

**UFFICIO OPERATIVO DI CASALE MONFERRATO
OPERE IDRAULICHE DI 2^A CATEGORIA - FIUME PO**

PROGETTO ESECUTIVO

**(AL-E-1775) LAVORI DI ARRETRAMENTO ARGINE IN SINISTRA
OROGRAFICA DEL FIUME PO IN LOCALITA' "C.NA CONSOLATA"
DEL COMUNE DI CASALE MONFERRATO (AL).
CUP B39H1000480001**

**RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E
RELATIVI ALLEGATI**

ELABORATO

2**

PROGETTISTA COORDINATORE

Ing. Carmelo PAPA

PROGETTISTI

Geom. Eligio DI MASCIO

Geol. Alessandro ROSSO

COLLABORATORI PROGETTISTI

Geom. Giacomo NEZZO

Istr. Idr. Daniele SANGUIN

Geom. Dario SAVINI

Coll. Idr. Andrea BERTAZZO

**PERIZIA N.
3287**

**DATA
15/07/2015**

**REV. N° 1
15/07/2015**

**REV. N° 2
02/12/2015**

**REV. N° 3
08/08/2019**

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Antonio ARENA





UFFICIO OPERATIVO DI CASALE MONFERRATO

**OPERE IDRAULICHE DI 2[^] CATEGORIA
FIUME PO**

**(AL-E-1775) LAVORI DI ARRETRAMENTO ARGINE IN SINISTRA OROGRAFICA
DEL FIUME PO IN LOCALITA' "C.NA CONSOLATA" DEL COMUNE DI CASALE
MONFERRATO.**

CUP B39H1000480001

PROGETTO ESECUTIVO REVISIONE 2.12.2015

**ELABORATO:
RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA E
RELATIVI ALLEGATI**

ALLEGATO:

2**

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

PROGETTISTA COORDINATORE

Ing. Carmelo PAPA *C. PAPA*

COLLABORATORI PROGETTISTI

Geom. Giacomo NEZZO *G. NEZZO*

Istr. Idr. Daniele SANGUINI *D. SANGUINI*

Geom. Dario SAVINI *D. SAVINI*

Coll. Idr. Andrea BERTAZZO *A. BERTAZZO*

PROGETTISTI

Geom. Eligio DI MASCIO *E. DI MASCIO*

Geol. Alessandro ROSSO *A. ROSSO*

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Carlo CONDORELLI *C. CONDORELLI*

DATA

15/07/2015

PERIZIA N.

3287



Relazione Geologica

Monitoraggio della falda

(AL-E-1775) Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località "Cascina Consolata" del Comune di Casale Monferrato.



SOMMARIO

1. Premesse	2
2. Successione geologica di riferimento.....	5
3. Dati monitoraggio.	6

1. Premesse

Nei pressi della località Cascina Consolata Figura 1, nel comune di Casale Monferrato, è da



Figura 1 Ubicazione dell'area

tempo emersa la necessità di realizzare l'arretramento dell'argine sinistro del fiume Po, con la costruzione di un nuovo tratto arginale (della lunghezza di circa 700 ml).

Con il progetto "(AL-E-1775) Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località "Cascina Consolata" del Comune di Casale Monferrato" si è programmata la realizzazione di tale opera, secondo lo sviluppo planimetrico illustrato in Figura 2

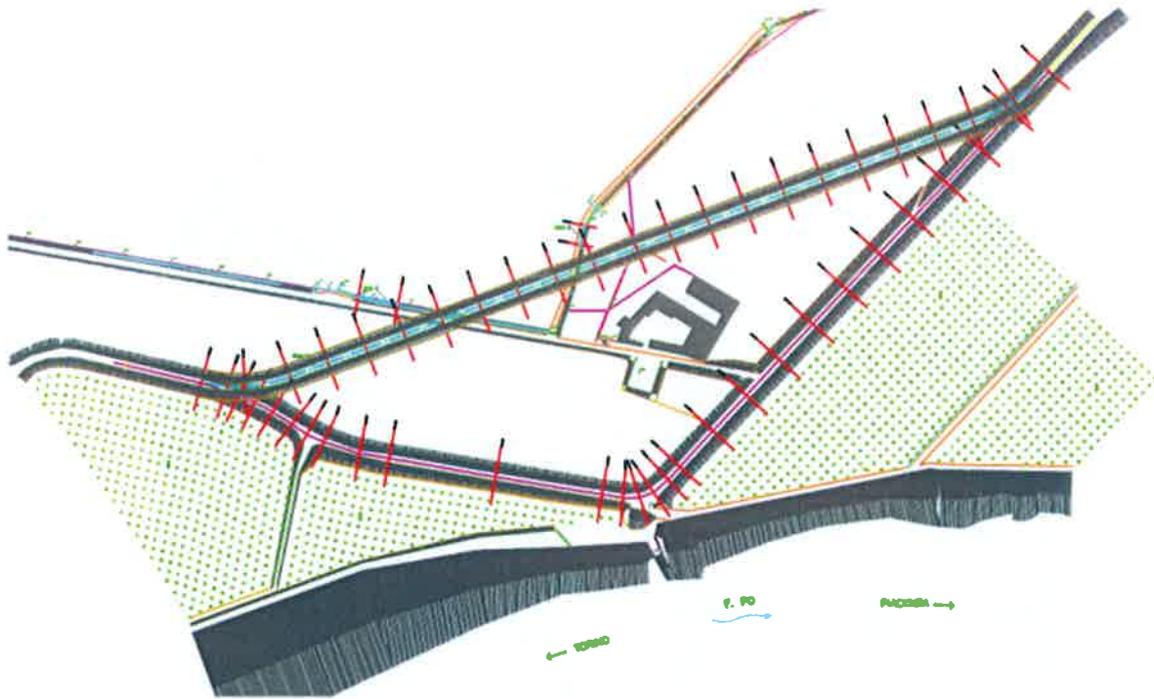


Figura 2 Planimetria dell'intervento

Nel passaggio tra le varie fasi di progettazione precedenti, nel corso delle diverse attività di indagine geognostica, al fine di approfondire la conoscenza dello schema dell'acquifero e della circolazione idrica subsuperficiale, furono installati n°3 piezometri ubicati come da Figura 3.

Come facilmente osservabile, la Figura 3 riporta solo n° 2 piezometri in quanto il piezometro n° 3 è risultato andato distrutto, immediatamente dopo la sua messa in opera.

(AL-E-1775) Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località "Cascina Consolata" del Comune di Casale Monferrato. Relazione sul monitoraggio della falda.



Figura 3 Ubicazione dei piezometri

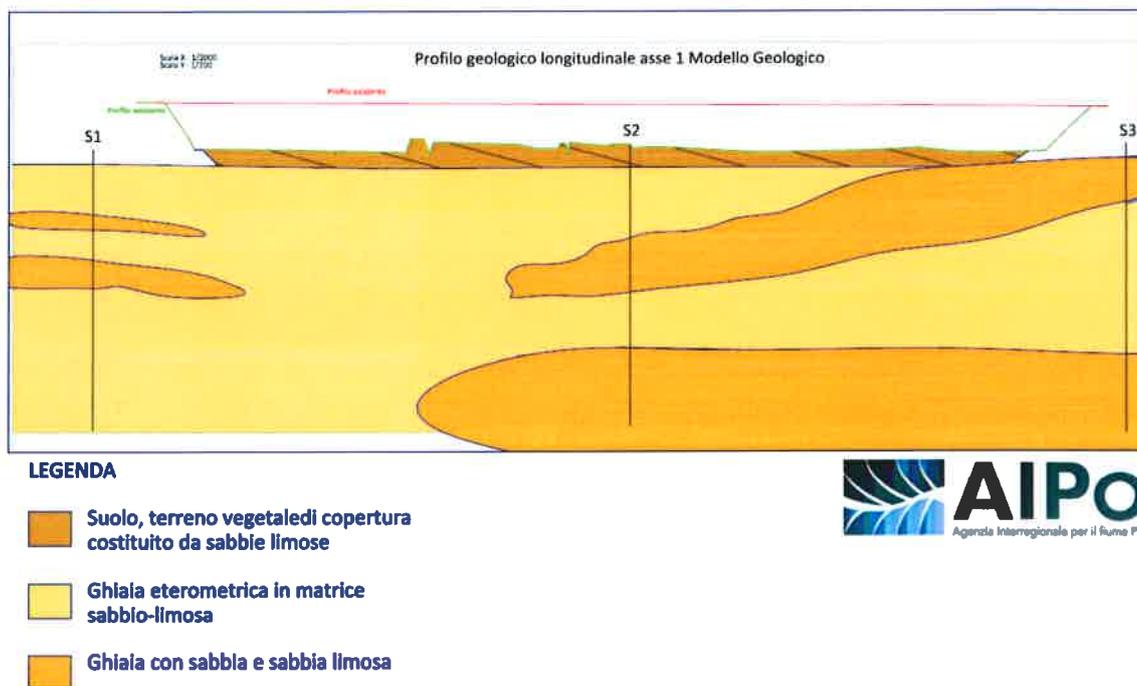
2. Successione geologica di riferimento

Lo strato di copertura pedologica intacca ed altera un primo strato, diffuso su tutta l'area investigata, e costituito da ghiaie sabbiose eterometriche differenziate da variazioni di composizione della matrice. Tale situazione è ben visibile dall'analisi delle risultanze dei sondaggi.

La copertura pedologica, di natura sabbio-limosa, si estende per 0,80/1.00 m dal p.c. ed è ovviamente legata anche all'attività antropica che, con le attività agricole, ha mascherato l'originale struttura a terrazzi della zona, non permettendo una distinzione più accurata dei depositi alluvionali. Solo in corrispondenza del S2 sembra riconoscersi un livello sabbioso di circa 0.80 m di spessore che non trova riscontro nelle altre stratigrafie rilevate.

Lo strato ghiaioso sabbioso, come detto precedentemente si estende su tutta l'area investigata, ed è costituito da clasti eterometrici, con la porzione di frazione sabbiosa che varia da una struttura clasto-sostenuta ad una matrice sostenuta.

Le variazioni composizionali descritte sopra (vedi sezione geologica allegata), e legati a leggere variazioni della stessa facies deposizionale di canale fluviale.



Relazione geologica del progetto definitivo per i lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località Cascina Consolata del comune di Casale Monferrato - Alessandria.

Figura 4 Modello Geologico dell'area.

3. Dati monitoraggio.

Come detto precedentemente immediatamente dopo l'installazione uno dei piezometri è andato distrutto da lavorazioni agricole, per tale motivo non è possibile ricostruire una carta locale delle isopieze.

Per restanti due piezometri, si sono registrati i livelli della falda superficiale in due archi temporali, il primo va dal marzo al giugno del 2012 ed il secondo dal giugno 2013 al settembre 2014.

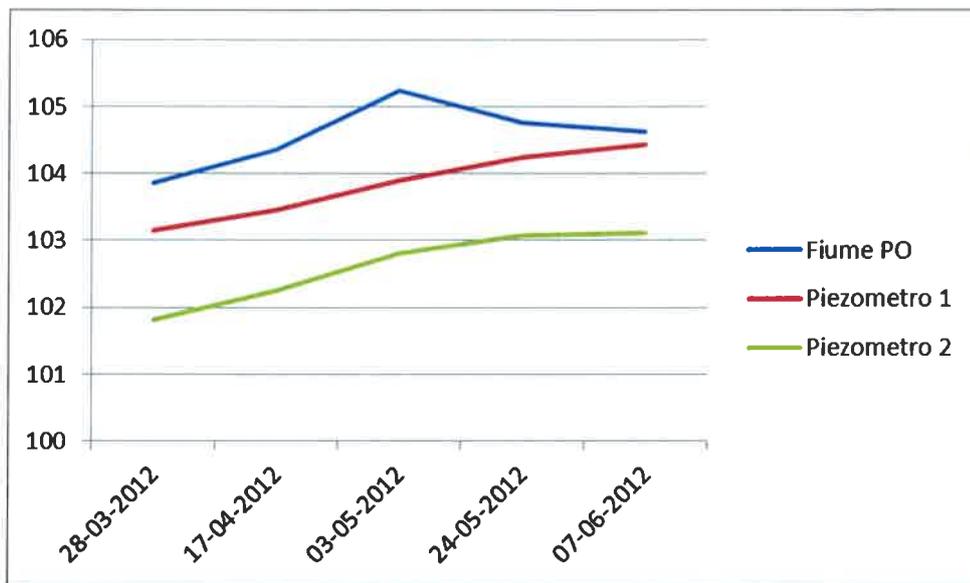


Figura 5 Oscillazione dei valori di falda, correlati con i corrispettivi valori della quota del livello idrico del fiume Po. Periodo Marzo-Giugno 2012.

In Figura 5 ed in Figura 6 sono riportati i grafici dell'oscillazione della falda freatica superficiale monitorata, nei due periodi riferimento, con in aggiunta il corrispondente andamento del livello del fiume Po misurato al vicino idrometro di Casale Monferrato (posto sul ponte di Casale a poche centinaia di metri a monte dell'area di studio, vedi Figura 1)

(AL-E-1775) Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località "Cascina Consolata" del Comune di Casale Monferrato. Relazione sul monitoraggio della falda.

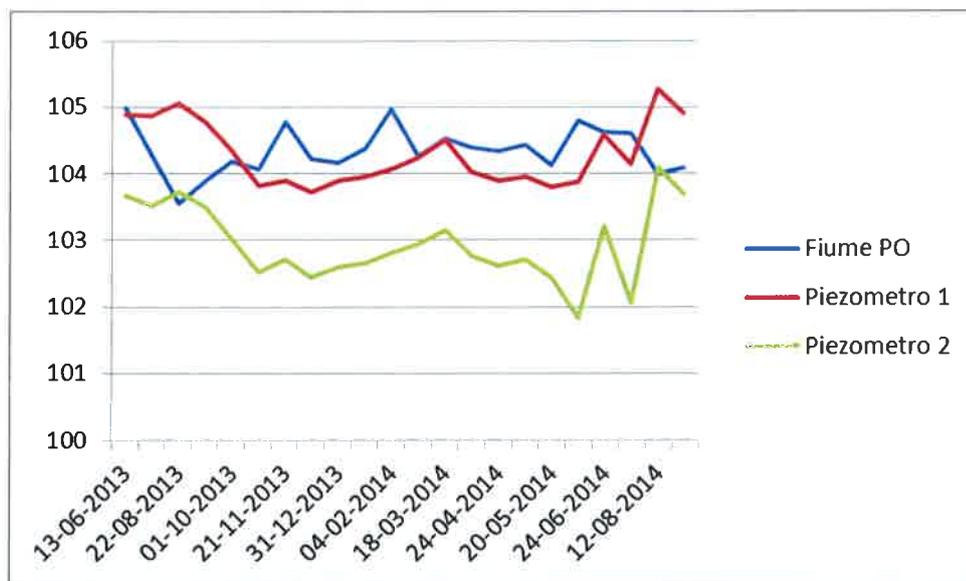


Figura 6 Oscillazione dei valori di falda, correlati con i corrispettivi valori della quota del livello idrico del fiume Po. Periodo Giugno 2013 - Settembre 2014

I dati rilevati mettono in luce una falda superficiale che ha una soggiacenza dal p.c. (posto tra i 109 e i 110 m s.l.m.) che varia tra i 4.50 e i 7.00 m, e che generalmente oscilla in fase con il fiume che la alimenta.

