

### 3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Per una definizione dell'assetto idrogeologico si è dapprima consultata la cartografia del Servizio Risorsse idriche della Provincia di Milano, dalla quale si ricava una piezometria di circa 108-110 metri s.l.m., corrispondente ad una soggiacenza di circa 13-15 metri dal piano campagna.

**Figura 3: Servizio risorse idriche, carta della profondità della falda**



stralcio da: Provincia di Milano - Servizio risorse idriche - Scala 1:30000

● Area in esame: Cassano d'Adda (MI) - Centrale termoelettrica A2A

**Legenda**

**Piezometria Settembre 2013**

- Isopiezia 5 m (m slm)
- ..... Isopiezia stimata 5 m (m slm)

**Idrografia**

- Specchi d'acqua - Laghi
- Corsi d'acqua principali

**Soggiacenza Settembre 2013**

- Area con falda subaffiorante
- 0 - 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 15 m
- 15 - 20 m
- 20 - 30 m
- 30 - 40 m
- > 40 m



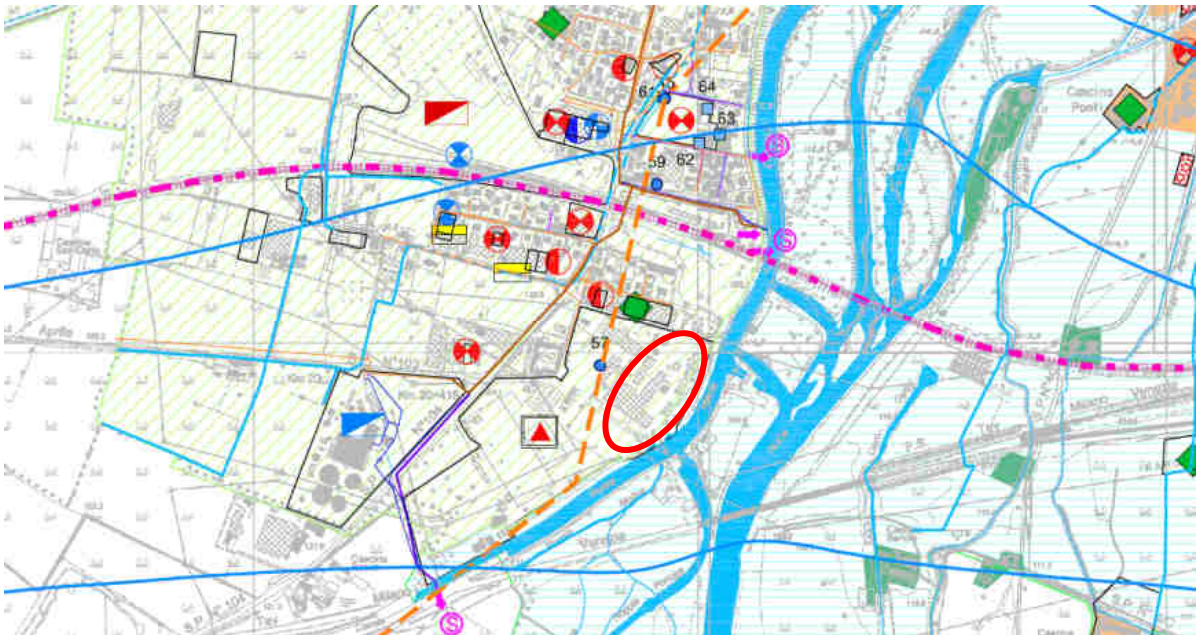
La Carta Idrogeologica del PGT definisce la piezometria: per l'area in oggetto essa è di circa 110.5-111 m. Considerata la quota, pari a circa 123 m s.l.m., si ricava una soggiacenza attorno ai 12-12.5 m dal p.c.

La stessa carta definisce anche la vulnerabilità dell'acquifero: La quasi totalità dell'area interessata si localizza in contesto caratterizzato da vulnerabilità intrinseca dell'acquifero elevata. La nuova sezione di generazione elettrica a motori si colloca in questo contesto. Trattasi di acquifero libero in materiale alluvionale con copertura poco spessa in corrispondenza di depositi fluviali.

Le opere di connessione alla stazione gas esistente, consistenti nell'installazione di 2 linee di trattamento dedicate - filtrazione, riduzione di pressione, misura – all'interno della stazione gas esistente, sfruttando le predisposizioni esistenti, si collocano in prossimità del margine Sudest dell'area, e ricadono invece in un'area caratterizzata da vulnerabilità intrinseca dell'acquifero estremamente elevata. Tale area è interessata da fenomeni di carsismo di diversa entità e da spessori di deposito colluviale di protezione altamente variabili.

Adiacente all'area di interesse è possibile fare riferimento alla sezione idrogeologica 1 di cui si riporta traccia in figura per il tratto riferito al comune di Cassano d'Adda, cui si può fare riferimento in particolar modo localmente per l'area di interesse alla stratigrafia ricavata dal pozzo privato n° 57 visibile nello stralcio.

**Figura 4: PGT - Carta idrogeologica**  **area in esame**











**VULNERABILITA' INTRINSECA DELL'ACQUIFERO**

GRADO DI VULNERABILITA'						CARATTERISTICHE DEGLI ACQUIFERI
EE	E	A	M	B	BB	
						Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale a cementazione e grado di carsismo variabile, protetto superficialmente da depositi colluviali di spessore discontinuo (Ceppo A.A.)
						Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale privo di copertura superficiale in corrispondenza di depositi fluviali (Unità Postglaciale). Soggiacenza inferiore a 5 m
						Acquifero di tipo libero in materiale alluvionale con copertura superficiale di esiguo spessore in corrispondenza di depositi fluviali (Unità di Cantù). Soggiacenza compresa tra 5 e 30 m





EE: estremamente elevata, E: elevata, A: alta, M: media, B: bassa, BB: bassissima



**RETE FOGNARIA (fonte dati: BranzAcque s.r.l.)**

-  Rete fognaria comunale bianca
-  Rete fognaria comunale mista
-  Rete fognaria comunale nera
-  Rete fognaria consortile
-  Allacciamenti
-  Punti di scarico
-  Tubazione di scarico dall'impianto di depurazione
-  Tubazione di scarico dall'impianto di depurazione (riceve solo gli scarichi di bypass a monte e in caso di eventi meteorici intensi)





**SITUAZIONE FOGNARIA AGGLOMERATI AD EST DEL FIUME ADDA (fonte dati: BranzAcque s.r.l. - 2006)**

-  Agglomerato già allacciato al collettore di COGEIDE
-  Agglomerato da allacciare al collettore di COGEIDE
-  Nucleo sparso <50 ab. eq.
-  Agglomerato per cui è prevista la demolizione




SIMBOLI	ATTIVITA'
	Autofabbriche, carrozzerie
	Falegnameria, trattamento legno, produzione mobili
	Carpenteria, torneria, metallurgia, officina meccanica
	Autotrasporti, spedizionieri, deposito automezzi
	Produzione e lavorazione materie plastiche
	Lavorazione carni, macelli, industria alimentare
	Azienda zootecnica
	Azienda agricola
	Industria elettronica
	Industria elettrotecnica - elettrica
	Produzione di cemento e calce gessol o di sostanze minerali
	Distributore di carburanti, autolavaggi - attivi
	Verniciature (carrozzerie e verniciature artigianali)
	Stampaggio materie plastiche
	Cimitero
	Ex impianto di depurazione dismesso
	Deposito ferroviario
	Produzione e trasformazione di energia elettrica
	Area oggetto di interventi di bonifica

**PREVENTORI E/O RIDUTTORI DELL'INQUINAMENTO**





Zone di rispetto dei pozzi ad uso potabile (D.G.R. 6/15137/96, D.G.R. 7/12693/2003, D.Lgs. 152/2006 individuate con criteri:

-  - geometrico (raggio=200 m)
-  - cronologico (t=60 g)
-  Piattaforma ecologica
-  Impianto di depurazione



**PRODUTTORI REALI E POTENZIALI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI**

-  Strade di intenso traffico
-  Tracciato ferroviario
-  Centro di pericolo potenziale e relativo numero d'ordine

**CARATTERI IDROGEOLOGICI**

-  Traccia sezioni idrogeologiche
-  Idrografia
-  Linee isopleometriche al settembre 2014 relative quota in m s.l.m. (Fonte dati: SIA Provincia di Milano)
-  Principali direzioni del flusso idrico sotterraneo

**PRINCIPALI SOGGETTI AD INQUINAMENTO**

-  Pozzi pubblici attivi
-  Pozzi privati

**POTENZIALI INGESTORI E VIACOLI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI**



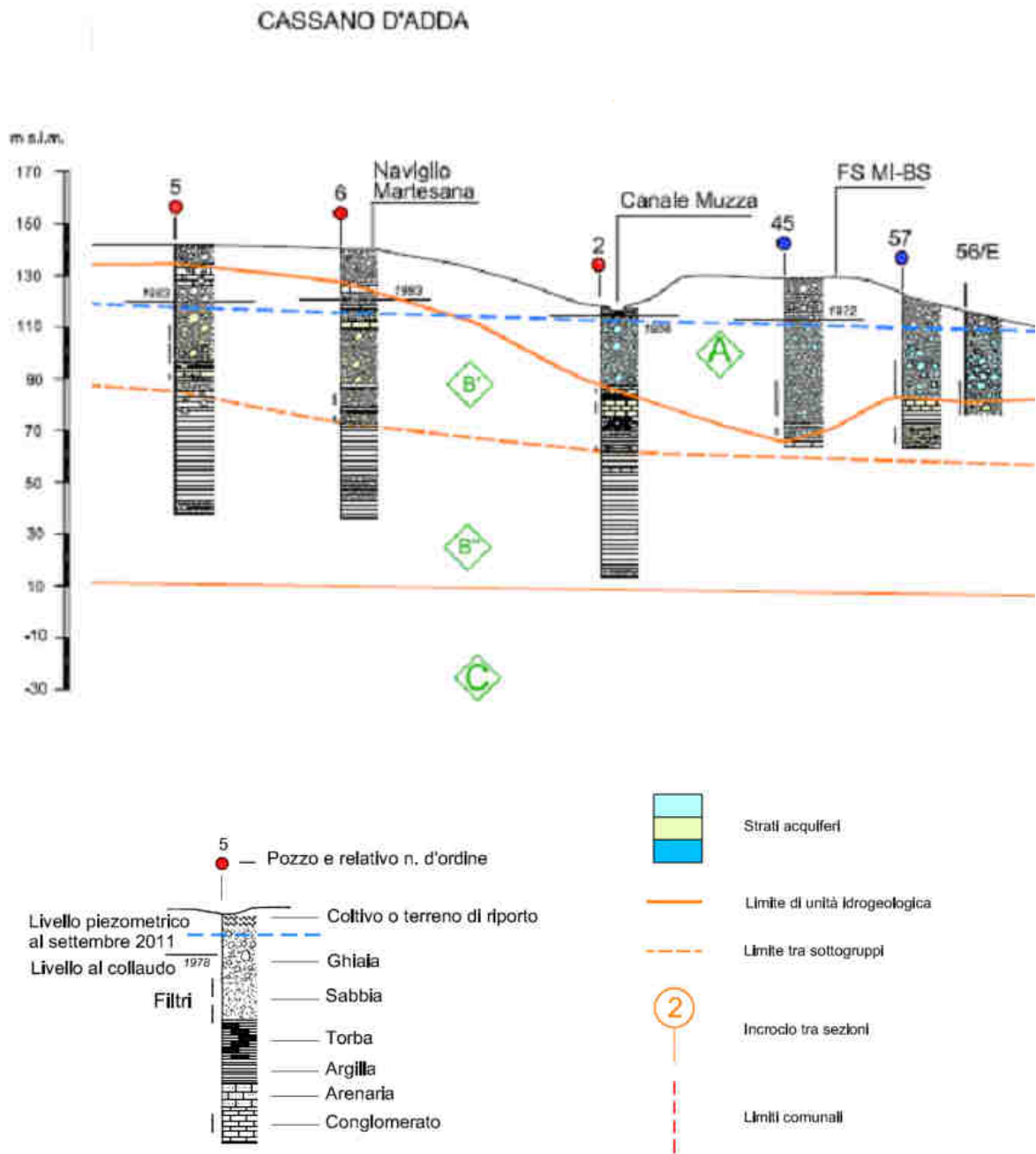
-  Area di cava attiva
-  Cava tombata
-  Ex cava di prestito oggetto di ripristino morfologico e ambientale
-  Pozzi fermi

Figura 5: PGT – Sezione idrogeologica



## 4 CONFRONTO CON ALTRA CARTOGRAFIA DI INTERESSE GEOLOGICO DEL PGT COMUNALE

### 4.1 GEOTECNICA

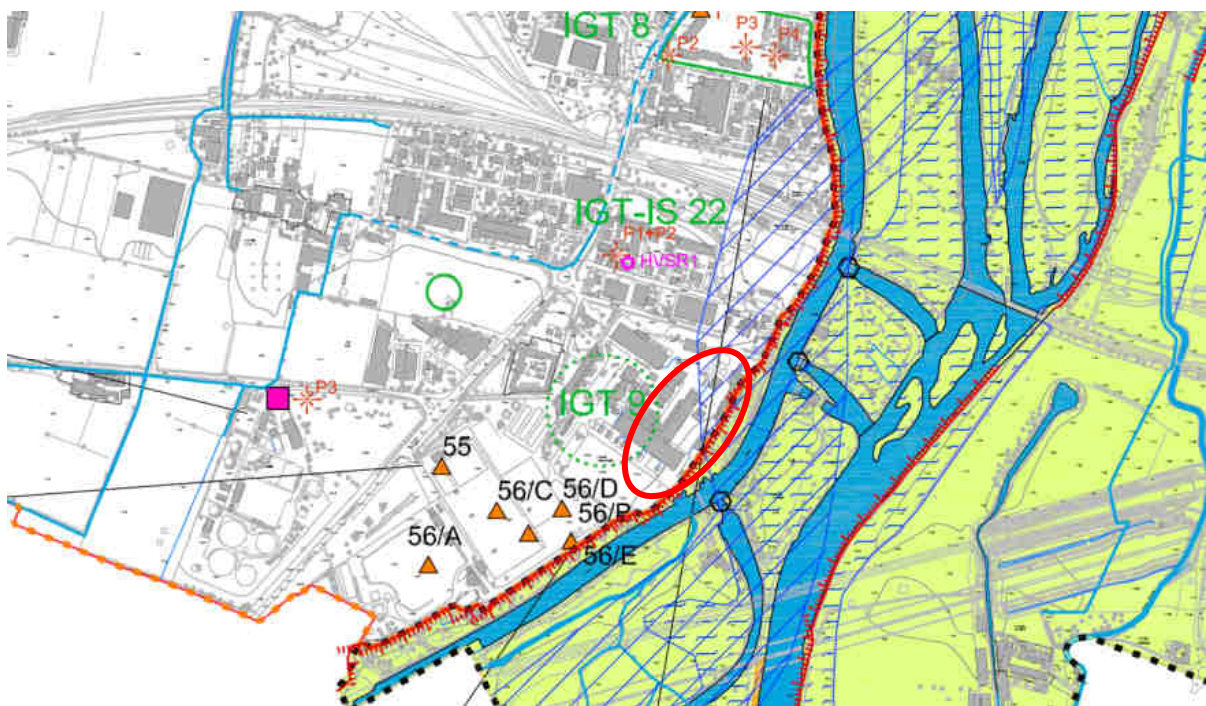
La Carta Geologico-tecnica del PGT riporta i caratteri della Unità geologico-tecnica, che individuano aree omogenee dal punto di vista geotecnico. L'Unità di Cantù riporta suoli "profondi su substrato sabbioso, tessitura moderatamente grossolana, drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderata". Viene inoltre segnalato quanto segue: l'addensamento è medio in superficie ed aumenta in profondità; le caratteristiche geotecniche sono buone, e la permeabilità medio-alta (ed il drenaggio buono). Vengono anche descritti i parametri delle unità geotecniche del sottosuolo. Per comodità della tabella che costituisce la legenda si riporta stralcio corrispondente all'unità di interesse. Si segnala la presenza di due unità geotecniche: la prima, sino a 1-2 m dal p.c., si costituisce di sabbie limose da mediamente addensate ad addensate, con comportamento puramente attritivo con angolo di attrito 32° -35°; la seconda, sottostante, si costituisce di sabbie limose con ghiaia molto addensate, con angolo di attrito = 38° - 40°, sempre priva di coesione.


Viene parimenti segnalata la condizione di bassa soggiacenza (<5 m) dell'acquifero per l'area di collocamento delle opere di connessione alla stazione gas esistente, prossime al confine Sudest.

Viene infine segnalata l'area colpita da esondazione nel 1976, ovvero il settore nordorientale dell'area in esame.

Figura 6: PGT - Carta geologico-tecnica

 area in esame














	Plana fluvloglaciale (alta planura) delimitata ad est dalla valle del F. Adda e sopraelevata rispetto ad essa di un dislivello decrescente da N a S compreso tra 25 m e 12 m. Presenza di deboli ondulazioni riferibili a paleovalle.	Ghiaie a supporto di matrice sabbiosa passanti a sabbie limose. Locale presenza in superficie di limi argillosi.
---	---	--








TCC1: suoli profondi su substrato sabbioso, tessitura moderatamente grossolana, drenaggio moderatamente rapido e permeabilità moderata	Terreni granulari da mediamente addensati in superficie (1-2 m da p.c.). Aumento del grado di addensamento con la profondità. Bupne caratteristiche geotecniche, Permeabilità medio-alta.	Drenaggio delle acque buono sia in superficie che in profondità.
--	---	--

UNITA' geotecniche	Nspt colpi/30 cm	Yn kN/mc	Stato di addensamento	Dr	$\phi'$ °	c' kPa	Vs m/s	E' MPa	Spessore (m)
UNITÀ A: sabbie limose	4÷9	18	da mediamente addensato ad addensato	0,50÷0,75	32÷35	0	85÷125	4÷8	1÷2
UNITÀ B: sabbie limose con ghiaia	18÷62	19÷20	molto addensato	0,88÷0,98	38÷40	0	170÷250	15÷35	n.d.

**ELEMENTI GEOMORFOLOGICI**

-  Orlo di terrazzo
-  Orlo di terrazzo smussato
-  Reticolo idrografico (in tratteggio sono indicati i tratti tombinali)
-  Aree soggette ad esondazione del F. Adda (fenomeni verificatisi 2002- Fonte dati: Consorzio di Bonifica Muzza Bassa Lodigiana)
-  Aree soggette ad esondazione del F. Adda (fenomeni verificatisi 2002- Fonte dati: AdbPo)
-  Aree soggette ad esondazione del F. Adda (fenomeni verificatisi 1976- Fonte dati: Cartografia Provincia di Milano)
-  Aree soggette ad esondazione del F. Adda (fenomeni verificatisi 1951- Fonte dati: Cartografia Provincia di Milano)
-  Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale
-  Versanti ad acclività da media ad elevata, potenzialmente interessate da franosità superficiale diffusa
-  Scarpare minori a debole/media acclività di raccordo tra la piana alluvionale del F. Adda e i piani circostanti
-  Aree a bassa soggiacenza dell'acquifero superiore (<5 m)

**OPERE IDRAULICHE**

-  Muro in calcestruzzo
-  Argine
-  Sponde in CLS rivestite con ciottoli a vista
-  Scogliera
-  Scogliera rinforzata con calcestruzzo
-  Fosso di guardia
-  Manufatti di gestione idraulica delle derivazioni



**ELEMENTI GEOLOGICO-TECNICI**



## 4.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

La Carta della Pericolosità Sismica Locale segnala per il territorio comunale due diverse classi di PSL (Z4a e Z3a). Con l'aiuto della relativa relazione dello studio comunale si è interpretata la altrimenti non chiarissima zonizzazione grafica del territorio tramite retinatura.

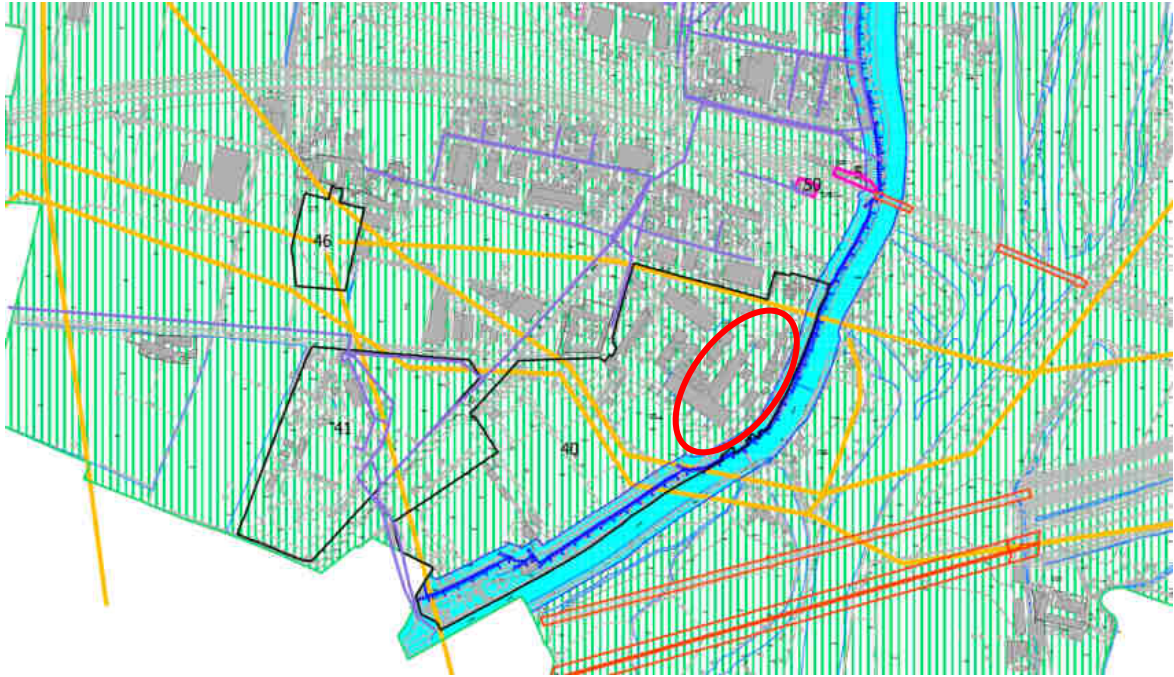
L'area in esame si inserisce in classe di pericolosità sismica **Z4a**, ove sono prevedibili effetti di amplificazione della sollecitazione sismica attesa, conseguenti a fenomeni di amplificazione di natura litologica.


Il settore di collocamento delle opere di connessione alla stazione gas esistente pertiene all'area di influenza del fattore di amplificazione per lo scenario **Z3a** (amplificazioni topografiche), corrispondente a zona di ciglio con  $H > 10$  m, e nello specifico alla sponda destra incisa del Fiume Adda.


Gli elementi lineari gialli graficizzano il sistema elettrodottistico.

**Figura 7: PGT - Carta Pericolosità Sismica Locale di 1° livello**

 **area in esame**



SIGLA	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	POSSIBILI EFFETTI INDOTTI
Z3a 	Zona di ciglio H > 10 m e pendio sottostante  Ciglio di scarpata	Amplificazioni topografiche
Z4a	Zone di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazione litologica e geometrica

 Area di influenza del fattore di amplificazione sismica Fa per lo scenario Z3a

**EDIFICI ED OPERE INFRASTRUTTURALI DI INTERESSE STRATEGICO E RILEVANTE**  
(competenza statale e regionale - Decreto 21 ottobre 2003 n. 3685, D.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904)

**Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi**

- 1 Municipio
- 2 Biblioteca Comunale
- 3 Ufficio postale
- 5 Stazione SFR
- 30 Spazio Città - Sedil Associazioni
- 45 Caserma carabinieri
- 50 Stazione SFR
- 55 Ex Caserma Polizia Ferroviaria

**Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori**

- 6 Scuola dell'infanzia di Groppello
- 7 Scuola dell'infanzia C.ne San Pietro
- 8 Scuola primaria C.ne San Pietro
- 9 Scuola dell'infanzia Cristo Risorto
- 10 Scuola secondaria Alessandro Manzoni
- 11 Scuola primaria Guarnazzola
- 12 Scuola primaria Groppello
- 13 Liceo scientifico Giordano Bruno
- 14 Scuola dell'infanzia Monsignor Timoteo Telò
- 15 Scuola dell'infanzia Parrocchiale Sant'Antonio
- 34 Scuola primaria Q di Vona
- 35 Asilo nido

**Edifici aperti al culto, oratori, conventi**

- 16 Chiesa Parrocchiale dell'Immacolata di San Zeno
- 17 Oratorio Parrocchia Cristo Risorto
- 18 Chiesa e Oratorio Parrocchia dell'Annunciazione Parrocchia S. Pietro Apostolo
- 19 Oratorio Parrocchia di Sant'Antonio
- 20 Chiesa e oratorio Parrocchia San Bartolomeo
- 27 Oratorio di Sant'Antonio
- 29 Cimitero Cassano d'Adda
- 31 Oratorio Don Bosco
- 32 Chiesa di san Dionigi
- 33 Parrocchia Ortodossa di Sant'Aquilino
- 37 Chiesa M. Reveltino
- 38 Cimitero di Cascine San Pietro ed area di espansione
- 39 Oratorio San Pietro Apostolo
- 47 Cimitero di Groppello d'Adda

**Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e intrattenimento in genere**

- 21 Centro sportivo comunale - piscina
- 22 Campo sportivo Guarnazzola
- 23 Centro equestre La Cascinetta
- 28 Centro sportivo Mazzola
- 36 Base Scout La Colonia
- 40 Centro Giovanile Il Bosco
- 44 Teca Auditorium comunale
- 48 Cinema Giardino
- 56 Depolavoro - Tennis Club
- 57 Maneggio
- 58 Centro Sportivo
- 59 Centro Equestre La Cascinetta
- 60 Maneggio

**Strutture socio-sanitarie**

- 24 RSA Delvedere
- 25 Presidio Ospedaliero A. Zapparoni

**INFRASTRUTTURE TECNOLOGICHE**

- ☐ Pozzo pubblico e relativa Zona di tutela Assoluta
- 001 CAP via Rimenbranza - via 5 Martiri (Muzza 1°)
- 002 CAP via Rimenbranza (Muzza 2°)
- 003 CAP via Trezzo (verbatolo)
- 004 CAP via L. Da Vinci - via Cristo Risorto
- 005 CAP via Giovanni XXIII
- 006 CAP via Europa

**Servizi essenziali**

- 40 Centrale elettrica A2A
- 41 Impianto di depurazione
- 43 Centrale idroelettrica Rusco
- 46 Centrale elettrica
- 49 Impianti di fitoriduzione
- 50 Cabina metano e area bambini
- 51 Ex depuratore comunale
- 53 Centrale Telecom
- 54 Cabina TE Treviglio Ovest - AV Milano-Venezia
- 61 Ripetitore telefonico mobile

- ☐ Punti sensibili (porti)

— Rete acquedottistica (2019)

— Ex-trodotto

— Limite comunale

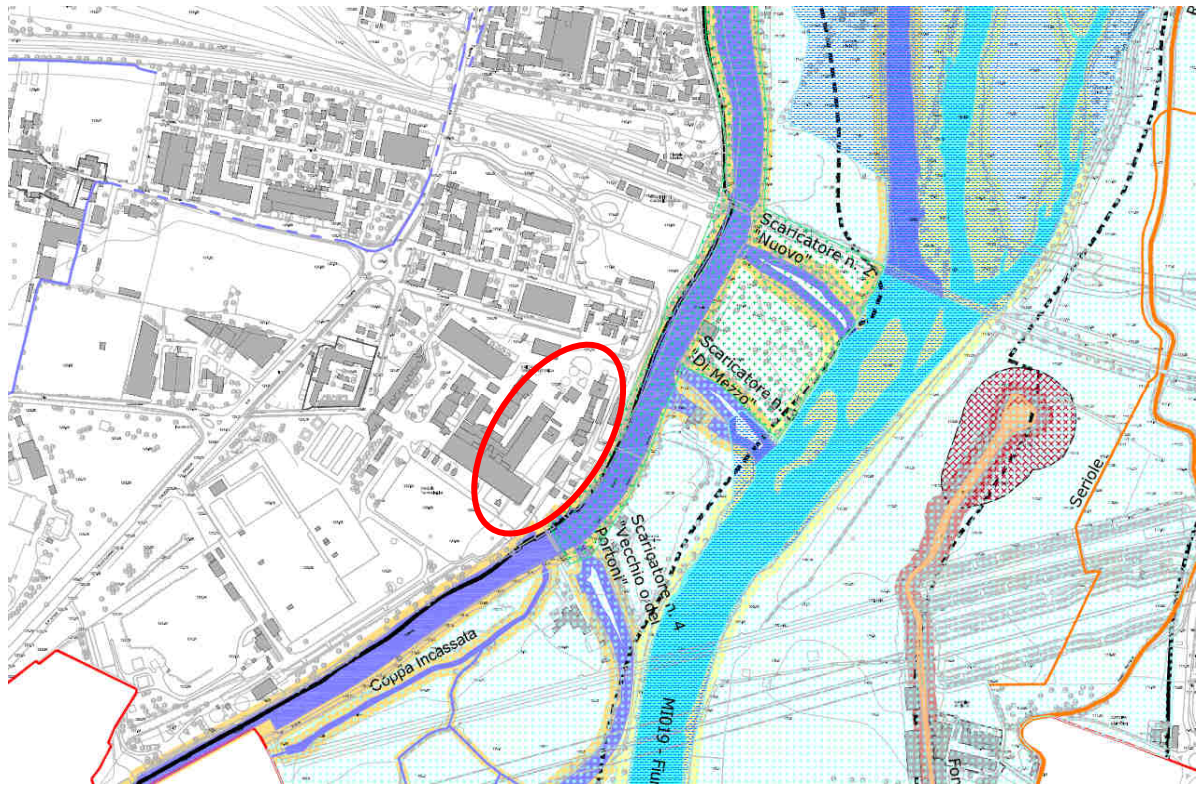
Parco urbano      Spazi aperti di valore ecologico e ambientale  
Lago ex cava di prestito (ms,bs,ml)

### 4.3 VINCOLI

La Carta dei Vincoli non evidenzia alcuna restrizione particolare per l'area in oggetto. In prossimità al confine orientale ma comunque non interferenti con l'area di interesse, vigono le fasce di rispetto di 10 metri del canale Muzza di competenza dei consorzi di bonifica e la nuova delimitazione del centro edificato ai fini dell'applicazione dell'art.39 delle N.T.A del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PAI).

**Figura 8: PGT - Carta dei Vincoli** area in esame



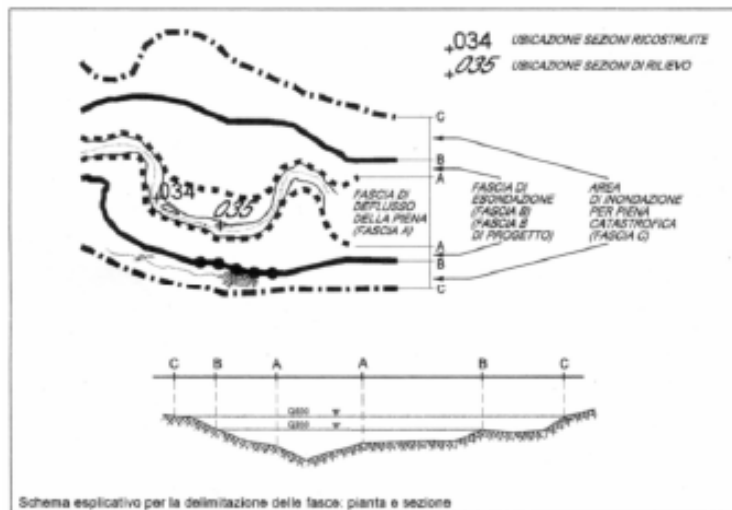


## VINCOLI VIGENTI

PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)  
 approvato con DPCM del 24/5/2001, pubblicato su G.U. n. 183 del 8/8/2001)

DELIMITAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI - Fiume ADDA

- Limite tra la Fascia A e la Fascia B
- Limite tra la Fascia B e la Fascia C
- - - - - Limite esterno della Fascia C



*In caso di coincidenza della fascia A/C con la fascia B/B di progetto, ai fini della rappresentazione grafica, è indicata la sola fascia B.*

— Nuova delimitazione del Centro Edificato ai fini dell'applicazione dell'art. 39 delle N.T.A. del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.)