Fanno eccezione i periodi estivi, dove la falda si alza sensibilmente, ovviamente a causa delle pratiche di irrigazione, ed in tali periodi si ha l'inversione con la falda che alimenta il fiume.



Figura 7 Pratiche irrigue rilevate durante l'attività di monitoraggio

SOMMARIO

1. Premesse	2
2. Descrizione dell'opera e vincoli.....	4
2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento	4
2.2 Analisi cartografica dei vincoli e di piano	7
3. Inquadramento geologico ed ambientale preliminare.	9
3.1 Inquadramento geologico	9
4. Caratterizzazione e modellazione geologica	12
4.1 Indagini eseguite.....	12
4.2 Litostratigrafia dell'area	12
4.3 Analisi degli aspetti idrogeologici.....	13
4.4 Caratterizzazione meccanica dei terreni	14
4.5 Modellazione sismica	16
4.5.1 Pericolosità del sito.....	16
4.5.2 Scelta della strategia di progettazione	17
4.5.3 Azione di progetto	18
5 Analisi della pericolosità geologica.....	21
6 Conclusioni.....	22
Allegati.....	25

1. Premesse

Lo “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro*”, realizzato a cura dell’Autorità di Bacino del Fiume Po ¹, in funzione degli obiettivi di contenimento del rischio idraulico entro i valori di compatibilità del PAI, individua una serie di interventi sia a valenza strategica che di carattere locale.

Per il fiume Po, tra le diverse linee di intervento strategiche previste, è stata individuata la necessità di realizzare l’arretramento dell’argine sinistro situato a difesa della Cascina Consolata, in quanto l’argine attuale chiude in maniera anomala la gola causando un rigurgito dei livelli a monte.

L’area individuata per la realizzazione dell’opera è situata a valle dell’abitato di Casale Monferrato (Tav. 1).

Al fine di definire un adeguato modello geologico e geotecnico dell’area in esame, è stata eseguita una campagna di indagine, che ha avuto i seguenti obiettivi geognostici:

1. Ricostruzione della successione litostratigrafica locale, e distribuzione spaziale dei litotipi, e del loro stato di addensamento;
2. Conoscenza delle caratteristiche di permeabilità dei litotipi, schema dell’acquifero e della circolazione idrica subsuperficiale;
3. Caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, segnatamente delle proprietà indici, e delle caratteristiche fisico - meccaniche di resistenza al taglio e compressibilità/deformabilità;
4. Monitoraggio idrogeologico e geotecnico.

Tale campagna geognostica è consistita nell’esecuzione di:

- N° 3 sondaggi a carotaggio continuo (spinti fino a -20 m dal p.c.);
- Esecuzione di prove in foro (n° 11 S.P.T. e n°4 prove LeFranc);
- Condizionamento a piezometro dei 3 sondaggi a cc;
- N° 2 stese sismiche di tipo MASW ;
- Prove di classificazione dei terreni eseguite in laboratorio;

¹ *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro*, Autorità di Bacino del Fiume Po, Giugno 2007, Realizzato da R.T. S.G.I. Studio Galli Ingegneria S.p.A. – Dizeta Ingegneria Studio Associato – Studio Maione Ingegneri Associati – Med Ingegneria S.r.l.

In allegato è posta adeguata planimetria con l'ubicazione delle indagini eseguite (Tav 2).

In ottemperanza al D.M. 14/01/2008 (*Testi Unitario, Norme Tecniche per le Costruzioni*) al D. M. 11/03/88 (*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce*), della Circolare Ministero dei LL. PP. 24/09/1988, del D.P.R. n° 554/99 (*Regolamento di attuazione della Legge quadro in materia di lavori pubblici*) e successive mm. e ii., si redige la presente relazione geologico – tecnica che definisce un modello litotecnico del terreno, atto a consentire ai progettisti di effettuare le scelte definitive in ordine al dimensionamento delle opere, riguardo alla stabilità opera-terreno, ai procedimenti costruttivi, ai coefficienti di sicurezza, all'ammissibilità degli spostamenti che si indurranno nel terreno, in rapporto alla sicurezza e funzionalità dei manufatti e delle infrastrutture preesistenti.

2. Descrizione dell'opera e vincoli

2.1 Ubicazione e caratteristiche generali dell'intervento

L'opera da realizzare è un argine in arretramento posto a valle del ponte di Casale Monferrato in sinistra orografica del fiume Po, in località Cascina Consolata (Fig. 1).



Figura 1 Ubicazione della Cascina Consolata, in rosso (fonte Google Earth).

Il nuovo argine avrà un andamento rettilineo, raddrizzando la difesa arginale sinistra del Po. Come visibile dalla Fig. 2 il nuovo argine è in arretramento a quello esistente ed ovviamente ne ricalcherà la geometria, adeguandosi alla quota di 112 ml s.l.m. (Fig 3) per una altezza media di circa 4 ml dal p.c. attuale. La pendenza delle scarpate sarà di $\frac{1}{2}$ ed una impronta di base di circa 20 ml.

Lo sviluppo sarà di circa 700 ml e la sezione tipo dell'argine prevede la realizzazione di un taglione alla base dello stesso, lato fiume, di una prof di circa 2,00 m dal p.c..

Nel passaggio dalla fase di programmazione alla fase di progettuale la definizione dell'andamento planimetrico dell'argine è leggermente variato dalla configurazione in fig.6 alla configurazione in fig. 2.

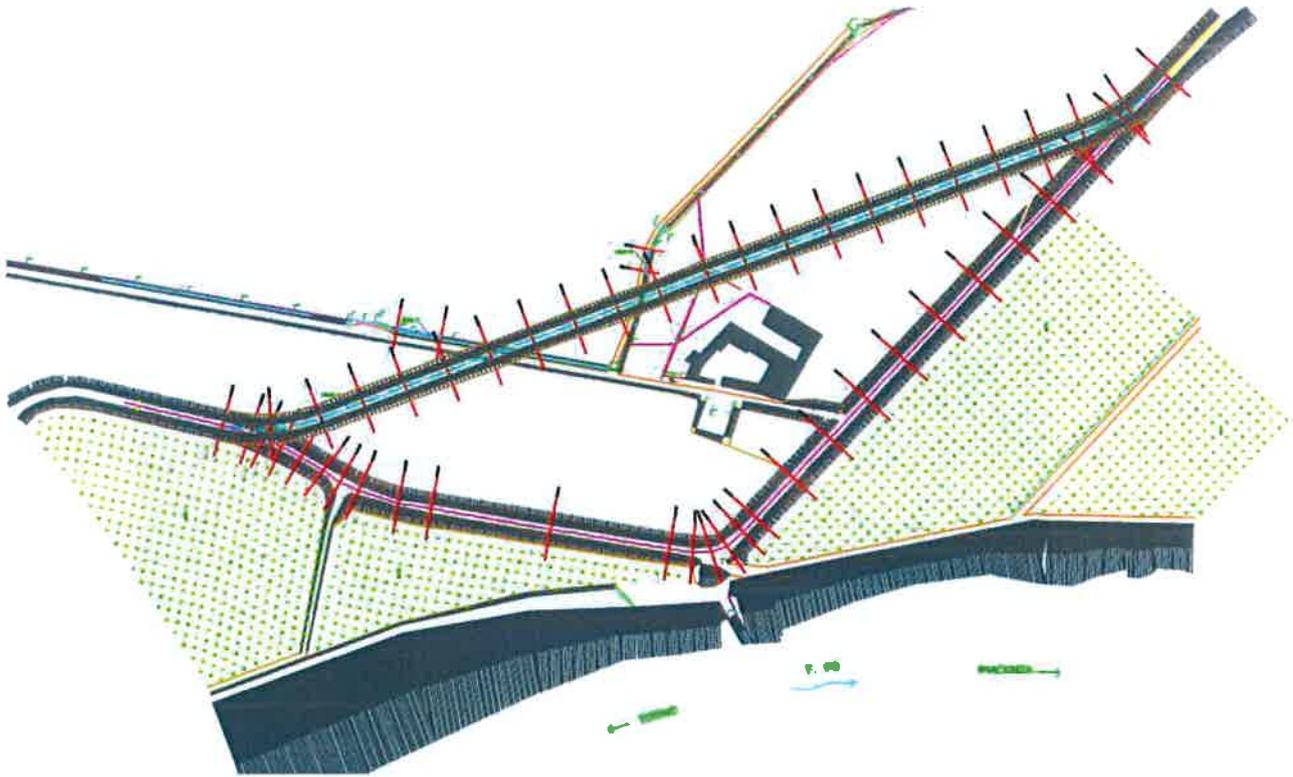


Figura 2 Planimetria dell'intervento in progetto

Relazione geologica del progetto definitivo per i lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località Cascina Consolata del comune di Casale Monferrato – Alessandria .

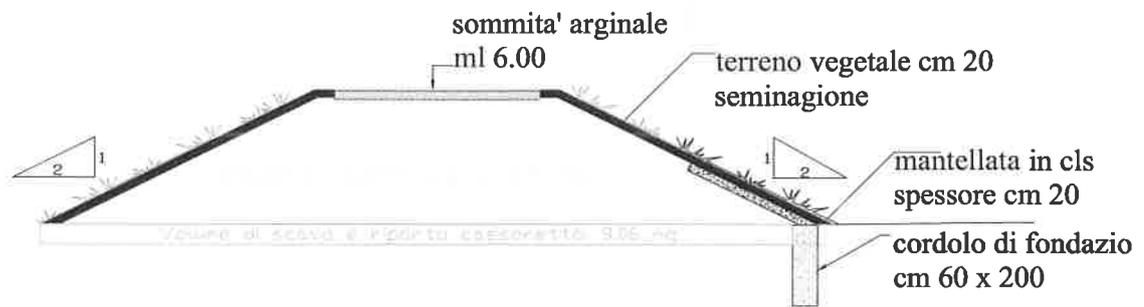


Figura 3 Sezione tipo dell'argine in progetto

2.2 Analisi cartografica dei vincoli e di piano

Il quadro dei vincoli dell'area sede di intervento è sintetizzata dalle Fig 4 e 5.

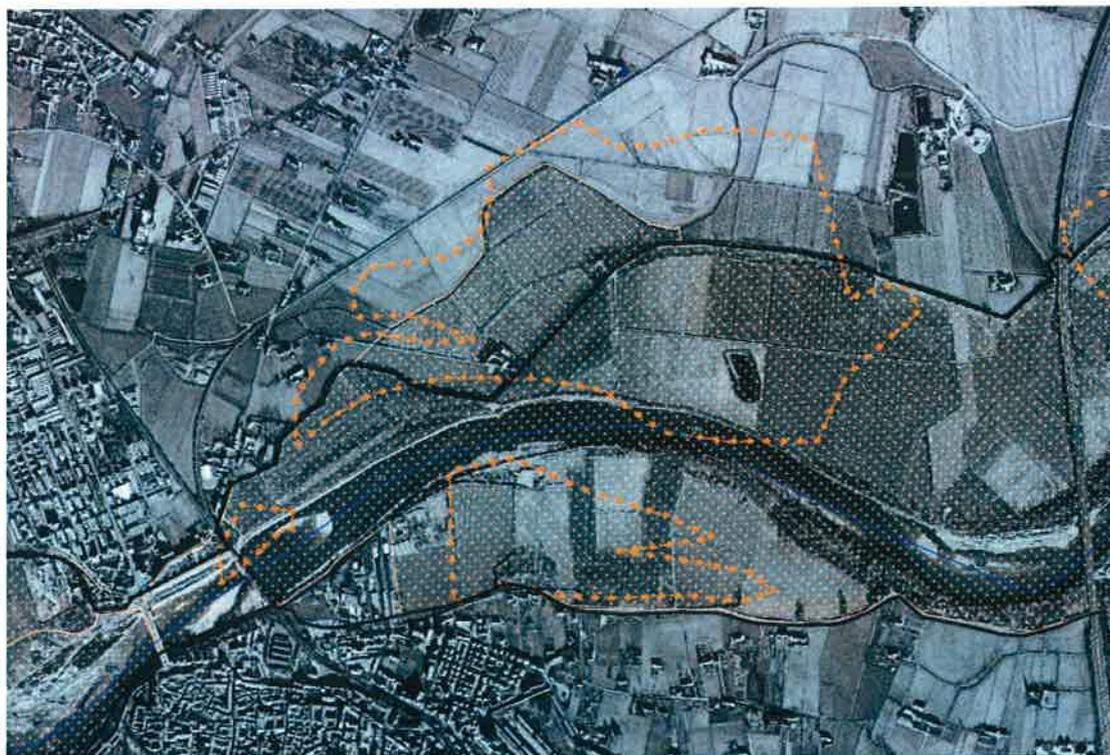


Figura 4 Estratto non in scala dell'elaborato 1.7/2/1C "Cartografia del quadro dei vincoli" dello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro.