**RETICOLO IDROGRAFICO CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI**  
(Allegato C D.G.R. X/7581/2017)



Rete Principale: *Canale Adduttore Principale Villorresi, Naviglio Martesana*



Rete Terziaria: *10/4 Gongorzola, 11 Gongorzola, 11bis Gongorzola*  
(In tratteggio i tratti Intubati)

**RETICOLO IDROGRAFICO CONSORZIO DI BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA**  
(Allegato C D.G.R. X/7581/2017)



*Canale Muzza, Casati Caldara, Coppa Incassata, DMV Traversino, Fontanille Addetta, Roggia Casino, Roggia dei Portoni, Rottura Grande, Scaricatori 1, 2, 3, 4, Tesorella, Traversino (irrigua)*

**CORSI D'ACQUA PRIVATI**



Derivazioni dal Naviglio Martesana: *Roggia Casati Caldara, Roggia Crusina, Roggia Grumo-Grumm, Roggia Moneta, Roggia Nuova, Roggia San Bartolomeo, Roggia Tesorella, Roggia Vassalla, Roggia Zerbana*  
(In tratteggio i tratti Intubati)



Canali/rogge artificiali in gestione a privati: *Canale di scarico impianto idroelettrico Concesa-Vaprio d'Adda, Canale di derivazione e scarico Centrale Rusca, Canale Retorto, Cavo Bonabrio, Roggia Colonnella, Roggia Cremasca, Roggia della Fornace, Roggia Fontanino, Roggia Franca, Roggia Gropella, Roggia Rivoltana, Roggia Panolna, Roggia Fola Pezzoli, Roggia Sexale*  
(In tratteggio i tratti Intubati)

**FASCE DI RISPETTO con attività di polizia idraulica ai sensi della D.G.R. X/7581/2017**

**RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE**



10 m dalle sommità delle sponde interne o del piede esterno degli argini

**RETICOLO IDROGRAFICO CONSORZIO DI BONIFICA EST TICINO VILLORESI**



Rete principale e 10 m da a sommità delle sponde interne



Rete terziarie 5 m del bordo di canale

**RETICOLO IDROGRAFICO CONSORZIO DI BONIFICA MUZZA BASSA LODIGIANA**



10 - 5 m dalle sommità delle sponde interne o piede esterno degli argini a seconda dell'importanza del canale

**AREE DI SALVAGUARDIA DELLE CAPTAZIONI AD USO IDROPOTABILE**  
**D. Lgs. 152/06 e D.G.R. 10 aprile 2003 n. 7/12693**

5



Pozzo pubblico ad uso potabile



Zona di Tutela Assoluta

1



Zona di Rispetto delimitata con criterio geometrico (raggio = 200 m)

4



Zona di rispetto ridelimitata con criterio cronologico (t=60 g)  
(Delibera di Giunta Comunale n. 302 del 25/03/99 con la quale il Comune di Cassano d'Adda si Impegna a recepire nello strumento urbanistico vigente in 2k rielaborato)

3



Zona di rispetto ridelimitata con criterio cronologico (t=60 g) del pozzo di Pozzuolo Martesana - Via Giotto Trecella. Fonte dati: PGT del Comune di Pozzuolo Martesana tavola n1-t1 - Vincoli alla scala sovraordinata e comunale del 21/04/09

**VINCOLI PAESISTICO - AMBIENTALI**






Fascia di rispetto delle testate dei fontanili - 50m misurata dall'orlo della testa e lungo l'asta per una fascia non inferiore a metri 25.  
(Ai sensi dell' art. 34 delle NDA del PTCP della Provincia di Milano)

R02521

PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA) Direttiva Alluvioni 2007/60/CE revisione 2015

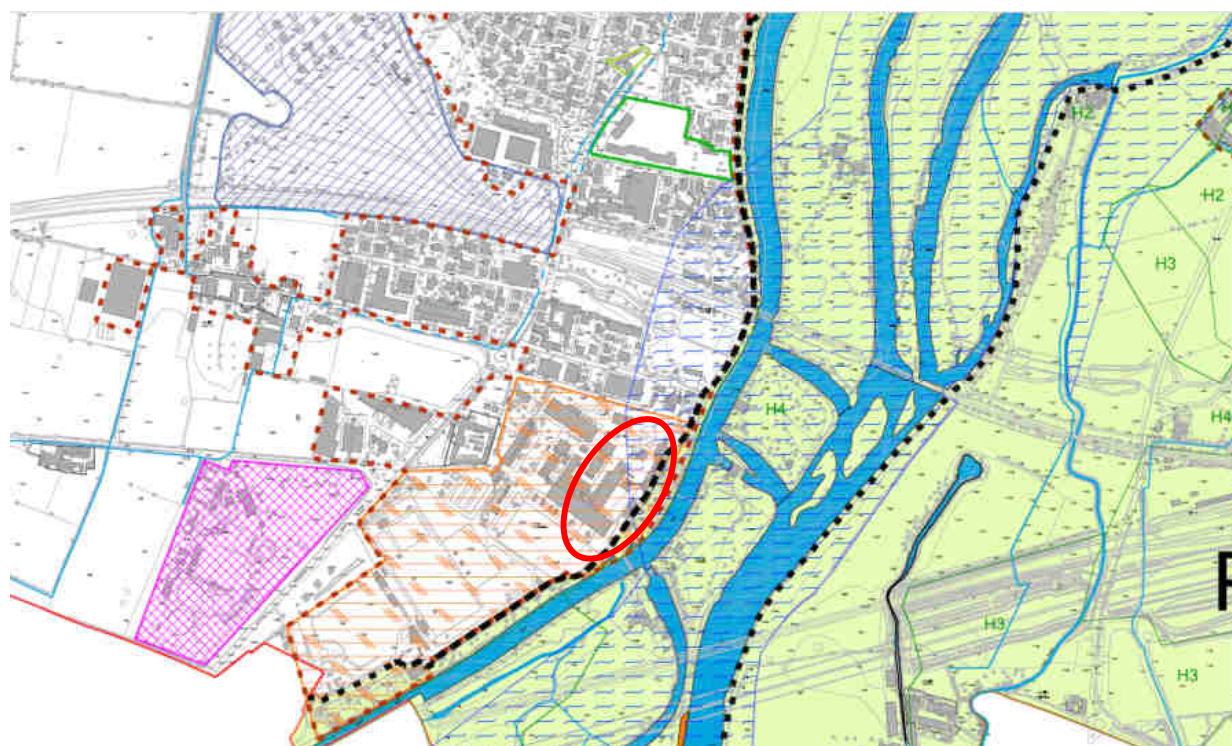
PERICOLOSITA' RP (reticolo principale di planura e di fondovalle)

-  aree P3 o aree interessate da alluvione frequente (scenario H)
-  aree P2 o aree interessate da alluvione poco frequente (scenario M)
-  aree P1 o aree interessate da alluvione rara (scenario L)

## 4.4 SINTESI

La Carta di Sintesi riporta i principali elementi di pericolosità delle Unità geologico - tecniche. Come già detto l'area si trova all'interno dell'Unità di Cantù, dotata di acquifero a vulnerabilità elevata e di buone caratteristiche portanti e buon drenaggio dagli 1-2 metri di profondità. L'area di interesse è classificata all'interno della centrale elettrica in qualità di ambito di modificazione antropica. Vengono segnalate l'area interessata dall'esonazione del 1976 e l'area con soggiacenza inferiore ai 5 m, entrambe già graficizzate negli elaborati precedentemente analizzati.

**Figura 9: PGT - Carta di Sintesi**  area in esame



UNITA' GEOLOGICO-TECNICA	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE / LITOTECNICHE	VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO	PROBLEMATICHE E PECULIARITA'
Pg UNITA' POSTGLACIALE	Alveo attivo del F. Adda ed aree dei terrazzi alluvionali intermedio e superiore, costituiti da depositi fluviali e di esondazione con ghiaie a supporto classico e/o di matrice sabbiosa, sabbie e limi.	Vulnerabilità di grado estremamente elevato	Aree pianeggianti con terreni granulari con discrete caratteristiche portanti fino a 4-5 m di profondità e drenaggio localmente mediocre per la presenza di terreni fini superficiali. Aree interessate da sviluppato reticolo idrografico principale, minore e di bonifica e relative fasce di rispetto. Problematiche di rischio idraulico in corrispondenza delle aree di periferia dell'alveo attivo del F. Adda e delle aree del terrazzo intermedio con debole dislivello rispetto all'alveo. Possibile interazione degli scavi con la superficie piezometrica (soggiacenza <5 m). Presenza di ambiti di modificazione antropica da sottoporre a verifiche di carattere ambientale e/o bonifica in caso di modifiche di destinazione d'uso.
Ca UNITA' CANTU'	Piana fluvioglaciale (alta pianura) sopraelevata rispetto all'ambito alluvionale, costituita da ghiaie a supporto di matrice sabbiosa passanti a sabbie limose. Locale presenza in superficie di limi argillosi.	Vulnerabilità di grado elevato	Aree pianeggianti e subpianeggianti con terreni granulari con buone caratteristiche portanti a partire da 1-2 m di profondità e drenaggio buono. Aree interessate da sviluppato reticolo idrografico di bonifica e relative fasce di rispetto. Presenza di ambiti di modificazione antropica da sottoporre a verifiche di carattere geotecnico e/o ambientale in caso di cambio di destinazione d'uso.
Cp CERPO SAINDA  V VERSANTI ACCIVI	Scarpe accivi, a tratti subverticali, costituenti i fianchi della valle del F. Adda, costituite da conglomerati grossolani a cementazione variabile da media ad elevata e depositi di versante con ghiaie massive a supporto di matrice limoso sabbiosa o di class.	Vulnerabilità di grado estremamente elevato	Predisposizione a fenomeni di scivolamento gravitativo in corrispondenza dei versanti più accivi, spesso accentuati dalla cattiva regolazione delle acque di ruscellamento superficiale. Erosione concentrata e diffusa ad opera di acque incanalate e non.



AREE PERICOLOSE DAL PUNTO DI VISTA DELL'INSTABILITA' DEI VERSANTI

Area ad attività da media ad elevata, potenzialmente interessate da franosità superficiale diffusa

AREE DI PARTICOLARE RILEVANZA MORFOLOGICA

Scarpe minori a dislivello/medie attività di raccordo tra la piana alluvionale del F. Adda e i pianelli circostanti

AREE / ELEMENTI VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

Reticolo idrografico (In tratteggio sono indicati i tratti combinati)

Aree interessate da esondazioni storiche del F. Adda

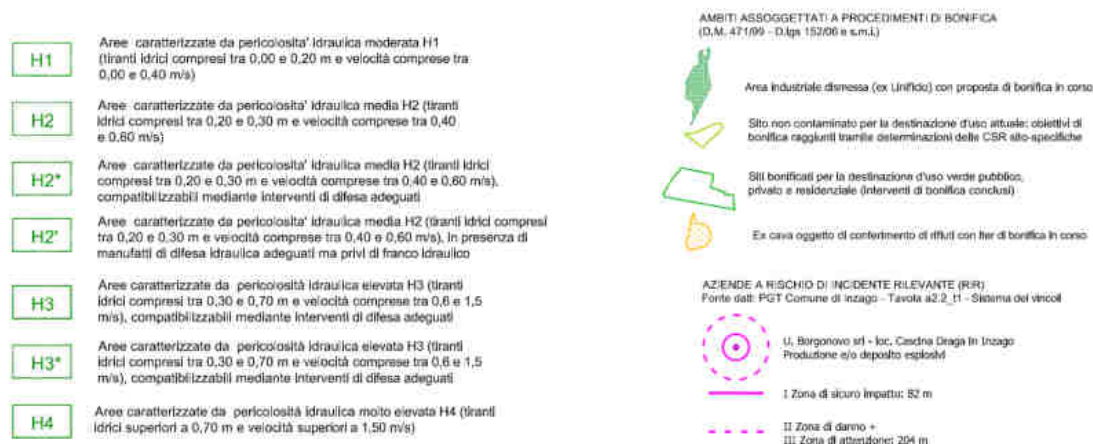
Aree interessabili da fenomeni di erosione fluviale

Aree a bassa soggiacenza dell'acquifero superiore (<5 m)

VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME ADDA  
N. COMUNE DI CASSANO D'ADDA  
A. SENSI DELL'ALL. 4 DELLA D.G.R. X/2818/2011 E DELLA D.G.R. X/6738/2017

AMBITI DI MODIFICAZIONE ANTROPICA

- Area della centrale elettrica
- Area dell'impianto di depurazione
- Area della piattaforma ecologica
- Ex cava di prestito BRE.BE.MI oggetto di ripristino morfologico e ambientale
- Area dell'ex depuratore comunale
- Impianti di fitodepurazione
- Area di forte condizionamento antropico (deposito ferroviario)



## 4.5 FATTIBILITÀ GEOLOGICA PER LE AZIONI DI PIANO

La Carta di Fattibilità colloca l'area in esame in 2 differenti classi di fattibilità geologica, di seguito sono riassunte le principali caratteristiche di tale suddivisione:

- **Fattibilità 3, sottoclasse e** per la quasi totalità dell'area. Per tale tipologia di classificazione lo studio comunale riporta quanto segue.  
"Aree da sottoporre a verifiche di carattere geotecnico ed ambientale per possibilità di riscontrare terreni di riporto dalle caratteristiche geotecniche non note e con problematiche di contaminazione dei suoli, comprendenti:
  - impianto di depurazione esistente ed ex depuratore dismesso;
  - centrale elettrica (caso in esame);
  - deposito ferroviario;
  - piattaforma ecologica;
  - impianti di fitodepurazione"
- **Fattibilità 3, sottoclasse b** per la sola porzione sudorientale dell'area. Per tale tipologia di area lo studio comunale riporta quanto segue.  
"Principali caratteristiche: aree pianeggianti prospicienti la scarpata principale del F. Adda costituenti fascia di "attenzione" delimitata con criterio geometrico (20 m); scarpate minori e relativa "fascia di attenzione" delimitata con criterio geometrico (10 m).

Problematiche generali: Possibilità di innesco di fenomeni evolutivi della scarpata, connessi principalmente con la canalizzazione delle acque superficiali.

Parere sull'edificabilità: favorevole con consistenti limitazioni relative alla verifica della stabilità del versante ed al controllo e regimazione delle acque superficiali, da verificare per ogni singolo caso.

Tipo di intervento ammissibile: in quest'area sono ammesse opere edificatorie di tipo residenziale di limitata entità (edilizia singola uni-bifamiliare, intensiva uni-bifamiliare) (opere tipo 1, 2) oltre alle opere infrastrutturali (6). Per gli edifici esistenti sono ammessi gli interventi di restauro, manutenzione, risanamento conservativo, ristrutturazione edilizia, così come definiti dall'art. 27 della L.R. 12/2005, nel rispetto delle normative vigenti.

Indagini di approfondimento necessarie: si rendono necessarie indagini geologico tecniche (IGT), secondo quanto indicato nelle norme di carattere generale, per ogni tipo di intervento edificatorio ammesso, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva. Tali indagini dovranno permettere la determinazione dei carichi ammissibili, la distanza di sicurezza da mantenere rispetto all'orlo e la valutazione della stabilità del versante (SV) connesso al terreno in esame.

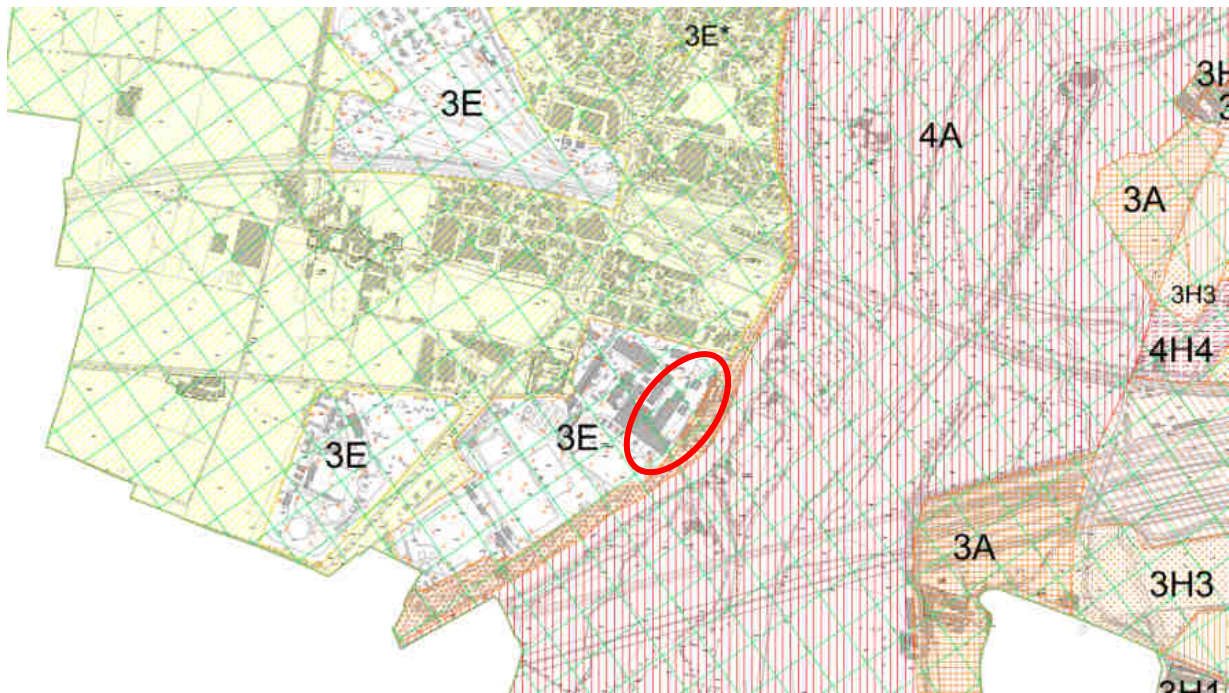
Interventi da prevedere in fase progettuale: per ogni tipo di opera, gli interventi da prevedere saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti per lo smaltimento delle acque meteoriche anche provenienti dagli insediamenti stessi e dalla viabilità connessa (RE),



con individuazione del recapito finale, nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle caratteristiche idrogeologiche del sito (RE), nonché ad opere per la difesa del suolo (DS). Quale norma generale a salvaguardia della falda idrica sotterranea è necessario inoltre che per ogni nuovo intervento edificatorio, già in fase progettuale, sia previsto ed effettivamente realizzabile il collettamento degli scarichi idrici in fognatura e delle acque non smaltibili in loco (CO).

Norme sismiche da adottare per la progettazione: La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento "Norme Tecniche per le Costruzioni", definendo la pericolosità sismica locale in fase di pianificazione attraverso analisi di approfondimento di II livello per tutte le categorie di edifici. Se Fa calcolato>Fa di soglia: analisi di approfondimento di 3° livello in fase di progettazione o uso degli spettri di normativa per la categoria di suolo superiore.


**Figura 10: PGT - Carta della Fattibilità Geologica** ○ area in esame



CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA D.G.R. IX/2616/11	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PARERE SULLA EDIFICABILITA'	OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE *
<p><b>Classe 3e/3e*</b></p> <p>(Ambiti di modificazione antropica/bonifica)</p> <p><b>Fattibilità con consistenti limitazioni</b></p>	<p><b>Classe 3e:</b> aree condizionate da attività antropica attuale e progressiva, da sottoporre a verifiche di carattere geotecnico ed ambientale per possibilità di riscontrare terreni di riporto dalle caratteristiche geotecniche non note e con problematiche di contaminazione dei suoli, comprendenti impianto di depurazione esistente ed ex depuratore dismesso, centrale elettrica, deposito ferroviario, piattaforma ecologica, impianti di fiodepurazione.</p> <p><b>Classe 3e*:</b> area interessata da procedimenti di bonifica in itinere ed area bonificata (obiettivi di bonifica raggiunti tramite determinazioni delle CSR sito-specifiche). Contaminazione potenziate o accertata dei suoli.</p>	<p>Favorevole con consistenti limitazioni connesse alla verifica delle caratteristiche geotecniche dei terreni, dello stato di salubrità dei suoli (Regolamento Locale di Igiene) e/o bonifica dell'area.</p>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="display: flex; gap: 10px;"> </div> <div style="display: flex; gap: 10px;"> </div> </div> <p>Da definire mediante specifica indagine geotecnica ed ambientale e con le limitazioni d'uso del D.Lgs 152/06 (classe 3e*). Nelle aree interessate da procedimenti di bonifica dovrà essere sempre verificato il rispetto delle prescrizioni tecniche ed antisismiche previste nel progetto di bonifica, nel relativo provvedimento di approvazione o nella certificazione provinciale di avvenuta bonifica.</p>
<b>INDAGINI DI APPROFONDIMENTO PREVENTIVE NECESSARIE</b>	<b>INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE</b>	<b>NORME SISMICHE DA ADOTTARE PER LA PROGETTAZIONE</b>	








3	IGT - SV - ISS/PCA/POB	RE - CO - (BO)	La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", definendo la pericolosità sismica locale in fase di pianificazione attraverso analisi di approfondimento di II livello per tutte le categorie di edifici. Se fa calcolo > Fa di soglia; analisi di approfondimento di 3° livello in fase di progettazione o uso degli spettri di normativa per la categoria di suolo superiore. In fase progettuale dovrà essere verificato il potenziale di liquefazione dei terreni attraverso specifiche indagini geognostiche per qualsiasi intervento.
1	IGT - SV - ISS/PCA/POB	RE - CO - (BO)	
	IGT - SV - ISS/PCA/POB	RE - CO - (BO)	
	IGT - SV - ISS/PCA/POB	RE - CO - CA - (BO)	
2	IGT - SV - ISS/PCA/POB	RE - CO - CA - (BO)	
	IGT - SV - ISS/PCA/POB-	RE - CO - (BO)	

CLASSE DI FATTIBILITA' GEOLOGICA D.G.R. IX/2616/11	PRINCIPALI CARATTERISTICHE	PARERE SULLA EDIFICABILITA'
<b>Classe 3b</b> (Area di attenzione della scarpata principale e scarpate minori)  <b>Fattibilità con consistenti limitazioni</b>	Area di "attenzione" a contorno della scarpata principale (20 m), scarpate minori e relativa "area di attenzione (10 m), con possibile innesco di fenomeni evolutivi della scarpata, connessi principalmente alla canalizzazione delle acque superficiali.	Favorevole con consistenti limitazioni relative alla verifica puntuale delle condizioni di stabilità del versante ed al controllo e regimazione delle acque superficiali

OPERA EDIFICATORIA AMMISSIBILE *	INDAGINI DI APPROFONDIMENTO PREVENTIVE NECESSARIE	INTERVENTI DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE	NORME SISMICHE DA ADOTTARE PER LA PROGETTAZIONE
	IGT - SV	RE - DS - CO	La progettazione dovrà essere condotta adottando i criteri antisismici del D.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", definendo la pericolosità sismica locale in fase di pianificazione attraverso analisi di approfondimento di II livello per tutte le categorie di edifici. Se fa calcolo > Fa di soglia; analisi di approfondimento di 3° livello in fase di progettazione o uso degli spettri di normativa per la categoria di suolo superiore.
	IGT - SV	RE - DS - CO	
	IGT - SV	RE - DS - CO	

\* L'approvazione del Piano attuativo o il rilascio del permesso di costruire sono subordinati alla valutazione e all'esito positivo delle indagini preventive necessarie e degli approfondimenti richiesti per ciascun tipo di intervento

**TIPO DI OPERE EDIFICATORIE**

-  Edilizia singola unibifamiliare, 3 piani al massimo, di limitata estensione
-  Edilizia intensiva unibifamiliare, 3 piani al massimo, o edilizia plurifamiliare, edilizia pubblica
-  Edilizia plurifamiliare di grande estensione, edilizia pubblica
-  Edilizia produttiva di significativa estensione areale (> 500 mq)
-  Cambio di destinazione d'uso di ambienti produttivi
-  Opere infrastrutturali, posa di reti tecnologiche o lavori di escavazione e sbancamento
-  Interventi di consolidamento dei versanti e prevenzione del dissesto idrogeologico

\*\* Per gli edifici esistenti sono consentiti solo gli interventi edificatori di cui alle lettere a), b), c) dell'art. 27 comma 1 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12 senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo, fatto salvo quanto previsto per le infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica

**STUDI ED INDAGINI PREVENTIVE E DI APPROFONDIMENTO CONDIZIONANTI L'ATTUAZIONE DEI SINGOLI INTERVENTI IN OTTEMPERANZA/INTEGRAZIONE AL D.M. 14 GENNAIO 2008**



- IGT Indagini geotecniche con prove in sito e/o laboratorio, comprensive di rilevamento geologico di dettaglio a mezzo di assaggi con escavatore, prove di resistenza alla penetrazione dinamica o statica, indagini geofisiche in foro, indagini geofisiche
- SV Valutazione di stabilità dei versanti e dei fronti di scavo
- SCI Studio di compatibilità idraulica
- SCID Studio di compatibilità idrogeologica
- VCI Verifica di compatibilità idraulica ed ambientale

- SRM Studi per il recupero morfologico e il ripristino ambientale
- VQS Verifica della qualità degli scarichi e della portata adottata per la corretta gestione delle acque sotto il profilo qualitativo e quantitativo
- PCA Piano di caratterizzazione ambientale preventivo a qualsiasi cambio di destinazione d'uso di ambienti produttivi/modificazione antropica
- ISS Indagini sullo stato di salubrità del suolo preventivo a cambio di destinazione d'uso di ambienti produttivi/modificazione antropica
- POB Progetto operativo degli interventi di bonifica

**INTERVENTI DI TUTELA ED OPERE DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA PREVEDERE IN FASE PROGETTUALE**

- RE Opere di regimazione idraulica e smaltimento delle acque meteoriche superficiali e sotterranee; individuazione dell'ideale recapito finale delle acque nel rispetto della normativa vigente e sulla base delle condizioni idrogeologiche locali
- CA Predisposizione di sistemi di controllo ambientale per gli insediamenti a rischio di inquinamento da definire in dettaglio in relazione alle tipologie di intervento; piezometri di controllo della falda a monte e a valle del flusso dell'insediamento; indagini nel terreno non saturo per l'individuazione di eventuali contaminazioni in atto.
- DS Opere per la difesa del suolo, contenimento e stabilizzazione dei versanti
- CO Collettamento in fognatura degli scarichi fognari e delle acque non smaltibili in loco di superficie
- IRM Interventi di recupero morfologico e/o di funzione e/o paesistico ambientale
- BO Interventi di bonifica

**AREE A PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (PSL)**

-  Aree ad approfondimenti di terzo livello
-  Aree ad approfondimento di secondo livello

## **5 CONFRONTO CON LA CARTOGRAFIA DEL PIANO DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DI INTERESSE GEOLOGICO**

Si è anche esaminata la cartografia del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, che tuttavia non riporta criticità né restrizioni relativamente all'area in oggetto

## **6 CONFRONTO E VERIFICA DI COERENZA CON LA CARTOGRAFIA DEL PGRA**

Le mappe del Piano di Gestione Rischio Alluvioni del distretto idrografico del Fiume Po rispondono alla Direttiva Alluvioni 2007/60 CE del 2013, cui segue revisione del 2015.

Esse cartografano la pericolosità ed il rischio alluvioni.

Viene dunque mappata la pericolosità delle aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali, secondo gli scenari di diversa probabilità da P1 a P3, caratterizzandone l'intensità secondo: estensione dell'inondazione, altezze idriche, velocità e portata. Vengono identificati ambiti territoriali omogenei, in base alle caratteristiche del reticolo idrografico ed alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti:

- Reticolo idrografico principale (RP)
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM)
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP)
- Aree costiere lacuali (ACL)

Risulta anche cartografato il rischio di alluvioni, ovvero le potenziali conseguenze negative derivanti dall'evento alluvionale, in termini di elementi interessati: abitanti colpiti, infrastrutture/strutture strategiche, beni ambientali, storici e culturali, distribuzione e natura delle attività economiche, impianti a rischio di incidente rilevante. Vengono inoltre distinte le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e/o colate detritiche. Vengono definite quattro classi di rischio crescente, da R1 a R4.

Nelle mappe aggiornate in base alla revisione del 2015 sono mappate anche le Aree a Rischio Significativo, dove le condizioni di rischio particolarmente significative rendono necessaria una specifica gestione del rischio. L'elevata pericolosità che caratterizza tali aree deriva dall'entità delle portate di piena e dall'estensione delle aree inondabili. Le ARS della Regione Lombardia sono 315, di cui 8 ARS Distrettuali, 27 regionali e le restanti a carattere locale. Le ARS Distrettuali corrispondono a "nodi critici di rilevanza strategica le cui condizioni di rischio elevato o molto elevato coinvolgono insediamenti abitativi e produttivi di grande importanza, numerose infrastrutture di servizio e le principali vie di comunicazione...richiedono complessi interventi di mitigazione del rischio...alla scala di intero bacino idrografico o di ampi settori del reticolo idrografico principale, è pertanto necessario il coordinamento delle politiche di più regioni". Le ARS distrettuali sono definite in base al perimetro delle aree allagabili chiuse a monte ed a valle lungo i confini comunali dei comuni maggiormente esposti al rischio. Misure localizzate del PGRA possono interessare anche aree esterne, generalmente a monte. In adiacenza od in contiguità alle ARS Distrettuali possono esservi ARS regionali o locali. In tal caso le misure sono state coordinate tra queste realtà.

In base alla cartografia aggiornata in base alla revisione del 2015 l'area in esame non risulta caratterizzata da alcuno scenario di pericolosità.

## **7 ATTREZZATURA UTILIZZATA E METODOLOGIA DELL'INDAGINE IN SITO SIA ATTUALE CHE PREGRESSA**

### **7.1 MODALITÀ DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DI TIPO SCPT**

La prova consiste nell'infissione a battitura di aste di  $\varnothing$  34 mm.

L'infissione avviene mediante battitura con un maglio di 73,5 kg di peso che cade automaticamente da un'altezza di 75 cm.

Il numero N di colpi che rappresenta la resistenza alla penetrazione a qualsiasi profondità misurata per ogni affondamento della punta di 30 cm viene riportato in un diagramma continuo di penetrazione che si allega in appendice alla presente relazione.

In ascissa è indicato il numero di colpi necessario per un avanzamento dell'utensile di 30 cm, in ordinata la profondità.

### **7.2 MODALITÀ DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI**

Per l'esecuzione del sondaggio geognostico è stata utilizzata una sonda Beretta T44: l'attrezzatura di perforazione consiste in:

- aste di perforazione diam. 76 mm e peso 12 kg/m, lunghezza 1.5 e 3.0 metri;
- carotiere semplice diam. 101 mm e lunghezza 1.5 e 3.0 metri con corona a prismi al widia per pulizia finale del foro;
- carotiere doppio diam. 101 mm con corona diamantata;
- rivestimenti di diam. 127 mm
- maglio per prove SPT di tipo Nenzi a sganciamento automatico con maglio di peso 63.5 kg ed altezza di caduta libera 75 cm;
- scandaglio per misura della profondità del fondo foro;
- freatimetro.

La sonda è equipaggiata con pompa fango da 200 lt/min usata sia per lubrificare con fluido gli utensili che per le operazioni di scarotatura.

#### **7.2.1 METODOLOGICA GENERALE ESECUTIVA DEI SONDAGGI**

Le operazioni di carotaggio avvengono nel seguente modo: all'asta di perforazione viene collegato un tubo campionatore cavo chiamato carotiere, capace di contenere il terreno che viene carotato per avanzamento a secco per tratti successivi variabili da pochi decimetri al metro in funzione della densità o consistenza del terreno.

Nel substrato roccioso il carotaggio viene generalmente eseguito con carotiere doppio con eventuale utilizzo di corona diamantata.

Il risultato è una sequenza continua di prelievo di terreno chiamata "carote", a partire dal piano campagna sino alla profondità voluta; le carote vengono conservate in apposite cassette catalogatrici in plastica dotate di coperchio in scala 1:1. Il foro viene generalmente rivestito, ove necessario, con tubo metallico di diametro 127 mm a seguire per evitare il franamento.

Al termine del sondaggio, una volta recuperata la batteria di aste con l'utensile di perforazione, prima del recupero dei rivestimenti, può essere installato in foro anche un tubo piezometrico con diametro variabile



in funzione della perforazione effettuata, successivamente viene quindi effettuato il riempimento dell'intercapedine piezometro – foro con ghiaietto siliceo selezionato di pezzatura 2 – 6 mm in corrispondenza del tratto micro fessurato del piezometro ed infine realizzato un tampone superficiale sigillante contenente argilla rigonfiante a base bentonite.

Al termine di queste operazioni può inoltre essere effettuato lo spurgo dell'eventuale materiale fine rimasto in sospensione mediante elettropompa sommersa sino ad ottenere acqua chiara.

Durante il sondaggio, ove ritenuto necessario ed in caso la litologia del terreno lo permetta, può essere prelevato un campione indisturbato. In ogni caso può essere sempre prelevato un campione disturbato conservandolo in contenitori ermetici (sacchetti, vaso di vetro) e portandolo successivamente in laboratorio.

### 7.2.2 MODALITA' DI ESECUZIONE DELLE PROVE S.P.T. IN FORO DI SONDAGGIO

Le prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state eseguite facendo penetrare una punta conica od un campionatore a tubo aperto (tipo Raymond di  $d_e = 50.8$  mm e  $d_i = 35$  mm) per 45 cm nel terreno; i colpi necessari all'infissione vengono misurati in tre fasi successive di 15 cm. Il valore di  $N_{spt}$  risulta dalla somma di colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto.

Prima di ogni prova viene controllato con lo scandaglio la quota del fondo foro confrontandolo con quelle raggiunte dalla manovra di perforazione dalla quale non deve differire oltre i 7.0 cm.

In presenza di materiali molto compatti o ghiaia viene adottato il campionatore chiuso a punta conica e  $L_{utile}=630$  mm.

### 7.2.3 MODALITA' DI STESURA DELLE STRATIGRAFIE

Nel corso delle perforazioni vengono rilevate le stratigrafie dei terreni attraversati, in esse compaiono oltre agli elementi relativi ai campionamenti ed alle prove i seguenti dati:

- Composizione granulometrica approssimata come indicato nella tabella seguente:

DENOMINAZIONE	DIAMETRO DEI GRANI (mm)
argilla	< 0.005
limo	0.005-0.075
sabbia	0.075 - 4,75
ghiaia	4,75-75
ciottoli	>75

Si elenca per primo il nome del costituente principale, seguito dal costituente secondario nella forma:

- preceduto dalla preposizione "con" se rappresenta una percentuale compresa fra il 25% ed il 50%;
- seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 10% ed il 25%;
- preceduto da "debolmente" e seguito dal suffisso "oso" se rappresenta una percentuale compresa tra il 5% ed il 10%.
- 
- Colore prevalente.
- Consistenza dei terreni coesivi e semicoesivi, misurando la resistenza al penetrometro tascabile sulla carota appena estratta e scortecciata, il grado di consistenza è definito nella seguente tabella.

DEFINIZIONE	RESISTENZA AL PENETROMETRO TASCABILE (kg/cm <sup>2</sup> )
privo di consistenza	< 0.25

poco consistente	0.25 - 0.5
moderatamente consistente	0.5 - 1.0
consistente	1.0 - 2.0
molto consistente	> 2.0

- Caratteristiche di addensamento dei terreni granulari, con riferimento orientativo indicato nella seguente tabella:

Nspt	VALUTAZIONE DELLO STATO DI ADDENSAMENTO
0 - 4	sciolto
4 - 10	poco addensato
10 - 30	moderatamente addensato
30 - 50	addensato
> 50	molto addensato

- Presenza di locali fenomeni di cementazione;
- Presenza di eventuali sostanze organiche.

Si riportano in allegato n° 1 i rapporti di prova delle stratigrafie rilevate

### 7.3 MODALITA' DELLA PROSPEZIONE GEORADAR

La metodologia geofisica G.P.R. (Ground Penetrating Radar) permette di investigare sulla struttura e sulla composizione del sottosuolo attraverso l'analisi delle riflessioni di onde elettromagnetiche ad alta frequenza trasmesse nel terreno.

Il sistema G.P.R. trasmette nel terreno impulsi elettromagnetici di una determinata frequenza tramite un trasduttore (antenna). L'impulso si propaga verticalmente nel terreno con una certa velocità; quando incontra una interfaccia (superficie di contatto tra due materiali diversi) parte dell'impulso viene riflessa verso la superficie. L'antenna riceve in superficie gli impulsi riflessi. In base al tempo di arrivo degli impulsi riflessi ed al valore stimato di alcune proprietà fisiche del substrato, il sistema elabora una stima delle profondità delle varie interfacce rilevate. Le proprietà fisiche dei materiali che governano la propagazione delle onde elettromagnetiche sono la costante dielettrica e l'attenuazione.

La costante dielettrica relativa ( $\epsilon_r$ ) è un parametro adimensionale che esprime il rapporto tra la velocità degli impulsi elettromagnetici nel vuoto e nel materiale in oggetto:  $\epsilon_r = c^2/v^2$

Dove  $c$  è la velocità della luce nel vuoto ( $3 \cdot 10^8$  m/s) e  $v_r$  è la velocità delle onde elettromagnetiche nel materiale considerato. La conoscenza della costante dielettrica relativa (o della velocità di propagazione  $v_r$ ) è essenziale ai fini interpretativi, in quanto permette di calcolare la profondità ( $h$ ) di una superficie riflettente. Infatti:  $h = ct_r/2\sqrt{\epsilon_r}$

Dove  $t_r$  è il tempo trascorso tra l'emissione e la ricezione dell'impulso.

L'attenuazione esprime invece la diminuzione dell'intensità del segnale per unità di lunghezza percorsa all'interno del materiale. Essa può essere considerata una funzione complessa della conducibilità elettrica, un'altra caratteristica fisica dei materiali, ed è espressa in dB/m. In generale è possibile affermare che la profondità di indagine massima ottenibile in un determinato materiale dipende dal suo valore di attenuazione. Valori elevati si hanno per i materiali caratterizzati da elevati valori di conducibilità elettrica quali limi, argille, materiali cristallini solubili, metalli e acque saline; valori bassi sono invece caratteristici di rocce cristalline, ghiaie, sabbie e acque demineralizzate.

I materiali caratterizzati da elevati valori di attenuazione limitano in modo determinante la profondità di indagine; per contro, i materiali ad elevato valore di attenuazione sono ottimi bersagli in quanto riflettono buona parte della radiazione incidente. Risoluzione e profondità di indagine dipendono anche dalla frequenza delle onde elettromagnetiche utilizzate. In linea generale, al crescere della frequenza si ha un aumento della risoluzione ed una diminuzione della profondità investigabile. Le frequenze normalmente utilizzate sono comprese tra 100Mhz e 2Ghz.

Una sezione GPR si effettua ripetendo il ciclo di trasmissione e ricezione innumerevoli volte spostando progressivamente l'antenna lungo una direzione prefissata; il programma di elaborazione provvede ad accostare opportunamente le tracce dei segnali ricevuti. I segnali appaiono solitamente in varie tonalità di colore in funzione della loro intensità. Per effettuare un profilo esistono due differenti tecniche operative: la metodologia nel dominio del tempo e quella nel dominio dello spazio. Esse differiscono tra loro per le modalità con cui viene effettuata la ripetizione del ciclo trasmissione / ricezione dell'impulso radar.

Nei profili in dominio del tempo gli impulsi radar vengono emessi ad intervalli di tempo costanti (da 1 a 100ms). L'operatore deve in questo caso muovere l'antenna sulla superficie da investigare, lungo una determinata direzione, mantenendo una velocità costante. Soltanto così sarà possibile, in fase di interpretazione, associare la posizione di un riflettore individuato sulla sezione GPR alla reale posizione sul terreno.

Nelle sezioni GPR nel dominio dello spazio l'intervallo tra gli impulsi è regolato in funzione della posizione. I georadar in grado di operare nel dominio dello spazio si avvalgono di un trasduttore di posizione mediante il quale il sistema tiene conto dello spazio percorso dall'antenna. L'emissione degli impulsi radar viene effettuata ogniqualvolta il sistema rileva che l'antenna (spinta dall'operatore) ha percorso una determinata lunghezza (da 10 mm a 1m). In questo modo l'operatore può spostare l'antenna più o meno velocemente, fermarsi e ripartire senza che ciò si ripercuota sull'accuratezza della sezione. Le sezioni GPR nel dominio dello spazio offrono una precisione assai più elevata nella localizzazione dei riflettori in senso longitudinale.

### 7.3.1 INDAGINE ESEGUITA

Nell'area oggetto di indagine con la esclusiva finalità di garantire la sicurezza degli operatori dell'indagine geognostica sino state eseguite misurazioni georadar GPR puntuali in corrispondenza di ogni punto di sondaggio e di prova penetrometrica al fine di accertare la eventuale presenza potenziale di sottoservizi quali linee elettriche o gas, utilizzando la metodologia operativa nel dominio dello spazio. Rispetto al punto di perforazione i profili georadar sono stati eseguiti incrociati. I principali parametri e la strumentazione utilizzata sono riassunti nella seguente tabella.

<b>Strumentazione:</b>	<b>GSSI SIR-4000</b>
Scansioni al secondo	333.00
Scansioni / unità (m)	50.00
Campionamenti / scansione	512
Bit / campione	32
Tipologia di antenna	Doppia frequenza 300-800 MHz
Velocità trasmissione	800 Khz
Finestra temporale	20000 nsec.
Ruota	Odometrica



Per la elaborazione dei dati si è utilizzato il Software RADAN 7 per Windows 7.

## 7.4 MODALITA' DELLA PROSPEZIONE GEOSISMICA CON METODO MASW

### 7.4.1 PREMESSA

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive più di due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale ciascuna componente di frequenza dell'onda superficiale ha una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) che, a sua volta, corrisponde ad una diversa lunghezza d'onda per ciascuna frequenza che si propaga. Questa proprietà si chiama dispersione.

Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici.

L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse è stata utilizzata nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Dei valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità sono necessari per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali.

Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello impuntabile alle attività umane.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) e fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza indipendentemente dalla distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione. La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una



opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

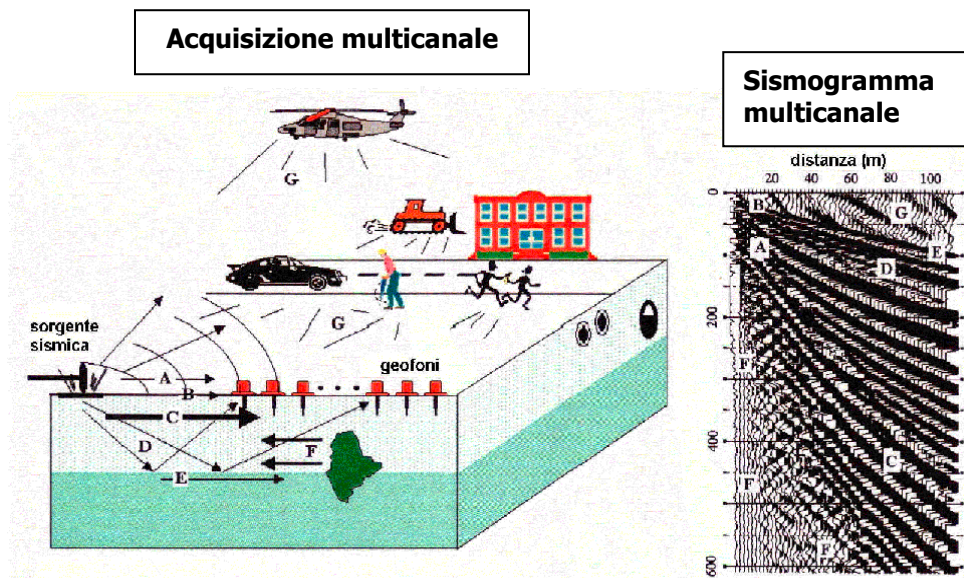
La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili (x; y) il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo Vs di inversione.

Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione. MASW può essere efficace con anche solo dodici canali di registrazione, meglio a ventiquattro canali, collegati a geofoni singoli a bassa frequenza (<10Hz).

Per quanto riguarda le proprietà di dispersione delle onde di superficie: le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori) sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (Vs) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La strumentazione utilizzata per la acquisizione dei dati è costituita da:

- Un sismografo Sara Electronic Instruments a 24 canali;
- 24 geofoni a 4.5 Hz;
- Una mazza da 6 Kg con relativa piastra di battuta

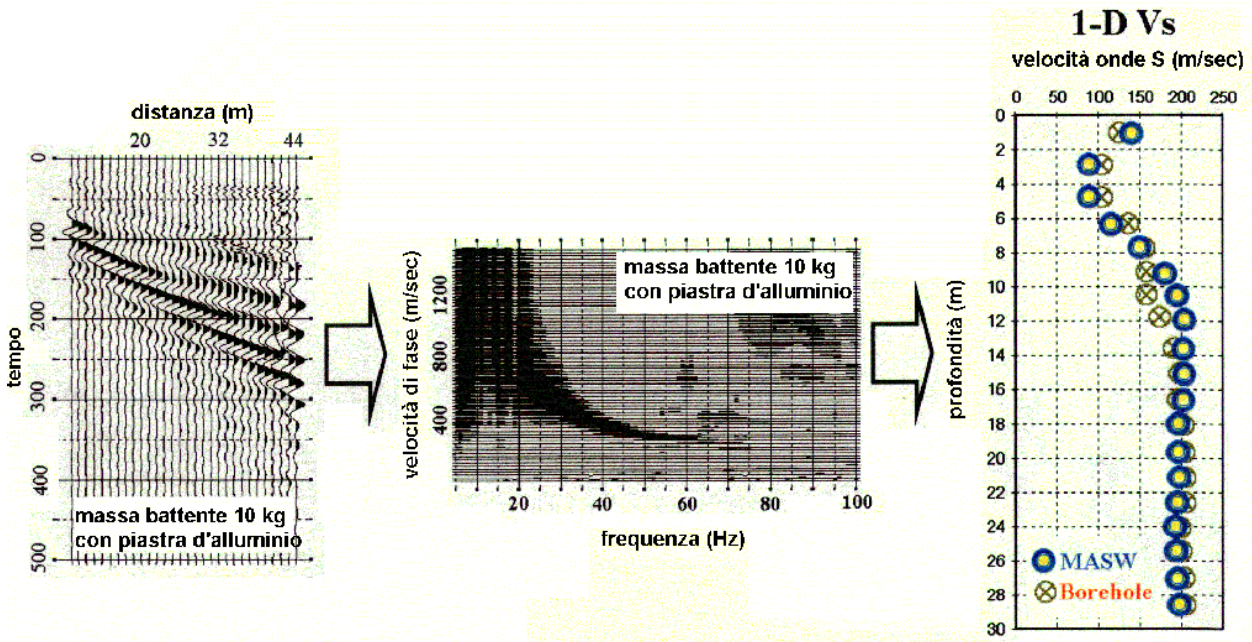


- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| A: onde in aria       | E: onde rifratte     |
| B: onde dirette       | F: onde riverberate  |
| C: onde di superficie | G: rumore ambientale |
| D: onde riflesse      |                      |

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità



### 7.4.2 RISULTATI

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato

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

N numero di strati

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella.

Categoria di sottosuolo	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 fra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.
D	Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

#### Condizioni topografiche

per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nell'indagine eseguita si sono riscontrati i seguenti valori:

$$V_{\text{Seq}=30} = \mathbf{518,3 \text{ m/s}}$$
 (profondità inizio calcolo: 1.2 m da p.c.)

corrispondente alla: CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DI TIPO B

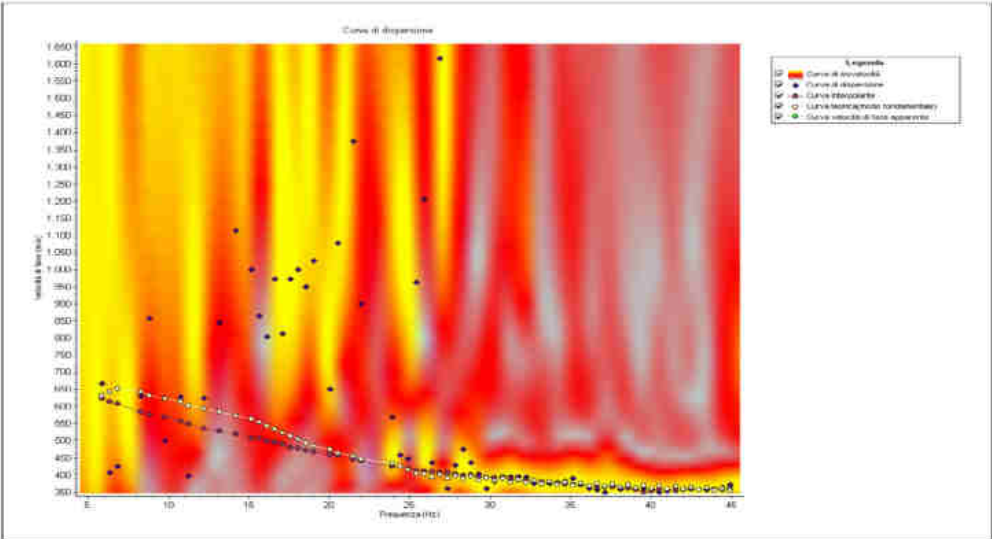
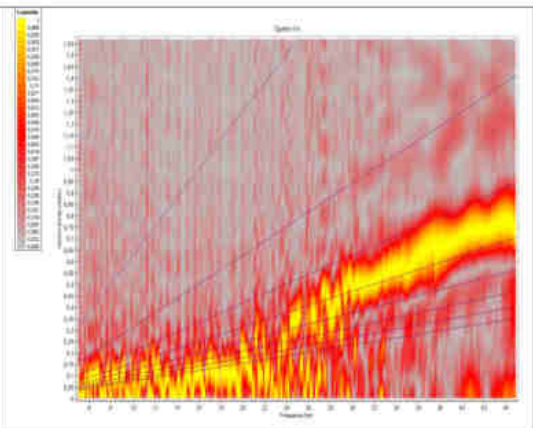
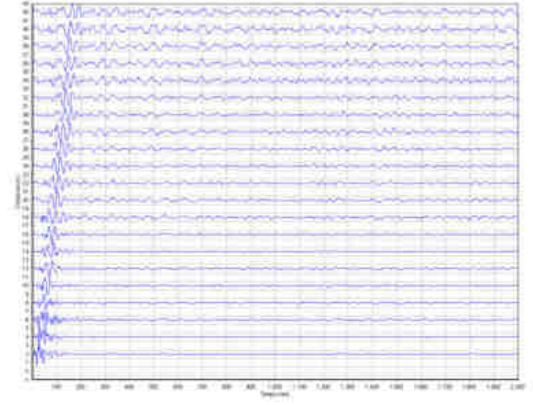
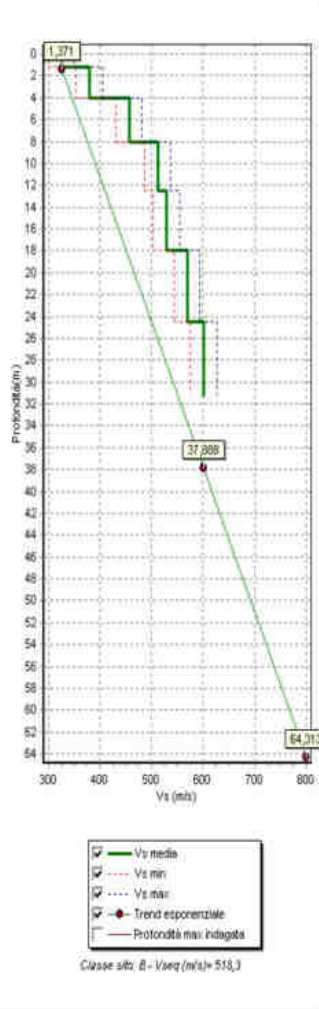
Si veda il successivo tabulato di interpretazione.

La componente geologica comunale prevede l'obbligo di eseguire la verifica di terzo livello sismico per edifici strategici o rilevanti, quale questo è classificato (classe d'uso IV), che verrà sviluppata in successivo capitolo.



Riassunto interpretazione MASW Cassano d'Adda (MI) - Via Trecella

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	1,2	326,0
2	4,0	380,0
3	8,0	457,0
4	12,5	512,0
5	18,0	529,0
6	24,5	569,0
7	31,2	601,0



## 7.5 MODALITA' DELLA PROSPEZIONE GEOSISMICA CON METODO HVSR

### 7.5.1 STIMA DEGLI EFFETTI DI SITO E DELLA VULNERABILITÀ SISMICA CON VELOCIMETRO TRIASSIALE. Tecnica di misurazione e strumentazione

La tecnica H.V.S.R. (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza degli edifici e dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica dell'opera. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali, moto ondoso, perturbazioni atmosferiche, ecc., sia all'azione antropica, traffico veicolare, macchinari, ecc.. Si è riconosciuto, a partire dagli anni settanta, che i microtremori tendono a eccitare le frequenze naturali di oscillazione dei terreni, permettendone l'individuazione. In pratica ciò che viene misurato sono, in certo intervallo di frequenze, solitamente 0.1-100 Hz, le velocità dei microtremori lungo il piano orizzontale e verticale (H e V) e il rapporto fra le due componenti (H/V). I valori di massimo locale (picchi positivi) di H/V ai quali corrispondono minimi locali di V individuano le frequenze di risonanza degli strati di terreno lungo la verticale di misura. Più elevato è il valore del rapporto H/V maggiore è il contrasto di impedenza sismica e quindi la variazione di velocità delle onde S fra livelli stratigrafici contigui.

La tecnica HVSR richiede l'utilizzo di un velocimetro triassiale, cioè di un sismometro a stazione singola in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), in un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 10-20 minuti). Il moto indotto nel terreno viene misurato in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z), secondo il passo di campionamento impostato dall'operatore. Le misure registrate vengono poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, dove H è la media delle misure lungo X e Y) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

Attraverso la tecnica HVSR è possibile:

1. valutare in maniera quantitativa gli effetti di sito (risposta sismica locale e suscettibilità alla liquefazione del terreno);
2. ricavare il profilo delle velocità delle onde S con la profondità e calcolare il parametro  $V_{s30}$ ;
3. analizzare la vulnerabilità sismica degli edifici, esistenti o in progetto.

## 7.5.2 EFFETTI DI SITO

### Risposta sismica locale

Le onde di taglio (S) sono le principali responsabili delle lesioni che subiscono gli edifici durante un evento sismico. Infatti, mentre le onde di compressione (P) agiscono sulle sovrastrutture in direzione prevalentemente verticale (moto sussultorio), le onde S sollecitano le stesse con forze di taglio lungo il piano orizzontale (moto ondulatorio), dove gli elementi strutturali sono più vulnerabili. Nelle analisi di pericolosità sismica è quindi fondamentale esaminare in dettaglio in che modo le onde S si propagano. E' infatti ampiamente dimostrato che questo tipo di oscillazione durante il percorso verso la superficie può subire un'azione di filtraggio che tende a ridistribuire l'energia associata al treno d'onda, concentrandola in determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali di vibrazione dei terreni attraversati. L'effetto finale è quello di amplificare le onde S che andranno a sollecitare l'opera. Questo fenomeno può essere dovuto sia a particolarità topografiche del sito (amplificazione topografica), come valli sepolte o zone di cresta o di versante in pendii naturali o artificiali, sia a variazioni brusche nelle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati lungo la verticale (amplificazione stratigrafica).

Lermo e Chavez-Garcia (1993), basandosi sul lavoro di Nakamura (1989), suggeriscono che lo spettro H/V possa essere visto, a tutti gli effetti, come rappresentativo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie. Secondo questi Autori quindi le ampiezze dei picchi stratigrafici nello spettro H/V possono essere interpretate direttamente come fattori di amplificazione del moto sismico, almeno per quanto riguarda la componente stratigrafica.

### Liquefazione dei terreni

Per liquefazione di un terreno s'intende il totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi \quad \text{con:}$$

c = coesione del terreno

$\sigma_{v0}$  = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

$\varphi$  = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza  $\tau$  si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a)  $c = 0$ ;

b)  $(\sigma_{v0} - u) = 0$ ;

(il caso  $\varphi = 0$  non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione  $c=0$  non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ( $\sigma_{v0} = u$ ). In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Nakamura (1996) propone di utilizzare il parametro  $K_g$ , ricavato con la tecnica HVSR, per quantificare la vulnerabilità sismica del sito, in riferimento soprattutto al fenomeno della liquefazione.  $K_g$ , detto indice di

vulnerabilità del sito, si ottiene con la seguente relazione: 
$$K_g = \frac{A_g^2}{F_g}$$

dove  $A_g$  è l'ampiezza del picco più importante dello spettro H/V e  $F_g$  la corrispondente frequenza. I siti con valore di  $K_g > 10$  sono da considerarsi a elevata vulnerabilità e quindi a rischio liquefazione, naturalmente partendo dal presupposto che ci siano le condizioni geologiche perché il fenomeno possa avvenire.



### 7.5.3 PROFILO VELOCITÀ DELLE ONDE S E CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO SECONDO IL D.M. 17.01.2018

Il D.M. 17.01.2018 suggerisce come riferimento di calcolo dell'amplificazione sismica locale, in particolare della componente stratigrafica, un metodo semplificato basato sulla stima del parametro  $V_{seq}$ . Per  $V_{seq}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati di copertura fino alla profondità  $H$  in cui giace il bedrock, caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s, calcolata secondo la relazione:

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

dove  $H$  viene posto uguale a 30 m nel caso in cui il bedrock si trovi a una profondità superiore.

Sulla base del valore calcolato di  $V_{seq}$  vengono identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Categ. Sottos.	Descrizione	Spessore (m)	$V_s$ (m/s)
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.	Qualsiasi	>800
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.	> 30 m	$\geq 360$ $\leq 800$
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.	> 30 m	$\geq 180$ $\leq 360$
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.	> 30 m	< 180
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.	Fino a 30 m	$\approx$ C e D

Una valutazione del parametro  $V_{seq}$  può essere condotta attraverso l'inversione vincolata dello spettro  $H/V$  ricavata con il velocimetro triassiale. In pratica viene utilizzata la relazione che lega la frequenza di risonanza del terreno ( $f$ ) alla velocità delle onde S nel terreno stesso ( $V_s$ ):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4h}$$

dove  $h$  è la profondità della base dello strato. Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, solitamente il primo, è possibile procedere all'inversione dello spettro  $H/V$ , modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata. Normalmente i picchi alle alte frequenze (>10 Hz) segnalano la presenza di passaggi stratigrafici molto superficiali, quelli alle basse frequenze (<1 Hz) variazioni stratigrafiche profonde. Poiché le inversioni di velocità, cioè il passaggio andando in profondità da livelli veloci a livelli meno veloci, non da origine a picchi nello spettro  $H/V$ , queste non possono essere

rilevate direttamente. Un indizio della presenza di inversioni di velocità può essere fornito però, indirettamente, dall'andamento dello spettro H/V: ampi intervalli di frequenza in cui costantemente il rapporto H/V si mantiene minore di uno sono spesso associabili a variazioni negative delle velocità con la profondità.

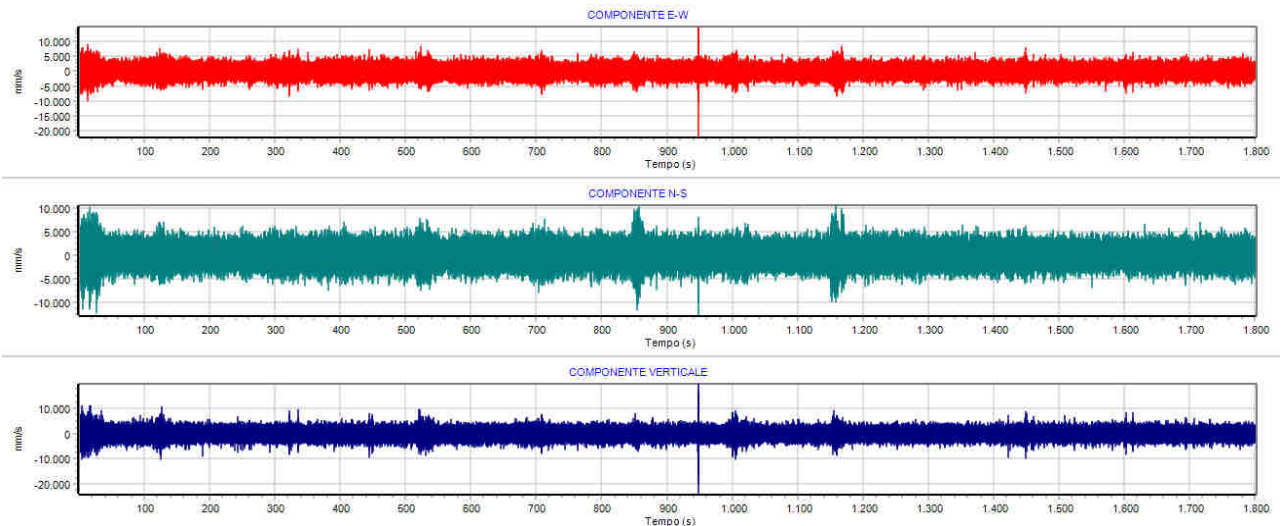
Si tenga presente infine che in realtà i microtremori sono costituiti in parte da onde di superficie e non solo quindi da onde di taglio, ma poiché le velocità dei due tipi di oscillazione sono confrontabili la procedura descritta può essere impiegata senza introdurre errori significativi.

#### 7.5.4 VULNERABILITÀ SISMICA DELL'OPERA

Per vulnerabilità sismica s'intende la suscettibilità di un'opera a subire lesioni in seguito alle sollecitazioni indotte dal sisma. E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di edificazione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura. In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sull'opera.

Negli edifici esistenti il valore della frequenza fondamentale di risonanza può essere invece misurato direttamente con il velocimetro triassiale. In questo caso è necessario misurare il rapporto  $H_i/H_0$ , dove  $H_0$  è lo spettro della componente orizzontale, lungo X o Y, riferita al piano terra e  $H_i$  la stessa componente misurata al piano i-esimo. Nella pratica spesso si eseguono solo due misure, ubicate lungo la stessa verticale, una al piano terra e una all'ultimo piano dell'edificio. Il picco positivo massimo dello spettro  $H_i/H_0$  indica direttamente la frequenza di risonanza fondamentale della struttura.

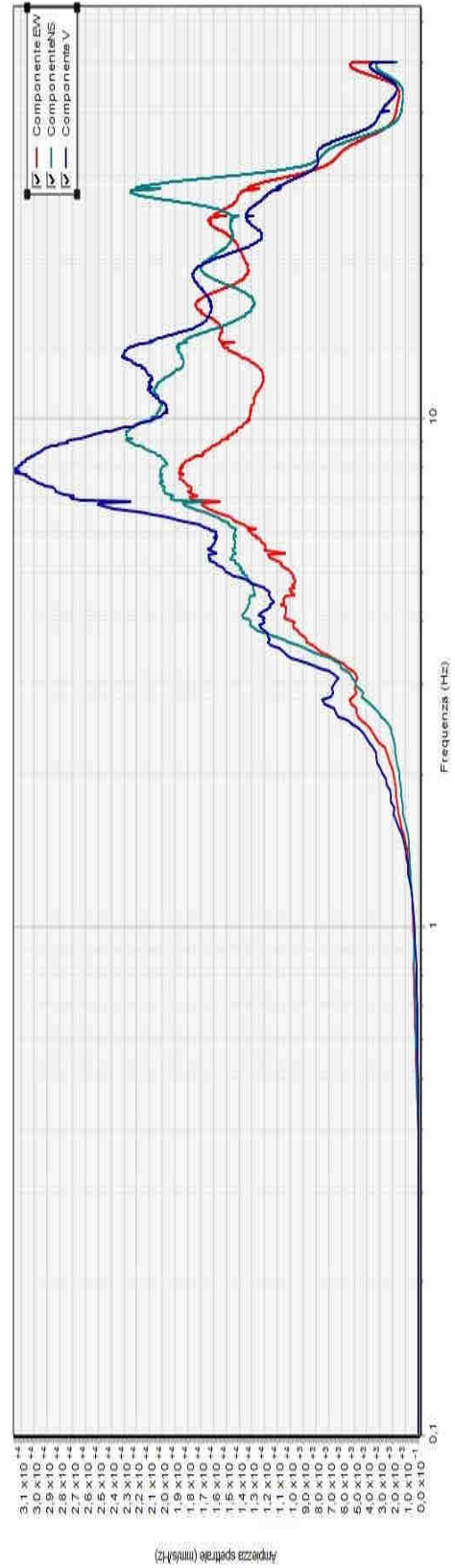
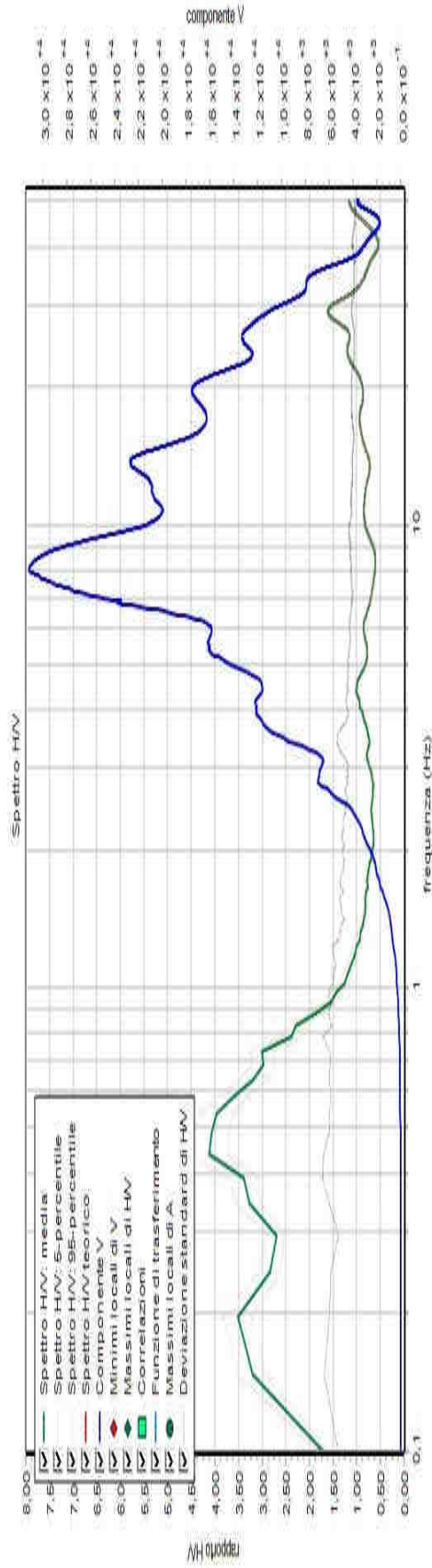
#### 7.5.5 RISULTATI DELL'ANALISI



Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 30 minuti

**HVSR N° 1**

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.



Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito ( $K_g$ ) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di  $K_g$  uguale a 4.7. Il sito può essere perciò classificato, secondo Nakamura (1996), come a bassa pericolosità sismica locale.

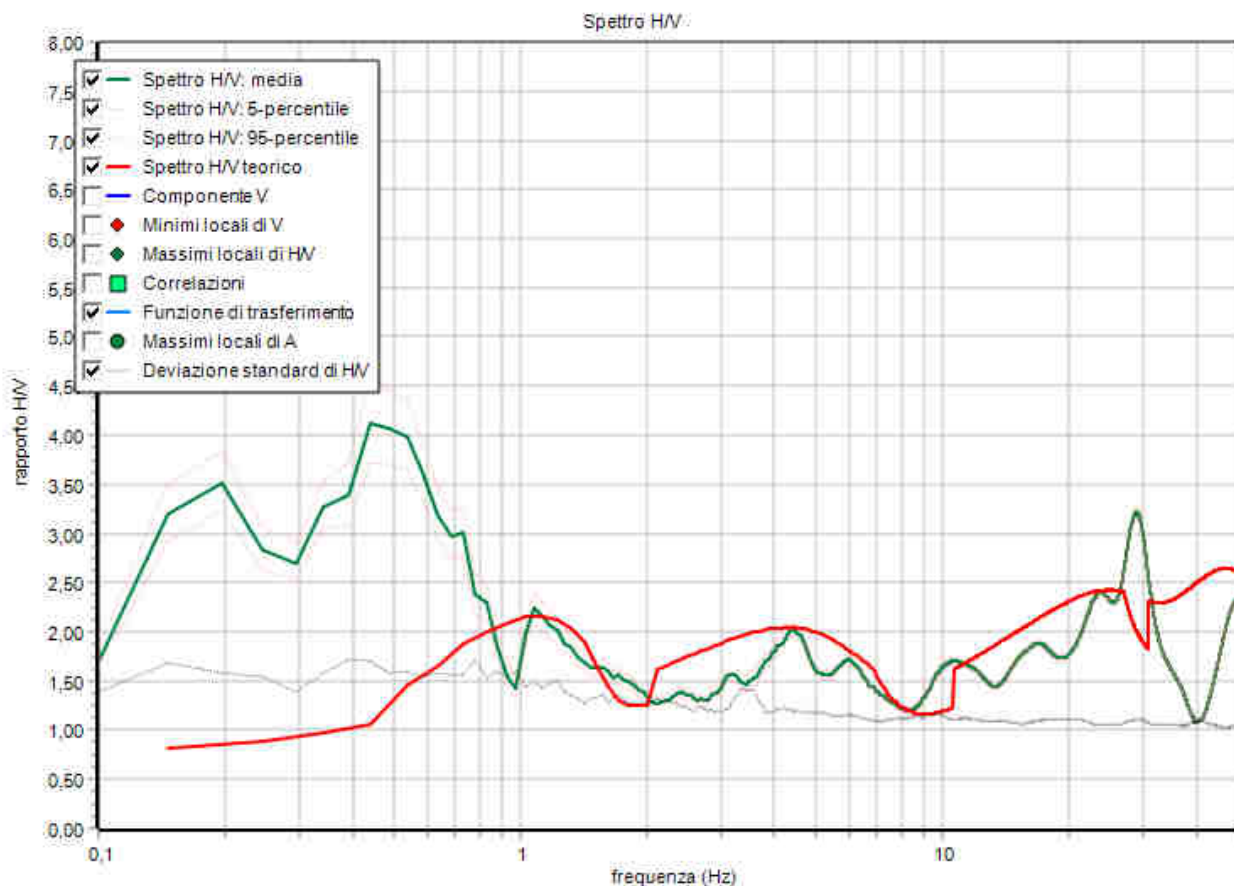
Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteria SESAME(2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$  = lunghezza della finestra (s) -  $N_w$  = n. finestre -  $f_p$  (Hz) = frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$  = deviazione standard

N	fz (Hz)	H/V	$K_g$	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	50,0	2,33	0,11	0,29	0,17	0,15	Si	Si	Si
2	23,73	2,4	0,24	0,8	0,46	0,39	Si	Si	Si
3	16,85	1,89	0,21	1,26	0,73	0,62	Si	Si	Si
4	10,74	1,7	0,27	2,29	1,33	1,13	Si	Si	Si
5	5,96	1,72	0,5	5,03	2,93	2,48	Si	Si	Si
6	4,44	2,03	0,92	7,43	4,33	3,66	Si	Si	Si
7	3,17	1,57	0,77	11,63	6,78	5,73	Si	Si	Si
8	1,07	2,25	4,7	49,3	28,71	24,3	Si	Si	Si

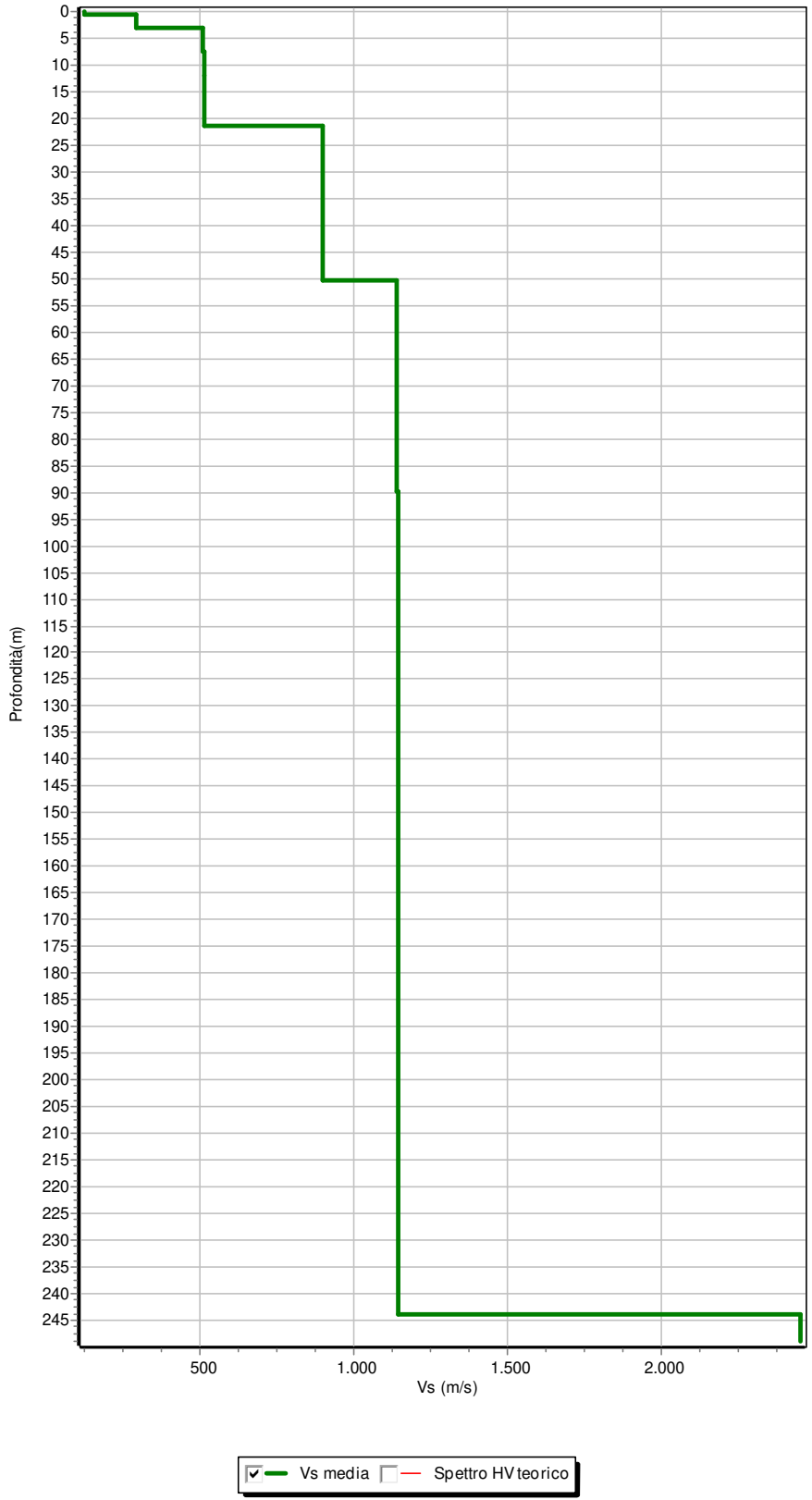




La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

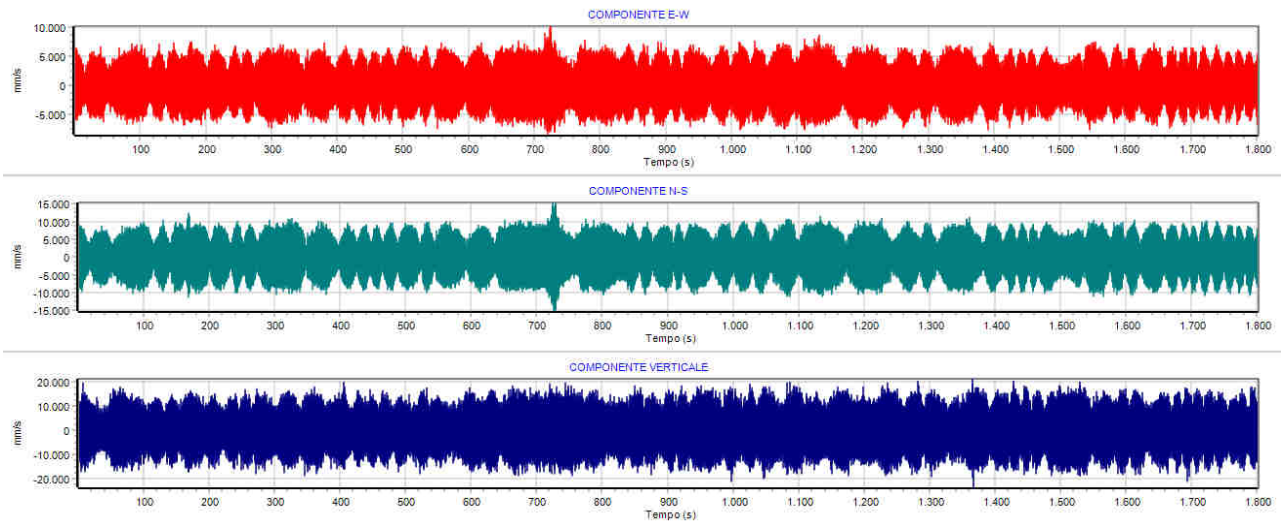
Profondità		z (m)	Vs (m/s)
da (m)	a (m)		
0,0	0,61	0,61	122
0,61	3,09	2,48	293
3,09	7,54	4,45	508
7,54	11,87	4,33	510
11,87	21,48	9,61	512
21,48	50,45	28,97	896
50,45	89,9	39,45	1140
89,9	243,9	154,0	1142
Oltre 243,9			2454



Classe sito: B - Vseq.(m/s)= 508,5

Il valore di  $V_{seq}$ , riferito al p.c. attuale, è risultato uguale a 509 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018.