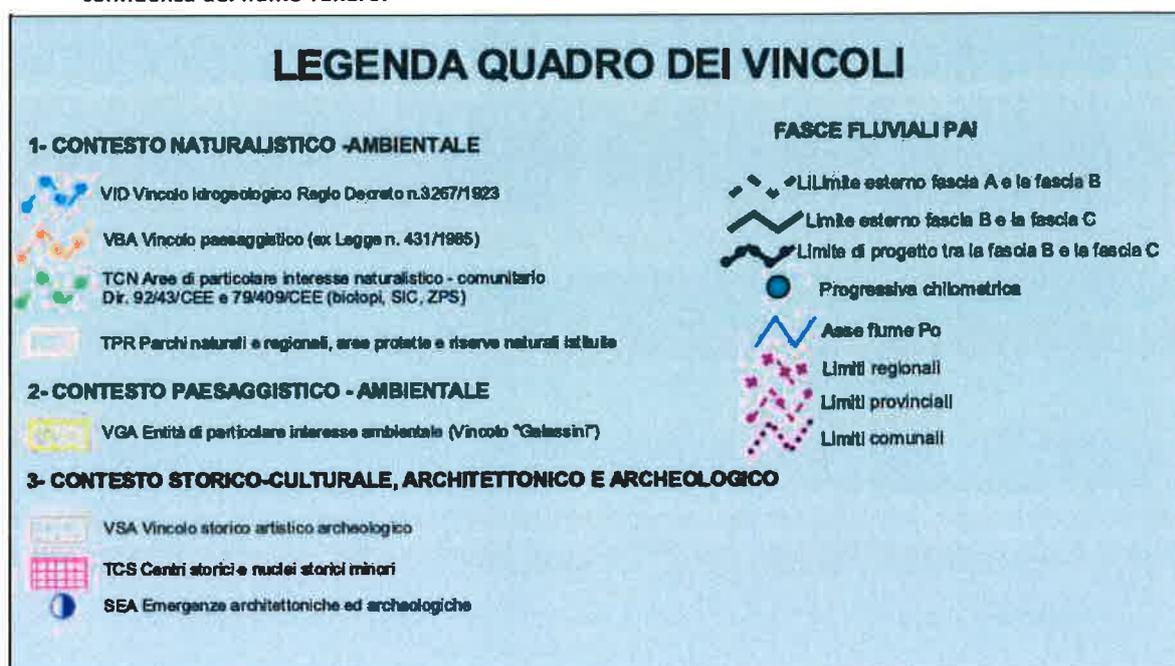


Figura 5 Legenda dell'elaborato 1.7/2/1C "Cartografia del quadro dei vincoli" dello Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro.

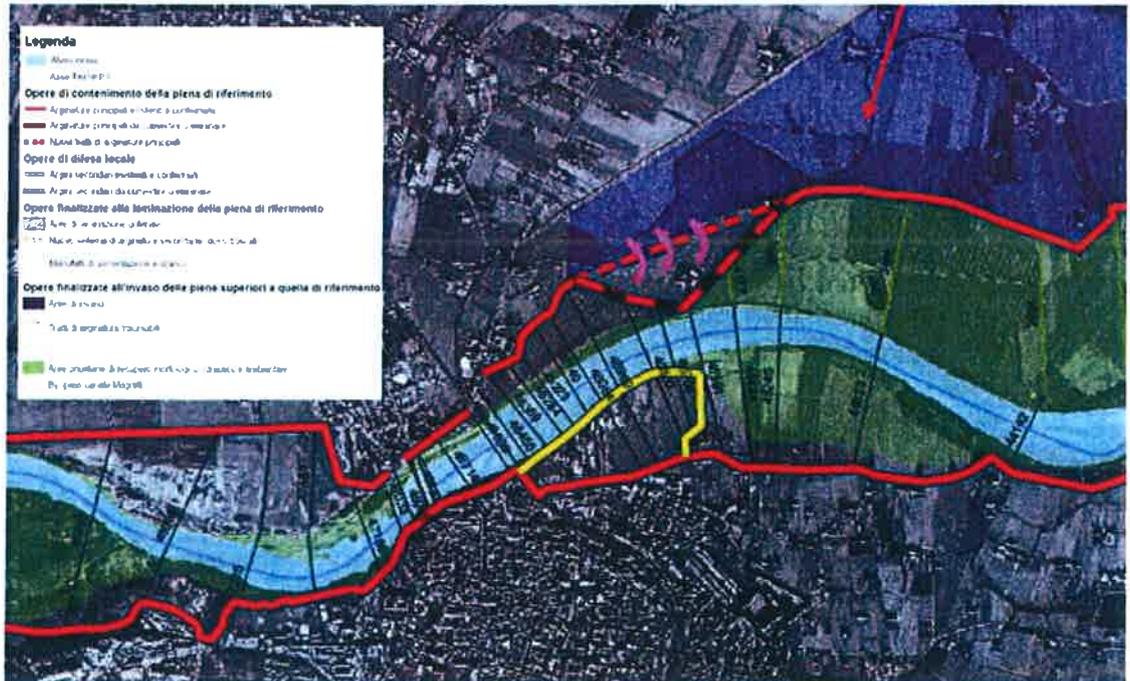


Figura 12 - Riconfigurazione dell'argine in corrispondenza della Cascina Consolata: linea rosso – nera argine esistente da dimettere, linea rossa tratteggiata nuova arginatura da realizzare.

Figura 6 Particolare dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro", relativo all'area in questione

La Fig. 6 è un estratto dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro" in cui viene illustrato l'intervento di arretramento dell'argine sinistro in corrispondenza della Cascina Consolata.

3. Inquadramento geologico ed ambientale preliminare.

3.1 Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio ricade nell'ambito dell'alta pianura padana piemontese, ed è interessata dall'affioramento di depositi ghiaiosi e sabbiosi di origine alluvionale, di età Olocenica, che sigillano i depositi Pliocenici di origine marina, ed in parte intagliano i depositi fluvio-glaciali Pleistocenici.

Nella ristretta area di intervento la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (foglio 58 MORTARA), rileva tali depositi sabbio-ghiaiosi come appartenenti alle seguenti formazioni:

Alluvioni terrazzate recenti ed attuali degli alvei attivi dei corsi d'acqua - a³ (Olocene recente).

Alluvioni sabbioso ghiaiose - a² - fissate degli alvei abbandonati, debolmente sospese ed eccezionalmente sondabili (Alluvium medio) Olocene Medio.

Dalla cartografia in fig. 7 risulta come le due formazioni siano separate da un terrazzo, che attualmente risulta in parte obliterato dalle lavorazioni agricole e di sistemazione dell'area.

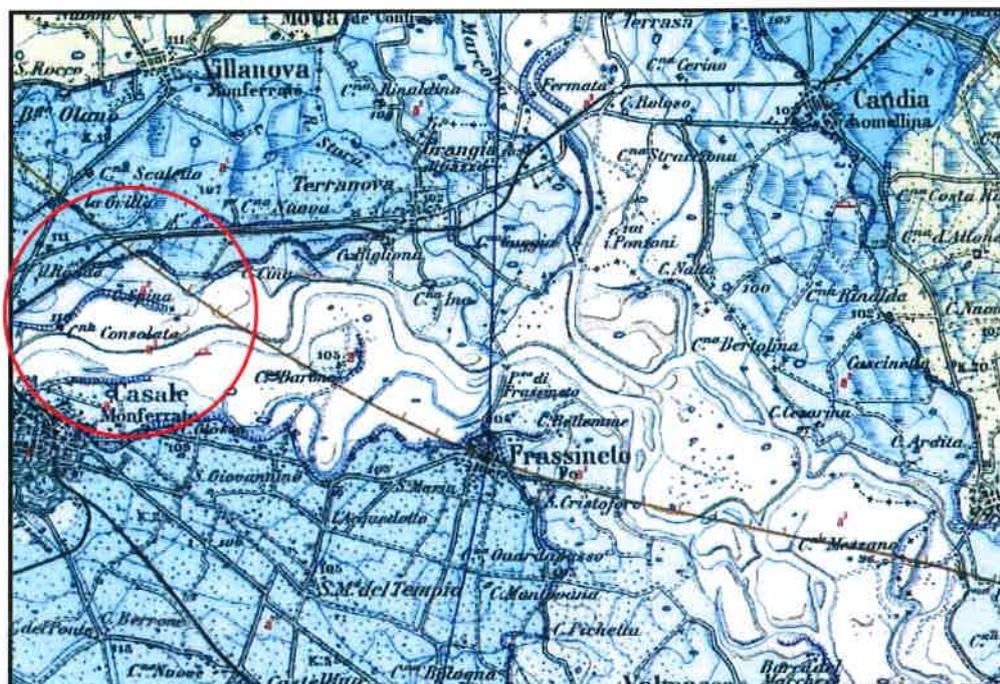


Figura 7 Estratto non in scala del foglio 58 (Mortara) della Carta Geologica d'Italia

Geomorfologicamente l'area è sub pianeggiante con il fiume Po che in questo tratto si presenta come un sistema unicursale più o meno sinuoso.

Dal punto di vista idrogeologico generale l'area della pianura Biellese-Vercellese-Novarese è caratterizzata da una falda superficiale con soggiacenza media di circa 10 m e direzione di deflusso NW-SE, tale falda risulta ovviamente condizionata dall'effetto drenante del f. Po.

Per poter meglio definire l'andamento della falda nella stretta area interessata alla realizzazione dell'opera in progetto, e per meglio studiare i rapporti falda fiume, si sono posti in opera dei piezometri ed avviata idonea opera di monitoraggio.

Alla luce della nuova normativa tecnica sulle costruzioni, **D. M. 14/01/2008 Norme tecniche per le costruzioni**, e della nuova classificazione sismica del territorio nazionale, introdotta con "Ordinanza n° 3379 del 05/11/2004 della Presidenza del Consiglio dei Ministri" le aree risultano così classificate:

Comune	Zona sismica	ag accelerazione orizzontale massima convenzionale
Casale Monferrato (AL)	4	0,05 g

Tabella 1 classificazione sismica per i comuni dell'area in esame

I valori di accelerazione orizzontale massima di tabella1 sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10 % in 50 anni.

La fig 8 rappresenta un estratto del "Database of Individual Seismogenic Sources" (DISS), che contiene una gran quantità di materiale pubblicato e originale sulle sorgenti sismogenetiche italiane con un potenziale per terremoti di M 5.5 e superiore, oltre a dati geografici, sismologici, geologici e tettonici.

4. Caratterizzazione e modellazione geologica

4.1 Indagini eseguite

Al fine di definire un adeguato modello geologico e geotecnico dell'area in esame, e per determinare con accuratezza le caratteristiche quali – quantitative dei materiali utili alla realizzazione dei rilevati arginali e presenti nell'area si è eseguita una campagna geognostica costituita da:

- N° 3 sondaggi a carotaggio continuo (spinti fino a -20 m dal p.c.), per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale, e distribuzione spaziale dei litotipi;
- Esecuzione di prove in foro (n° 11 S.P.T. e n°4 prove LeFranc), per definire le caratteristiche di permeabilità dei litotipi e per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo;
- Condizionamento a piezometro dei 3 sondaggi a cc, come attività di monitoraggio idrogeologico e geotecnico, indispensabile per la conoscenza dello schema dell'acquifero e della circolazione idrica subsuperficiale;
- N° 11 prove di analisi granulometrica effettuate in laboratorio;
- Indagine geofisica di tipo sismico composta da prove di tipo attivo (MASW) e passivo (H/V), per la valutazione della risposta sismica locale;

4.2 Litostratigrafia dell'area

Lo strato di copertura pedologica intacca ed altera un primo strato, diffuso su tutta l'area investigata, e costituito da ghiaie sabbiose eterometriche differenziate da variazioni di composizione della matrice. Tale situazione è ben visibile dall'analisi delle risultanze dei sondaggi.

La copertura pedologica, di natura sabbio-limosa, si estende per 0,80/1.00 m dal p.c. ed è ovviamente legata anche all'attività antropica che, con le attività agricole, ha mascherato l'originale struttura a terrazzi della zona, non permettendo una distinzione più accurata dei depositi alluvionali. Solo in corrispondenza del S2 sembra riconoscersi un livello sabbioso di circa 0.80 m di spessore che non trova riscontro nelle altre stratigrafie rilevate.

Lo strato ghiaioso sabbioso, come detto precedentemente si estende su tutta l'area investigata, ed è costituito da clasti eterometrici, con la porzione di frazione sabbiosa che varia da una struttura clasto-sostenuta ad una matrice sostenuta.

Le variazioni composizionali descritte sopra (vedi sezione geologica allegata). sono evidenziate dalle analisi granulometriche eseguite (vedi tabella sotto), e legati a leggere variazioni della stessa facies deposizionale di canale fluviale.

Su un totale di 11 campioni analizzati, 9 confermano la presenza prevalente della frazione ghiaiosa mentre in due campioni (S2/CRC e S3/CRD) prevale la frazione sabbiosa.

Tabella 2 quadro riassuntivo delle analisi granulometriche eseguite

Sondaggio	Campione	Profondità m	% Ghiaia	% Sabbia	%Limo/Argilla	Gs (Mg/m ³)
S1	CRA	4.50-5.00	64.17	27.44	8.39	2.76
S1	CRB	7.60-8.00	58.21	34.43	7.36	2.79
S1	CRC	9.50-10.50	63.71	29.54	6.75	
S2	CRA	4.50-5.00	53.95	33.22	12.83	2.74
S2	CRB	7.50-8.00	61.14	33.17	5.69	
S2	CRC	10.50-11.00	13.62	57.37	29.01	
S2	CRD	13.50-14.00	41.63	36.83	21.54	2.75
S3	CRA	4.50-5.00	65.75	28.37	5.89	
S3	CRB	7.50-8.00	57.32	28.96	13.72	2.75
S3	CRC	10.50-11.00	46.74	38.45	14.81	
S3	CRD	13.50-14.00	36.57	50.14	13.30	2.78

Nel quadro stratigrafico generale dell'area, i depositi investigati, sono inquadrabili con i depositi sabbio – ghiaiosi dell'Alluvioni recenti legati all'azione deposizionale dei corsi d'acqua che riempiono e modellano la pianura piemontese.

4.3 Analisi degli aspetti idrogeologici

La falda rilevata a fine dei sondaggi indicava un primo livello che si posizionava tra i - 5.70 e i -6.40 m dal p.c., tali livelli piezometrici possono essere condizionati dai fluidi di perforazione utilizzati nel corso dei sondaggi, e si riferiscono al periodo autunnale.

Tali livelli misurati, ovviamente si riveriscono alla falda superficiale della pianura Biellese-Vercellese-Novarese, che è caratterizzata da una con soggiacenza media di circa 10

m e direzione di deflusso NW-SE, tale falda risulta ovviamente condizionata dai rapporti di filtrazione del f. Po.

Per poter meglio definire l'andamento della falda nella stretta area interessata alla realizzazione dell'opera in progetto, e per meglio studiare i rapporti falda - fiume, si sono posti in opera dei piezometri ed avviata idonea opera di monitoraggio.

Ai fini della valutazione della permeabilità dei terreni sono state eseguite delle prove di permeabilità tipo lefranc a carico variabile nel corso delle perforazioni, che hanno fornito i seguenti risultati:

S1	K (m/s)	S2	K (m/s)
Prova 1 da -4 a -3m da p.c.	1.26E-05	Prova 1 da -4 a -3m da p.c.	1.45E-05
Prova 1 da -9 a -7.5m da p.c.	>1.32E-04	Prova 1 da -9 a -7.5m da p.c.	>1.18E-04

Tabella 3 Coefficienti di permeabilità dalle prove lefranc eseguite in foro.