## **7.5.6 RISULTATI DELL'ANALISI**

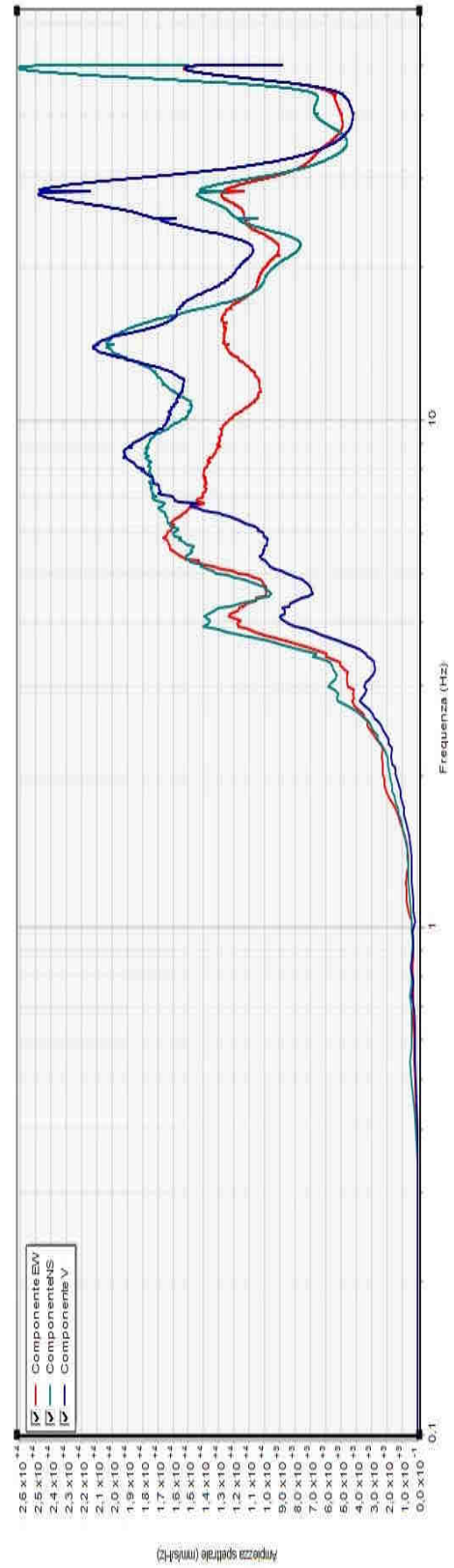
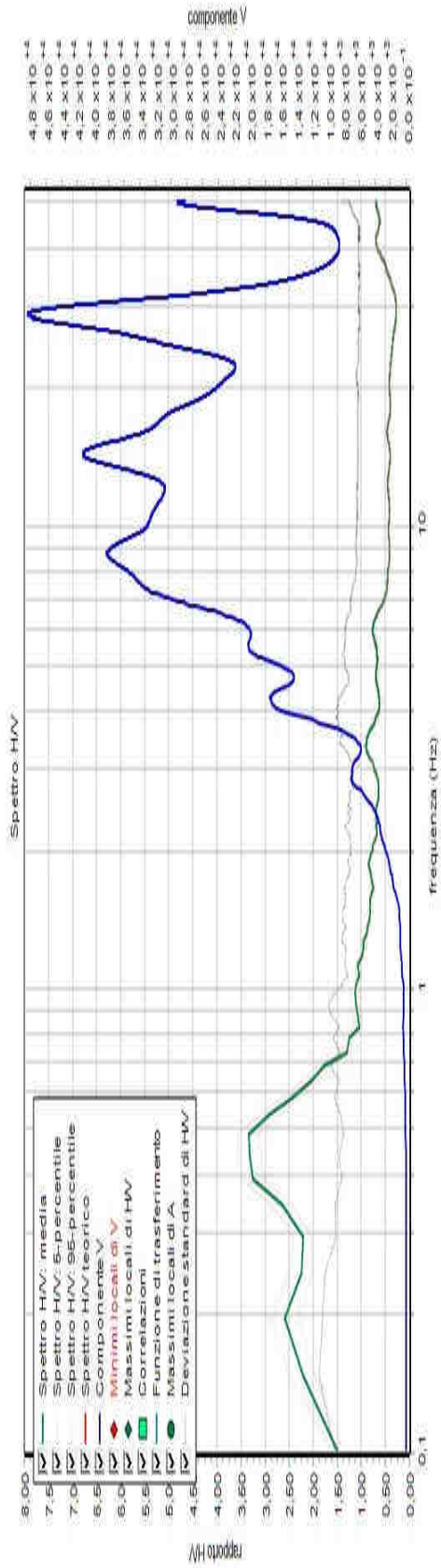


Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 30 minuti

**HVSR N° 2**

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.

823.0005G/1 2/2 02/17





Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito ( $K_g$ ) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

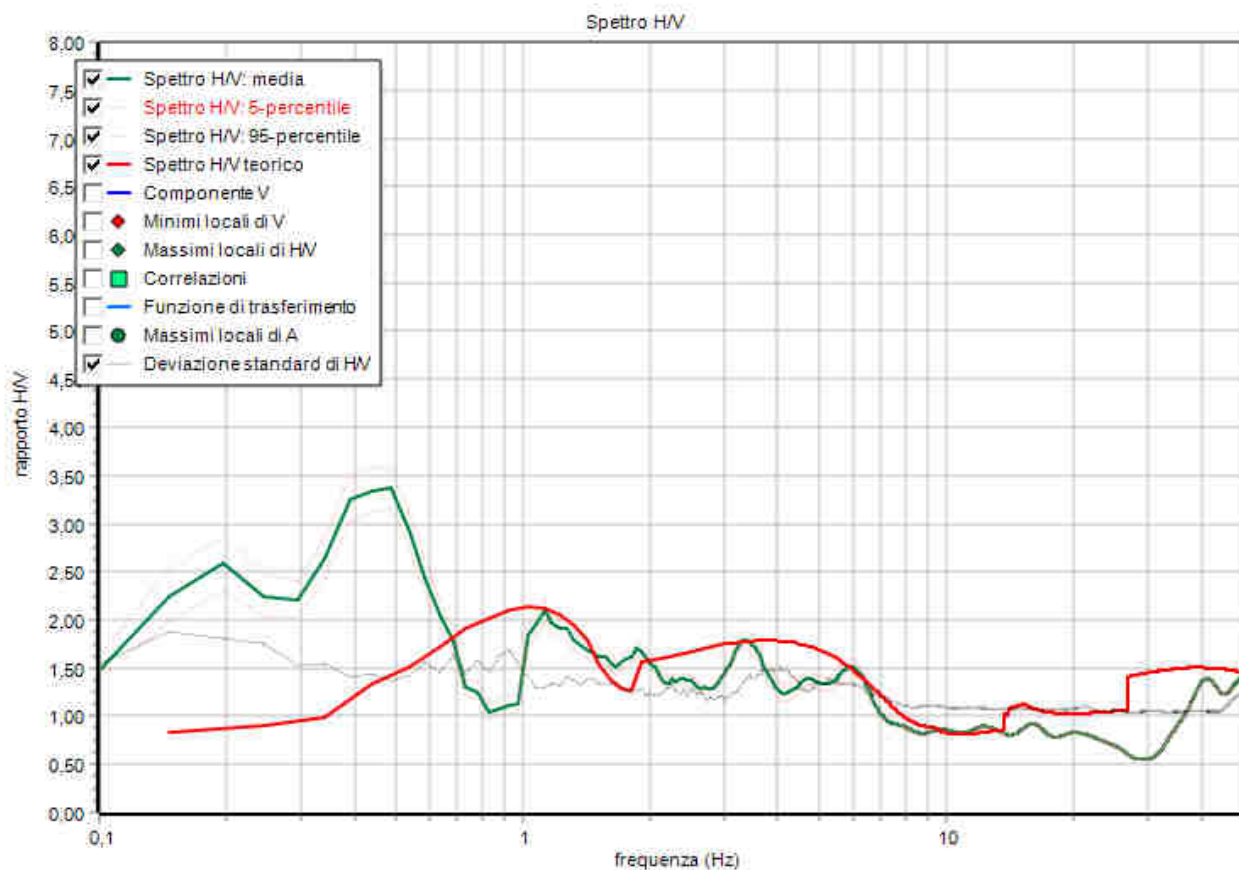
Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di  $K_g$  uguale a 3.9. Il sito può essere perciò classificato, secondo Nakamura (1996), come a bassa pericolosità sismica locale.

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteria SESAME(2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$  =lunghezza della finestra (s) -  $N_w$  =n. finestre -  $f_p$ (Hz)=frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$ =deviazione standard

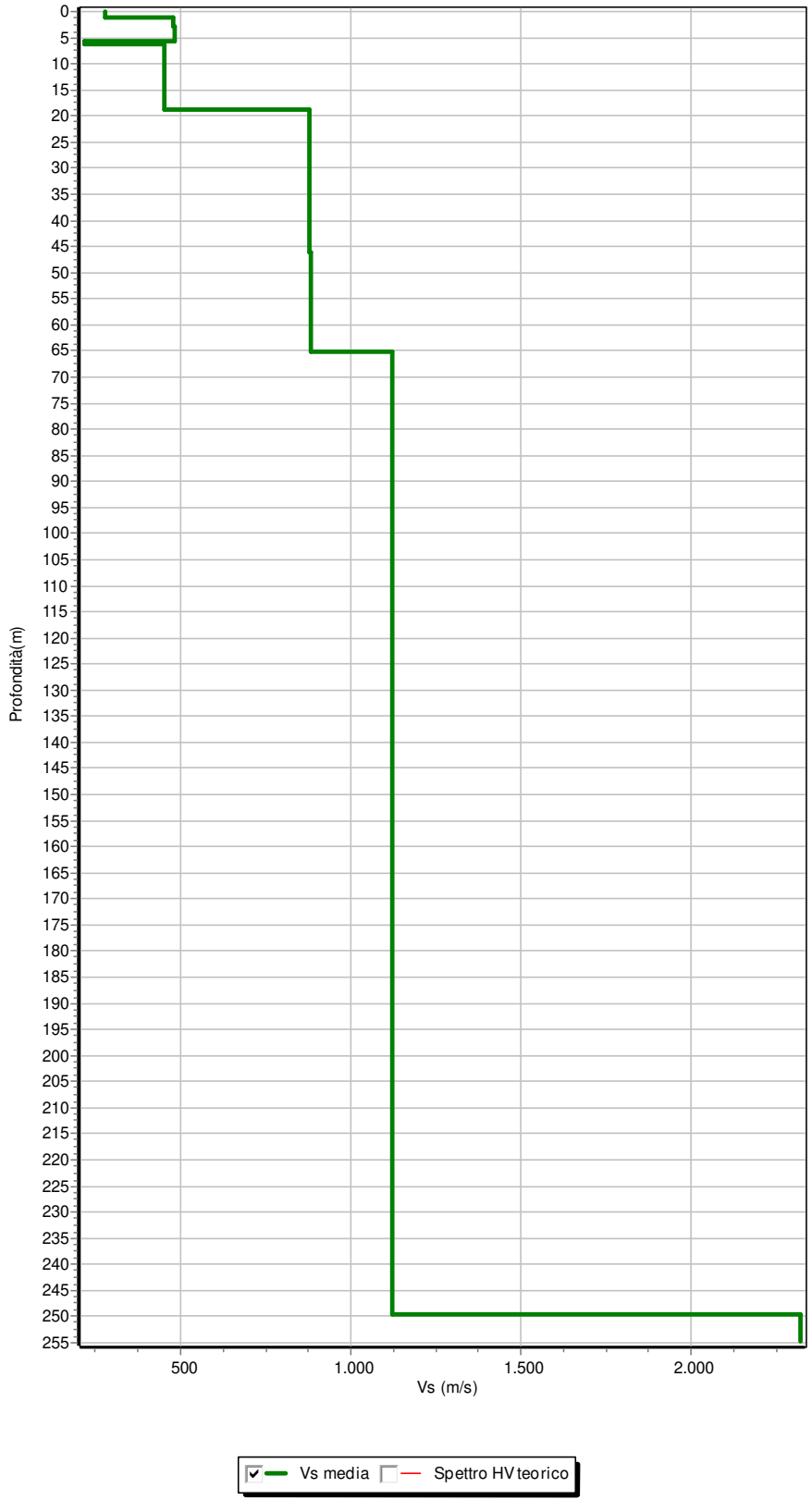
N	fz(Hz)	H/V	$K_g$	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	50,0	1,4	0,04	0,29	0,17	0,15	Si	Si	Si
2	41,16	1,39	0,05	0,38	0,22	0,19	Si	Si	Si
3	5,96	1,52	0,39	5,03	2,93	2,48	Si	Si	Si
4	4,74	1,39	0,41	6,82	3,97	3,36	Si	Si	Si
5	3,37	1,79	0,95	10,74	6,26	5,3	Si	Si	Si
6	1,12	2,1	3,92	46,46	27,06	22,9	Si	Si	Si



La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

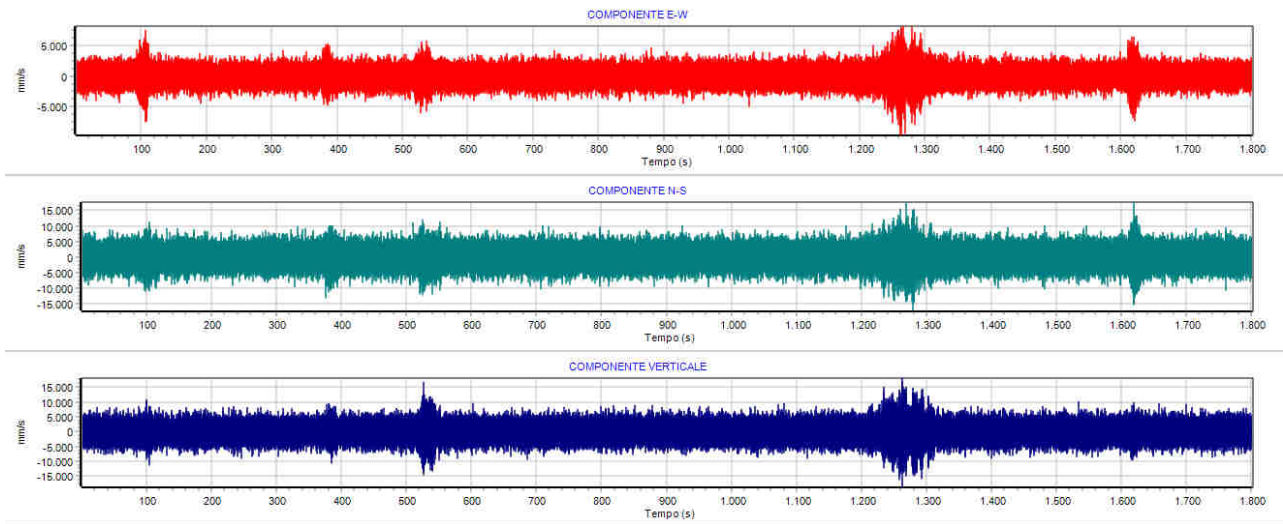
Profondità		z (m)	Vs (m/s)
da (m)	a (m)		
0,0	1,03	1,03	275
1,03	2,71	1,68	478
2,71	5,77	3,06	480
5,77	6,28	0,51	216
6,28	18,71	12,43	451
18,71	46,15	27,44	879
46,15	65,14	18,99	881
65,14	249,72	184,58	1120
Oltre 249,72			2322



Classe sito: B - Vseq.(m/s)= 531,9

Il valore di  $V_{seq}$ , riferito al p.c. attuale, è risultato uguale a 532 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018.

## **7.5.7 RISULTATI DELL'ANALISI**



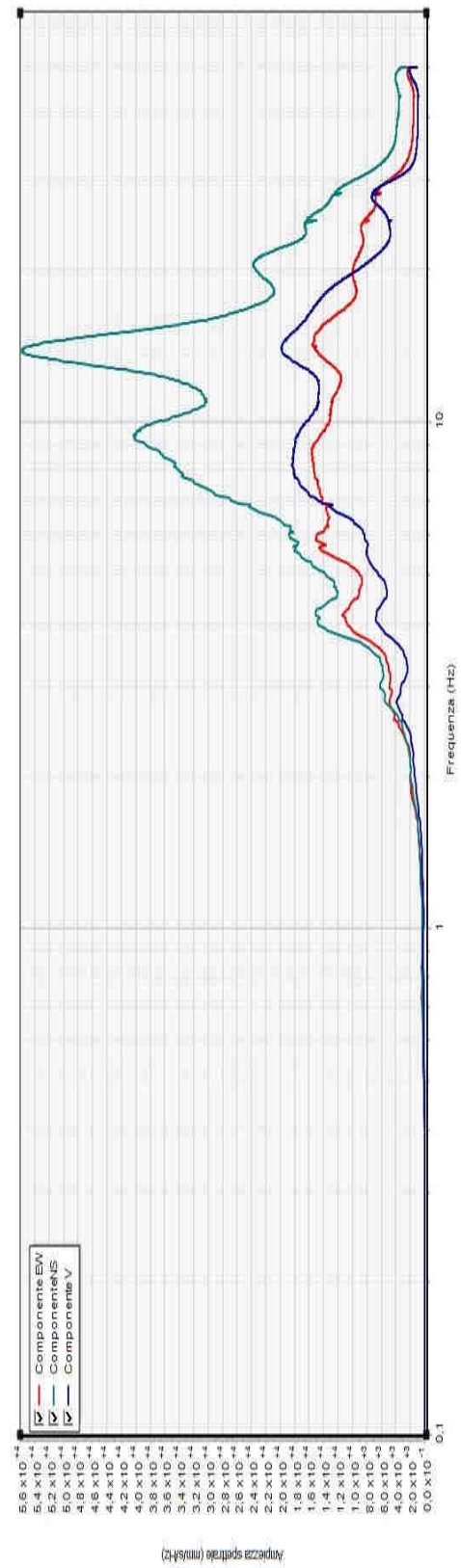
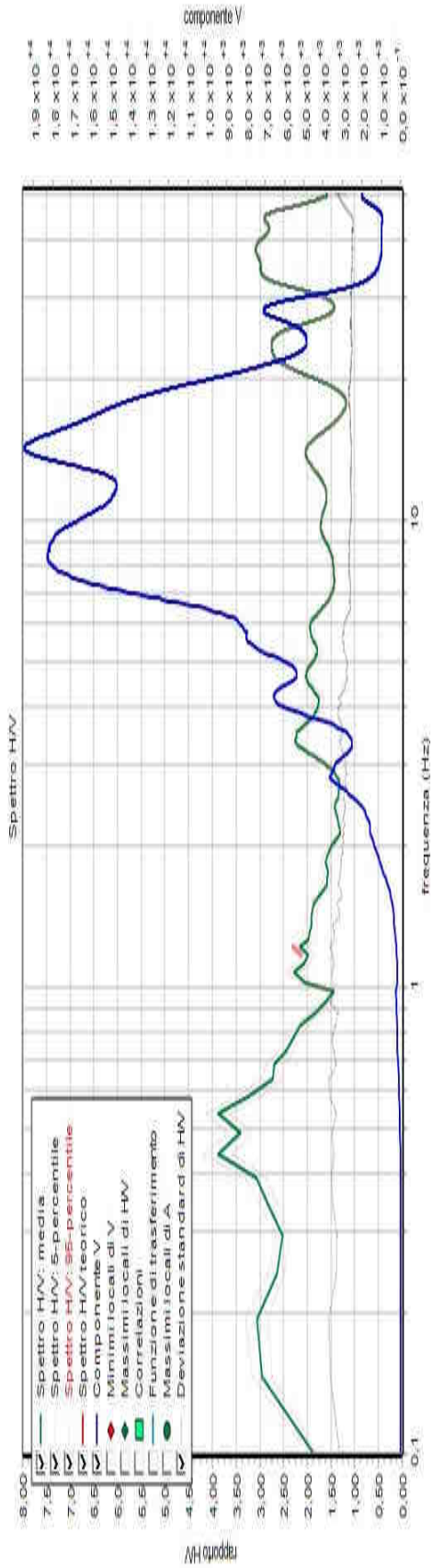
Microtremori lungo le componenti Nord-Sud, Est-Ovest, Alto-Basso. Durata della registrazione: 30 minuti

**HVSR N° 3**

Si riportano di seguito gli spettri H/V e V registrati nel sito di misura.



823.0005G/1 2/2 02/17



Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V (Up-Down component in legenda), fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

L'indice di vulnerabilità del sito ( $K_g$ ) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica.

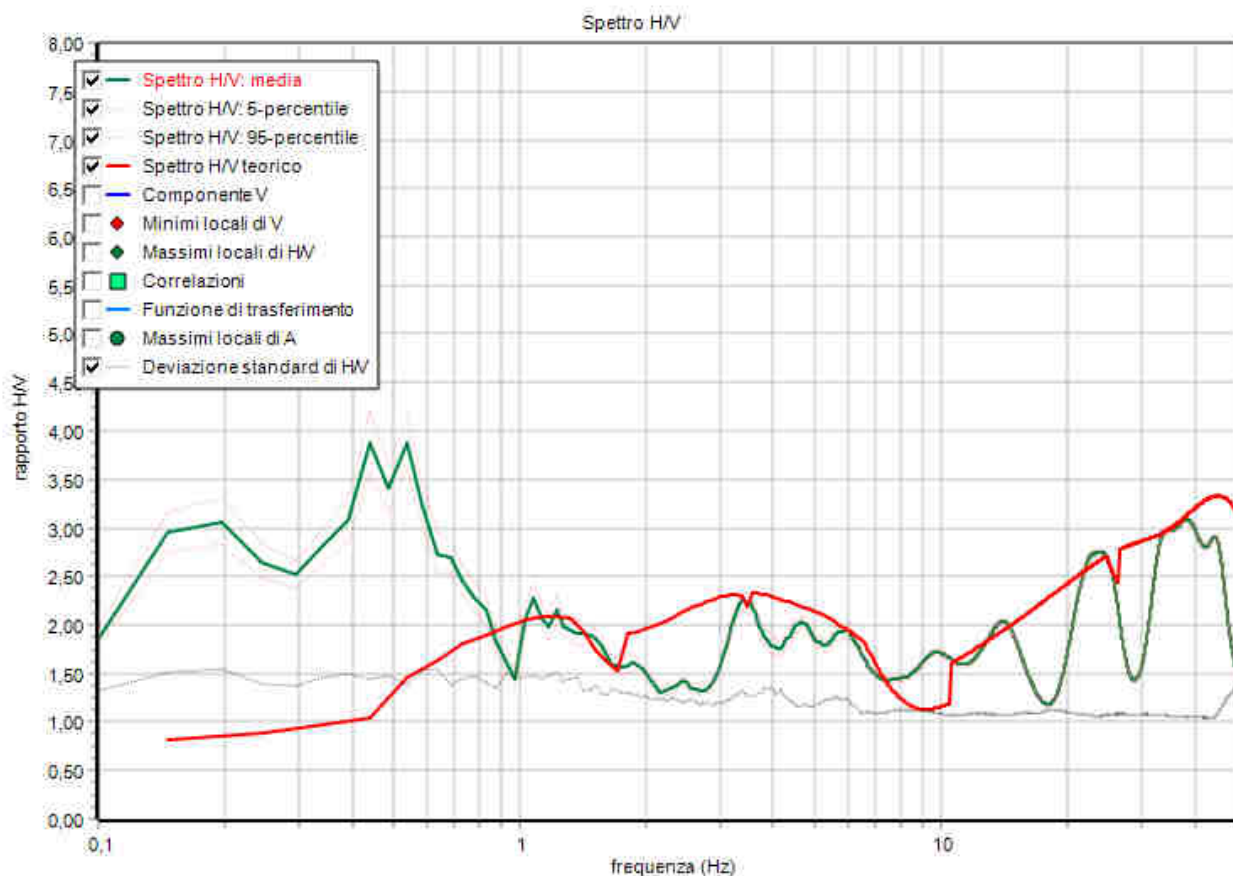
Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di  $K_g$  uguale a 4.8. Il sito può essere perciò classificato, secondo Nakamura (1996), come a bassa pericolosità sismica locale.

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1:  $f_p > 10/L_w$  - S2:  $L_w \times N_w \times f_p > 200$  - S3:  $s_a < 2$  per  $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA:  $L_w$  = lunghezza della finestra (s) -  $N_w$  = n. finestre -  $f_p$  (Hz) = frequenza del picco stratigrafico -  $s_a$  = deviazione standard

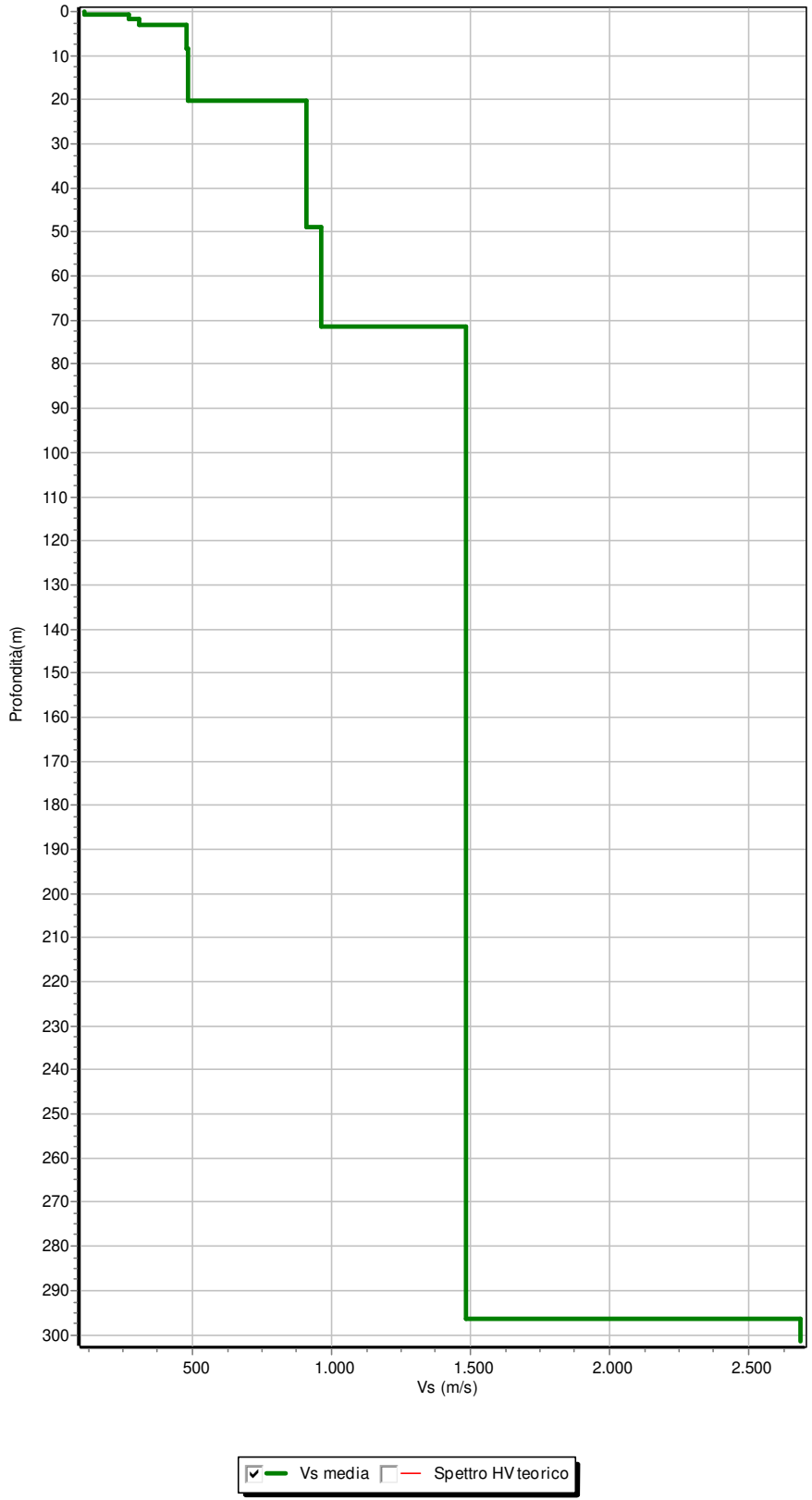
N	$f_z$ (Hz)	H/V	$K_g$	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	1,07	2,27	4,8	49,3	28,71	24,3	Si	Si	Si
2	3,37	2,25	1,51	10,74	6,26	5,3	Si	Si	Si
3	4,64	2,03	0,89	7,01	4,09	3,46	Si	Si	Si
4	5,96	1,95	0,64	5,03	2,93	2,48	Si	Si	Si
5	14,01	2,04	0,3	1,61	0,94	0,79	Si	Si	Si
6	23,83	2,76	0,32	0,79	0,46	0,39	Si	Si	Si
7	38,23	3,09	0,25	0,42	0,25	0,21	Si	Si	Si
8	44,58	2,91	0,19	0,34	0,2	0,17	Si	Si	Si



La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.

L'inversione ha consentito di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità. Si è ricavato il seguente profilo di velocità:

Profondità		z (m)	Vs (m/s)
da (m)	a (m)		
0,0	0,59	0,59	114
0,59	1,75	1,16	271
1,75	3,11	1,36	312
3,11	8,29	5,18	478
8,29	20,38	12,09	486
20,38	48,92	28,54	908
48,92	71,51	22,59	964
71,51	296,51	225,0	1482
Oltre 296,51			2684



Classe sito: B - Vseq.(m/s)= 499,0

Il valore di  $V_{seq}$ , riferito al p.c. attuale, è risultato uguale a 499 m/s, valore che pone il sito nella categoria di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018.

## **8 VERIFICA SISMICA DI TERZO LIVELLO**

### **8.1 PREMESSA**

Nella recente Normativa Sismica (Ordinanza del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003) tutto il territorio Nazionale è stato suddiviso in quattro zone. A seguito del: D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), il comune di Cassano D'Adda risulta in Zona Sismica 3 con accelerazione massima di 0,094493 m/s<sup>2</sup>. Nel settembre 2005 è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale la nuova Normativa Italiana sulle Costruzioni, il cosiddetto Testo Unico (DM 14/09/2005); poi successivamente viene realizzata una nuova versione (DM 14/01/2008) pubblicata in Gazzetta Ufficiale n°29 del 4 febbraio con successiva pubblicazione della Circolare n° 617 del 02/02/2009, Gazzetta ufficiale n°47 del 27 febbraio 2009-Suppl. Ordinario n°27: Istruzioni per l'applicazione delle NTC di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Infine con decorrenza dal 22 marzo 2018 sono diventate cogenti le nuove NTC 2018. Già ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008 la determinazione delle azioni sismiche non doveva più essere fatta sulla base della zona sismica territorialmente definita ma sito per sito secondo l'allegato B del D.M., confermato dalle NTC 2018. Tutte le verifiche vanno fatte con il metodo degli stati limite in condizioni statiche ed in condizioni dinamiche facendo riferimento ai parametri sismici di calcolo di cui alle tabelle allegate alla NTC.

### **8.2 VALUTAZIONE DELLA AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA**

Come previsto dalla componente geologica comunale si procede in questo capitolo alla verifica sismica di terzo livello con valutazione della amplificazione sismica stratigrafica.

La procedura di calcolo si articola nei tre passaggi seguenti:

4. individuazione del moto sismico di riferimento;
5. calcolo della funzione di trasferimento media del terreno di copertura;
6. calcolo degli spettri di risposta elastici in superficie.



### 8.2.1 MOTO SISMICO DI RIFERIMENTO

Per il moto sismico di riferimento al bedrock sono stati utilizzati sette accelerogrammi relativi alla componente orizzontale del moto sismico estratti con il programma REXELite dall'European Strong-motion database, facendo riferimento a un sottosuolo di categoria A secondo il D.M. 17.01.2018 e allo S.L.V. I parametri di estrazione sono riassunti nell'immagine seguente.