Dai dati in Tabella 3 bisogna tener presente che le prove più superficiali sono state eseguite sopra il livello piezometrico, mentre quelle relativamente più profonde sono state realizzate in falda.

4.4 Caratterizzazione meccanica dei terreni

Da un punto di vista geotecnico la tipologia di depositi presenti non ha permesso il prelievo di campioni indisturbati, in Tabella 4 sono riportati i risultati delle prove S.P.T. eseguite con punta conica di 60° nei fori di sondaggio.

Nspt			
PROF.	S1	S2	S3
4,50	30	25	27
7,50	49	41	42
10,00	49	45	57
13,50		82	79

Tabella 4 Risultati delle prove S.P.T. eseguite all'interno dei Sondaggi S1, S2 e S3.

Al di là del primo livello di copertura pedologica (di spessore tra i 0,80 e 1,00 m dal p.c.) di natura limo-sabbioso, i depositi ghiaiosi individuati nel modello geologico dell'area di intervento (vedi All. 7) non presentano significative variazioni da un punto di vista geotecnico, se non un normale aumento delle caratteristiche tecniche con l'aumentare della profondità.

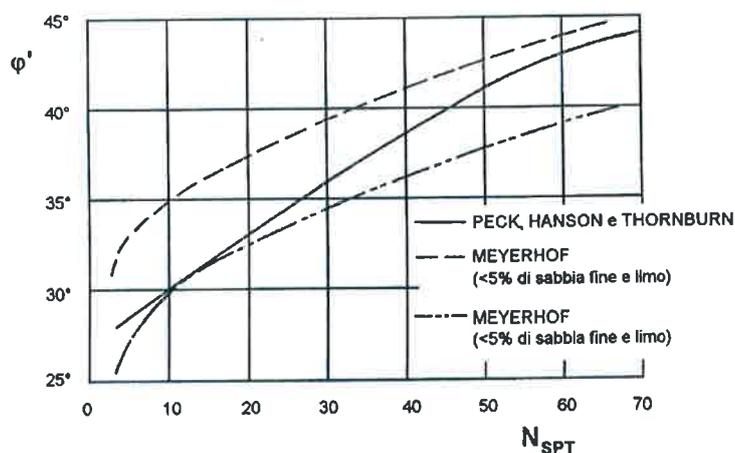
Nella Tabella 5 sono rappresentate alcune correlazioni disponibili in letteratura tra dati S.P.T. e parametri di resistenza dei terreni.

Mentre nella tabella 6 sono sintetizzati i principali parametri dei livelli investigati

Tabella 5 Correlazioni tra parametri di resistenza da S.P.T.

Valutazione dei parametri di resistenza dai dati di prove S.P.T. (da Cestelli Guidi C., 1980)

Definizione della consistenza	Numero dei colpi N (S.P.T.)	Indice di consistenza I_c	Coesione non drenata C_u (bar)
<i>Terreno coerente</i>			
molto soffice	< 2	~ 0	< 0,1
soffice	2 ÷ 4	0 ÷ 0,25	0,1 + 0,25
plastico	4 + 8	0,25 ÷ 0,5	0,25 ÷ 0,5
duro	8 + 15	0,5 ÷ 0,75	0,5 ÷ 1,0
molto duro	15 ÷ 30	0,75 + 1,0	1,0 ÷ 2,0
durissimo	> 30	> 1,0	> 2,0
		Densità relativa D_r	Angolo di attrito ϕ'
<i>Terreno incoerente</i>			
molto sciolto	< 4	< 0,2	< 30°
sciolto	4 ÷ 10	0,2 + 0,4	30° + 35°
medio	10 + 30	0,4 + 0,6	35° + 40°
denso	30 + 50	0,6 + 0,8	40° + 45°
molto denso	> 50	> 0,8	> 45°



Correlazione tra N_{spt} e ϕ secondo Meyerhof, (1956) e secondo Peck, Hanson e Thornburn, (1953) (Cancelli A., 1980)

Tabella 6 Principali parametri geotecnici per i terreni investigati

PROF.	N_{spt}			D_r	ϕ' (°)		γ_d KN/m ³	γ_{sat} KN/m ³
	S1	S2	S3		Peck	Schmertmann		
4,50	30	25	27	0,4	34	41,20	17,86	18,56
7,50	49	41	42	0,5	38	42,00	18,75	19,60
10,00	49	45	57	0,6	40	42,80	19,64	20,64
13,50		82	79	0,7	43	43,60	20,53	21,68

4.5 Modellazione sismica

Ai sensi delle Norme Tecniche delle Costruzioni emanate con D.M. del 14/01/2008, l'azione sismica deve essere valutata sulla base della "pericolosità sismica di base" (condizione ideale del sito con riferimento rigido e superficie topografica orizzontale) e successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalla stratigrafia locale e dalla superficie topografica. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Per la definizione della modellazione sismica ci si è avvalsi del software gratuito "Spettri NTC ver 1.0.2" scaricato dal sito web del Consiglio Nazionale dei Lavori Pubblici. Tale software fornisce gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti (verticali ed orizzontali) delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale.

La definizione degli spettri di risposta di uno Stato Limite è articolata in tre fasi:

1. Individuazione della pericolosità del sito
2. Scelta della strategia di progettazione
3. Determinazione dell'azione di progetto

4.5.1 Pericolosità del sito

Il programma "Spettri NTC ver 1.0.2", per il comune interessato, definisce la pericolosità sismica di base individuando i parametri a_g , F_0 , T_c^* , tramite l'interpolazione dei dati della tabella1 dell'allegato A che contempla i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per 10751 punti del reticolo di riferimento nazionale.

Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c (s)
30	0.015	2.529	0.162
50	0.019	2.513	0.169
72	0.023	2.491	0.197
101	0.026	2.572	0.212
140	0.029	2.585	0.226
201	0.032	2.614	0.237
475	0.039	2.670	0.287
975	0.047	2.713	0.304
2475	0.057	2.833	0.327

Tabella 7 valore dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno Tr di riferimento per il sito di Casale Monferrato.

Dove

a_g = accelerazione massima al sito.

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione locale dello spettro in accelerazione orizzontale.

T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Spettri NTC ver 1.0.2 individua anche gli spettri di risposta elastici per i diversi periodi di ritorno di riferimento, dove lo spettro di risposta elastico in accelerazione S_e è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima orizzontale a_g su sito di riferimento orizzontale

In allegato (All 8) sono riportati anche i grafici della variabilità dei parametri con il tempo di ritorno T_r e gli Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento.

4.5.2 Scelta della strategia di progettazione

In considerazione che la vita nominale dell'opera V_n è pari a 100 anni e che la classe d'uso dell'opera in progetto viene considerata la IV e che quindi il coefficiente d'uso C_u è pari a 2,0 il periodo di riferimento V_r dato da

$$V_r = V_n \times C_u = 200 \text{ anni}$$

Per gli strati limiti di esercizio SLO e SLD e per gli stati limite ultimi SLV e SLC il programma "Spettri NTC ver 1.0.2" individua i seguenti tempi di ritorno T_r :

Stato limite	T_r (anni)
SLO	120
SLD	201
SLV	1898
SLC	2475

Ed individua i valori dei parametri e gli spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite (Tab. 8).

STATO LIMITE	Tr (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	120	0.027	2.579	0.219
SLD	201	0.032	2.614	0.237
SLV	1898	0.054	2.798	0.320
SLC	2475	0.057	2.833	0.327

Tabella 8 valore dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno Tr associati a ciascuno Stato Limite.

4.5.3 Azione di progetto

Per l'analisi della risposta sismica locale, in considerazioni del modello geologico definito dalle indagini eseguite, e delle condizioni geologiche stratigrafiche dell'area in esame si è proceduto con l'approccio semplificato basato sull'individuazione della categoria di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle V_{s30} .

Le indagini sismiche eseguite, con metodologia MASW e H/V, non hanno messo in evidenza la presenza di livelli a significativo contrasto di velocità, con valori calcolati del V_{s30} compresi tra i 366 e i 380 m/s.

Ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con DM del 14/01/2008 si tratta di Categoria di sottosuolo del tipo B " *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori maggiori di 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s*".

Analogamente per le condizioni topografiche, l'area è da afferire alla categoria T1 come "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ".

È dunque così possibile definire l'azione sismica di progetto per i diversi tipi di Stato Limite considerato, tramite lo spettro di risposta elastico in accelerazione. In allegato (All.8) sono riportati le elaborazioni complete della determinazione dell'azione di progetto riferiti ai SLO, SLD, SLV e SLC, comprensivi degli spettri di risposta, e dei parametri degli spettri di risposta sia per la componente orizzontale sia per quella verticale.

A titolo di esempio in Figura 9 ed in Figura 10 sono riportati gli spettri di risposta per SLD e SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

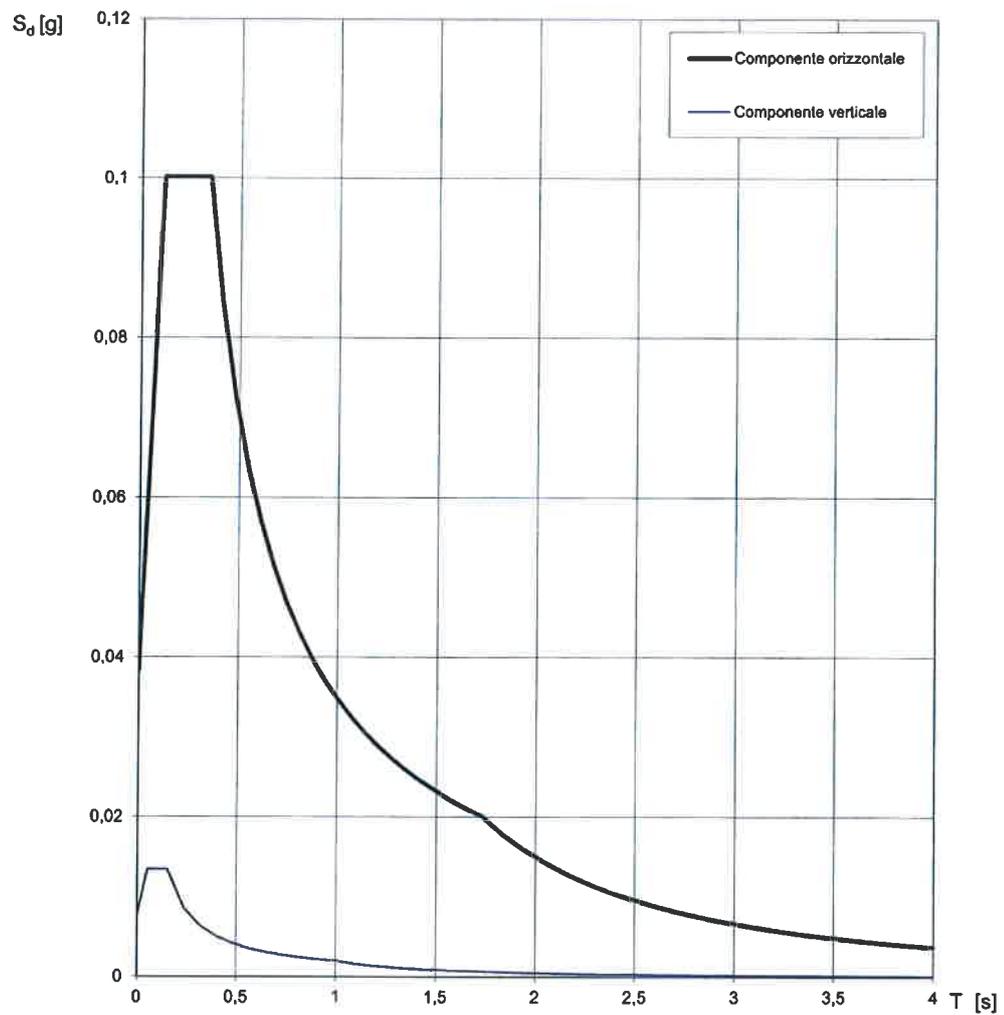


Figura 9 Spettri di risposta elastica per SLD

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

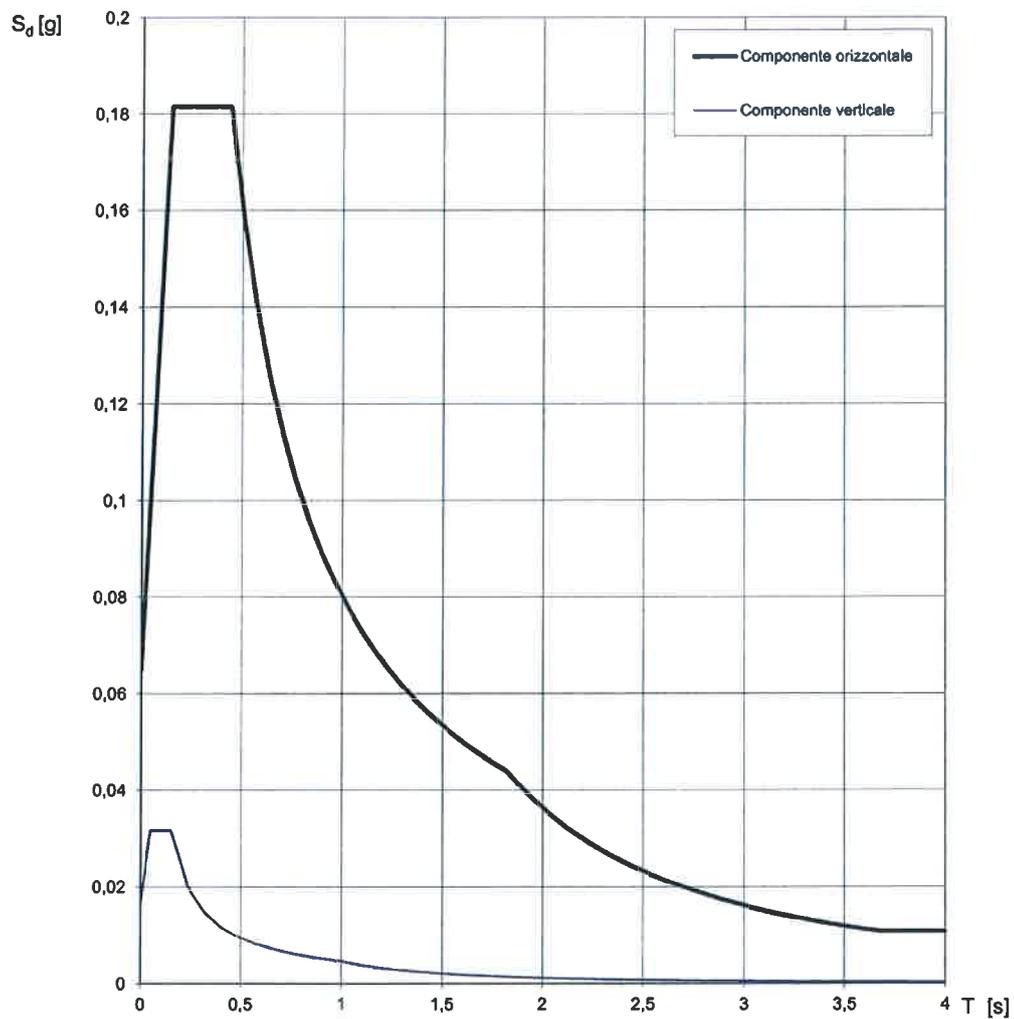


Figura 10 Spettri di risposta elastica per SLV

5 Analisi della pericolosità geologica

Le strutture arginali essendo opere destinate al contenimento delle piene, sono intrinsecamente legate alla mitigazione del rischio idraulico di un determinato territorio.