#### REXELite Confirm Input Data

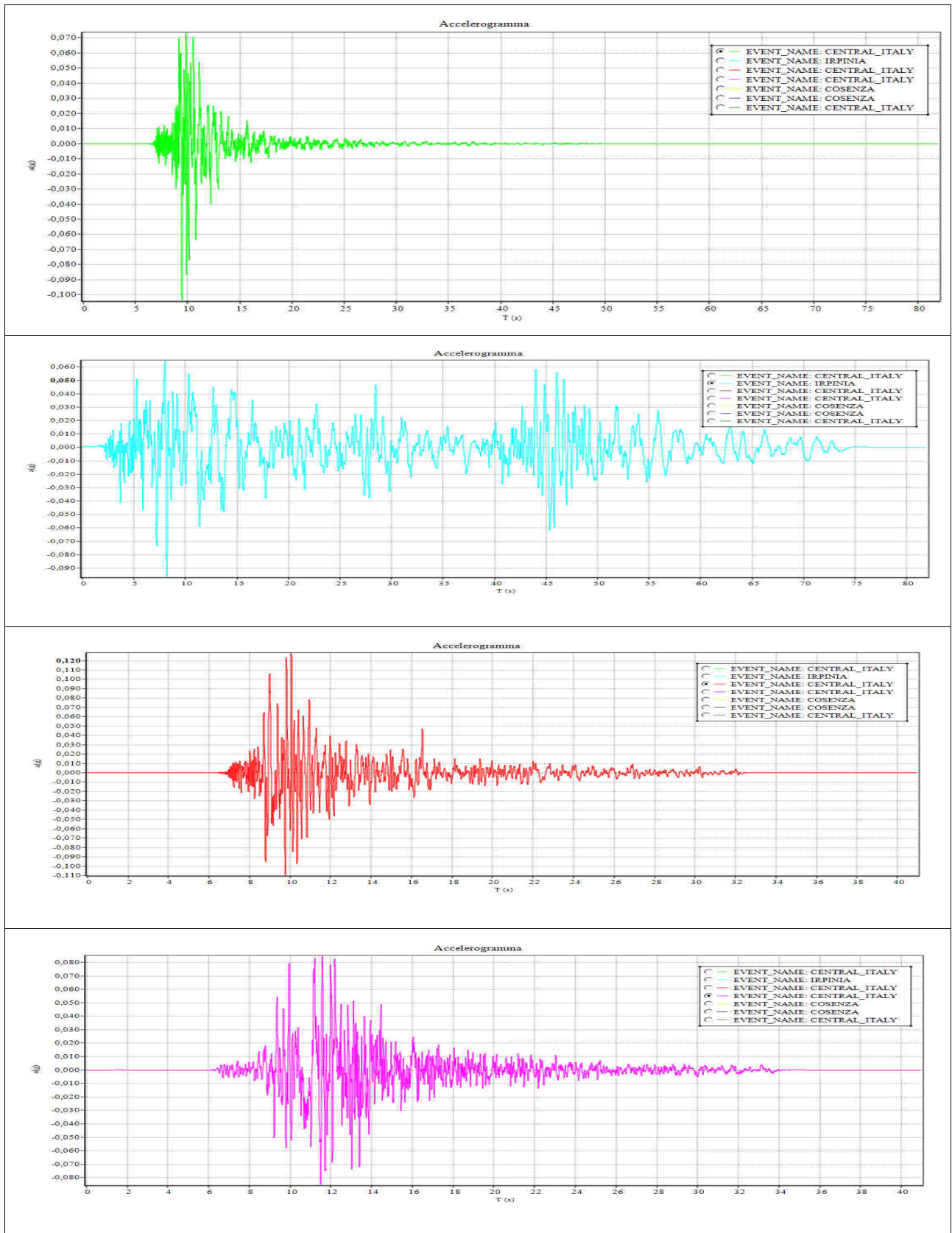
Session title	UntitledSession	
Latitude [degrees]	45.526	Longitude 9.5141
Site classification (EC8)	A	
Topography	T1 - flat surfaces, isolated cliffs and slopes with average slope angle not greater than 15°	
Nominal life [years]	50 years - ordinary structures	
Building functional type	4 - strategic structures (Cu=2.0)	
Limit state probability	Life safety (P=10%)	
Ground motion components	One horizontal component	
Station site classification criteria	A,A*	
Focal mechanism	Not selected	
Magnitude	min 5.0	max 6.5
Type of magnitude to use	Mw or Ml indifferently	
Epicentral distance [km]	min 0.0	max 50.0

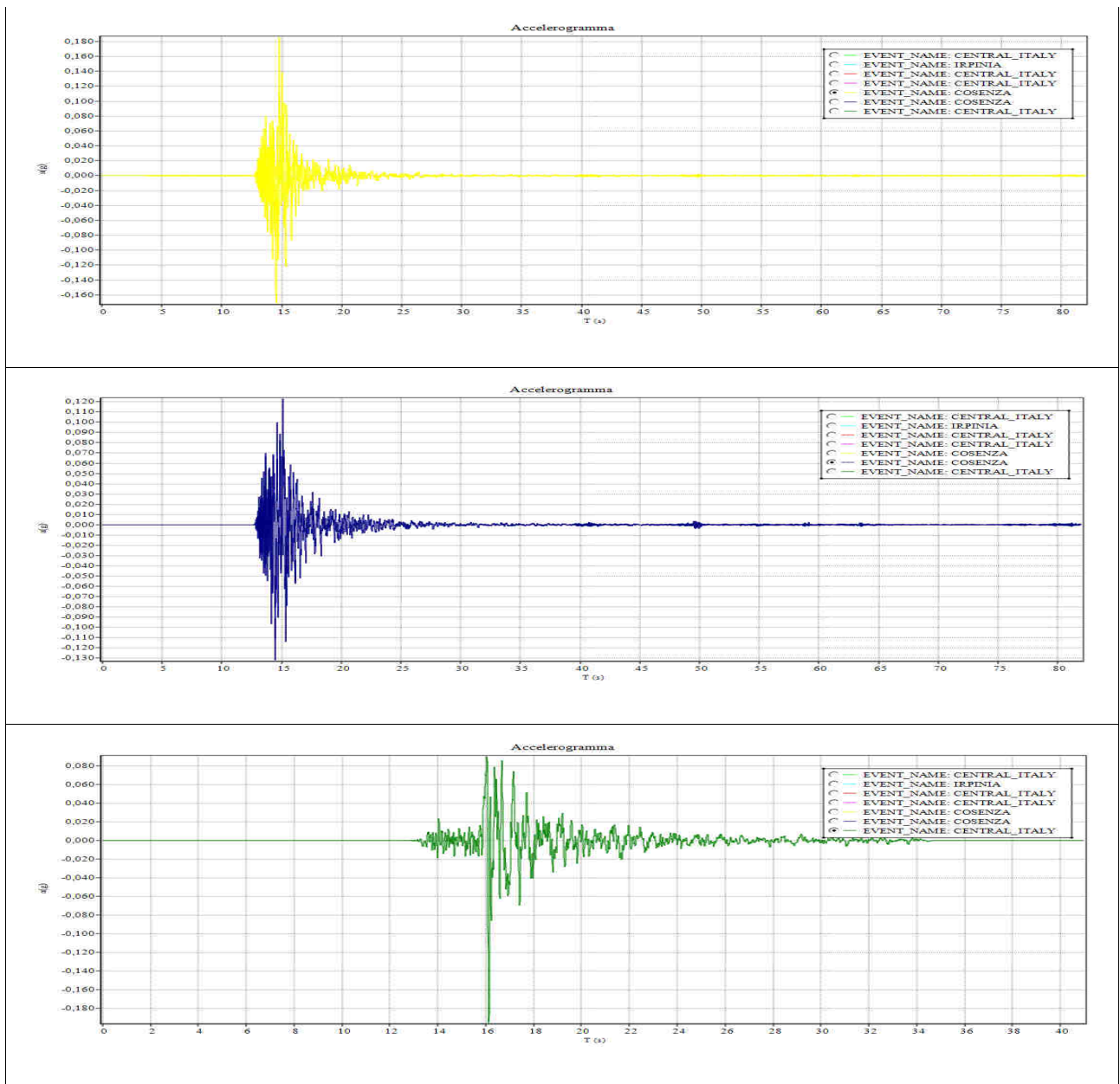
**Response spectrum - 5%**

The graph plots Spectral Acceleration (Sa) in cm/s<sup>2</sup> on the y-axis (0 to 4.500) against Period in seconds (s) on the x-axis (0.0 to 4.0). A shaded area on the left is labeled 'lower period' and a vertical line at 2.0s is labeled 'upper period'. The curves show a peak around 0.2s and then decay as the period increases.

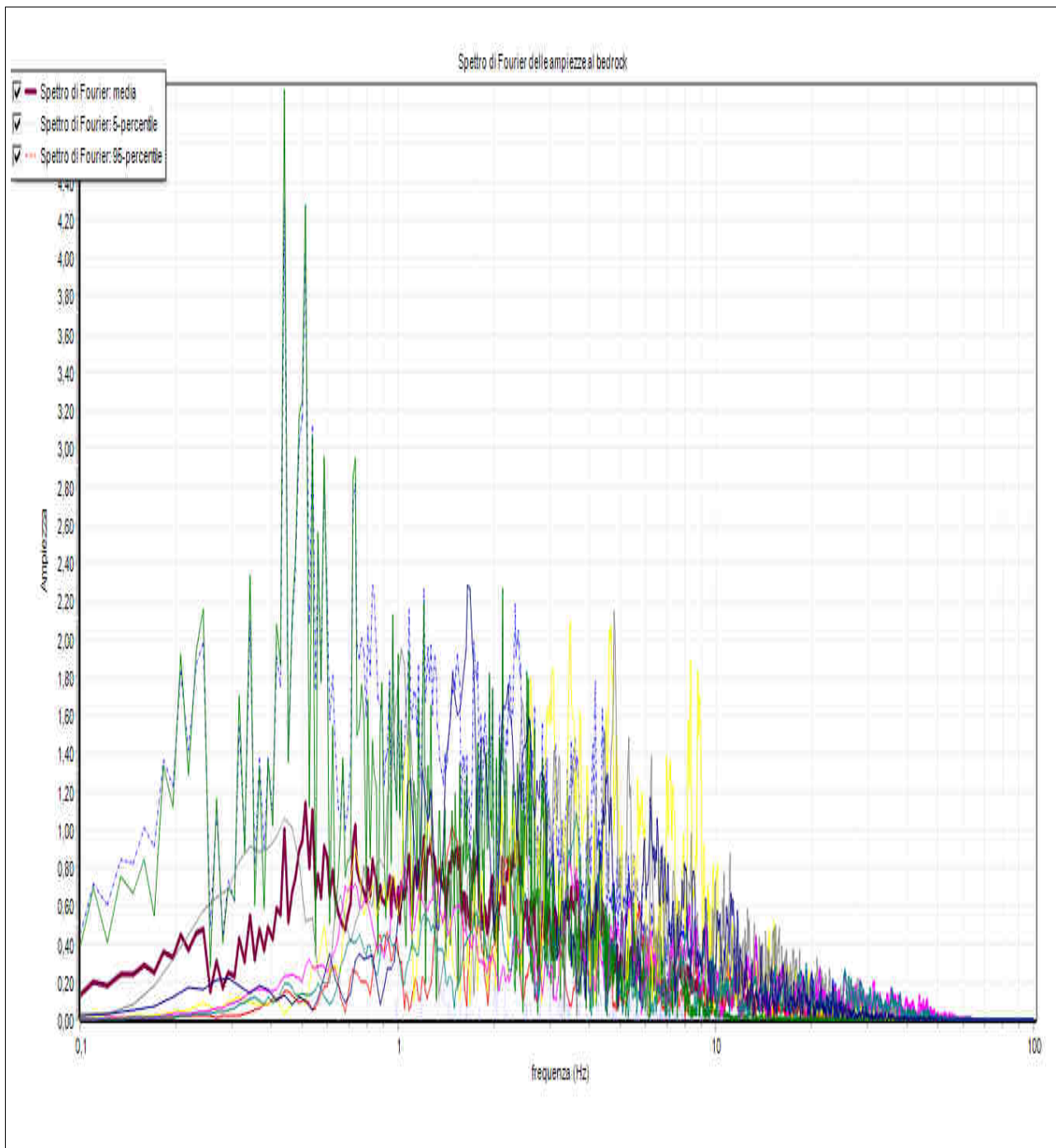
Parametri utilizzati per l'estrazione degli accelerogrammi di calcolo

Di seguito vengono riprodotti i 7 accelerogrammi di riferimento al bedrock estratti dal database.





Si riportano di seguito gli spettri di Fourier relativi ai sette accelerogrammi caricati.



Spettri di Fourier cumulati riferiti al bedrock

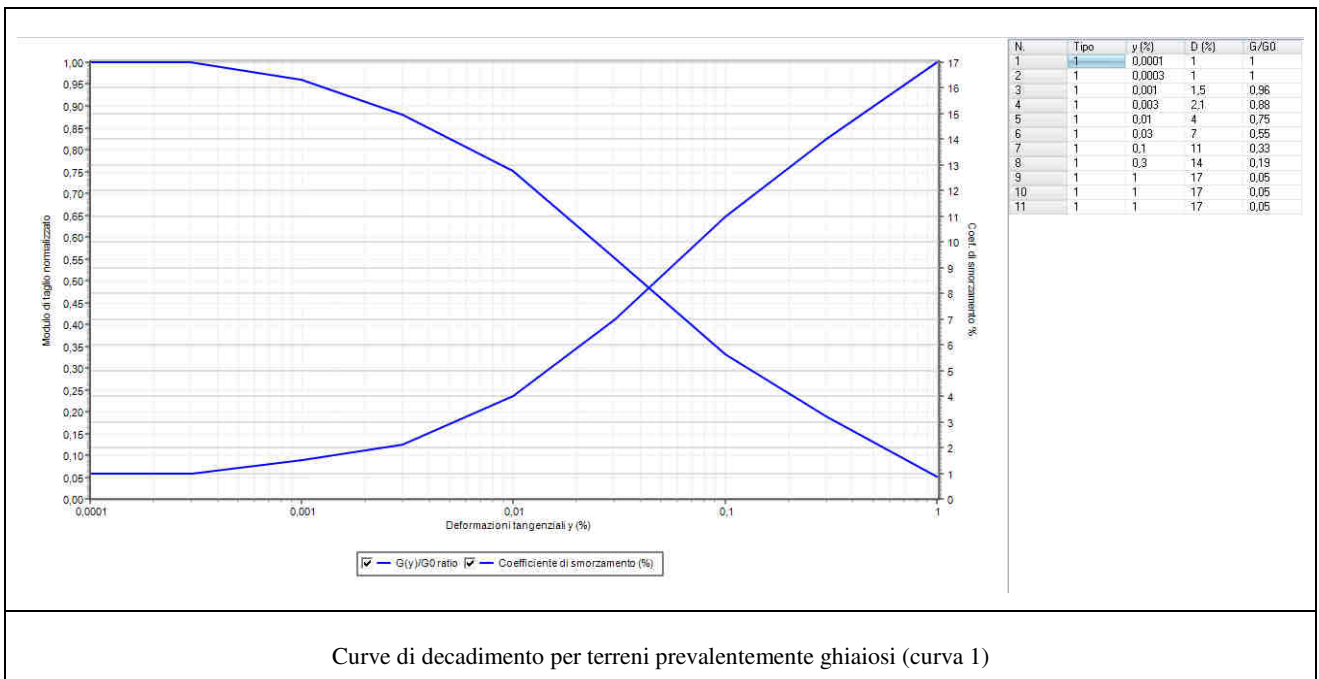
### 8.2.2 FUNZIONE DI TRASFERIMENTO DEL MOTO SISMICO NEL TERRENO DI COPERTURA.

Per il calcolo della funzione di trasferimento del moto sismico dal bedrock alla superficie si è utilizzato un modello numerico monodimensionale, essendo in presenza di una topografia sub-pianeggiante ed escludendo fenomeni bidimensionali legati a valli sepolte. L'analisi è stata condotta secondo lo schema proposto da Schnabel et. al. (1972), considerando, per il comportamento non lineare del terreno, la soluzione proposta da Seed & Idriss (1970) (modello lineare equivalente).

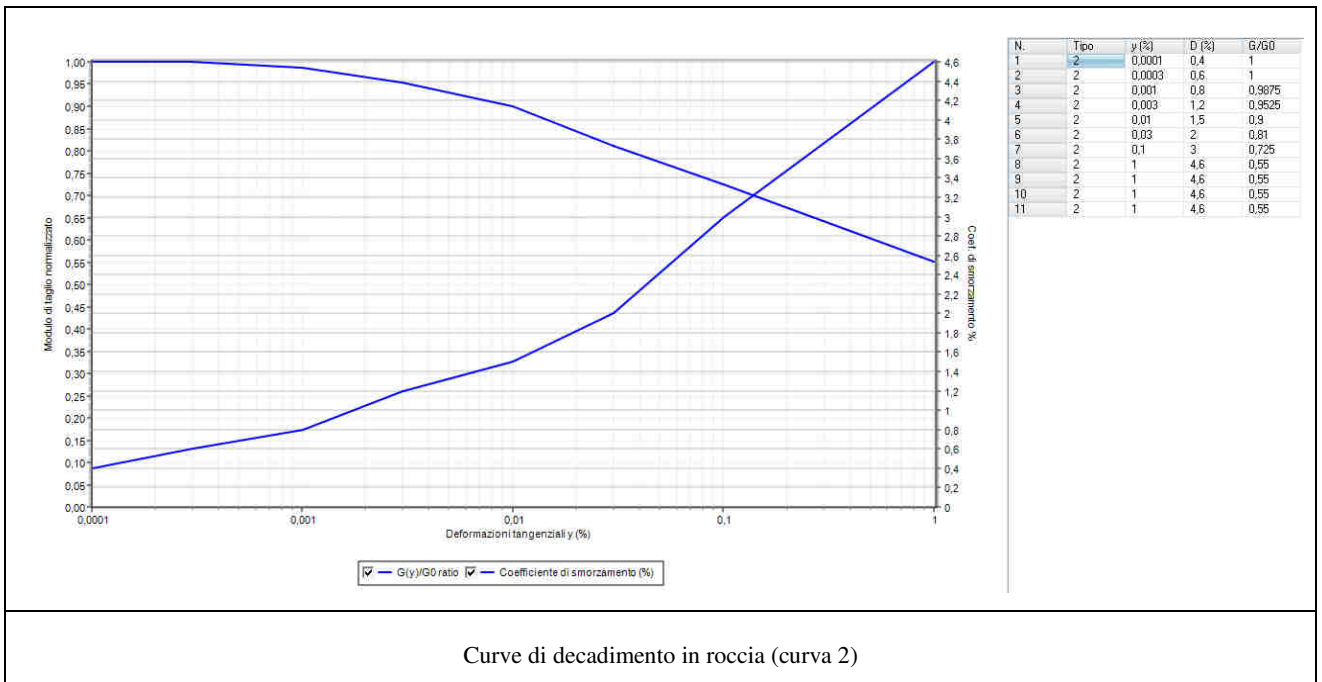
Il profilo dell'andamento della velocità delle onde di taglio con la profondità è stato ottenuto dall'indagine geofisica eseguita nel sito, facendo riferimento in particolare alla stratigrafia dedotta dall'indagine HVSR n°3, in cui si notano i maggiori contrasti di impedenza. Si è considerata una profondità iniziale di calcolo uguale a 0 m dal p.c. attuale.

N.	Prof.base(m)	Curva n.	Gamma(kN/ Vs(m/s)
1	0,59	1	18
2	1,75	1	18,5
3	3,11	1	19
4	8,29	1	20
5	20,38	1	20
6	48,92	2	22
7	71,51	2	22
8	296,51	2	23
9		2	24

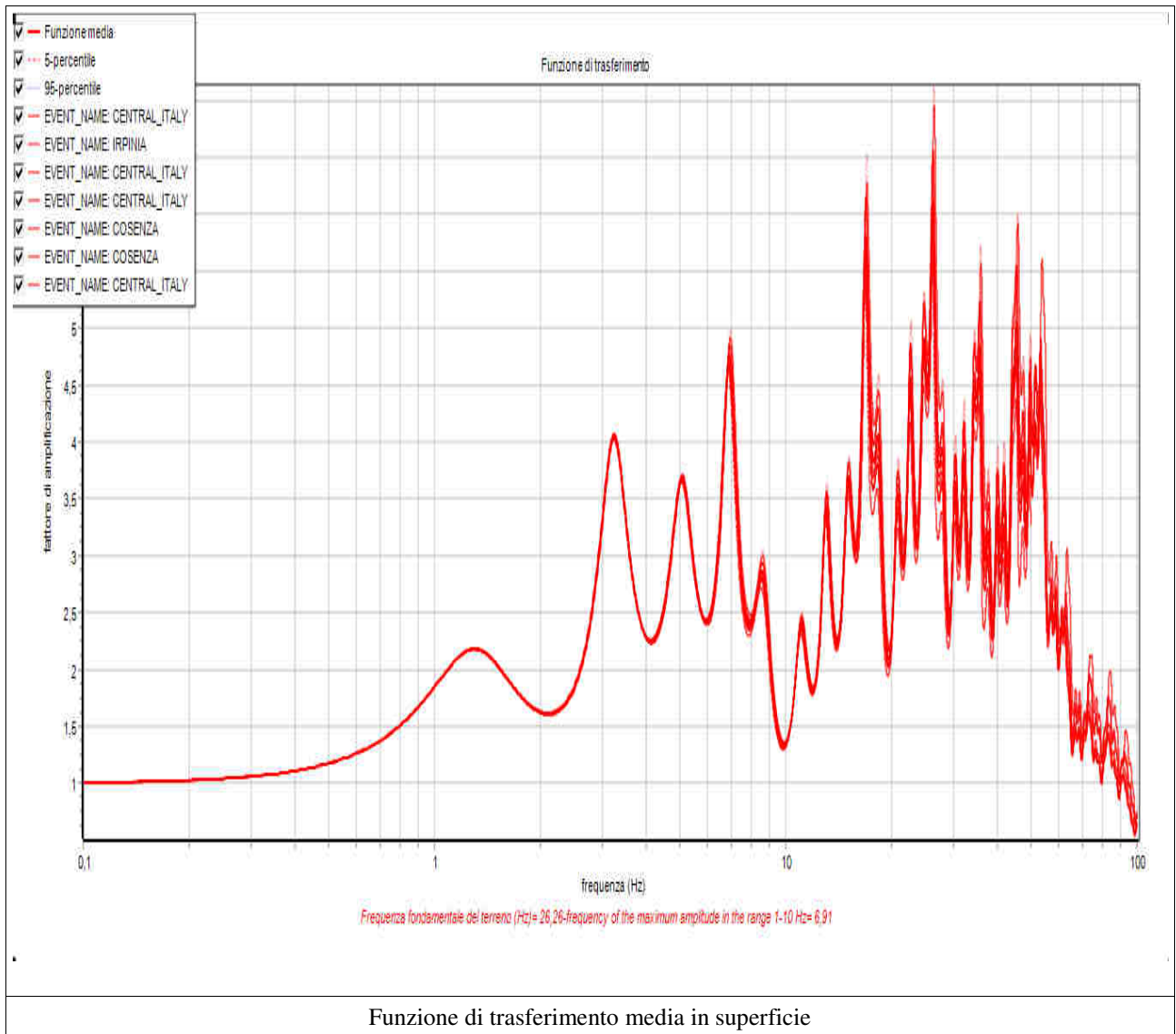
Le curve di decadimento del modulo dinamico di taglio e del coefficiente di smorzamento degli strati del terreno di copertura sono state desunte dalla letteratura (Seed & Idriss 1970,1990), facendo riferimento alle condizioni di ghiaia (curva n.1) e di roccia (curva n.2). Anche i valori del peso di volume sono stati ricavati dalla letteratura scientifica.





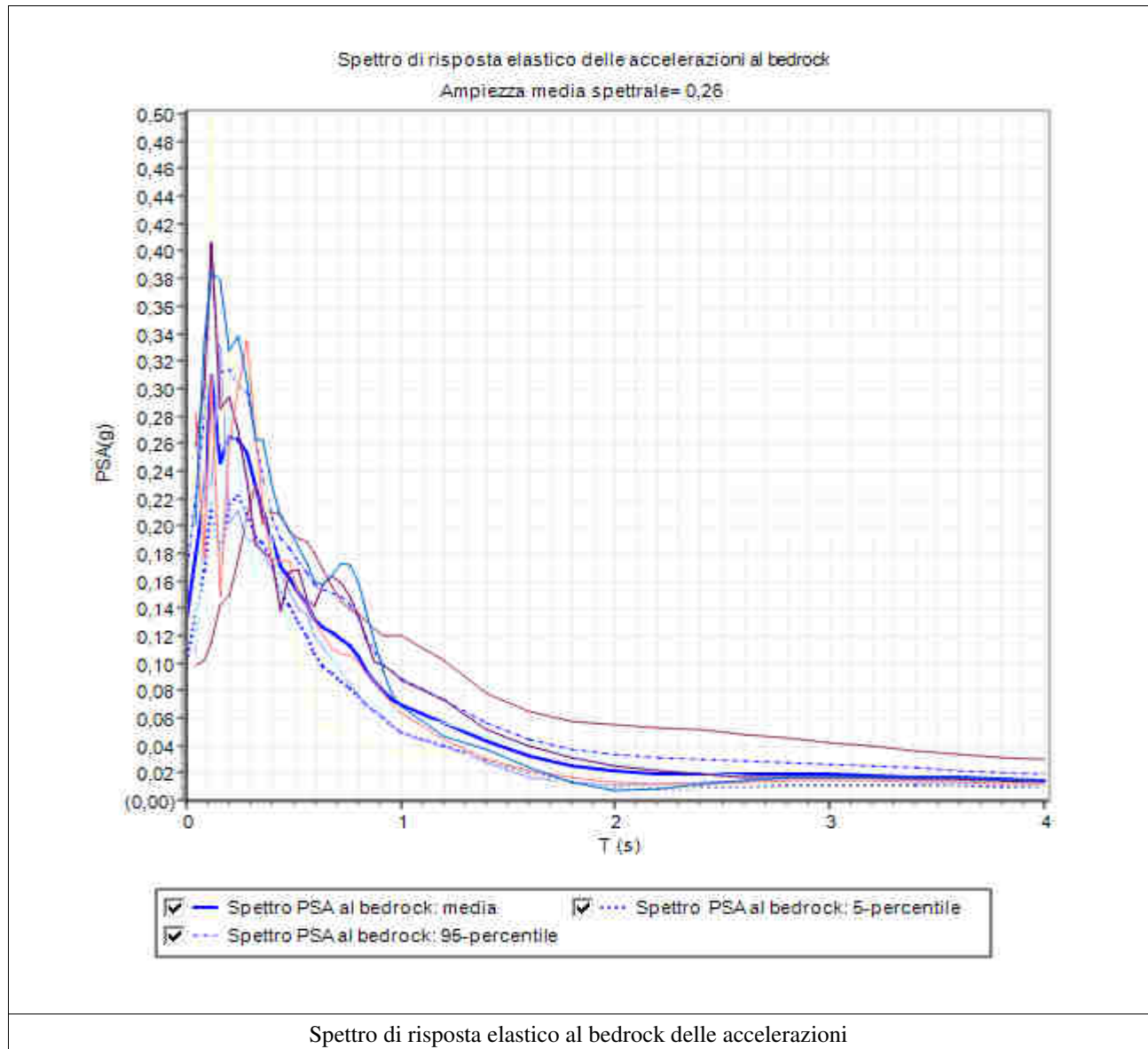


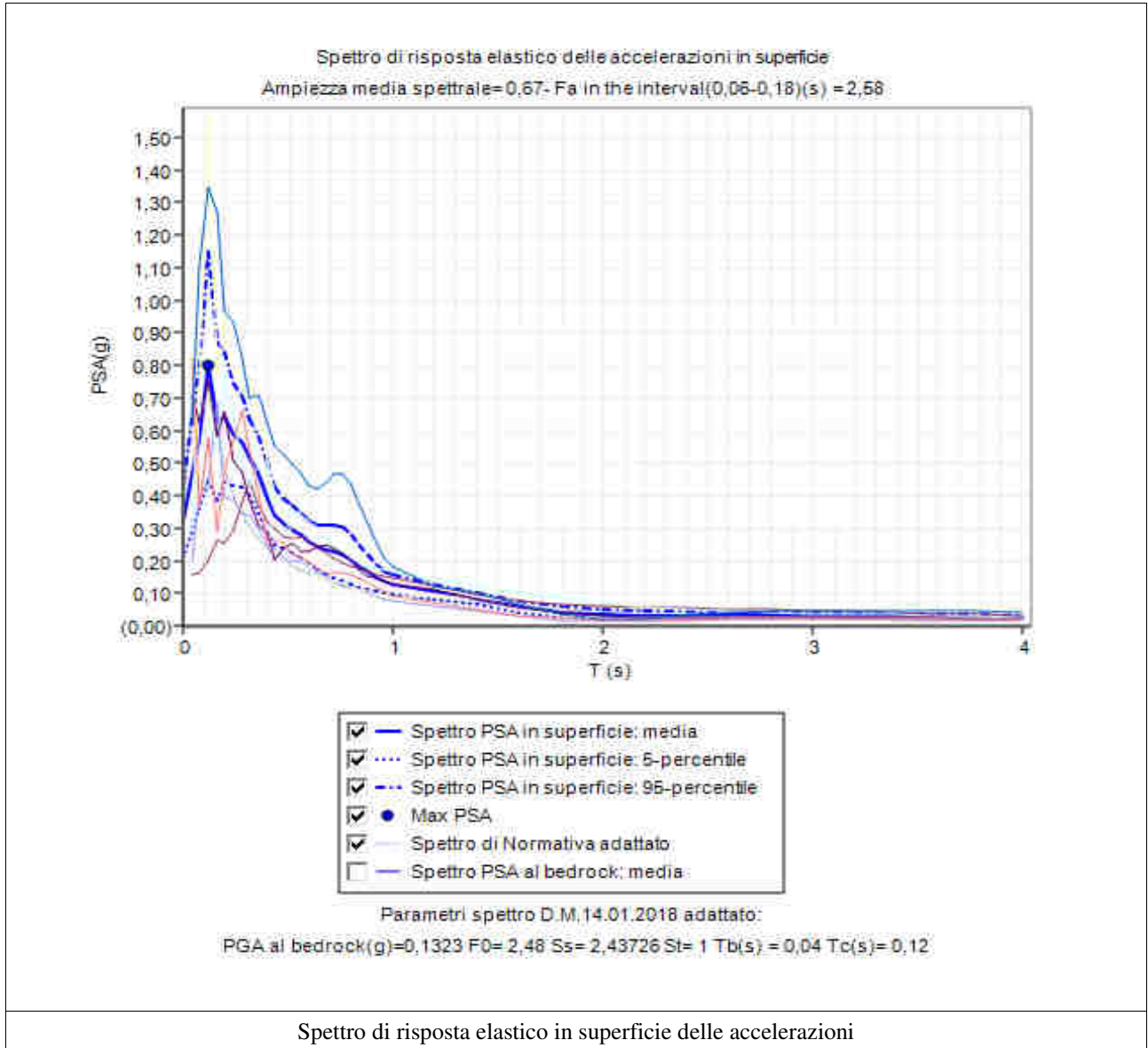
La funzione di trasferimento calcolata consente di individuare l'amplificazione stratigrafica del moto sismico in funzione della frequenza del segnale sismico di input.

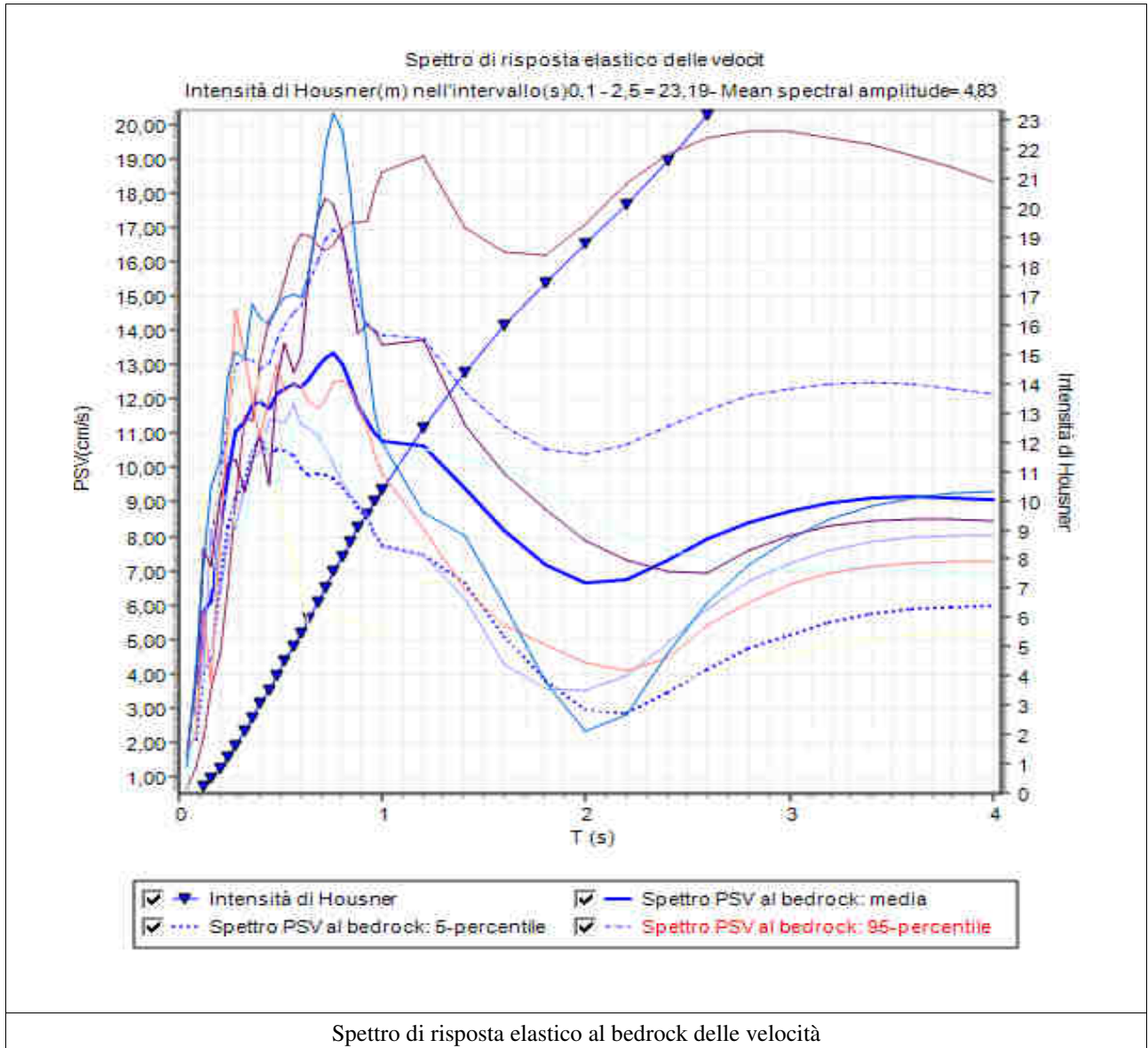


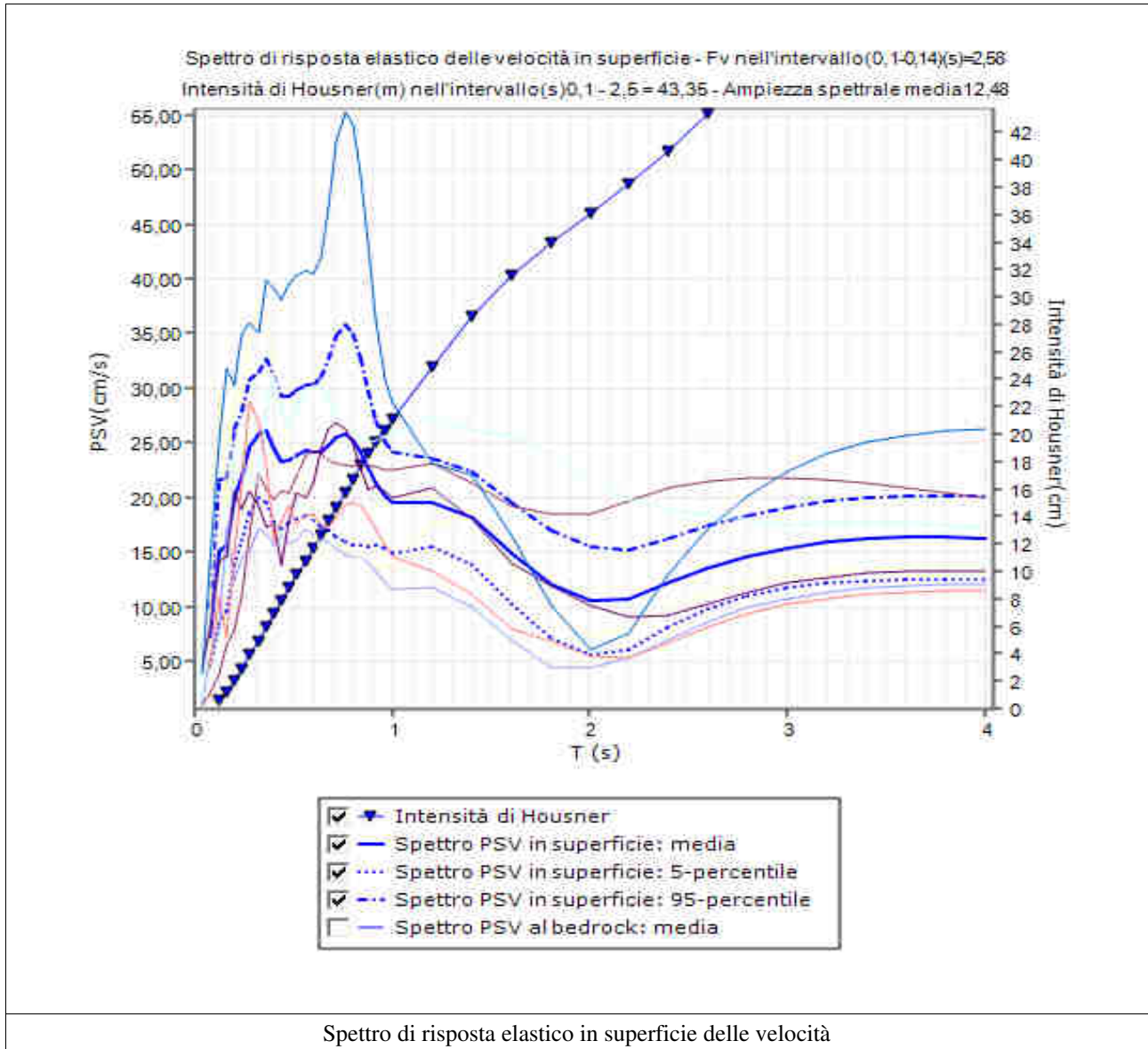
### 8.2.3 SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI IN SUPERFICIE

Gli spettri di risposta elastici delle accelerazioni e delle velocità in superficie sono stati calcolati mediando gli spettri di risposta dei cinque accelerogrammi di input filtrati attraverso la funzione di trasferimento del terreno. Per l'individuazione dei parametri dello spettro elastico delle accelerazioni di Normativa adattato, da impiegare in fase di progettazione, si è fatto riferimento allo spettro elastico medio, utilizzando il criterio suggerito negli ICMS della Protezione Civile (2008).











## 9 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geologico viene definito sulla base dell'indagine geognostica esperita in sito, di altre pregresse in aree vicine nell'ambito della Centrale stessa e dei dati bibliografici espressi nei capitoli precedenti della presente relazione.

Facendo riferimento alle carte geologiche ed idrogeologiche di cui alle precedenti figure 1-4 e dalla sezione idrogeologica di fig. 5 risulta che l'area oggetto di indagine interessa la piana alluvionale fluvioglaciale del livello fondamentale della pianura del Pleistocene Superiore costituiti da ghiaie sabbiose in matrice più o meno limosa con ridotto livello della superficie di alterazione (massimo 1,5 metri), sede di un corpo acquifero in condizioni freatiche sito a profondità mediamente di 15 metri con possibili escursioni su base bibliografica presumibilmente sino a 10 metri di profondità.

I sondaggi geognostici eseguiti presso l'area confermano spessori del materasso alluvionale ghiaioso sabbioso superiori ai 30 metri, che passa poi, sulla base dei riscontri bibliografici a conglomerati compatti e solo oltre circa 50-60 metri di profondità ad orizzonti argillosi.

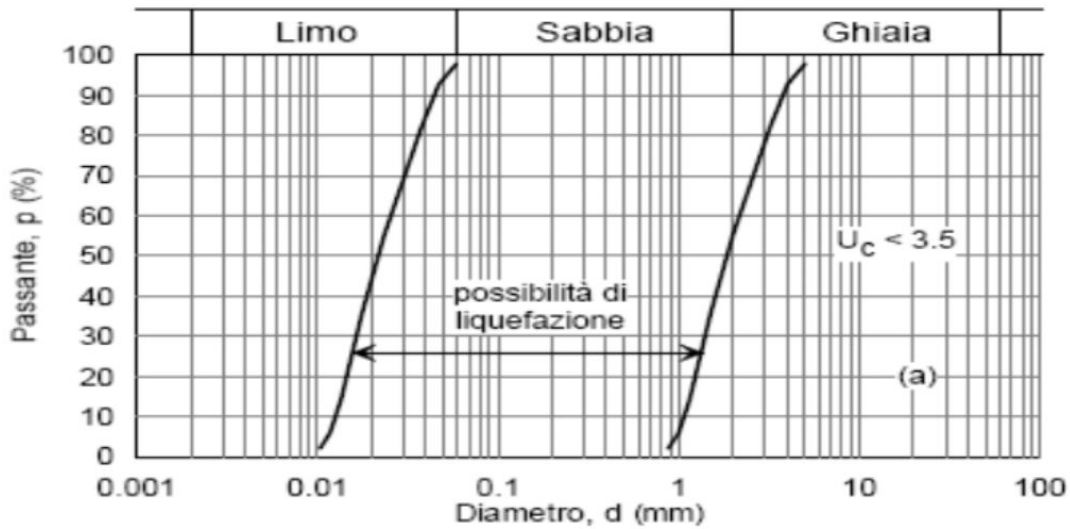
Va aggiunto che l'area in oggetto è prossima ad una scarpata morfologica originariamente degradante verso il canale Muzza ma ora interamente antropizzata e sostituita da un muro di contenimento.

Sulla base dell'indagine esperita inoltre risultano, sempre in conseguenza di interventi antropici legato alla realizzazione della centrale la presenza di terreni di riporto o rimaneggiati in spessori sino oltre 6 metri oltre che di camere e cunicoli interrati ancora ispezionabili estesi sino ad analoga profondità che possono interessare l'area oggetto di intervento.

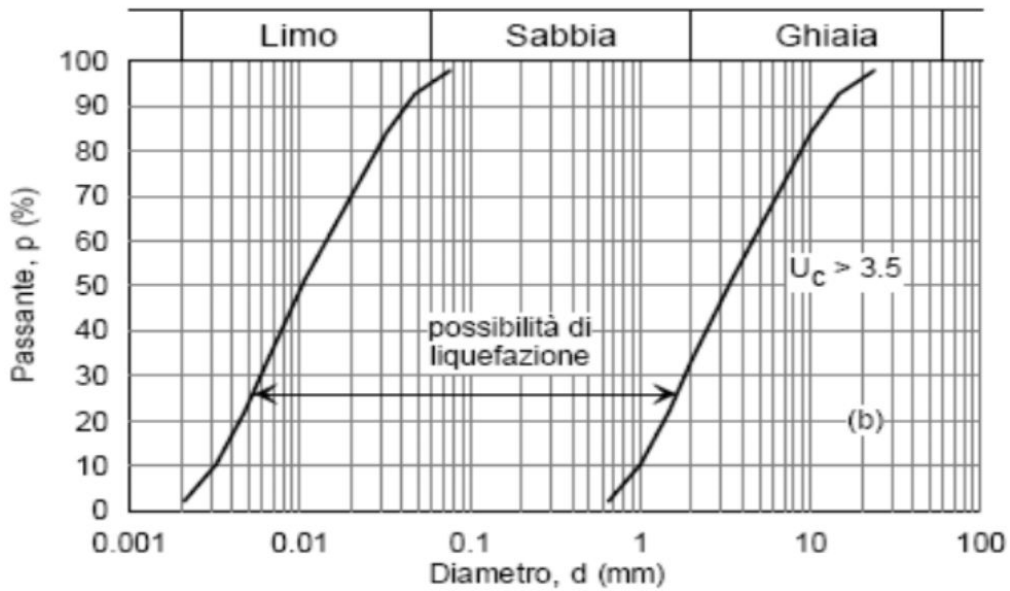
## 10 VERIFICA DI LIQUEFACIBILITA'

A livello globale la liquefazione dei terreni costituisce una delle principali cause di danno durante un evento sismico. Secondo la vigente normativa NTC 2018 la verifica alla liquefacibilità può essere omessa solo quando ricorrono i seguenti casi:

- valore della accelerazione sismica orizzontale massima in superficie  $< 0,10 g$ ;
- profondità media stagionale della falda  $> 15$  metri; nel caso specifico la falda individuata attualmente a profondità di 15,5 metri e nell'indagine del settembre 1998 a 14,7 metri ma con indicazioni bibliografiche che possono presumere innalzamenti sino a meno 10 metri da piano campagna;
- terreni con resistenza penetrometrica normalizzata superiore a  $(N_1)_{60} > 30$  alla profondità di riscontro della falda idrica;
- composizione granulometrica esterna a fusi di riferimento; nel caso specifico facendo riferimento alle curve granulometriche dei terreni suscettibili di liquefazione (Tuschida 1970) secondo il cap.7.11.3.4.2 della NTC 2018, come esemplificato nei seguenti schemi.

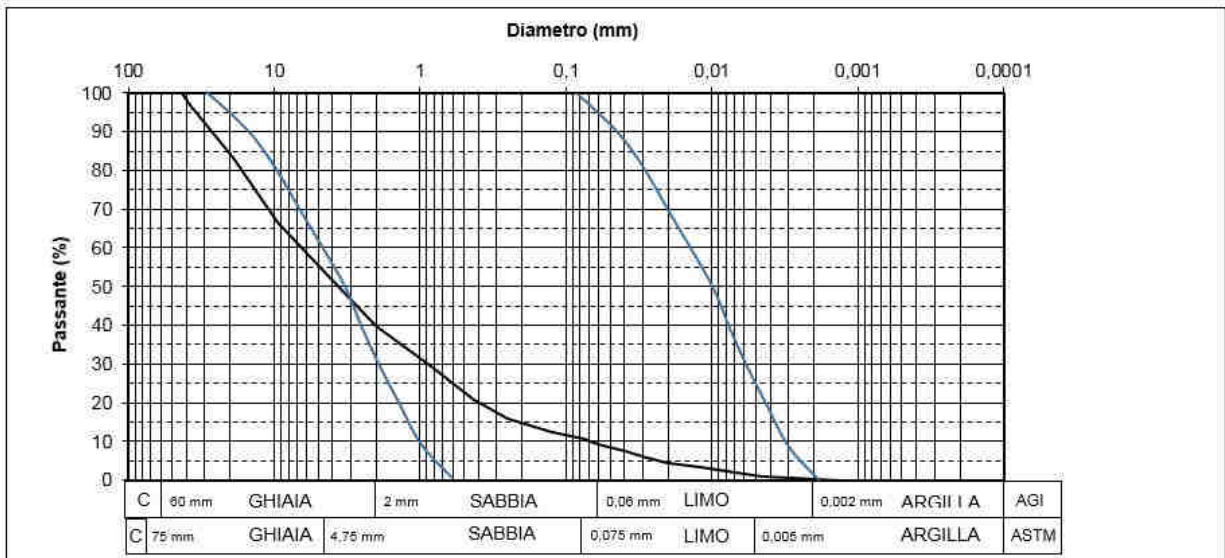


*schema 1: per terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$*

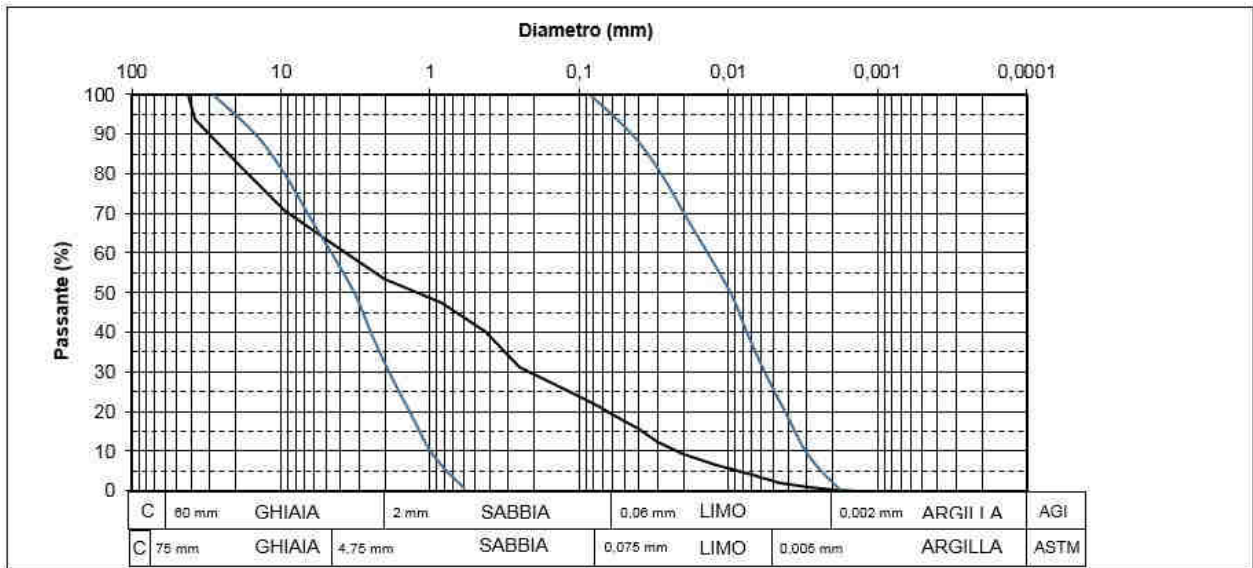


*schema 2: per terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$*

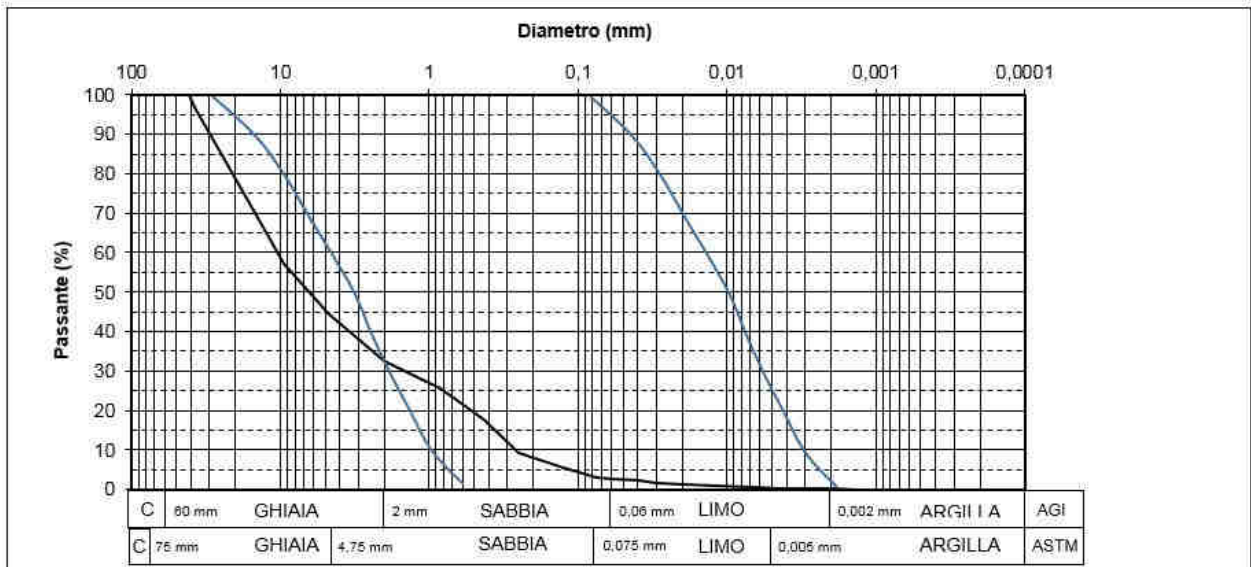
- Come risulta dalla analisi di laboratorio in allegato n° 3, prese in esame le granulometrie di campioni prelevati oltre il possibile livello di massima profondità della falda;



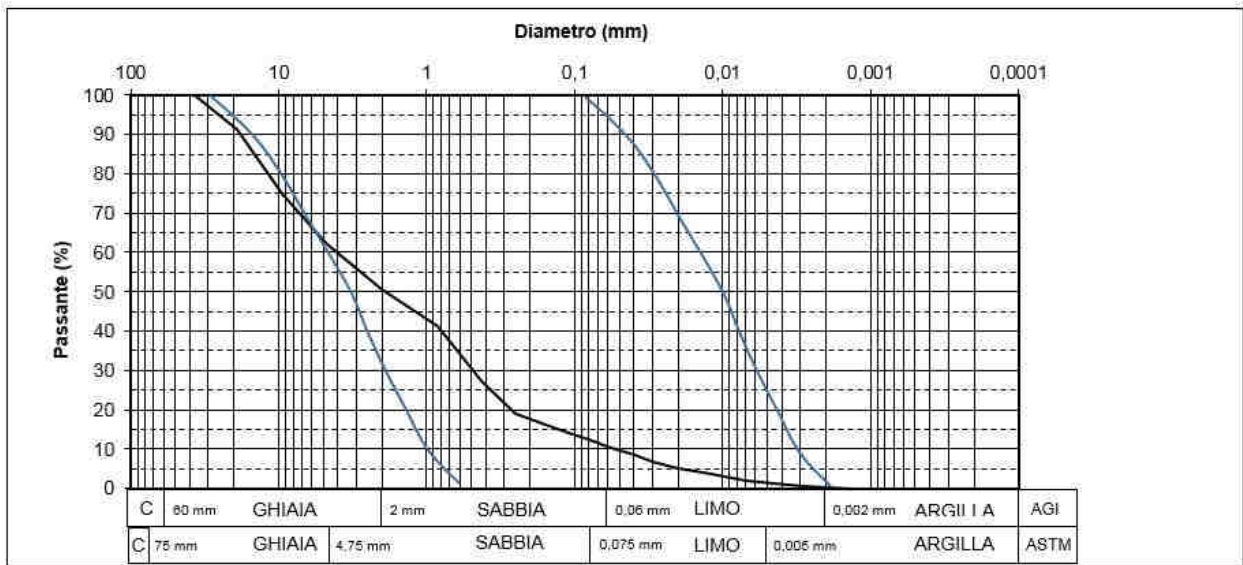
Sondaggio 1 (2019) Campione 2 prelevato fra 10 e 10,5 metri di profondità



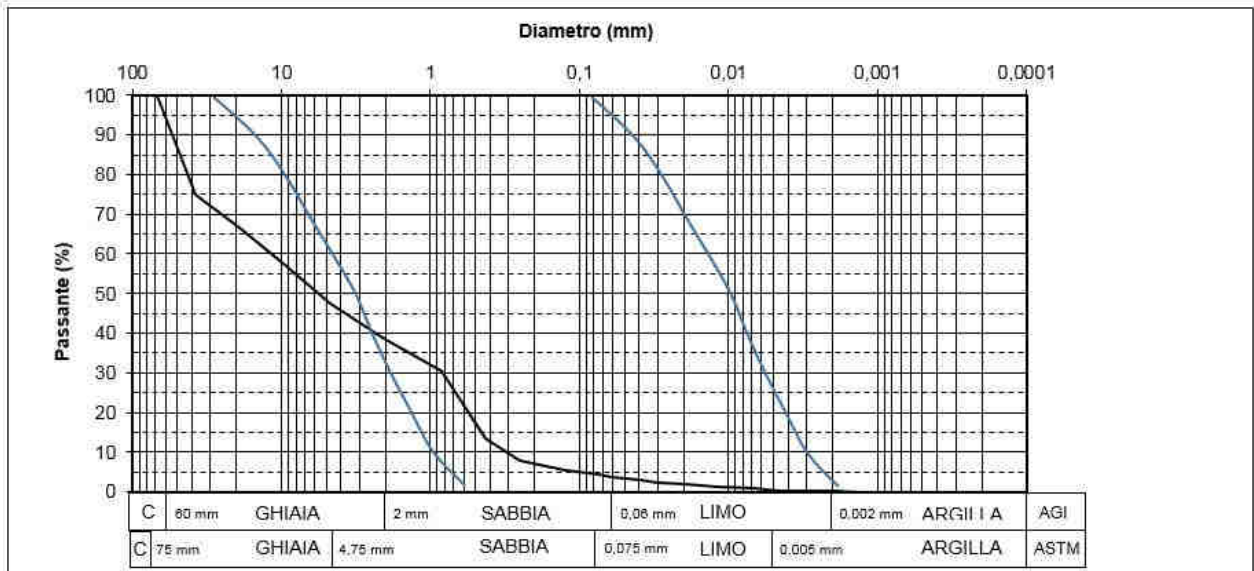
Sondaggio 1 (2019) Campione 3 prelevato fra 14 e 14,5 metri di profondità



Sondaggio 1 (2019) Campione 4 prelevato fra 18,5 e 19 metri di profondità



Sondaggio 1 (2019) Campione 5 prelevato fra 23 e 23,5 metri di profondità



Sondaggio 1 (2019) Campione 6 prelevato fra 28 e 28,5 metri di profondità

In tutti i casi la curva granulometrica risulta esterna ai fusi di riferimento, trattandosi di terreno con frazione ghiaiosa prevalente.

Ricorrendo il caso della granulometria si ritiene di omettere ulteriori verifiche di liquefacibilità.

## 11 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La Carta di Fattibilità colloca l'area parte in classe 3 (fattibilità con consistenti limitazioni), sottoclassi *e*, *b*. Si rimanda al proposito allo specifico capitolo.

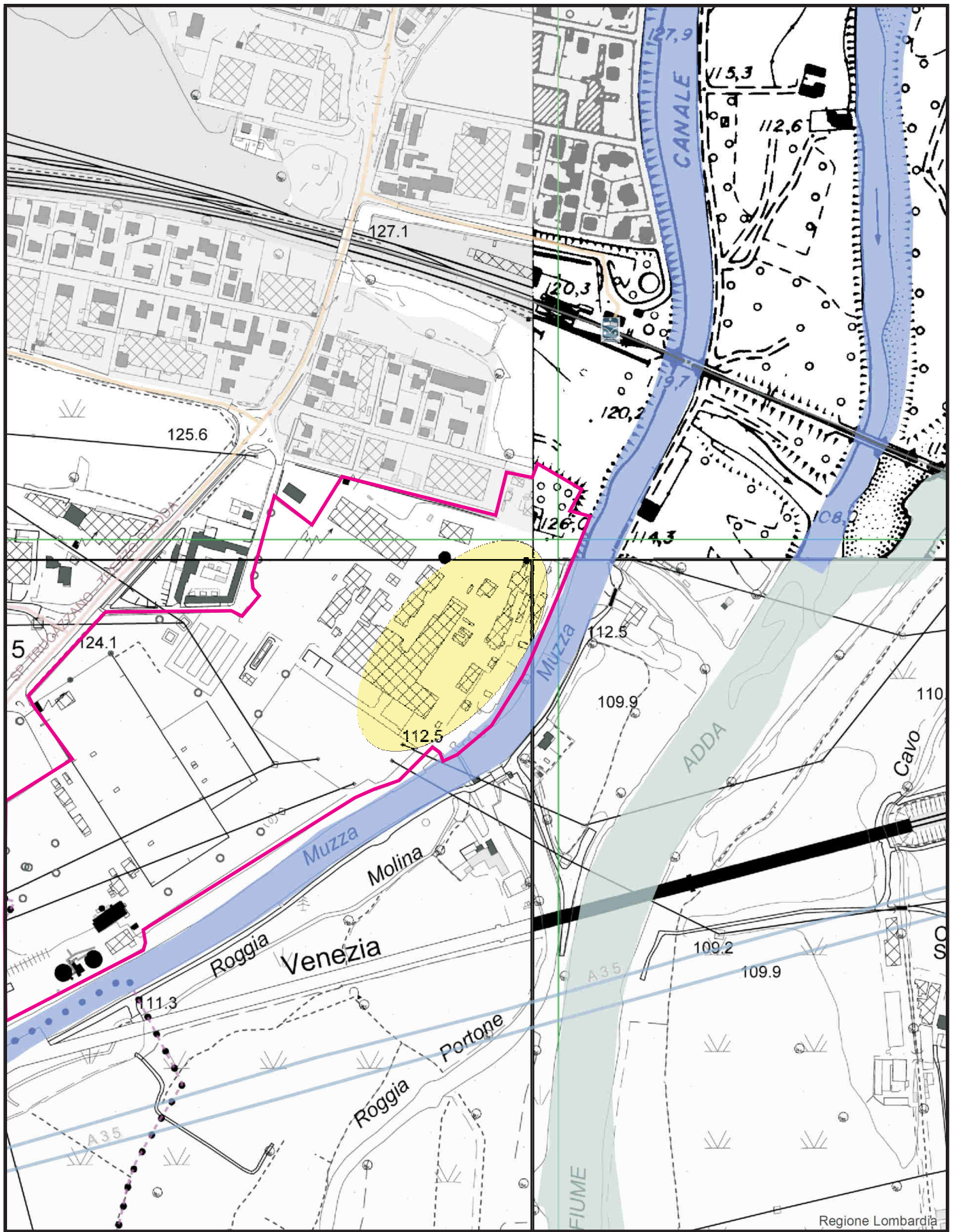
Le limitazioni sono connesse all'attività di centrale elettrica da sottoporre a verifiche di carattere geotecnico ed ambientale per possibilità di riscontrare terreni di riporto dalle caratteristiche geotecniche non note e con problematiche di contaminazione dei suoli, e per la prospicenza alla scarpata fluviale.

In fase progettuale risultano da prevedersi interventi di regimazione idraulica e per lo smaltimento delle acque meteoriche. Inoltre, risultando l'areale compreso in area a vulnerabilità elevata (e parzialmente estremamente elevata) della falda, al fine della salvaguardia dell'acquifero è previsto il collettamento degli scarichi fognari in fognatura e delle acque non smaltibili in loco. A tal riguardo, la nuova sezione di generazione a motori sarà realizzata nell'area precedentemente occupata dagli impianti del ciclo combinato CC1, pertanto si tratta di un'area già impermeabilizzata, completamente ricompresa all'interno del perimetro della Centrale esistente. La Centrale è dotata di reti fognarie distinte per raccogliere le varie tipologie di acque reflue e sottoporle ai trattamenti adeguati per scaricarle in conformità all'AIA. Per la gestione delle acque reflue prodotte dal nuovo impianto saranno utilizzate le reti fognarie già presenti in Centrale che saranno adeguate nelle aree interessate dagli interventi in progetto. A valle della realizzazione del progetto gli scarichi della Centrale rimarranno gli stessi autorizzati dall'AIA in essere.

Non risultano peraltro specifici vincoli che interessino l'area nella specifica carta della componente geologica comunale.

Poiché è stata eseguita una accurata indagine geognostica che ha permesso di verificare presenza e spessori di terreni di riporto, considerato che risulta previsto l'affidamento dei carichi delle strutture in progetto a fondazioni indirette e che quindi non risulteranno incrementi di carico sulla scarpata o meglio sulle strutture di sostegno realizzate lungo la pregressa scarpata ormai del tutto antropizzata, a prescindere da valutazioni di tipo ambientale che non costituiscono competenza di questa relazione, si ritiene la fattibilità dell'intervento oggetto della presente indagine e relazione geologica.





Regione Lombardia

**TAVOLA n°1: COROGRAFIA scala 1:5000**

Stralcio della Carta Tecnica Regionale scala 1:10000

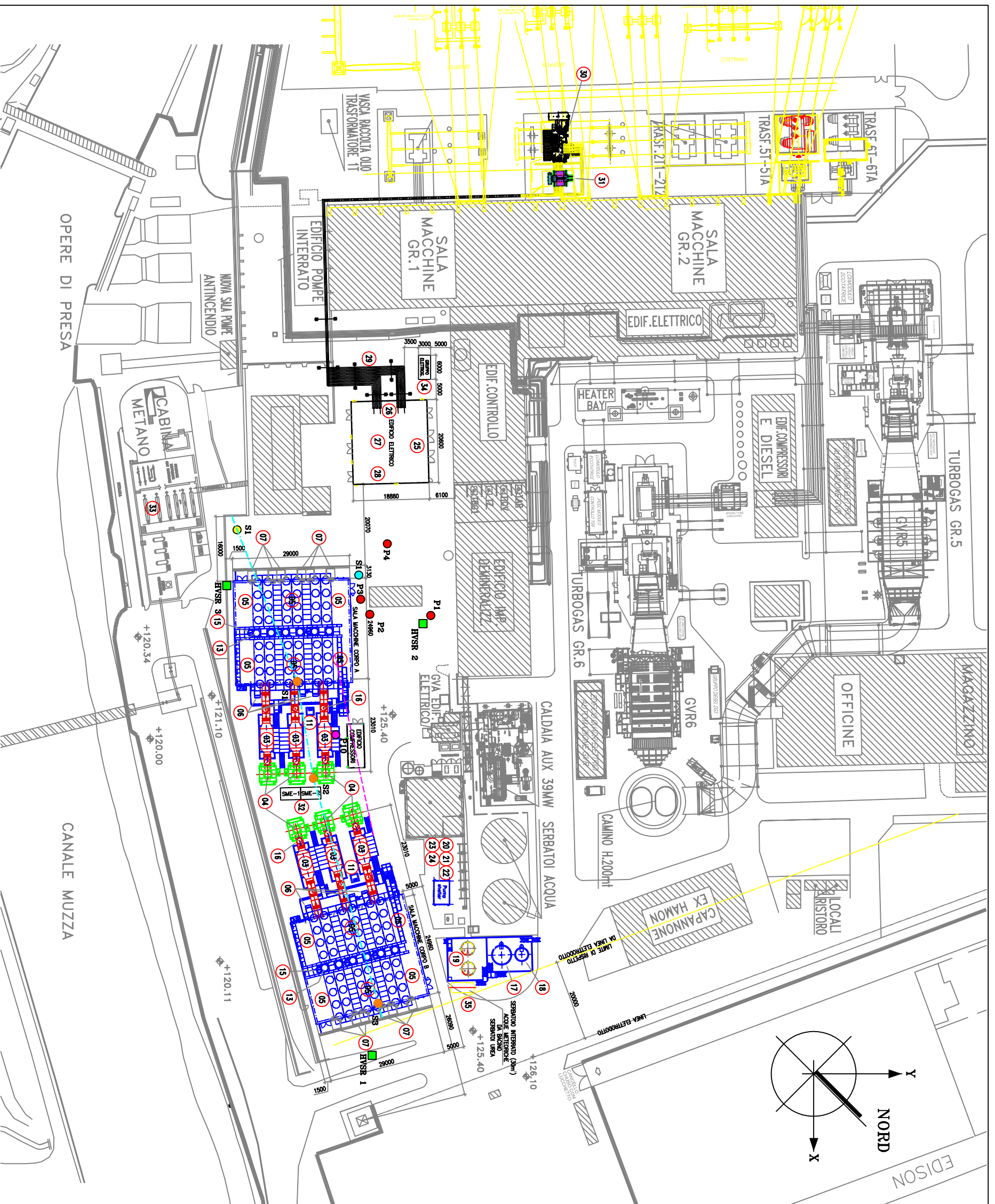


Area di pertinenza Centrale A2A gencogas in Cassano d'Adda (MI) - Via Trecella



Area in esame





LEGENDA

- S.C.P.T. (2018)
- S.C.P.T. (1998)
- Sondaggio geognostico (2019)
- Sondaggio geognostico (2018)
- Sondaggio geognostico (1998)
- Indagine M.A.S.W. (2018)
- Indagine H.V.S.R. (2019)
- Traccia sezione litotecnica

TAV. 2

Scala 1:1000

## Allegato 1

**ANALISI LABORATORIO TERRE**



**GEODRILL S.r.l.** - Via F.lli Bandiera n° 2 -TREVIOLO (Bg) - Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
Art.59 DPR n.380/2001 Circ. Min. n° 7618 STC Autorizzazione N° 276 del 5/11/2015 e successivi rinnovi



dal 1984

**A.L.G.I.**

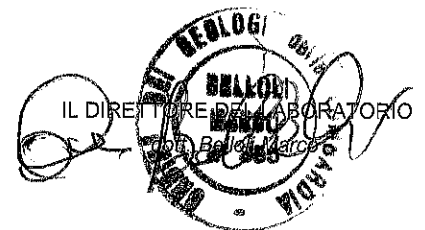
**CERTIFICATO DI PROVA N° 23/2019**  
dal 23-01 al 23-06

Data di emissione: 29/08/2019	Pagine totali compresa questa: 7	Verbale di accettazione n°: 1 del 27/08/2019
Commessa: 23/LAB/19 del 5/08/2019	Committente: A2A S.p.A.	
N° totale campioni analizzati: 6	Località: Centrale di Cassano d'Adda (MI)	

provenienza	Campione Profondità	Descrizione: Tipologia campione	Prova Procedura	Data apertura	Data inizio	Data fine
sondaggio S1	C1 7,0 - 7,5 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019
sondaggio S1	C2 10 - 10,5 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019
sondaggio S1	C3 14 - 14,5 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019
sondaggio S1	C4 18,5 - 19 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019
sondaggio S1	C5 23 - 23,5 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019
sondaggio S1	C6 28 - 28,5 m	rimaneggiato in sacchetto	granulometria per setacciatura e sedimentazione ASTM D422- Racc. AGI	27/08/2019	27/08/2019	29/07/2019

LO SPERIMENTATORE

dott. Bertasa Michele





GEODRILL S.r.l. - Via F.lli Bandiera n°2 -TREVIOLO (Bg) -Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
 Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture  
 e dei Trasporti per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
 Circ 7618/STC Art.59 DPR n.380/2001 Autorizzazione 276 del 05/11/2015