I dettagli degli aspetti idraulici, tra cui la pericolosità idraulica dell'area, sono illustrati in apposita relazione allegata al progetto, essendo la problematica della pericolosità idraulica alla base del progetto stesso.

Ulteriori pericolosità da considerare sono legate alle cause di rottura degli argini, essendo tali cause collegate all'interazione opera-ambiente, tra cui ricordiamo:

- a. Sormonto, tale aspetto è legato alle quote delle piene del fiume Po ed è analizzato nella relazione idraulica.
- b. Assestamento, causato dal cedimento dei terreni di fondazione. La modellazione geologica di cui sopra non mette in luce la presenza di particolari strati che possano determinare cedimenti significativi. Nell'elaborato relazione geotecnica saranno presenti le valutazioni analitiche degli stessi.
- c. Erosione della scarpata, legata alle velocità che le piene potranno avere. Per la mitigazione di tale pericolosità ha comportato, in fase progettuale, la scelta di rivestire con mantellata in cls il petto arginale.
- d. L'instabilità del rilevato sarà valutata analiticamente nella relazione geotecnica.
- e. Sifonamento dovuto alla filtrazione nei terreni di fondazione e che, in fase di progetto, è stato mitigato con il previsto cordolo di fondazione/taglione da realizzare lato fiume.

In merito a considerazioni idrogeologiche, occorre ricordare come l'argine in progetto rappresenta l'arretramento di un argine esistente, per cui a livello più vasto di sito l'opera in progetto non determinerà significative variazioni nelle interazioni con la falda e in quella tra falda e fiume.

6 Conclusioni

L'arretramento dell'argine sinistro situato a difesa della Cascina Consolata, così come previsto dallo "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Po nel tratto dalla confluenza del fiume Dora Baltea alla confluenza del fiume Tanaro ", prevede la realizzazione della struttura arginale in progetto.

Rimandando ai paragrafi per i dettagli dell'opera e delle osservazioni sulle indagini eseguite possiamo sintetizzare che:

- *il modello geologico*

individuato è costituito da depositi di ghiaie sabbiose eterometriche differenziate da variazioni di composizione della matrice, che si estendono per tutto il volume investigato.

Tali depositi sono costituiti da clasti eterometrici, con la porzione di frazione sabbiosa che varia da una struttura clasto-sostenuta ad una matrice sostenuta. Tali variazioni sono legate a leggere variazioni della stessa facies deposizionale di canale fluviale.

Le ghiaie sabbiose sopra descritti sono sormontate da un livello di copertura pedologica di natura sabbio-limosa e spessore di 0,80-1,00 m dal p.c.. Tale copertura pedologica è ovviamente legata anche all'attività antropica che, con le attività agricole, ha mascherato l'originale struttura a terrazzi della zona, non permettendo una distinzione più accurata dei depositi alluvionali.

- *Il modello geotecnico*

Prevede che i depositi investigati, in relazione alle variazioni litologiche, non presentano significative variazioni da un punto di vista geotecnico, se non un normale aumento delle caratteristiche tecniche con l'aumentare della profondità.

Per cui il modello geotecnico è semplicemente ipotizzabile come una serie di strati così sintetizzabili:

PROF.		Dr	ϕ' Peck	γd KN/m ³ Hough	γsat KN/m ³ Hough
Da p.c. a - 6,00 m	Ghiaie sabbiose	0,4	34	17,86	18,56
-6,00/-8,50 m da p.c.	Ghiaie sabbiose	0,5	38	18,75	19,60
-8,50/-12,0 m da p.c.	Ghiaie sabbiose	0,6	40	19,64	20,64
-12,00 m a prof ind.	Ghiaie sabbiose	0,7	43	20,53	21,68

- *Il materiale per la costruzione dell'argine*

Sarà fornito dalla ditta aggiudicataria tenendo presente che il C.S.A. dell'agenzia prevede che il materiale debba avere le seguenti caratteristiche:

Con riferimento alla classificazione contenuta nelle norme CNR UNI 10006 (2002), le terre preferibilmente da utilizzare saranno di tipo argilloso e limoso (classi A-4, A-6, A-7-6), con:

- Per i materiali di tipo A-6 e A-7 un contenuto minimo di sabbia pari al 15% e con indice di plasticità inferiore a 25;*
- Per i materiali di tipo A-4 un contenuto massima di sabbia del 50%.*

In casi di accertata impossibilità di ottenere una delle classe di rilevato sopramenzionata, è facoltà dell'Ufficio di Direzione Lavori di accettare il materiale posto in opera con caratteristiche diverse da quanto sopra riportato. Non si dovranno utilizzare le materie organiche e le sabbie pulite. A suo insindacabile giudizio, l'Amministrazione potrà individuare aree di prelievo di materiale di caratteristiche differenti da quanto sopra riportato.

Il materiale posto in opera dovrà avere valori del peso in volume allo stato secco pari al 93% del peso di volume secco ottenuto nella Prova (Proctor) AASHTO Standard (CNR B.U. 69/78); la corrispondente umidità dovrà avere i valori compresi fra +/- 2% dell'umidità ottimale ottenuta nella suddetta prova di compattazione. In corso d'opera il peso di volume secco ottenuto dalla sopramenzionata prova Proctor (Maximum Proctor) dovrà essere relativo al materiale posto in opera e prelevato nello stesso punto in cui verrà realizzata la prova di densità.

Qualora il materiale messo in opera, nei punti di esecuzione delle densità in sito, presenti caratteristiche omogenee è facoltà dell'ufficio Direzione Lavori assumere come riferimento una determinata prova Proctor.

Non potranno essere accettati, quali valori di riferimento per le densità in sito, pesi di volume secco riferiti a prove eventualmente realizzate in precedenza sui materiali di cava.

Tale materiale deve essere messo in posto secondo le seguenti modalità esecutive:

Prima di procedere alla costruzione dell'argine, sarà necessario preparare il terreno di posa, provvedendo all'asportazione del terreno vegetale e degli apparati radicali e alla predisposizione di uno scavo di cassonetto o, qualora il declivio trasversale del terreno fosse superiore al 15%, di opportuni gradoni di immersione delle dimensioni riportate nei disegni di progetto.

Nella costruzione dell'argine andranno seguite le indicazioni progettuali riportate nei disegni esecutivi, sia per quanto riguarda le dimensioni del rilevato e la pendenza delle scarpate, sia per quanto riguarda lo spessore degli strati, che dovrà essere dell'ordine dei 30-50 cm, il tipo di macchina da utilizzare per il costipamento ed il numero di passate.

Sempre ai disegni di progetto si dovrà fare riferimento per le caratteristiche dimensionali e dei materiali da utilizzare per la realizzazione della pista di servizio o della strada sulla testa arginale.

In considerazioni di quanto esposto precedentemente, e tenendo conto degli accorgimenti citati si esprime parere favorevole alla fattibilità geologica dell'opera in progetto.

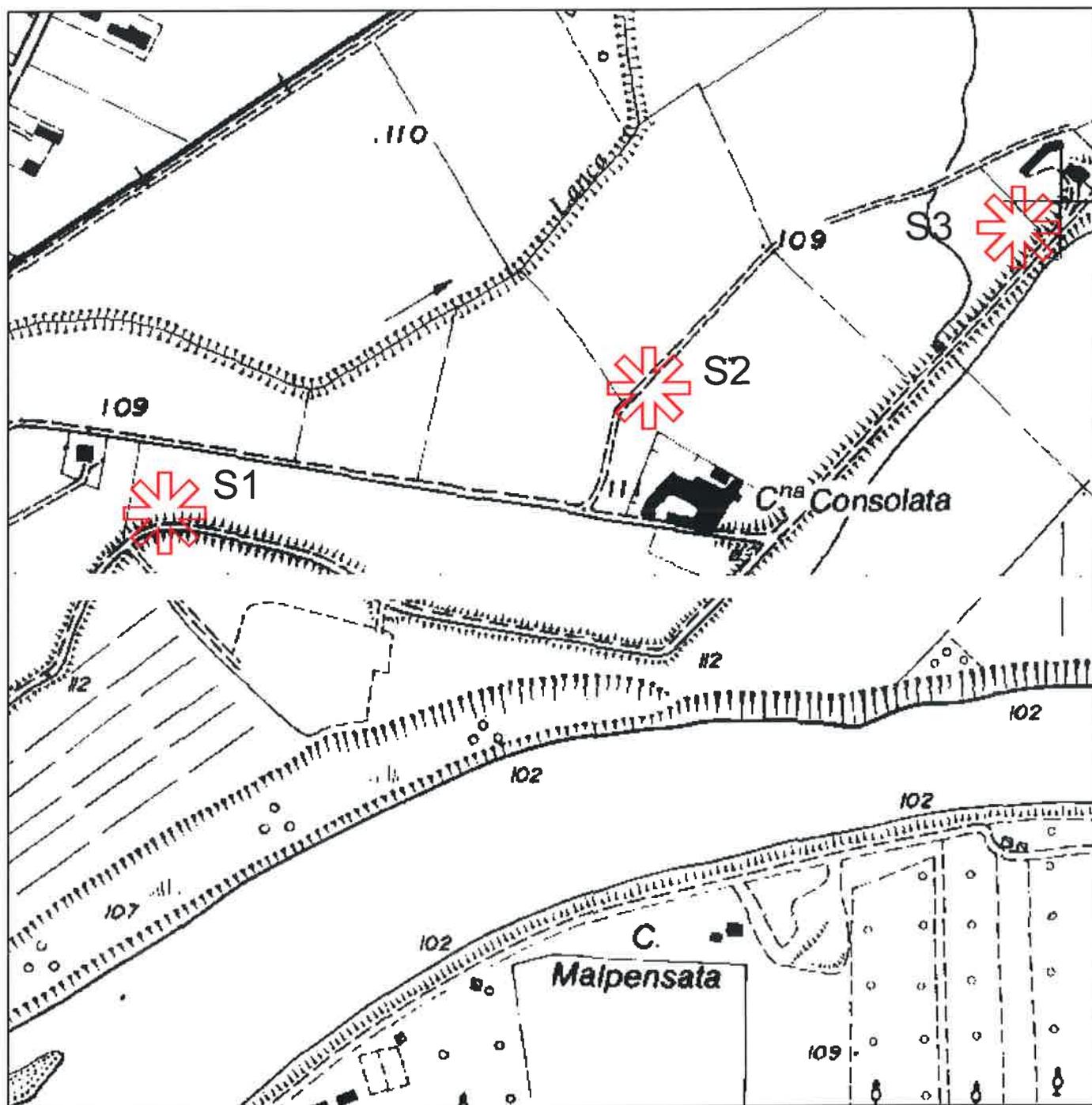
Il Geologo
Dr. Alessandro Rosso

Allegati

- **Tav 1 Corografia**
- **Tav 2 Planimetria generale con ubicazione delle indagini eseguite**
- **All 3 Sondaggi**
- **All 4 Prove geofisiche**
- **All 5 Prove di laboratorio**
- **All 6 Sezioni Geolitologiche (Modello)**
- **All 7 Modello Geotecnico**
- **All 8 Modellazione sismica**

Tav 1
Corografia Area Intervento scala 1:25.000





REGIONE PIEMONTE
 PROVINCIA DI ALESSANDRIA
 COMUNE DI CASALE MONFERRATO

LAVORI DI ARRETRAMENTO ARGINE
 IN SINISTRA OROGRAFICA DEL FIUME PO
 IN LOCALITA' CASCINA CONSOLATA



RAPPORTO CERTIFICATIVO DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

CODICE ELABORATO

10039/ IG-lab.-gf

COMMITTENTE



AIPO
 AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO
 Piazza Turati, 4
 15100 ALESSANDRIA



COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl

Decreto di autorizzazione
 n. 4965 del 04/05/2010
 per esecuzione e certificazione di
 indagini geognostiche e prove in situ
 ai sensi dell'art. 56 del D.P.R. n. 309/01

Accettazione n. 10039 del 09/09/10

Dr. S. Josa

Lo Sperimentatore

Dr. A. Cantù

Lo Sperimentatore



OTTOBRE 2011

DATA EDIZIONE

REDATTO

CONTROLLATO

Il Direttore del Laboratorio

VALIDATO



REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASALE MONFERRATO

LAVORI DI ARRETRAMENTO ARGINE IN SINISTRA OROGRAFICA DEL FIUME PO
IN LOCALITA' CASCINA CONSOLATA

Rapporto certificativo delle indagini geognostiche

Ottobre 2011

INDICE CERTIFICATI

10039/1 Rilievo stratigrafico di perforazione S1.....	
10039/2 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S1	
10039/3 Prova di permeabilità Lefranc sondaggio S1	
10039/4 Prova di permeabilità Lefranc sondaggio S1	
10039/5 Rilievo stratigrafico di perforazione S2.....	
10039/6 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S2	
10039/7 Prova di permeabilità Lefranc sondaggio S2	
10039/8 Prova di permeabilità Lefranc sondaggio S2	
10039/9 Rilievo stratigrafico di perforazione S3.....	
10039/10 Prove penetrometriche dinamiche SPT sondaggio S3	



INDAGINI GEOGNOSTICHE

Committente: AIPO

Commessa: 10039

Cantiere: Casale Monferrato (AL)

Tra il 06/10/11 e il 14/10/11 sono stati realizzati n. 3 sondaggi a carotaggio continuo (S1 realizzato in parte con perforazione a distruzione di nucleo tra -10.00m da p.c. e fondo foro) per i lavori di arretramento dell'argine in sinistra orografica del Fiume Po in Comune di Casale Monferrato (AL), in località Cascina Consolata. (Vedi corografia e Tav.01-02).