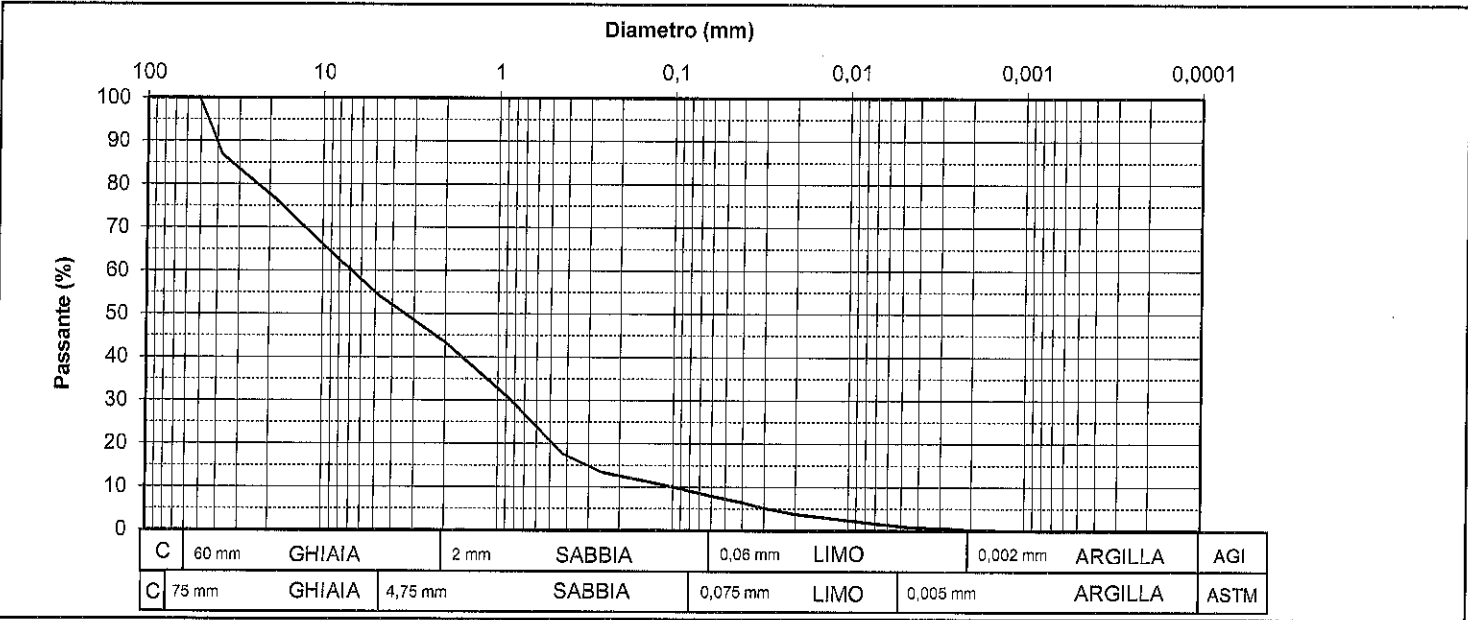


## ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-01	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(MI)	Campione n°:	C1 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	7,0 - 7,5 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA				AEROMETRIA	
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	7,89
37,5	13,24	86,76	13,24	0,04	6,42
19	23,13	76,87	9,89	0,03	5,08
9,52	34,80	65,20	11,67	0,02	3,75
4,75	45,80	54,20	11,00	0,012	2,68
2	56,63	43,37	10,82	0,007	1,61
0,85	69,82	30,18	13,19	0,0045	0,80
0,425	82,33	17,67	12,51	0,0029	0,54
0,25	86,67	13,33	4,34	0,002	0,13
0,105	89,10	10,90	2,43	0,0013	0,00
0,075	91,17	8,83	2,07		
< 0,075	100,00	0,00	8,83		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	50,8
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>	6,8
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>	3,3
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>	0,81
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>	0,1
COEFFICIENTI	
UNIIFORMITA' D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> U =	6,8E+01
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub> C =	9,6E-01
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup> K =	1,0E-02
PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. y naturale (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y secco (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y saturo (gr/cm <sup>3</sup> )	
SATURAZIONE % S <sub>r</sub>	
INDICE DEI VUOTI ε <sub>n</sub>	
POROSITA' n	
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>	
UMIDITA' CAMPIONE % W <sub>n</sub>	

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	56,63
SABBIA :	35,48
LIMO :	7,76
ARGILLA :	0,13
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia debolmente limosa	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	45,80
SABBIA :	45,37
LIMO :	7,87
ARGILLA :	0,96
DENOMINAZIONE ASTM.:	
ghiaia con sabbia limosa	

DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE  
 dott. Bertasa Michele

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 dott. Bellini Marco



**GEODRILL S.r.l.** - Via F.lli Bandiera n°2 -TREVIOLO (Bg) -Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
 Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture  
 e dei Trasporti per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
 Circ 7618/STC Art.59 DPR n.380/2001 Autorizzazione 276 del 05/11/2015



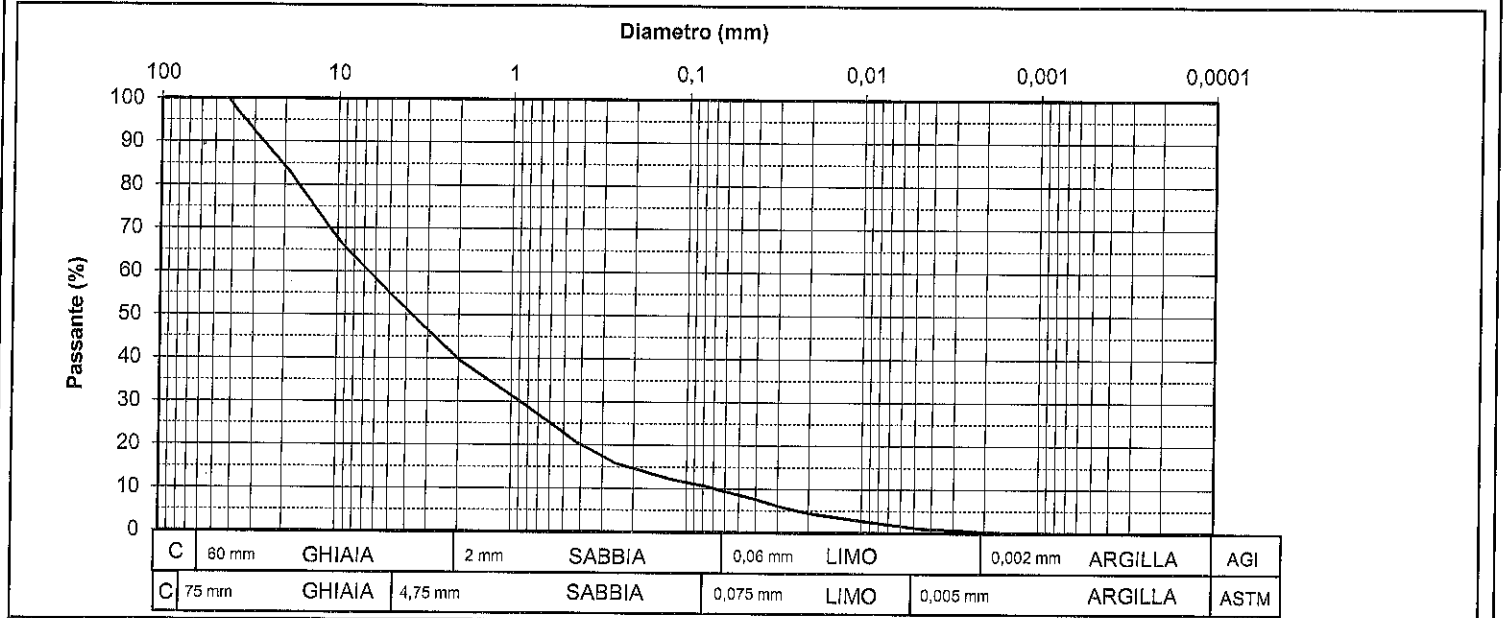
dal 1984  
**A.L.G.I.**

## ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-02	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(MI)	Camplone n°:	C2 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	10 - 10,5 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	9,36
37,5	3,03	96,97	3,03	0,04	7,61
19	16,77	83,23	13,75	0,03	6,03
9,52	33,46	66,54	16,68	0,02	4,44
4,75	45,74	54,26	12,28	0,012	3,17
2	60,33	39,67	14,59	0,007	1,90
0,85	70,54	29,46	10,21	0,0045	0,95
0,425	79,27	20,73	8,73	0,0029	0,63
0,25	84,25	15,75	4,98	0,002	0,16
0,105	87,75	12,25	3,50	0,0013	0,00
0,075	89,53	10,47	1,78		
< 0,075	100,00	0,00	10,47		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	42,6
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>	6,5
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>	3,7
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>	0,89
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>	0,067
COEFFICIENTI	
UNIFORMITA' D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	U = 9,7E+01
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub>	C = 1,8E+00
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup>	K = 4,5E-03
PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. y naturale (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y secco (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y saturo (gr/cm <sup>3</sup> )	
SATURAZIONE %	S <sub>r</sub>
INDICE DEI VUOTI	ε <sub>0</sub>
POROSITA'	n
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>	
UMIDITA' CAMPIONE %	W <sub>n</sub>

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	60,33
SABBIA :	30,31
LIMO :	9,20
ARGILLA :	0,16
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia debolmente limosa	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	45,74
SABBIA :	43,79
LIMO :	9,33
ARGILLA :	1,14
DENOMINAZIONE ASTM.:	
ghiaia con sabbia limosa debolmente argillosa	

DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE  
 Dott. Bartasa Michele

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
  
 LABORATORIO A.L.G.I.





**GEODRILL S.r.l.** - Via F.lli Bandiera n°2 -TREVIOLO (Bg) -Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
 Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture  
 e dei Trasporti per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
 Circ 7618/STC Art.59 DPR n.380/2001 Autorizzazione 276 del 05/11/2015

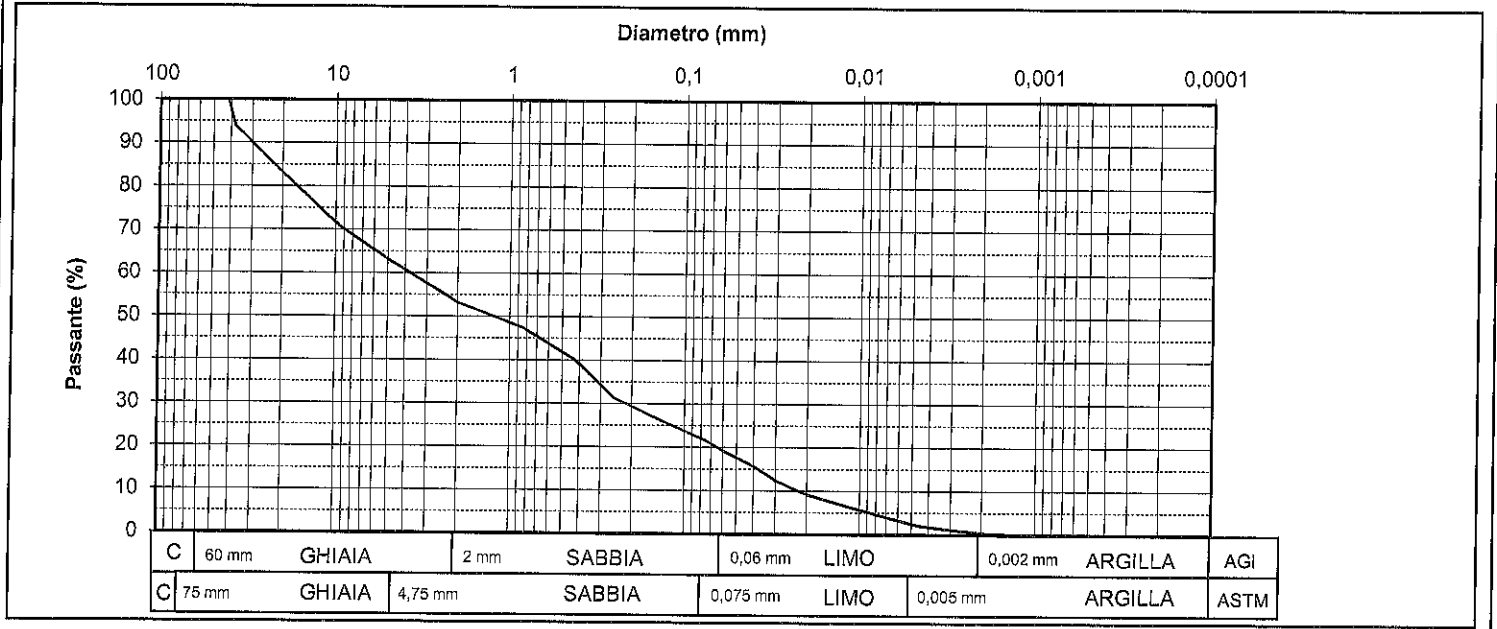


## ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-03	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(Mi)	Campione n°:	C3 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	14 - 14,5 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA			AEROMETRIA		
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	19,21
37,5	6,24	93,76	6,24	0,04	15,63
19	17,84	82,16	11,60	0,03	12,37
9,52	29,21	70,79	11,37	0,02	9,12
4,75	37,38	62,62	8,17	0,012	6,51
2	46,78	53,22	9,39	0,007	3,91
0,85	52,48	47,52	5,70	0,0045	1,95
0,425	59,87	40,13	7,39	0,0029	0,98
0,25	68,77	31,23	8,91	0,002	0,33
0,105	74,55	25,45	5,78	0,0013	0,00
0,075	78,51	21,49	3,96		
< 0,075	100,00	0,00	21,49		

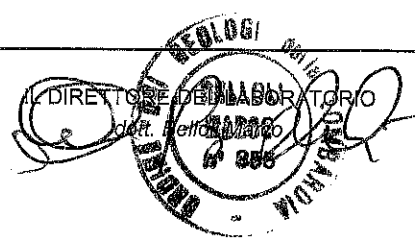
DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	41,5
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>	3,7
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>	1,2
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>	0,21
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>	0,021
COEFFICIENTI	
UNIFORMITA' D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> U =	1,8E+02
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> / D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub> C =	5,7E-01
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup> K =	4,4E-04
PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ naturale (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. γ secco (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. γ saturo (gr/cm <sup>3</sup> )	
SATURAZIONE % S <sub>r</sub>	
INDICE DEI VUOTI e <sub>n</sub>	
POROSITA' n	
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>	
UMIDITA' CAMPIONE % W <sub>n</sub>	

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	46,78
SABBIA :	34,02
LIMO :	18,88
ARGILLA :	0,33
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia limosa	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	37,38
SABBIA :	41,13
LIMO :	19,14
ARGILLA :	2,34
DENOMINAZIONE ASTM.:	
sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa	

DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE  
 dott. Benusa Michele





**GEODRILL S.r.l.** - Via F.lli Bandiera n°2 -TREVIOLO (Bg) -Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
 Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture  
 e dei Trasporti per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
 Circ 7618/STC Art.59 DPR n.380/2001 Autorizzazione 276 del 05/11/2015



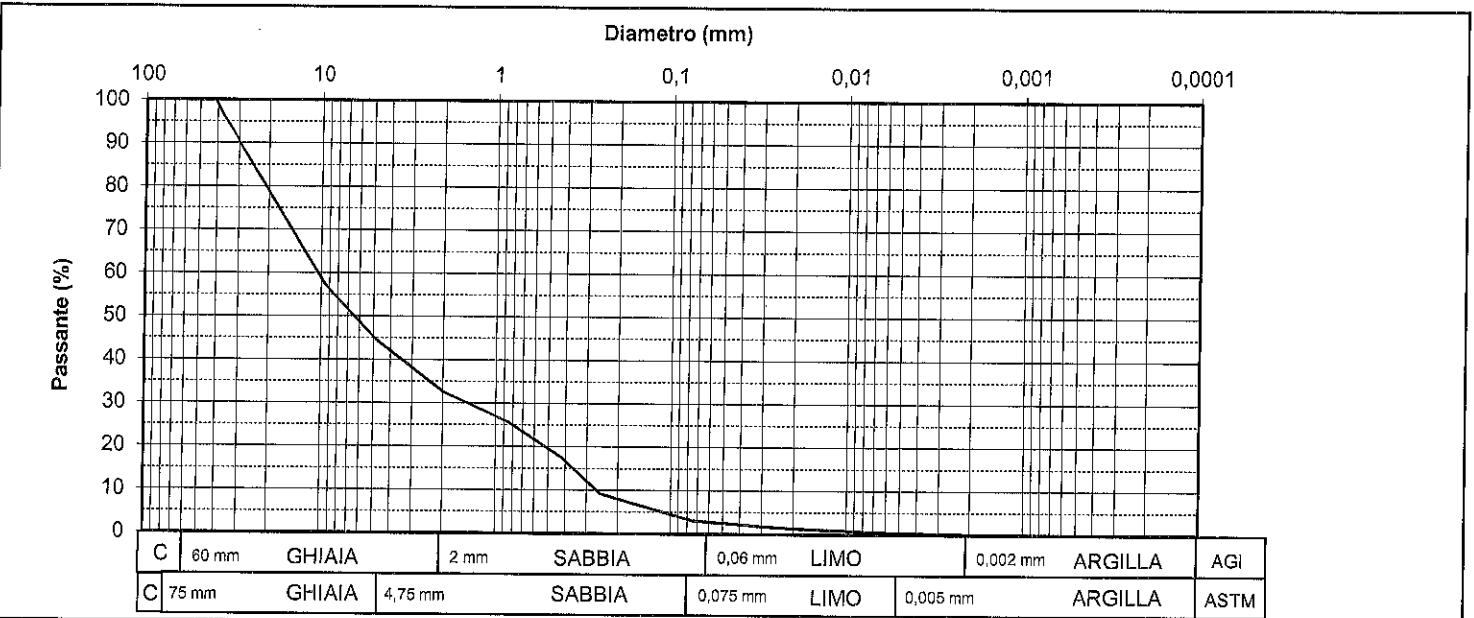
dal 1984  
**A.L.G.I.**

**ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione**

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-04	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(MI)	Campione n°:	C4 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	18,5 - 19,0 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA				AEROMETRIA	
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	2,71
37,5	3,15	96,85	3,15	0,04	2,21
19	22,75	77,25	19,60	0,03	1,75
9,52	42,73	57,27	19,98	0,02	1,29
4,75	55,66	44,34	12,93	0,012	0,92
2	67,39	32,61	11,73	0,007	0,55
0,85	74,37	25,63	6,98	0,0045	0,28
0,425	82,33	17,67	7,96	0,0029	0,14
0,25	90,91	9,09	8,58	0,002	0,05
0,105	94,47	5,53	3,56	0,0013	0,00
0,075	96,97	3,03	2,49		
< 0,075	100,00	0,00	3,03		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	41,1
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>	10,5
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>	6,3
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>	1,5
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>	0,26
COEFFICIENTI	
UNIFORMITA' D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub> U =	4,0E+01
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub> C =	8,2E-01
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup> K =	6,8E-02
PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. y naturale (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y secco (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. y saturo (gr/cm <sup>3</sup> )	
SATURAZIONE % S <sub>r</sub>	
INDICE DEI VUOTI e <sub>0</sub>	
POROSITA' n	
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>	
UMIDITA' CAMPIONE % W <sub>n</sub>	

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	67,39
SABBIA :	29,90
LIMO :	2,67
ARGILLA :	0,05
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia (tracce di limo)	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	55,66
SABBIA :	41,31
LIMO :	2,70
ARGILLA :	0,33
DENOMINAZIONE ASTM.:	
ghiaia con sabbia debolmente limosa	

DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE  
 dott. Bertosa Michele

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 dott. Belloli Marco



GEODRILL S.r.l. - Via F.lli Bandiera n°2 -TREVIOLO (Bg) -Tel 035-6221296 - info@geodrill.it  
 Laboratorio terreni ed aggregati autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture  
 e dei Trasporti per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore a)  
 Circ 7618/STC Art.59 DPR n.380/2001 Autorizzazione 276 del 05/11/2015

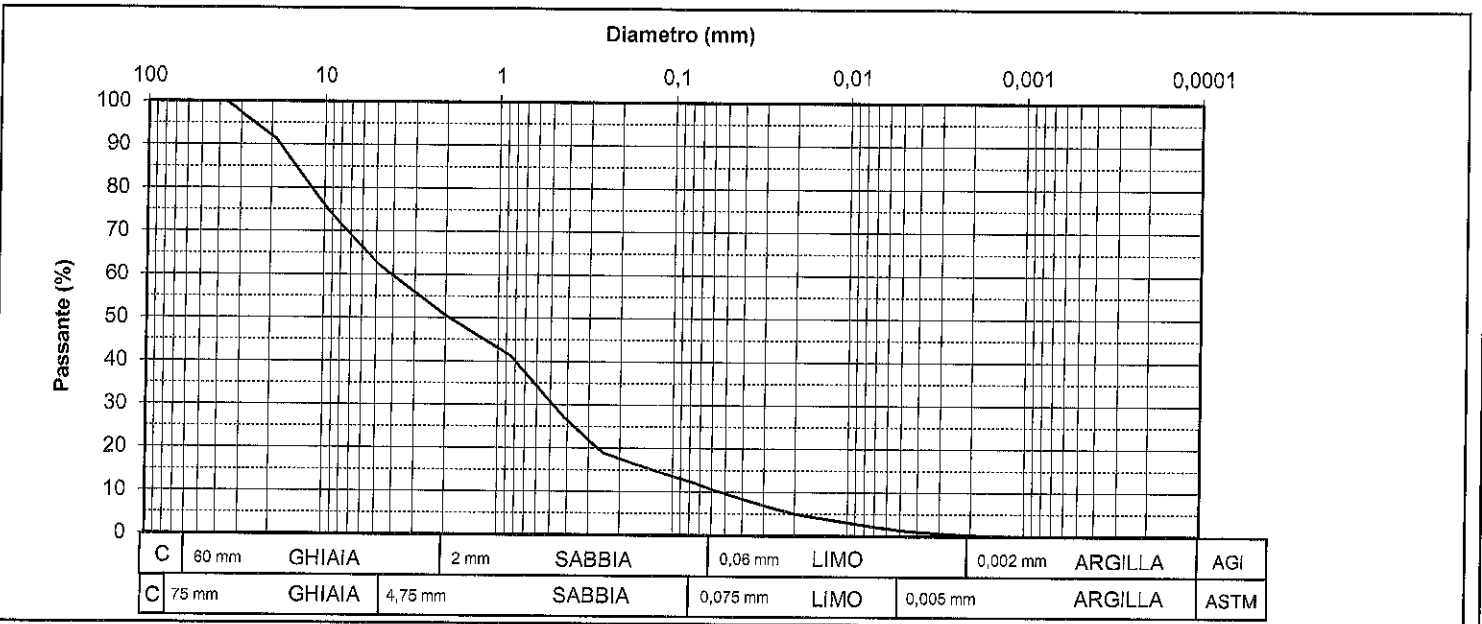


## ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-05	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(MI)	Campione n°:	C5 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	23 - 23,5 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA				AEROMETRIA	
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	10,58
37,5	0,00	100,00	0,00	0,04	8,39
19	8,65	91,35	8,65	0,03	6,84
9,52	25,18	74,82	16,53	0,02	4,92
4,75	38,02	61,98	12,84	0,012	3,56
2	49,44	50,56	11,43	0,007	2,01
0,85	58,77	41,23	9,33	0,0045	1,09
0,425	72,58	27,42	13,81	0,0029	0,55
0,25	81,05	18,95	8,46	0,002	0,18
0,105	85,23	14,77	4,18	0,0013	0,00
0,075	87,97	12,03	2,74		
< 0,075	100,00	0,00	12,03		

DIAMETRO mm		
Diametro massimo D max		36,8
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>		4
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>		1,8
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>		0,48
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>		0,055
COEFFICIENTI		
UNIFORMITA' D <sub>60</sub> /D <sub>10</sub>	U =	7,3E+01
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> /D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub>	C =	1,0E+00
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup>	K =	3,0E-03
PARAMETRI DETERMINATI		
PESO DI VOL. γ naturale (gr/cm <sup>3</sup> )		
PESO DI VOL. γ secco (gr/cm <sup>3</sup> )		
PESO DI VOL. γ saturo (gr/cm <sup>3</sup> )		
SATURAZIONE %	S <sub>r</sub>	
INDICE DEI VUOTI	e <sub>n</sub>	
POROSITA'	n	
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>		
UMIDITA' CAMPIONE %	W <sub>n</sub>	

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	49,44
SABBIA :	39,98
LIMO :	10,39
ARGILLA :	0,18
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia limosa	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	
GHIAIA :	38,02
SABBIA :	49,95
LIMO :	10,76
ARGILLA :	1,28
DENOMINAZIONE ASTM.:	
sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa	

DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE  
 dott. Bertosa Michele

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO  
 dott. Belloni Marco

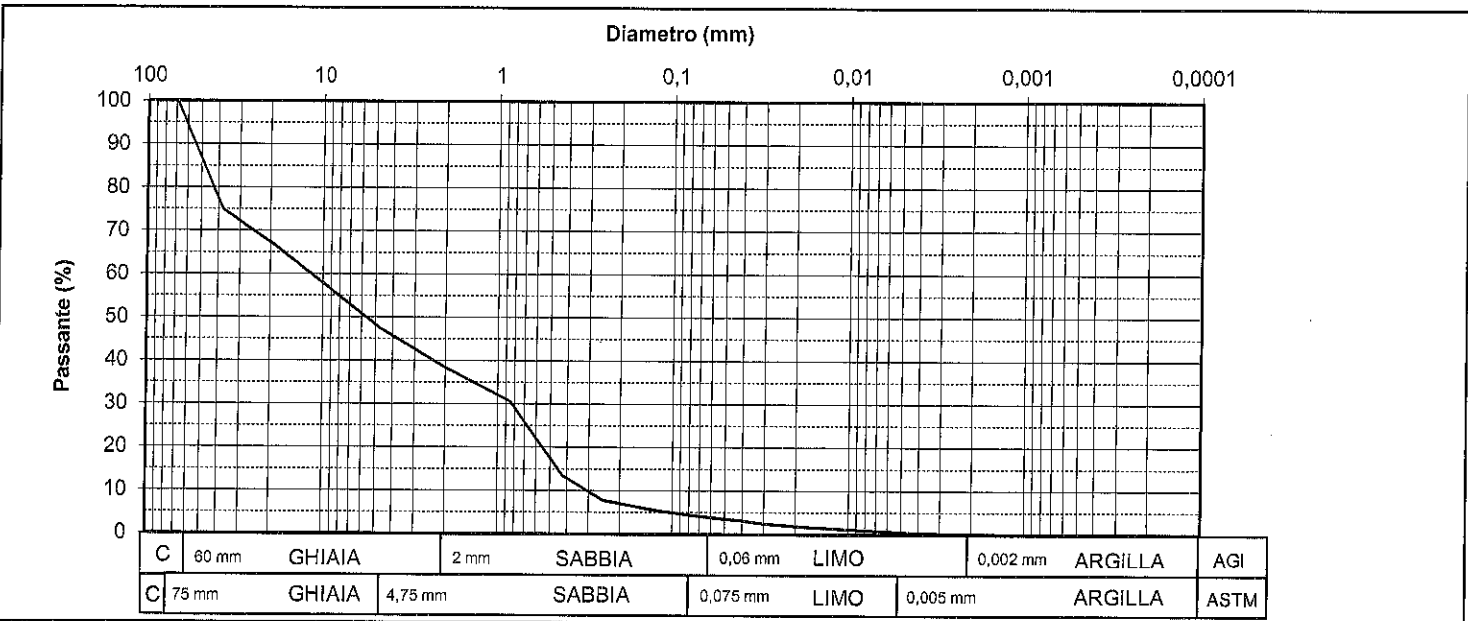


**ANALISI GRANULOMETRICA per setacciatura e sedimentazione**

ASTM D422 - RACCOMANDAZIONI A.G.I.

CERTIFICATO N°	23-06	ACCETTAZIONE N°	1	COMMESSA N°	23/LAB/19
DEL	29/08/2019	DEL	27/08/2019	DEL	05/08/2019

Committente:	A2A S.p.a.	Provenienza:	sondaggio S1	Data apertura:	27/08/2019
Località:	Centrale di Cassano d'Adda(Mi)	Campione n°:	C6 (rim)	Data inizio prova:	27/08/2019
		Profondità:	28 - 28,5 m	Data fine prova:	29/08/2019



SETACCIATURA				AEROMETRIA	
diametro mm	% cumulativa trattenuto	% cumulativa passante	% trattenuto	diametro equivalente	% cumulativa passante
75	0,00	100,00	0,00	0,06	3,78
37,5	25,17	74,83	25,17	0,04	3,08
19	33,32	66,68	8,15	0,03	2,44
9,52	42,74	57,26	9,42	0,02	1,80
4,75	52,40	47,60	9,67	0,012	1,28
2	61,68	38,32	9,27	0,007	0,77
0,85	69,48	30,52	7,81	0,0045	0,38
0,425	86,48	13,52	17,00	0,0029	0,19
0,25	92,21	7,79	5,72	0,002	0,06
0,105	94,53	5,47	2,32	0,0013	0,00
0,075	95,77	4,23	1,24		
< 0,075	100,00	0,00	4,23		

DIAMETRO mm	
Diametro massimo D max	68,8
Diametro passante 60% D <sub>60</sub>	12
Diametro passante 50% D <sub>50</sub>	5,6
Diametro passante 30% D <sub>30</sub>	0,82
Diametro passante 10% D <sub>10</sub>	0,3
COEFFICIENTI	
UNIFORMITA' D <sub>60</sub> / D <sub>10</sub> U =	4,0E+01
CURVATURA D <sub>30</sub> <sup>2</sup> / D <sub>60</sub> *D <sub>10</sub> C =	1,9E-01
PERMEAB. (cm/sec) D <sub>10</sub> <sup>2</sup> K =	9,0E-02
PARAMETRI DETERMINATI	
PESO DI VOL. γ naturale (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. γ secco (gr/cm <sup>3</sup> )	
PESO DI VOL. γ saturo (gr/cm <sup>3</sup> )	
SATURAZIONE % S <sub>r</sub>	
INDICE DEI VUOTI e <sub>n</sub>	
POROSITA' n	
PESO SPECIFICO dei GRANI G <sub>s</sub>	
UMIDITA' CAMPIONE % W <sub>n</sub>	

A.G.I.	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	6
GHIAIA :	55,68
SABBIA :	34,54
LIMO :	3,72
ARGILLA :	0,06
DENOMINAZIONE A.G.I.:	
ghiaia con sabbia debolmente ciottolosa (tracce di limo)	

ASTM	
CLASSE GRANULOMETRICA %	
CIOTTOLI:	0,00
GHIAIA :	52,40
SABBIA :	43,36
LIMO :	3,77
ARGILLA :	0,46
DENOMINAZIONE ASTM.:	
ghiaia con sabbia debolmente limosa	

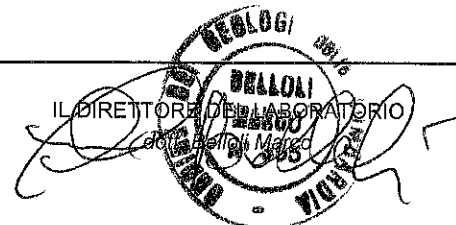
DESCRIZIONE

LO SPERIMENTATORE

dot. Bertosa Michele

IL DIRETTORE DEL LABORATORIO

dot. Bertosa Michele



## Allegato 2

SONDAGGIO 2019



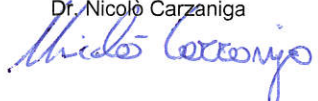
**SONDAGGIO GEOGNOSTICO**

sondaggio n° **1** data inizio **22/08/2019** data fine: **26/08/2019**  
 Committente: **A2A S.p.A.** comune: **Cassano d'Adda (MI)**  
 località: **Via Trecella 19**

Società autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011  
 relativo ai laboratori per esecuzione e certificazione  
 indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in  
 sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01  
 Circolare 08 settembre 2010 n° 7619/STC

quota: **p.c.** Perforazioni carotaggio continuo  
 diametro perforazione: **130-101/127-168 mm** strumentazione utilizzata: **Beretta T44**  
 Operatore: **Giudici Silvano** rapporto di prova n° **2709 del 3/9/19**

o mm	R v	A r	Pz	metri barr.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
										S.P.T.	N			
				1										Asfalto
				2						7-9-6	15	2.0		Ghiaia sabbiosa da debolmente limosa a limosa grigia o marrone, presenza di frammenti di asfalto e laterizi. Clasti da subarrotondati ad angolari, Ø Max = 5-6 cm
				3								2.4		Ghiaia con sabbia debolmente limosa marroncina, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø Max = 4 cm
				4						2-4-6	10			Ghiaia limosa sabbiosa debolmente argillosa marrone scuro, clasti da subarrotondati ad angolari, presenza di frammenti di laterizi inglobati nella matrice fine. Ø Max = 9 cm. Rari ciottoli sparsi.
				5										
				6						3-5-10	15	6.3		
				7		1) Dis < 7,00 7,50								Ghiaia con sabbia debolmente limosa grigia, clasti da subarrotondati a subangolari, rari ciottoli sparsi. Ø Max = 9 cm.
				8						27-42-50/5cm	Rif			
				9										
				10		2) Dis < 10,00 10,50				50/6cm	Rif			
				11										
				12						35-50/8cm	Rif			
				13										
				14		3) Dis < 14,00 14,50				50/7cm	Rif	14.0		Ghiaia con sabbia limosa grigio nocciola, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø Max = 5 cm
				15										
				16						45-50/6cm	Rif	16.0		Ghiaia con sabbia e tracce di limo grigio nocciola, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø Max = 4-5 cm.
				17										
				18						30-39-36	75			
				19		4) Dis < 18,50 19,00								
				20						25-42-50/12cm	Rif			
				21										
				22						32-38-39	77	22.5		Ghiaia con sabbia limosa grigia, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø Max = 5-6 cm.
				23		5) Dis < 23,00 23,50								
				24						39-50/8cm	Rif	24.0		Ghiaia sabbiosa debolmente limosa grigio nocciola, clasti da subarrotondati a subangolari, rari ciottoli sparsi, Ø Max = 8.5 cm.
				25										
				26						17-22-25	47			
				27								27.0		
				28		6) Dis < 28,00 28,50				30-50/12cm	Rif			Ghiaia con sabbia debolmente ciottolosa e tracce di limo grigia, clasti da subarrotondati a subangolari, rari ciottoli sparsi. Ø Max > 8.5 cm.
				29										
				30								30.0		

Responsabile tecnico di sito  
 Dr. Nicolò Carzaniga  




Direttore del laboratorio  
 Dott. Marco Belloli  






## Allegato 3

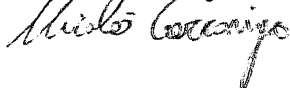
SONDAGGIO E PROVE PENETROMETRICHE 2018

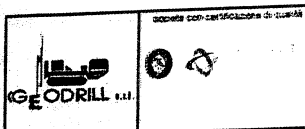
	società con certificazione di qualità		<b>SONDAGGIO GEONOSTICO</b>		
	sondaggio n° <b>1</b>	data inizio <b>05/09/2018</b>	data fine: <b>05/09/2018</b>		
Committente: <b>A2A S.p.A.</b>	localit�: <b>Via Trecella 19</b>		comune: <b>Cassano d'Adda (MI)</b>		
Societ� autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione o certificazione indagini geonostiche, privilegio di campioni o prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 Circolare 08 settembre 2010 n° 7619/STC			quota: <b>p.c.</b>		Perforazion carotaggio continuo
diametro perforazione: <b>101/127 mm</b>			strumentazione utilizzata: <b>Beretta T44</b>		
Operatore: <b>Giudici Silvano</b>			rapporto di prova n°2256 del 18/10/18		