In particolare, si tratta dei sondaggi:

- S1, S2, S3: profondi 20m, attrezzati ognuno attrezzato con piezometro Casagrande fino a fondo foro.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una sonda idraulica COMACCHIO MC T450P montata su autocarro Unimog. Nella tabella a seguire vengono presentate le principali caratteristiche.



Particolare fotografico della sonda COMACCHIO su autocarro Unimog

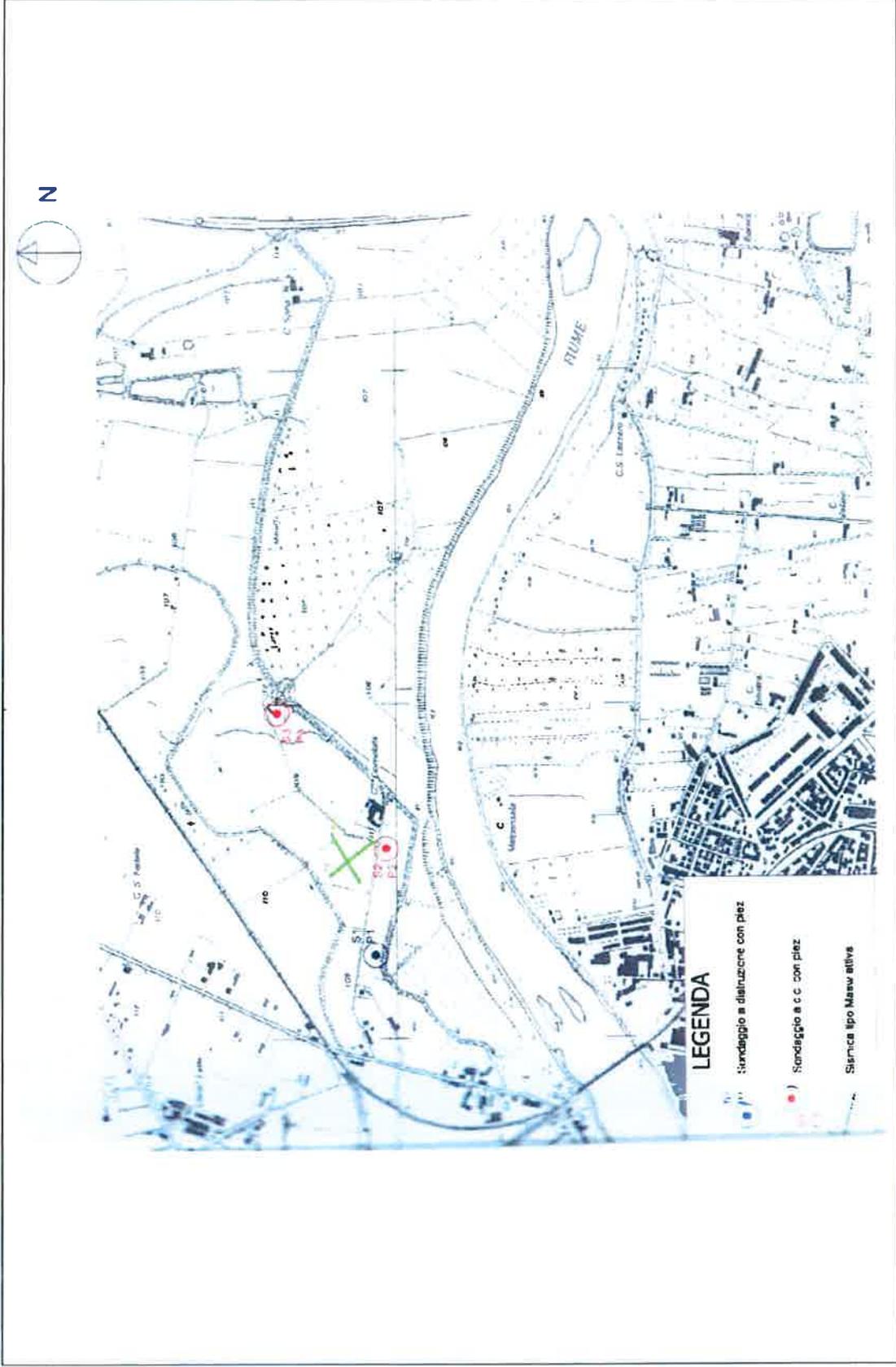
Casale Monferrato (AL) – Loc. Cascina Consolata – Corografia dell'area di indagine



Casale Monferrato (AL) – Loc. Cascina Consolata - Tav. 01 – Ubicazione piezometri Casagrande



Casale Monferrato (AL) – Loc. Cascina Consolata - Tav. 02 – Ubicazione piezometri Casagrande





SONDA PERFORATRICE IDRAULICA		
Modello: COMACCHIO- MC T450 P su autocarro Unimog – U2150		
Coppia max.	kgm	1100
Velocità di rotazione	rpm	20÷550
Spinta	kg	4500
Tiro	kg	6500
Velocità rapida risalita	m/min	22
Velocità rapida discesa (min.-max.)	m/min	32
Tiro max. argano	kg	2000
Motore JOHN DEERE	KW	86
	C.C.	4500
	C.V.	115
<i>Dimensioni</i>		
<i>Lunghezza</i>	m	7.65
<i>Larghezza</i>	m	2.45
<i>Altezza (in movimento)</i>	m	3.50
<i>Altezza (in fase lavorativa)</i>	m	7.70
<i>Peso</i>	kg	12100
Pompa a pistoni Triplex 200 per fanghi		
Portata max.	l/min	200
Pressione max. esercizio	bar	45

Metodologia di perforazione

Carotaggio continuo

La perforazione è stata condotta con rotazione a carotaggio continuo del terreno attraversato utilizzando carotieri semplici di diametro 101mm e 131mm, tali da rendere minimo il disturbo dei materiali attraversati e da consentire il prelievo dei campioni rappresentativi (carote).

La perforazione di carotaggio per il recupero dei campioni, è stata eseguita, compatibilmente con la natura dei terreni attraversati, senza l'uso di fluido di circolazione (carotaggio a secco).



Distruzione di nucleo

Su SI, tra -10.00m da p.c. e fondo foro, la perforazione è stata condotta a distruzione di nucleo mediante l'impiego di scalpelli triconi di diametro 105mm e con l'ausilio di circolazione diretta di acqua chiara.

Rivestimento

Per il sostegno delle pareti dei fori, la natura del terreno e la finalità dell'intervento hanno determinato la necessità di rivestire ogni foro: a tal scopo sono stati impiegati rivestimenti provvisori consistenti in tubi di acciaio speciale filettati, della lunghezza di 1.5m e del diametro di 127mm alle profondità indicata in stratigrafia.

Durante le operazioni di posa del rivestimento provvisorio si è reso necessario l'impiego di fluidi di perforazione per il raffreddamento del tagliente (scarpa) e l'asportazione del detrito: a tale scopo si è impiegata circolazione diretta di acqua chiara.

Prelievo campioni

Al termine della perforazione dalle carote dei rispettivi sondaggi sono stati prelevati complessivamente n.11 campioni di terreno rimaneggiato per eseguire le previste analisi di laboratorio geotecnico. (Cfr. Report 10039/LAB-ig-gf, Novembre 2011).

PROVE GEOTECNICHE IN FORO

PROVE S.P.T.

Nei fori di sondaggio sono state eseguite complessivamente n.11 prove S.P.T. ("Standard Penetration Test"), alle profondità indicate in stratigrafia.



La prova è di tipo discontinuo e viene eseguita nel corso della perforazione a carotaggio continuo, interrompendo l'avanzamento del sondaggio a intervalli regolari o prestabiliti e che consente di ottenere dati sulla consistenza e sul grado di addensamento dei terreni attraversati.

Le prove S.P.T. sono state effettuate tramite l'infissione, a partire dal fondo foro raggiunto, di un campionatore a parete grossa tipo Raymond (diam. 51 mm, lunghezza utile 562 mm), collegato al piano campagna da una batteria di aste di dimensioni standardizzate (diam. 51 mm, peso 7.5 kg/m), per mezzo di un'apparecchiatura a percussione del peso standard di 63.5 kg con sganciamento automatico del maglio (Trip Monkey tipo Pilcon) dall'altezza prefissata di 760 mm. Il dispositivo di sollevamento è fornito dall'organo oleodinamico della sonda perforatrice.

Nei casi in cui non vi era pericolo di repentino collasso del foro, la prova è stata eseguita immediatamente dopo la manovra di carotaggio e prima della manovra di rivestimento, per evitare disturbi al terreno, previa verifica della quota del fondo foro.

Il campionatore viene fatto penetrare nel terreno per una profondità di 45cm, a partire dalla quota di fondo foro (eventualmente ripulito tramite apposita manovra), rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun intervallo di 15cm. Il valore di NSPT è ottenuto sommando i colpi necessari per il 2° e 3° tratto.

La prova viene sospesa ogni qualvolta il numero di colpi N, per un tratto di 15 cm, supera il valore di 50, annotando in tal caso il rifiuto alla penetrazione e registrando l'infissione in centimetri ottenuta con 50 colpi.

Per l'esecuzione delle prove SPT nei terreni a granulometria fine (limoso-sabbiosa) si è utilizzato il campionatore Raymond corredato di una scarpa troncoconica a punta aperta, la cui lunghezza standard è di 76 mm.

PROVE DI PERMEABILITA' LEFRANC



Durante la terebrazione dei sondaggi S1 ed S2, sono state realizzate n.4 prove di permeabilità a carico costante.

Le prove di permeabilità vengono eseguite per determinare il coefficiente di permeabilità dei terreni o degli ammassi rocciosi indagati, esprimendo la resistenza del mezzo al deflusso dell'acqua che lo attraversa. Essa viene misurata con il coefficiente di permeabilità K , espresso in m/s, ovvero con il volume di acqua che attraversa con moto laminare una unità di sezione nell'unità di tempo.

Il suo valore dipende dalle caratteristiche del terreno (composizione, granulometria, forma dei grani, stato di addensamento...), ma anche da quelle del fluido in movimento (viscosità, legata alla temperatura, e densità).

In natura la permeabilità è estremamente variabile: $10^{-9} < K < 1$, come è possibile osservare nella tabella presentata a seguire.

Valori orientativi del coefficiente di permeabilità (K) nei diversi terreni (R. Lancellotta, 1987)

Tipo di terreno	K (m/s)
Ghiaia pulita	$10^2 + 1$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^5 + 10^2$
Sabbia molto fine	$10^6 + 10^4$
Limo	$10^8 + 10^6$
Argilla omogenea al disotto della falda	$< 10^9$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^8 + 10^4$

Le prove di permeabilità eseguite in fase di perforazione di un sondaggio per determinare il coefficiente medio di permeabilità prevedono in prima fase la creazione di una adeguata camera di prova di dimensioni note e successivamente la creazione all'interno del foro di un gradiente idraulico mediante immissione o estrazione di acqua, tale per cui si possa misurare la tendenza al ristabilirsi dell'equilibrio idraulico (prove a carico variabile), oppure misurare la portata del flusso mantenendo costante il gradiente (prova a carico costante).



Prove di permeabilità a carico costante

Le prove del tipo a carico idraulico costante vengono eseguite misurando la portata necessaria a mantenere costante il livello dell'acqua alla quota del boccaforo. La durata della prova varia da 10 a 30 minuti in relazione al diametro del foro. La costanza dell'altezza e la misura della portata vengono controllati ogni due minuti oppure ogni 5 minuti.

Il terreno da investigare che si trovava al di sopra della superficie piezometrica, nella zona non satura, è stato preventivamente saturato.

La costanza del livello è stata controllata con una sondina elettrica, mentre la misura di portata è stata effettuata con apposito contatore (precisione ± 0.1 litri) inserito nella mandata della pompa e con l'ausilio di un cronometro Casio.

La portata media assorbita è stata calcolata mediando sia il valore numerico della lettura al contatore sia calcolando il coefficiente angolare della retta costruita diagrammando i valori di campagna.

Il coefficiente di forma è stato calcolato con le formule di Hvorslev (1951) e Wilkinson (1968) per un filtro cilindrico in terreno uniforme.

Il coefficiente K è determinato con le formule di Lefranc.

Per le prove a carico costante:

$$K=Q/(Cf*h)$$

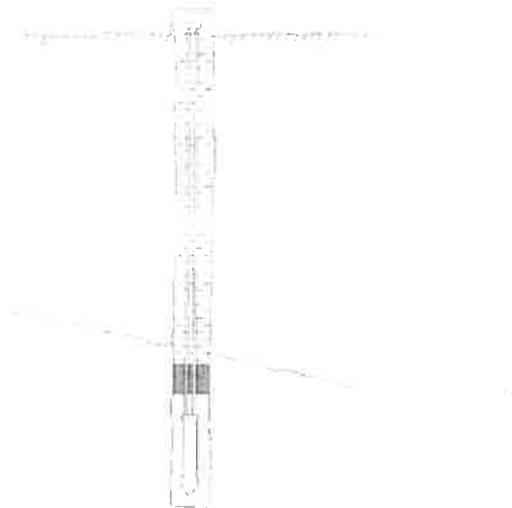
dove Q è la portata immessa per mantenere costante la differenza di livello dell'acqua in foro h; Cf è il coefficiente di forma.

Strumentazione geotecnica

Piezometri tipo Casagrande

I fori di sondaggio sono stati attrezzati ognuno per il rilievo continuo della falda acquifera con piezometri tipo Casagrande.

Il piezometro tipo Casagrande è costituito da un filtro cilindrico cavo, raccordato a due tubi ciechi in PVC, nel caso specifico di diam. ½", che lo collegano alla superficie (vedi schema successivo).



Il piezometro idraulico tipo Casagrande si compone di:

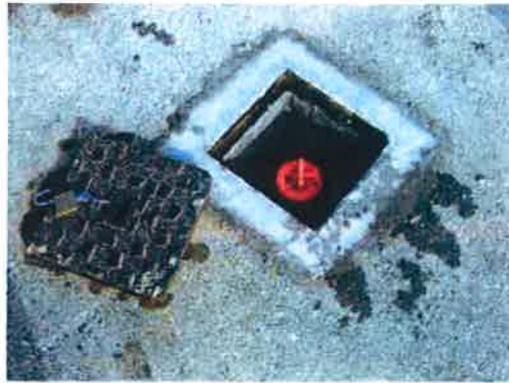
- un filtro cilindrico in materiale sintetico ('Vjon')
- due tubi ciechi in PVC rigido, di diametro ½", che assicurano il collegamento del filtro alla superficie.