Profondit� (m)	R.A. (%)	Pz (m)	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. (%)	SPT	RQD (%)	prof (m)	DESCRIZIONE
0.4										0.4	Asfalto
0.3										0.3	Sottofondo: Ghiaia sabbiosa ciottolosa grigio scuro, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø Max > 8.5 cm
1.0				11 Dis - 1.50 2.00							Ghiaia sabbiosa debolmente limosa argillosa, clasti da subarrotondati a subangolari, presenza di frammenti di laterizi e calcestruzzo fino a circa 1.0 m da p.c., Ø Max = 6 cm
2.0								22-25-22	47	2.0	Ghiaia con sabbia limosa o debolmente limosa da marroncina a grigia, clasti da subarrotondati a subangolari, Ø max = 4-5 cm. Addensata.
3.0				20 Dis - 3.00 3.50							
4.0								50/12cm	Rif		
5.0											
6.0								50/13cm	Rif		
7.0				31 Dis - 8.30 7.30							
8.0								50/10cm	Rif		
9.0											
10.0				43 Dis - 3.30 10.00				50/8cm	Rif	10.0	

Responsabile tecnico di sito

Dr. Nicol  Carzaniga



Società autorizzata con Decreto n° 536 del 18/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione e certificazione sondaggi geognostici. Prelievo di campioni a prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 360/01. Circolare 08 settembre 2010 n° 7459/STC

### SONDAGGIO GEOGNOSTICO

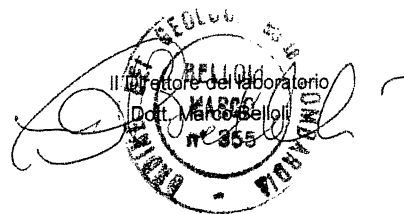




**sondaggio n°** 1      **data inizio** 05/09/2018      **data fine:** 05/09/2018  
**Riferimento:** A2A spa      **Località:** Via Trecella 19  
**Comune di:** Cassano D'Adda (MI)  
**quota:** p.c.      **Perforazione:** carotaggio continuo -  
**diametro perforazione:** 101/127 mm      **strumentazione utilizzata** Beretta T44  
**Operatore:** Giudici Silvano      **rapporto di prova n°** 2256 del 25/09/2018

#### SONDAGGIO N° 1

PROVA N°	DATA	INIZIO PROVA prof. (m) da p.c.	N° COLPI			TIPO DI PUNTA	
			15 cm	30 cm	45 cm	aperta - chiusa	
1	05/09/2018	2,0	22	25	22		chiusa
2	05/09/2018	4,0	50/12 cm				chiusa
3	05/09/2018	6,0	50/13 cm				chiusa
4	05/09/2018	8,0	50/10 cm				chiusa
5	05/09/2018	10,0	50/8 cm				chiusa

Responsabile tecnico di sito  
Dr. Nicolò Carzaniga



 <small>Società con certificazioni di qualità</small>	<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH</b>		 <small>Associazione Nazionale Ingegneri Geotecnici</small>
	<b>Prova n°:</b> 1 <b>Committente:</b> A2A spa <b>Comune di:</b> Cassano D'Adda (MI)	<b>Data esecuzione prova:</b> 4/9/2018  <b>Località:</b> Via Trecello 19	
<b>Strumentazione impiegata:</b> Penetrometro Pagani TG 63-100 <b>Caratteristiche strumentazione:</b> peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm			
<b>Operatore:</b> Elalami Said		<b>rapporto di prova n° 2252 del 18/10/18</b>	

quota inizio prova: p.c.

profondità falda m: rilevazione non effettuata

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento		
0,3	6			
0,6	7			
0,9	3			
1,2	8			
1,5	8			
1,8	21			
2,1	23			
2,4	26			
2,7	41			
3,0	44			
3,3	49			
3,6	50			
3,9	70			
4,2	49			
4,5	41			
4,8	75			
5,1	100			
5,4				
5,7				
6,0				
6,3				
6,6				
6,9				
7,2				
7,5				
7,8				
8,1				
8,4				
8,7				
9,0				
9,3				
9,6				
9,9				
10,2				
10,5				

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento		
10,8				
11,1				
11,4				
11,7				
12,0				
12,3				
12,6				
12,9				
13,2				
13,5				
13,8				
14,1				
14,4				
14,7				
15,0				
15,3				
15,6				
15,9				
16,2				
16,5				
16,8				
17,1				
17,4				
17,7				
18,0				
18,3				
18,6				
18,9				
19,2				
19,5				
19,8				
20,1				
20,4				
20,7				
21,0				

Note e osservazioni:

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH**

Prova n°: 1      Data esecuzione prova: 4/9/2018

Committente: A2A spa

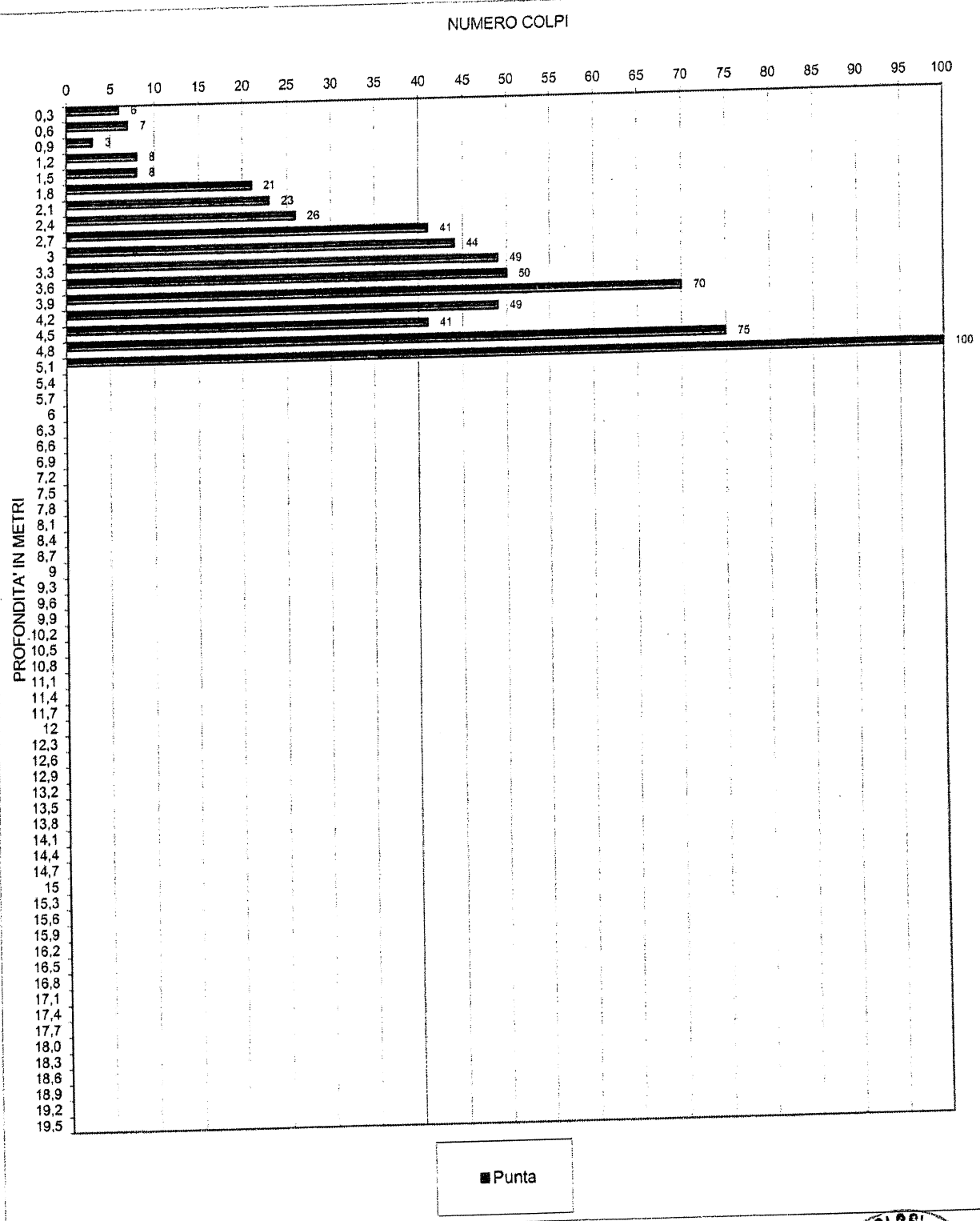
Comune di: Cassano D'Adda (MI)      Località: Via Trecello 19

Strumentazione impiegata: Penetrometro Pagani TG 63-100

Caratteristiche strumentazione: peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm

Operatore: Elalami Said      rapporto di prova n° 2252 del 18/10/18

Società autorizzata con Decreto n° 128 del 19/04/2011 rilasciata al laboratorio per esecuzione di indagini geofisiche, prova di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 Circolare 06 settembre 2010 n° 7619/S1-C



Il responsabile di sito  
 Dott. Niccolò Carzaniga  
*Niccolò Carzaniga*

Il Direttore Tecnico  
 Dott. Marco Belloni  
*Marco Belloni*  
 ANIG - 6-555

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH**

Prova n°: **2**      Data esecuzione prova: **4/9/2018**

Committente: **A2A spa**

Comune di: **Cassano D'Adda (MI)**      Località: **Via Trecello 19**

Strumentazione impiegata: **Penetrometro Pagani TG 63-100**

Caratteristiche strumentazione: **peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm**

Operatore: **Elami Said**      rapporto di prova n° **2253 del 18/10/18**

Società autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geognostiche, prove di campioni e prove in situ ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 350/01  
Circolare 08 settembre 2010 n° 7619/STC

quota inizio prova: p.c.




profondità falda m: rilevazione non effettuata

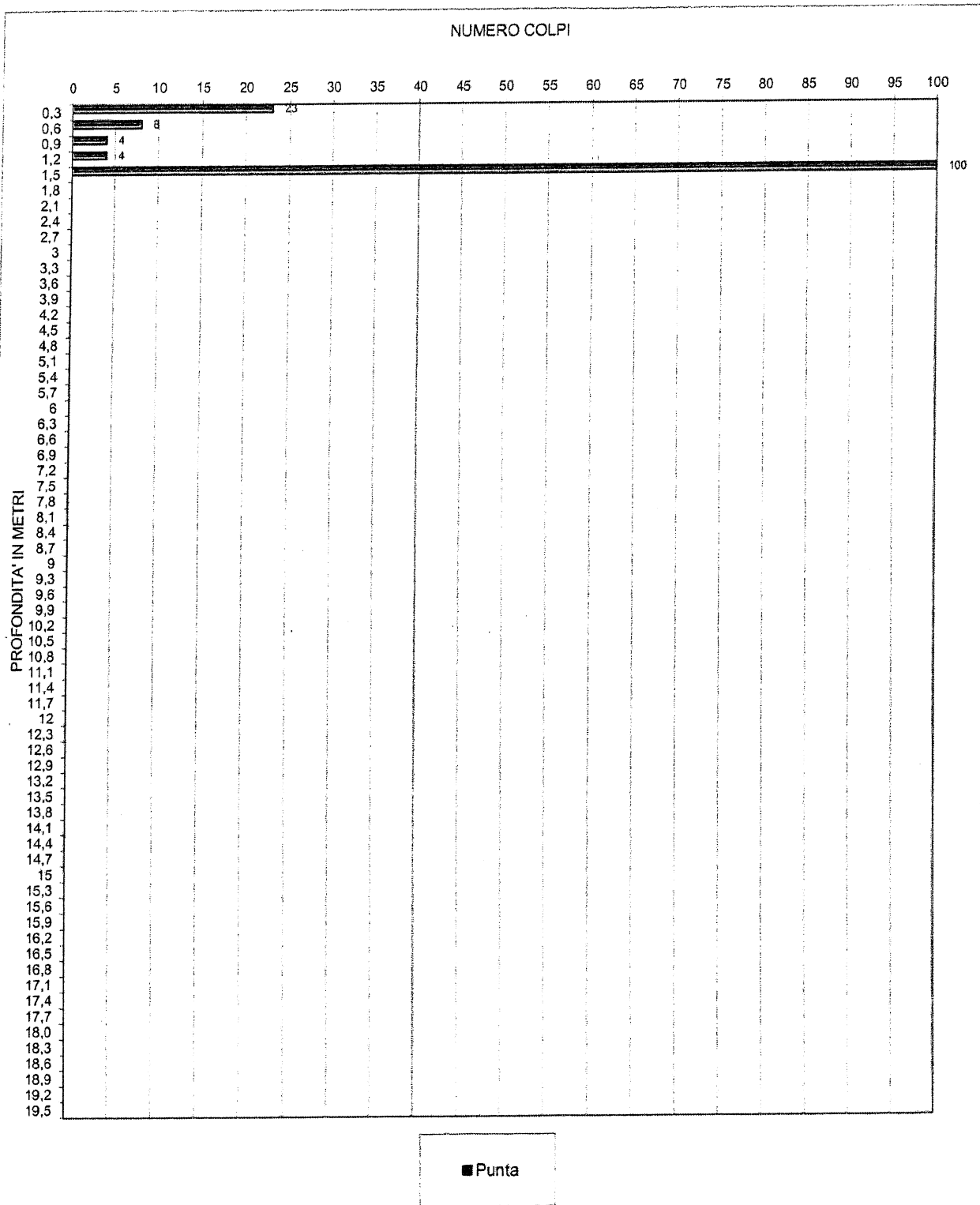
profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
0,3	23	
0,6	8	
0,9	4	
1,2	4	
1,5	100	
1,8		
2,1		
2,4		
2,7		
3,0		
3,3		
3,6		
3,9		
4,2		
4,5		
4,8		
5,1		
5,4		
5,7		
6,0		
6,3		
6,6		
6,9		
7,2		
7,5		
7,8		
8,1		
8,4		
8,7		
9,0		
9,3		
9,6		
9,9		
10,2		
10,5		

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		
12,3		
12,6		
12,9		
13,2		
13,5		
13,8		
14,1		
14,4		
14,7		
15,0		
15,3		
15,6		
15,9		
16,2		
16,5		
16,8		
17,1		
17,4		
17,7		
18,0		
18,3		
18,6		
18,9		
19,2		
19,5		
19,8		
20,1		
20,4		
20,7		
21,0		

Note e osservazioni:





	SOCIETÀ CON CERTIFICAZIONE DI QUALITÀ 	<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH</b>		 Associazione Nazionale Imprese Penetrometriche in Italia S.p.A.
		Prova n°: <b>2</b> Committente: <b>A2A spa</b> Comune di: <b>Cassano D'Adda (MI)</b>	Data esecuzione prova: <b>4/9/2018</b> Località: <b>Via Trecello 19</b>	
Società autorizzata con Decreto n° 158 del 18/24/2011 relativo ai laboratori per l'esecuzione di indagini geotecniche, art. 10 del D.P.R. n. 380/01 campione a prova n° 210 ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01 Circolare 08 settembre 2010 n° 7819/STC				
Strumentazione impiegata: <b>Penetrometro Pagani TG 63-100</b>		Caratteristiche strumentazione: <b>peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm</b>		
Operatore: <b>Elalami Said</b>		<b>rapporto di prova n° 2253 del 18/10/18</b>		



Il responsabile di sito  
 Dott. Nicolò Carzaniga  
*Nicolò Carzaniga*

Il Direttore Tecnico  
 Dott. Marco Belloni  
*Marco Belloni*  
 BELLONI  
 MARCO  
 n° 355

	<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH</b>		
	Prova n°: <b>3</b> Committente: <b>A2A spa</b> Comune di: <b>Cassano D'Adda (MI)</b>	Data esecuzione prova: <b>4/9/2018</b> Località: <b>Via Trecello 19</b>	
Strumentazione impiegata: Penetrometro Pagani TG 63-100			
Caratteristiche strumentazione: peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm			
Operatore: <b>Elalami Said</b>		<b>rapporto di prova n° 2254 del 18/10/18</b>	

società autorizzata con Decreto n° 158 del 19/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geognostiche, prove di aspirometria e prove in sito ai sensi dell'art. 50 del D.P.R. n. 380/01  
 Circolare 05 settembre 2010 n° 7019/STO

quota inizio prova: p.c.

profondità falda m: rilevazione non effettuata

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
0,3	29	
0,6	7	
0,9	6	
1,2	4	
1,5	14	
1,8	22	
2,1	34	
2,4	36	
2,7	39	
3,0	44	
3,3	78	
3,6		
3,9		
4,2		
4,5		
4,8		
5,1		
5,4		
5,7		
6,0		
6,3		
6,6		
6,9		
7,2		
7,5		
7,8		
8,1		
8,4		
8,7		
9,0		
9,3		
9,6		
9,9		
10,2		
10,5		

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		
12,3		
12,6		
12,9		
13,2		
13,5		
13,8		
14,1		
14,4		
14,7		
15,0		
15,3		
15,6		
15,9		
16,2		
16,5		
16,8		
17,1		
17,4		
17,7		
18,0		
18,3		
18,6		
18,9		
19,2		
19,5		
19,8		
20,1		
20,4		
20,7		
21,0		

Note e osservazioni:



Società con certificazione di qualità

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DP5H



Prova n°: 3      Data esecuzione prova: 4/9/2018

Committente: A2A spa

Comune di: Cassano D'Adda (MI)

Località: Via Trecello 19

Associazione Editoriale  
Servizi Specializzati  
in Analisi Computate

Società autorizzata con Decreto n° 156 del 19/04/2011 relativo al  
"laboratorio per esecuzione di indagini geotecniche, previsione di  
campioni a prova in sito ai sensi dell'art. 39 del D.P.R. n. 380/01  
Circolare 05 settembre 2010 n° 7019/BTG

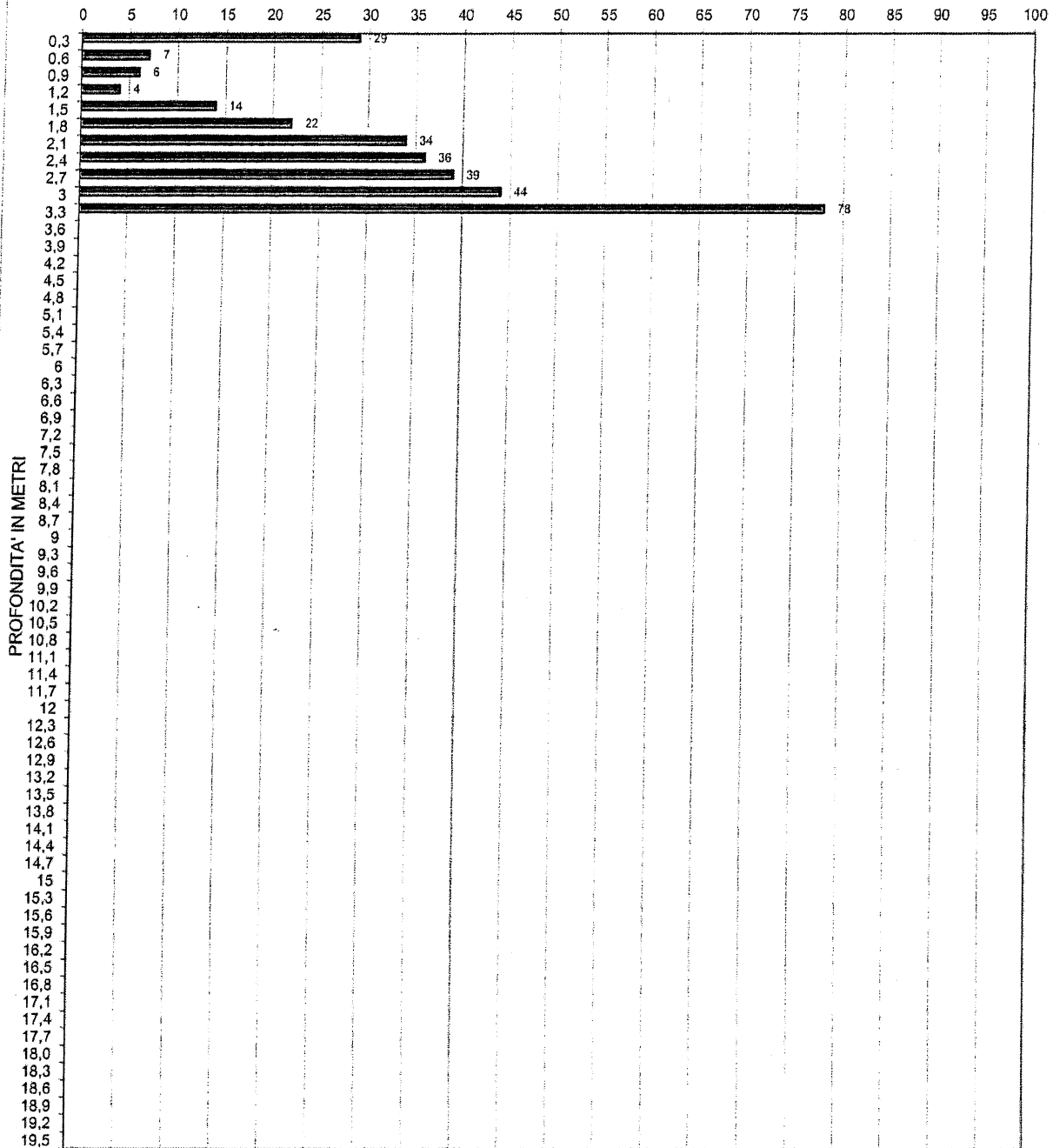
Strumentazione impiegata: Penetrometro Pagani TG 63-100

Caratteristiche strumentazione: peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm

Operatore: Elalami Said

rapporto di prova n° 2254 del 18/10/18

#### NUMERO COLPI



■ Punta


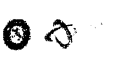

Il responsabile di sito

Dot. Nicolò Carzaniga

Il Direttore Tecnico

Dot. Marco Belloni



		<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH</b>		
		<b>Prova n°:</b> 4	<b>Data esecuzione prova:</b> 4/9/2018	
<b>Committente:</b> A2A spa		<b>Località:</b> Via Trecello 19		
<b>Comune di:</b> Cassano D'Adda (MI)		<b>Strumentazione impiegata:</b> Penetrometro Pagani TG 63-100		
<small>Società autorizzata con Decreto n° 158 del 10/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geotecniche, prelievo di campioni e prove in sito ai sensi dell'art. 50 del D.P.R. n. 390/01. Circolare 08 settembre 2010 n° 7019/STC</small>				
<b>Caratteristiche strumentazione:</b> peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm		<b>Operatore:</b> Elalami Said		
		<b>rapporto di prova n° 2255 del 18/10/18</b>		




quota inizio prova: p.c.

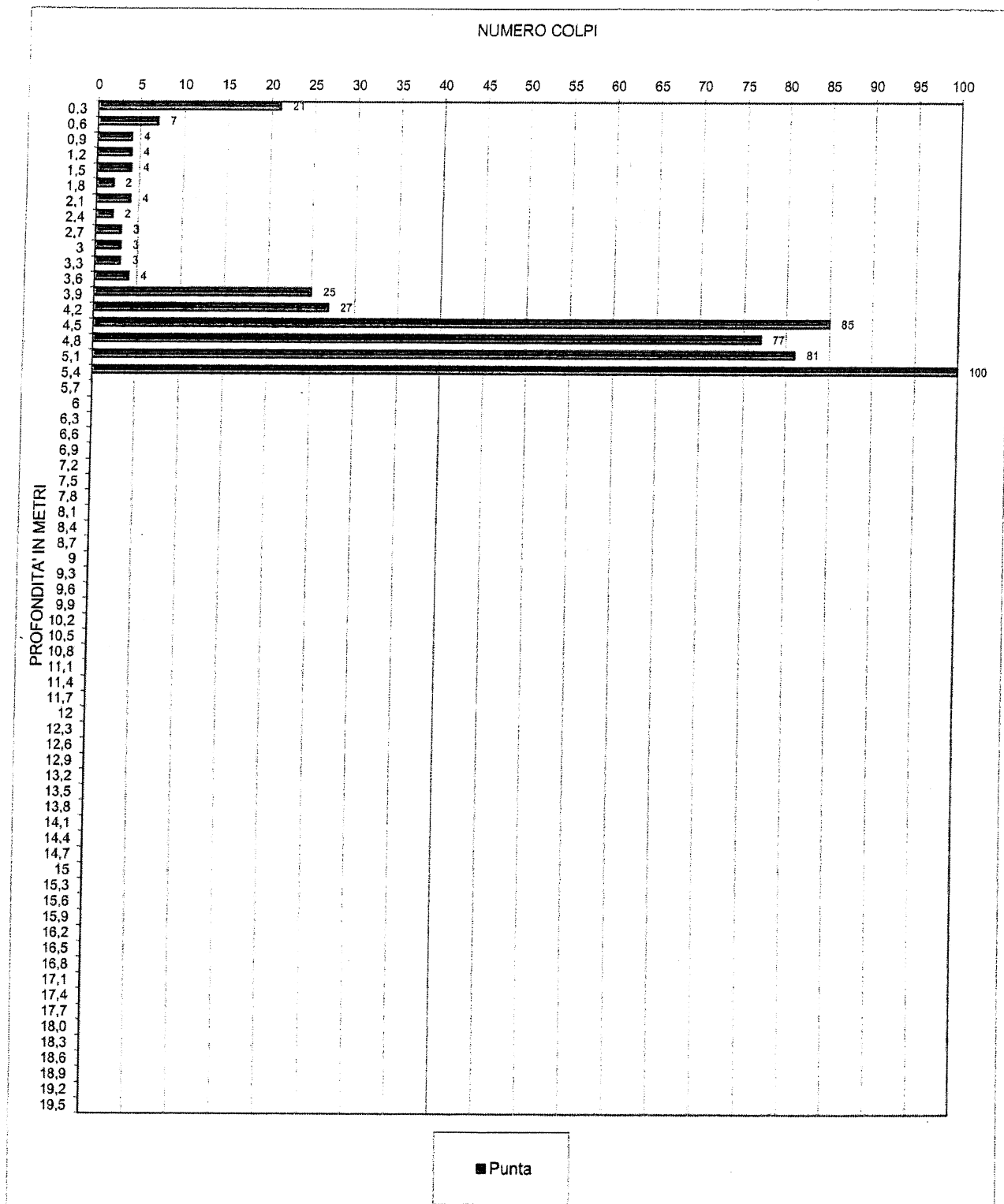
profondità falda m: rilevazione non effettuata

profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
0,3	21	
0,6	7	
0,9	4	
1,2	4	
1,5	4	
1,8	2	
2,1	4	
2,4	2	
2,7	3	
3,0	3	
3,3	3	
3,6	4	
3,9	25	
4,2	27	
4,5	85	
4,8	77	
5,1	81	
5,4	100	
5,7		
6,0		
6,3		
6,6		
6,9		
7,2		
7,5		
7,8		
8,1		
8,4		
8,7		
9,0		
9,3		
9,6		
9,9		
10,2		
10,5		

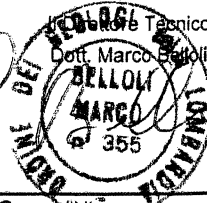
profondità m	n° colpi asta	n° colpi rivestimento
10,8		
11,1		
11,4		
11,7		
12,0		
12,3		
12,6		
12,9		
13,2		
13,5		
13,8		
14,1		
14,4		
14,7		
15,0		
15,3		
15,6		
15,9		
16,2		
16,5		
16,8		
17,1		
17,4		
17,7		
18,0		
18,3		
18,6		
18,9		
19,2		
19,5		
19,8		
20,1		
20,4		
20,7		
21,0		

Note e osservazioni:

		<b>PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TIPO DPSH</b>		
		Prova n°: <b>4</b> Committente: <b>A2A spa</b> Comune di: <b>Cassano D'Adda (MI)</b>	Data esecuzione prova: <b>4/9/2018</b> Località: <b>Via Trecello 19</b>	
Società autorizzata con Decreto n° 158 del 18/04/2011 relativo ai laboratori per esecuzione di indagini geotecniche, geofisiche, sismologiche e prove in situ ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 380/01. Circolare 08 settembre 2010 n° 7810/STC.		Strumentazione impiegata: <b>Penetrometro Pagani TG 63-100</b> Caratteristiche strumentazione: <b>peso mazza: 73 kg - volata 75 cm - diam. punta 51 mm</b>		
Operatore: <b>Elalami Said</b>		rapporto di prova n° <b>2255 del 18/10/18</b>		



Il responsabile di sito  
 Dott. Niccolò Cazzaniga  
*Niccolò Cazzaniga*


 Tecnico  
 Dott. Marco Belloni  
**BELLONI**  
**MARCO**  
 n° 355

Allegato 4

SONDAGGI E PROVA PENETROMETRICA 1998



**sondaggio geognostico**  
 Cassano D'Adda <sup>Mi</sup>  
 COMMITTENTE : AEM

STRATIG. REDATTA DA : dr. Marco Belloli  
 IL GIORNO : 12-01-98

**SONDAGGIO : 1**      X =      Y =      QUOTA pc = .000  
 PR. TOT. DA pc = 20.00      AZIMUT = .00      INCLINAZIONE = .00

**ESECUZIONE :**      DATA INIZIO : 12-01-98      DATA FINE : 13-01-98  
 SISTEMA DI PERFORAZIONE : carotaggio continuo  
 FLUIDO DI CIRCOLAZIONE : acqua

DATA	T. PERFOR. T. CAROT.	Ø RIVEST. Ø PERFOR.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFOND. (m)	RECUPERO (%)	RQD (%)	FORMAZIONE GEOLOGICA	CAMPIONI INDISTURB.	ALT./DIAM. T.CAMPION.	CAMPIONI RIMANEGG.	CAMPIONI DI ROCCIA	POCKET (MPa) PENETROM.	VANE TEST (MPa)	PROVE SPT N1 N2 N3 rif. ... cm	NOTE	
12-01-98	A ROTAZIONE CON CAROTIERE CAROTIERE SEMPLICE	127 101		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10												
			riporto ghiaioso sabbioso limoso marrone molle	1.00										2.00 50 0		
			ghiaia sabbiosa debolmente ciottolosa grigia											4.00 45 50 0		
			ghiaia con sabbia limosa debolmente ciottolosa	5.50						5.5 C1				5.50 30 23 32		
			ghiaia sabbiosa debolmente ciottolosa grigia	6.30						6.0						
														8.00 27 50 0		
														10.00 30 37 50		

sondaggio geognostico  
Cassano D'Adda M1

SONDAGGIO : 1

Pagina n. 2.

DATA	T. PERFOR.	T. CAROT.	Ø HIVERST.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFOND.	RECUPERO (%)	RQD (%)	FORMAZIONE GEOLOGICA	CAMPIONI INDISTURB.	ALT./DIAM. T.CAMPION.	CAMPIONI RIMANESS.	CAMPIONI DI ROCCE	POCKET (MPa) PENETROM.	VANE TEST (MPa)	PROVE SPT N1 N2 N3 rif. ... cm	NOTE
13-04-98					11											
				11.00	12						11.5 11.8				12.00 12 12	
				13.00	13										14.00 14 36 50	
					14											
					15											
					16										16.00 16 0 0	
					17											
					18										18.00 18 29 50	
					19											
					20										20.00 20 0 0	

A ROTAZIONE CON CAROTIERE  
CAROTIERE SEMPLICE

127

101

15

12-04-98

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00

20.00



SONDAGGIO GEOGNOSTICO  
Cassano D'Adda MI

SONDAGGIO : 2

Pagina n. 2.

DATA	T. PERFOR. T. CAROT.	Ø PERFOR.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFOND. (%)	RECUPERO (%)	RQD (%)	FORMAZIONE GEOLOGICA	CAMPIONI INDISTURB.	CAMPIONI ALT./DIAM.	T. CAMPION.	CAMPIONI RIMANEGB.	CAMPIONI DI ROCCIA	POCKET (MPa) PENETROM.	VANE TEST (MPa)	PROVE SPT N1 N2 N3 raf. ... cm	NOTE
14-01-98			11.50 13.00 15.00 16.00 19.50 20.00	11							10.5 11 11.0			12.00 0 0		
14-01-98			13.00 15.00 16.00	13							13.0 13.5			14.50 20 40		
15-01-98			15.00 16.00	15										16.00 0 0		
15-01-98			19.50 20.00	16										18.00 0 0		
15-01-98			19.50 20.00	17										20.00 16 17		

A POTAZIONE CON CAROTTIERE  
CAROTTIERE CON SEMPLICE

**sondaggio geognostico**  
 Cassano D'Adda Mi  
 COMMITTENTE : AEM

STRATIG. REDATTA DA : dr. Marco Belloli  
 IL GIORNO : 16-01-98

QUOTA pc = .000  
 INCLINAZIONE = .00

Y =  
 AZIMUT = .00

X =  
 PR. TOT. DA pc = 30.00

SONDAGGIO : 3  
 QUOTA FONDO FORD = 30.00

DATA INIZIO : 16-01-98 DATA FINE : 18-01-98  
 SISTEMA DI PERFORAZIONE : carotaggio continuo  
 FLUIDO DI CIRCOLAZIONE : acqua

ESECUZIONE :

DATA	T. PERFOR. CAROT.	Ø RIVEST. PERFOR.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFOND.	RECUPERO (%)	RQD (%)	FORMAZIONE GEOLOGICA	CAMPIONI INDISTURB. ALT./DIAM. T.CAMPION.	CAMPIONI RIMANEGG.	CAMPIONI DI ROCCIA	POCKET (MPa) PENETROM.	VALE TEST (MPa)	PROVE SPT prof. N1 N2 N3 - rif. ... cm	NOTE
16-01-98	A ROTAZIONE CON CAROTIERE CAROTIERE SEMPLICE	127 101		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10										
													2.00 15 14	
													4.00 50 0	
													6.00 0 0	
													8.00 0 0	
													10.00 14 15	



SONDAGGIO geognostico  
Cassano D'Adda MI

SONDAGGIO : 3

Pagina n. 2.

DATA	T. PERFOR. T. CARDOT.	Ø RIVEST.	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	PROFOND.	RECUPERO (%)	RDD (%)	FORMAZIONE GEOLOGICA	CAMPIONI INDISTURB.	ALT./DIAM. T. CAMPION.	CAMPIONI RIMANEBB.	CAMPIONI DI ROCCIA	POCKET (MPa) PENETROM.	VANE TEST (MPa)	PROVE SPT M1 M2 N3 rif. ... cm	NOTE
15-04-99			<p>11</p> <p>12</p> <p>13</p> <p>14</p> <p>15</p> <p>16</p> <p>17</p> <p>18</p> <p>19</p> <p>20</p> <p>21</p> <p>22</p> <p>23</p> <p>24</p> <p>25</p> <p>13.50</p> <p>13.50</p> <p>21.00</p> <p>23.00</p>	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25											
17-04-99			<p>101</p> <p>127</p> <p>A ROTAZIONE CON CARDOTERE CANTIERE SEMPLICE</p>												

15.00

17-04-99

25.00





PROVA PENETROMETRICA N° 10 STANDARD S.C.P.T.

DATA : 15/01/98	Peso mazza = 73.5 Kg
LOCALITA : Cassano D'Adda	Volata = 75 cm
COMMITTENTE: AEM	φ punta = 51 mm

M	Nc	0	10	20	30	40	50	N° COLPI(Nc)0
0.3	8							
0.6	4							
0.9	3							
1.2	5							
1.5	14							
1.8	19							
2.1	22							
2.4	25							
2.7	29							
3.0	34							
3.3	41							
3.6	57							
3.9	54							
4.2	55							
4.5	100							

GEODRILL PIAZZA RISORGIMENTO n° 14 -BERGAMO- tel 035/261154



Fig. 1 – Postazione sondaggio 1



Fig. 2 – Sondaggio 1 da 0.0 a 5.0 / da 5.0 a 10.0 m da p.c.





Fig. 3 – Sondaggio 1 da 10.0 a 15.0 / da 15.0 a 20.0 m da p.c.



Fig. 4 – Sondaggio 1 da 20.0 a 25.0 / da 25.0 a 30.0 m da p.c.





Fig. 5 – Postazione HVSR 1



Fig. 6 – Postazione HVSR 2





Fig. 7 – Postazione HVSR 3