Anche le modalità di posa sono finalizzate al perfetto isolamento del tratto interessato dalla captazione.

A partire da fondo foro, seguendo le specifiche fornite dalla Committenza, si è proceduto mettendo in opera uno strato costituito da una miscela di acqua, cemento e bentonite al di sotto della quota di posa della cella. Procedendo verso piano campagna, attorno alla celletta è stato posto uno strato di

c.a 1m di ghiaietto pulito, chimicamente neutro. Il tratto filtrante è stato successivamente sigillato e impermeabilizzato con uno strato di bentonite granulare (c.a 1m) tipo compactonite opportunamente pestellata. A seguire, procedendo verso piano campagna, l'intercapedine foro-tubo è stata riempita con cemento e bentonite fino alla profondità indicata in stratigrafia.

Sui piezometri realizzati, infine, è stato messo in opera su S2 un terminale di protezione carrabile con tappo a espansione lucchettato a testa tubo; sui restanti piezometri un terminale di protezione "a capitello" lucchettato (le chiavi sono a disposizione della Committente).



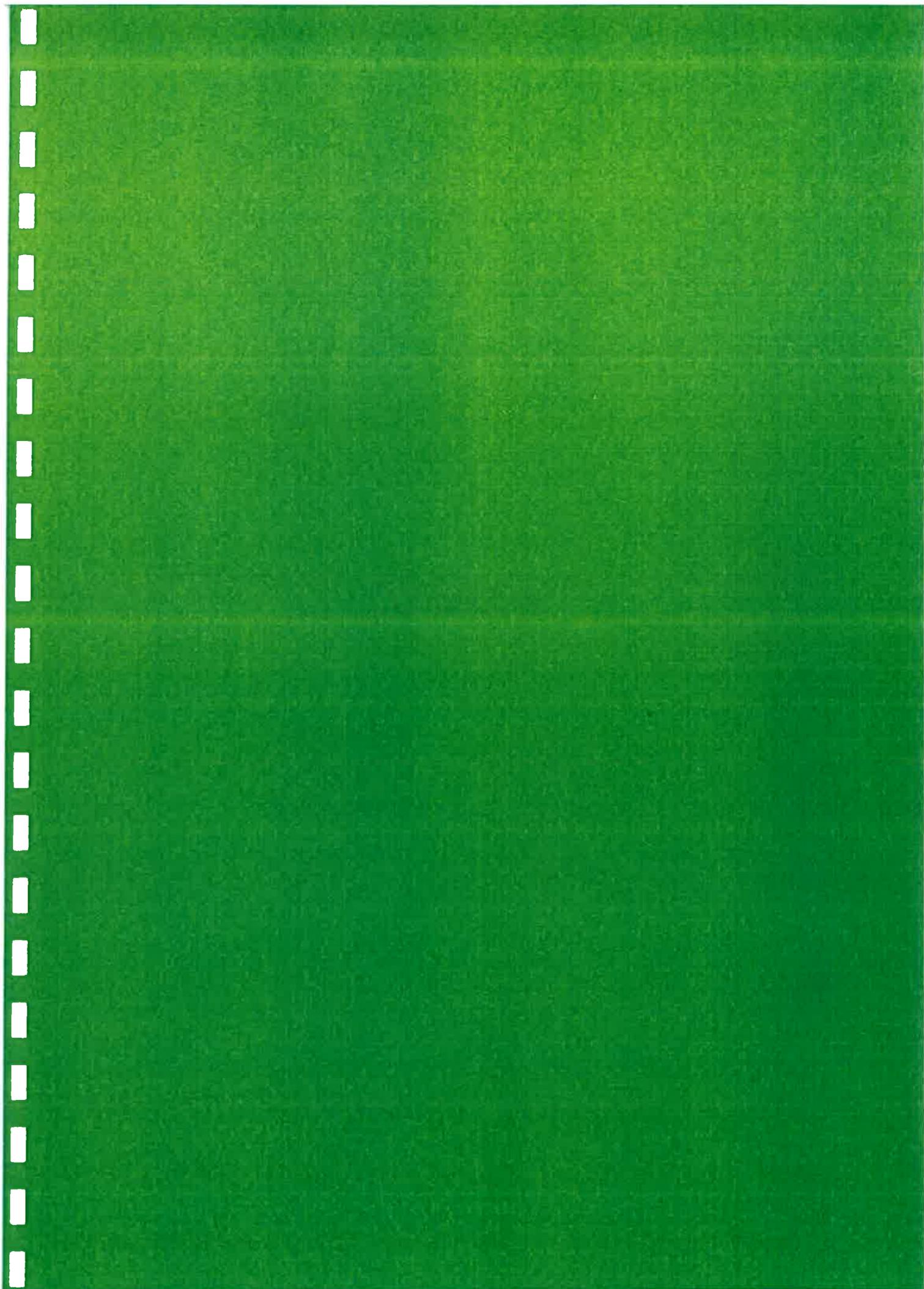
Particolare fotografico del tipo di terminale di protezione adottato su S2



Particolare fotografico del tipo di terminale di protezione adottato su S1 ed S3



In allegato vengono fornite le stratigrafie dei sondaggi con la documentazione fotografica delle carote prelevate e i certificati delle prove eseguite in foro.



ALLEGATI

STRATIGRAFIE SONDAGGI GEOGNOSTICI

Committente **AIPO - Agenzia Interregionale per il Fiume Po**

Cantiere **Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po**

Località **Casale Monferrato (AL) - Località Cascina Consolata**

Commessa n. **10039**

Perforazione inizio: 13/10/2011 fine: 14/10/2011 Sonda: **Comi MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore
Dr. A. Canù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Seol Giorgio Sola

Coordinate: **N= 45° 08.975' E= 8° 27.333'** Scala **1:100**

Accettazione n. **10039** Certificato n. **10039/01** del **28/10/2011**

S1

Pagina 1 di 1

profondità dal P.C. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo Casagrande	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimanecciati	permeabilità [m/s]
0.00	0.20		Terreno di copertura vegetale costituito da sabbia limosa.												
0.20	0.80		Sabbia fine debolmente limosa, rara ghiaia sparsa a fondo strato, poco addensata, colore grigio.												
1.00	3.70		Ghiaia eterometrica in matrice sabbioso-siltosa a tratti abbondante e/o prevalente, rari ciottoli, moderatamente addensata, colore grigio.		c.c. diam. 131mm										
4.70	1.00		Ghiaia prevalentemente medio-grossolana con sabbia debolmente limosa, rari ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata, colore grigio-nocciola.	5.70			90-100%			4.50 15 - 14 - 18			4.50 CR A 5.00	3.00 1.40 E-05 4.00	
5.70	2.30		Ghiaia eterometrica e sabbia debolmente limosa, addensata, colore nocciola-grigiastro.		c.c. diam. 101mm					7.50 19 - 25 - 24			7.50 CR B 8.00	7.50	
8.00	2.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa a livelli prevalente, debole grado di ossidazione e discreto grado di alterazione, addensata, colore nocciola.							10.00 20 - 22 - 27			9.50 CR C 10.00	>1.32 E-04 9.00	
10.00	10.00		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa che tende a concentrarsi in livelli cm, subordinati ciottoli, addensata, colore nocciola.		perforazione a distruzione di nucleo diam. 105mm	127mm									
20.00															

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro tipo Casagrande a doppio tubo di diam. 0.5" Pozzetto "A CAPITELLO"

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)		SONDAGGIO n. S1
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: AIPO – Agenzia Interregionale per il Fiume Po Cantiere: Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po Località: SCasale Monferrato (AL) – Località Cascina Consolata Coordinate: N= 45° 08.975' E= 8° 27.333'	Accettazione n. 10039 Certificato n. 10039/2 del 28/10/2011 - Commessa n. 10039/IG-lab.-gf	

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	4.50	15	14	16	
2	7.50	19	25	24	
3	10.00	20	22	27	
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4065 del 04/05/2010 per autorizzare e certificare gli studi geologici e prove in sito e veri ed aut. della D.P.R. n. 340/01

Mod. 754 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE UNI EN ISO 22475-1:2007 UNI EN ISO 14688-1:2009 e 14689-1:2004

SONDAGGIO

S2

Committente AIPO - Agenzia Interregionale per il Fiume Po

Cantiere Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po

Località Casale Monferrato (AL) - Località Cascina Consolata

Commessa n. 10039

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 11/10/2011 fine: 12/10/2011 Sonda: Com MC T450P Unimog

Lo Sperimentatore Dr. A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Giorgio Sola

Coordinate: N= 45° 09.040'

E= 8° 27.643'

Scala 1:100

Accettazione n. 10039

Certificato n. 10039/05

del 28/10/2011

Dr. A. Cantù

Dr. G. Sola

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo Casagrande	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni induribili	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.80		Terreno di copertura vegetale costituito da limo debolmente sabbioso fine, poco consistente, colore grigio.												
0.80	1.60		Sabbia prevalentemente medio-fine debolmente limosa, poco addensata, colore grigio.												
1.60	5.10		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa talora abbondante e/o prevalente, da poco a moderatamente addensata, colore grigio.							4.50 9 - 12 - 13			4.50 CRA 5.00	3.00 1.45 E-05 4.00	
6.70	3.70		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa, rari ciottoli, addensata, colore nocciola.	6.40	carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			7.50 18 - 18 - 23			7.50 CR B 8.00	7.50 1.18 E-04 9.00	
10.40	3.80		Ghiaia eterometrica in matrice sabbiosa debolmente limosa che tende a concentrarsi in livelli pluricentimetrici, rari ciottoli, debole grado di ossidazione, da addensata a molto addensata, colore nocciola.							10.50 20 - 21 - 24			10.50 CRC 11.00		
14.00	0.40		Ghiaia ciottolosa in scarsa matrice fine sabbiosa debolmente limosa, addensata, colore grigio.							13.50 30 - 32 - RIF (5cm)			13.50 CR D 14.00		
14.40	5.80		Ghiaia eterometrica con subordinate passate pluricentimetriche medio-grossolane e sabbia debolmente limosa che talora tende a concentrarsi in livelli cm, addensata, colore grigio.												
20.00															

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro tipo Casagrande a doppio tubo di diam. 0.5". Pozzetto CARRABILE

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geotecniche e prove in sito a servizio dell'Art. 15 del D.P.R. n. 380/01</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)	SONDAGGIO n. S2
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: AIPO – Agenzia Interregionale per il Fiume Po Cantiere: Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po Località: SCasale Monferrato (AL) – Località Cascina Consolata Coordinate: N= 45° 09.040' E= 8° 27.643' Accettazione n. 10039 Certificato n. 10039/6 del 28/10/2011 - Commessa n. 10039/IG-lab.-gf	Eseguito il 11/10-12/10/2011

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	4.50	9	12	13	
2	7.50	18	18	23	
3	10.50	20	21	24	
4	13.50	30	32	RIF. (5cm)	
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geotecniche e prove in sito ai sensi dell'art. 39 del C.P.R. n. 1462/7

Mod. 7 B 4 rev. 00

RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE UNI EN ISO 22475-1:2007 UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14688-1:2004

SONDAGGIO

S3

Committente **AIPO - Agenzia Interregionale per il Fiume Po**

Cantiere **Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po**

Località **Casale Monferrato (AL) - Località Cascina Consolata**

Commessa n. **10039**

Pagina 1 di 1

Perforazione inizio: 06/10/2011 fine: 11/10/2011 Sonda: **Com MC T450P Unimog**

Lo Sperimentatore **Dr. A. Cantù**

Il Direttore del Laboratorio **Dr. Geol. Giorgio Sole**

Coordinate: N= 45° 09' 120"

E= 8° 27.895'

Scala 1:100

Accettazione n. 10039

Certificato n. 10039/09

del 26/10/2011

Dr. A. Cantù

Dr. Geol. Giorgio Sole

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tipo Casagrande	inclinometro	S P T	pocket penetrometer	pocket varie test	campioni indisturbati	campioni rimangiati	permeabilità [m/s]
0.00	1.00		Terrano di copertura vegetale costituito da limo debolmente sabbioso fine-gliaioso.												
1.00	3.30		Ghiaia eterometrica con sabbia siltosa talora abbondante, moderatamente addensata con subordinati illvelli più competenti, colore grigio.		c.c. diam. 131mm										
4.30	10.70		Ghiaia eterometrica con subordinate passate pluricentimetriche medio-grossolane in matrice sabbiosa debolmente limosa, rari ciottoli, da moderatamente addensata ad addensata e/o molto addensata, colore grigio-nocciola	6.00	carotaggio continuo diam. 101mm	127mm	90-100%			4.50 11 - 14 - 13			4.50 CR A 5.00		
15.00	5.00		Ghiaia eterometrica con sabbia debolmente limosa talora abbondante, discreto grado di ossidazione, rari ciottoli, molto addensata, colore nocciola.							7.50 15 - 20 - 22			7.50 CR B 8.00		
20.00										10.50 23 - 27 - 30			10.50 CR C 11.00		
										13.50 29 - 37 - 42			13.50 CR D 14.00		

Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro tipo Casagrande a doppio tubo di diam. 0.5". Pozzetto "A CAPITELLO"

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/08/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito e sensi dell'art. 19 del D.P.R. n. 160/91</p>	PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (UNI EN ISO 22476-3:2005)	SONDAGGIO n. S3
	Mod. 7.5.13 rev. 00 Committente: AIPO – Agenzia Interregionale per il Fiume Po Cantiere: Lavori di arretramento argine in sinistra orografica del Fiume Po Località: SCasale Monferrato (AL) – Località Cascina Consolata Coordinato: N= 45° 09.120' E= 8° 27.895' Accettazione n. 10039 Certificato n. 10039/10 del 28/10/2011 - Commessa n. 10039/IG-lab.-gf	Eseguito il 06/10-11/10/2011

Prova n.	inizio prova prof. [m] da p.c.	N° colpi			note
		15 cm	30 cm	45 cm	
1	4.50	11	14	13	
2	7.50	15	20	22	
3	10.50	23	27	30	
4	13.50	29	37	42	
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					

NOTE E OSSERVAZIONI:

Lo Sperimentatore
Dr. A. Cantù

A. Cantù

Il Direttore del Laboratorio
Dr. Geol. Giorgio Sola





Casale Monferrato (AL) – Cascina Consolata - Sondaggio SI (L=20.00m)



Cassetta I-2 da 0.00m a 10.00m da p.c. (perforazione a D.N. da 10.00m a fondo foro).

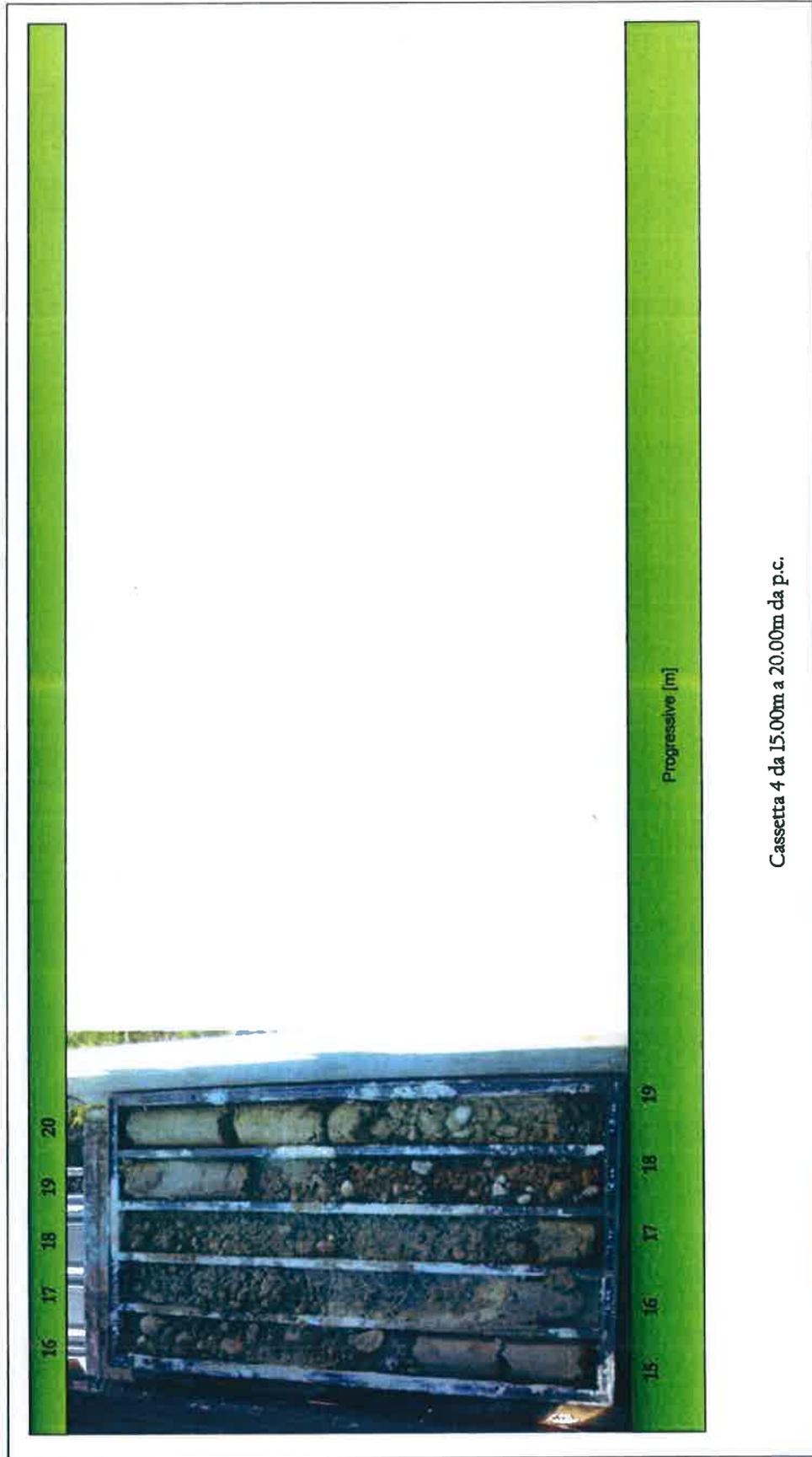
Casale Monferrato (AL) – Cascina Consolata - Sondaggio S2 (L=20.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.



Casale Monferrato (AL) – Cascina Consolata - Sondaggio S3 (L=20.00m)



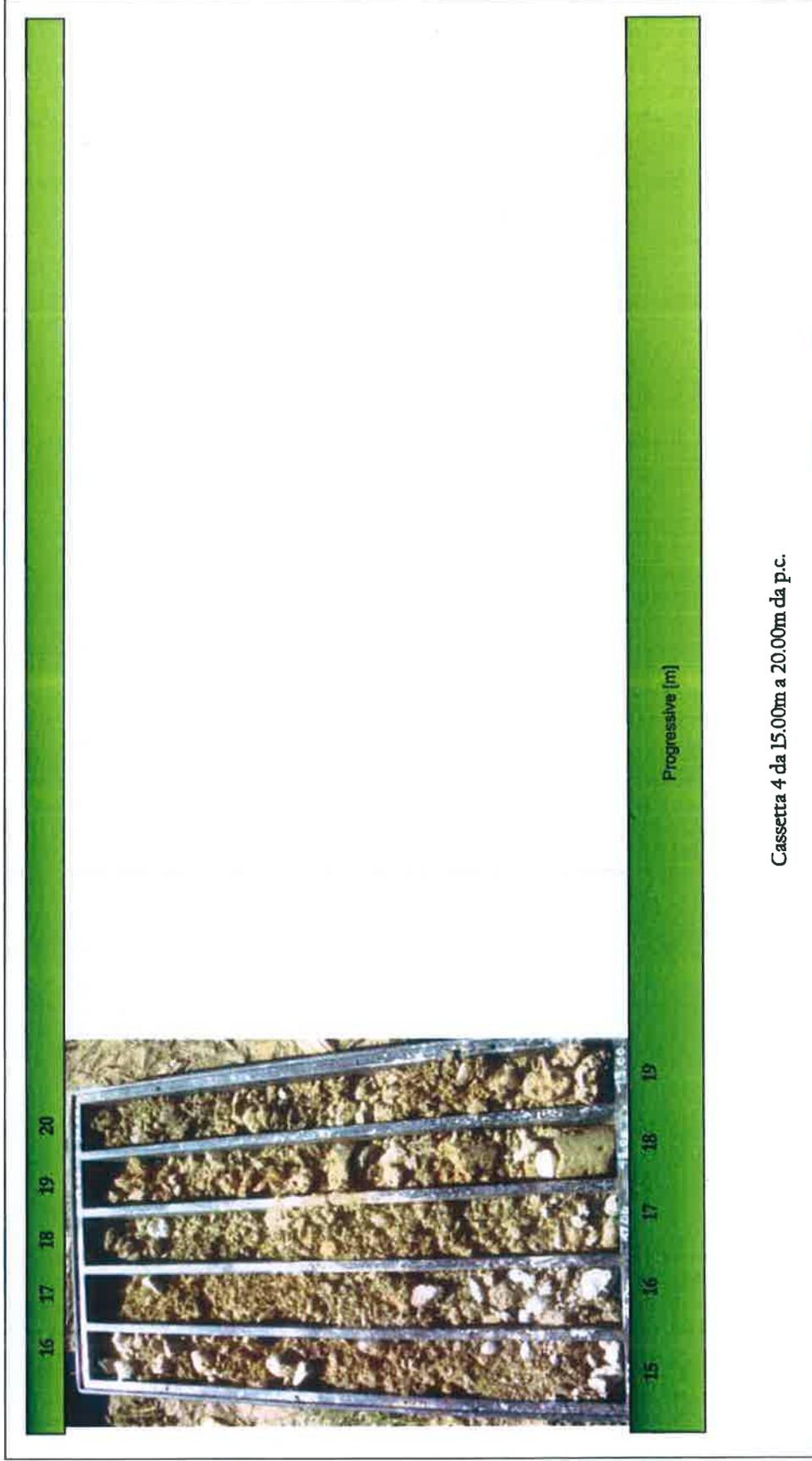
Casale Monferrato (AL) – Cascina Consolata - Sondaggio S3 (L=20.00m)



Cassette 1-4 da 0.00m a 20.00m da p.c.



Casale Monferrato (AL) - Cascina Consolata - Sondaggio S3 (L=20.00m)



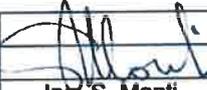
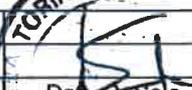
Cassetta 4 da 15.00m a 20.00m da p.c.

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASALE MONFERRATO**

**INDAGINE GEOFISICA TIPO MASW E SISMICA PASSIVA HV/
PER LA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA DEL SITO
NEI PRESSI DI CASCINA CONSOLATA**



RAPPORTO INTERPRETATIVO DELL'INDAGINE

ELABORATO N° GF-ig	ALLEGATO N° --	CODICE 10039\GF-ig	 COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI S.p.A.		
COMMITTENTE					
2					
1					
0	OTTOBRE 2011	Edizione	Ing. M. Brunatto	Ing. S. Monti	Dott. G. Sola
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO





REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASALE MONFERRATO

INDAGINE GEOFISICA TIPO MASW E SISMICA PASSIVA H/V
PER LA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA DEL SITO
NEI PRESSI DI CASCINA CONSOLATA

Rapporto interpretativo dell'indagine

Ottobre 2011

SOMMARIO

PREMESSA	
INDAGINE GEOFISICA MASW	
INDAGINE SISMICA PASSIVA H/V.....	
 <i>ALLEGATI</i>	
INDAGINE GEOFISICA TIPO MASW	
INDAGINE H/V	
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA.....	



PREMESSA

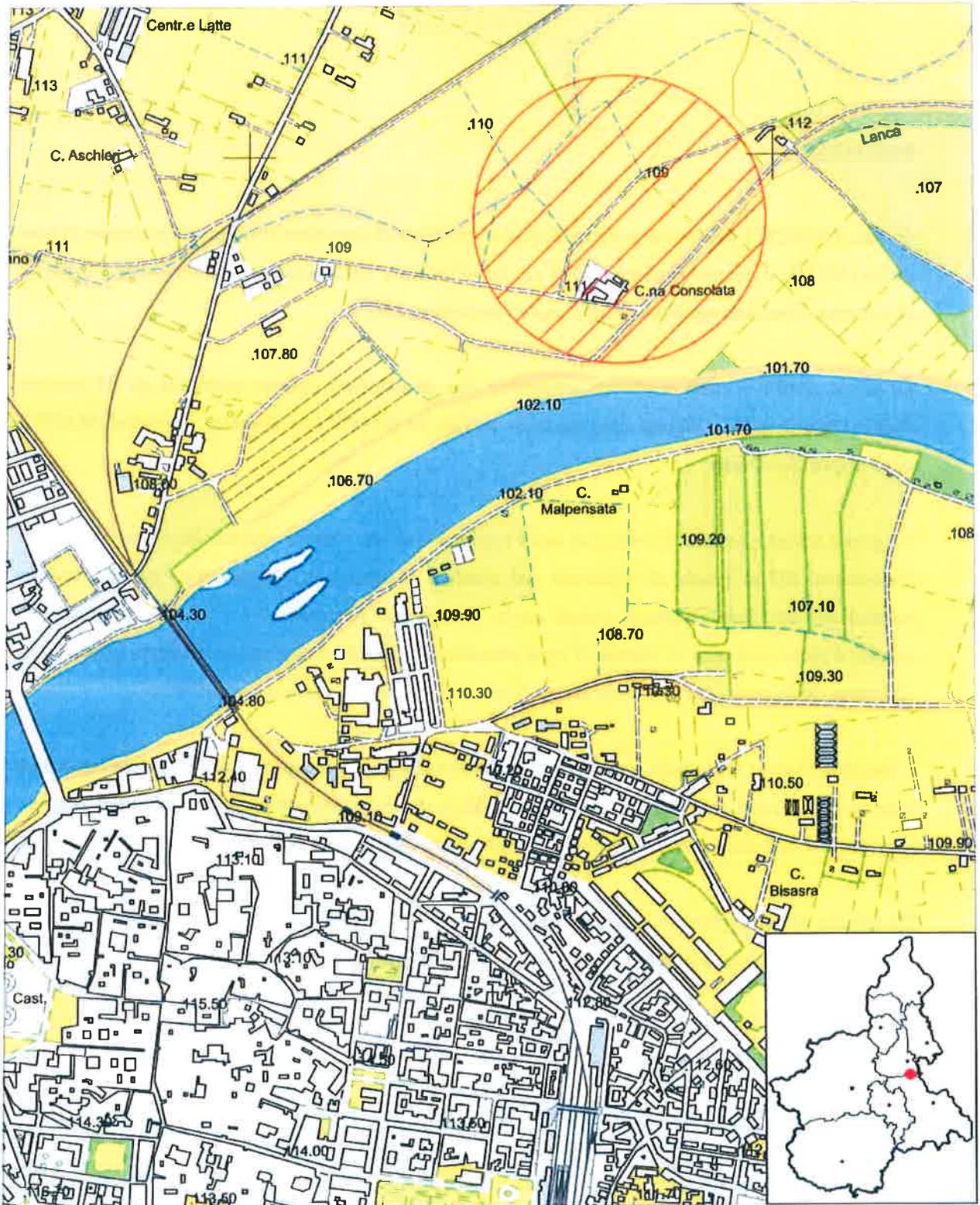
In data 14/10/2011 è stata eseguita un'indagine geofisica di tipo sismico composta da prove di tipo attivo (MASW) e passivo (indagine H/V) per la valutazione della risposta sismica locale nei pressi di Cascina Consolata nel Comune di Casale Monferrato (AL).

La prova MASW è stata realizzata attraverso due stendimenti, ognuno costituito da 24 geofoni disposti ogni 2 metri, collocati come mostrato in Tav. 01 (MASW 1 in direzione Nord-Sud, MASW 2 in direzione Est-Ovest).

La prova sismica passiva è consistita nella registrazione del rumore sismico locale attraverso un tromometro 3D in grado di registrare nel dominio di interesse ingegneristico per la risposta sismica del sito (comprendendo quindi anche il campo di frequenze 0,1 – 30 Hz); il sensore di misura è stato collocato al centro di ogni stendimento MASW realizzato e orientato seguendo la direzione della stesa (Prova 1 in direzione Nord-Sud, Prova 2 in direzione Est-Ovest).

L'indagine è stata finalizzata a ricavare il parametro rappresentativo V_{s30} per la caratterizzazione sismica del terreno indagato (secondo quanto disposto dalla normativa tecnica vigente), potendo disporre dei dati della sismica passiva per confrontare l'esito delle indagini.

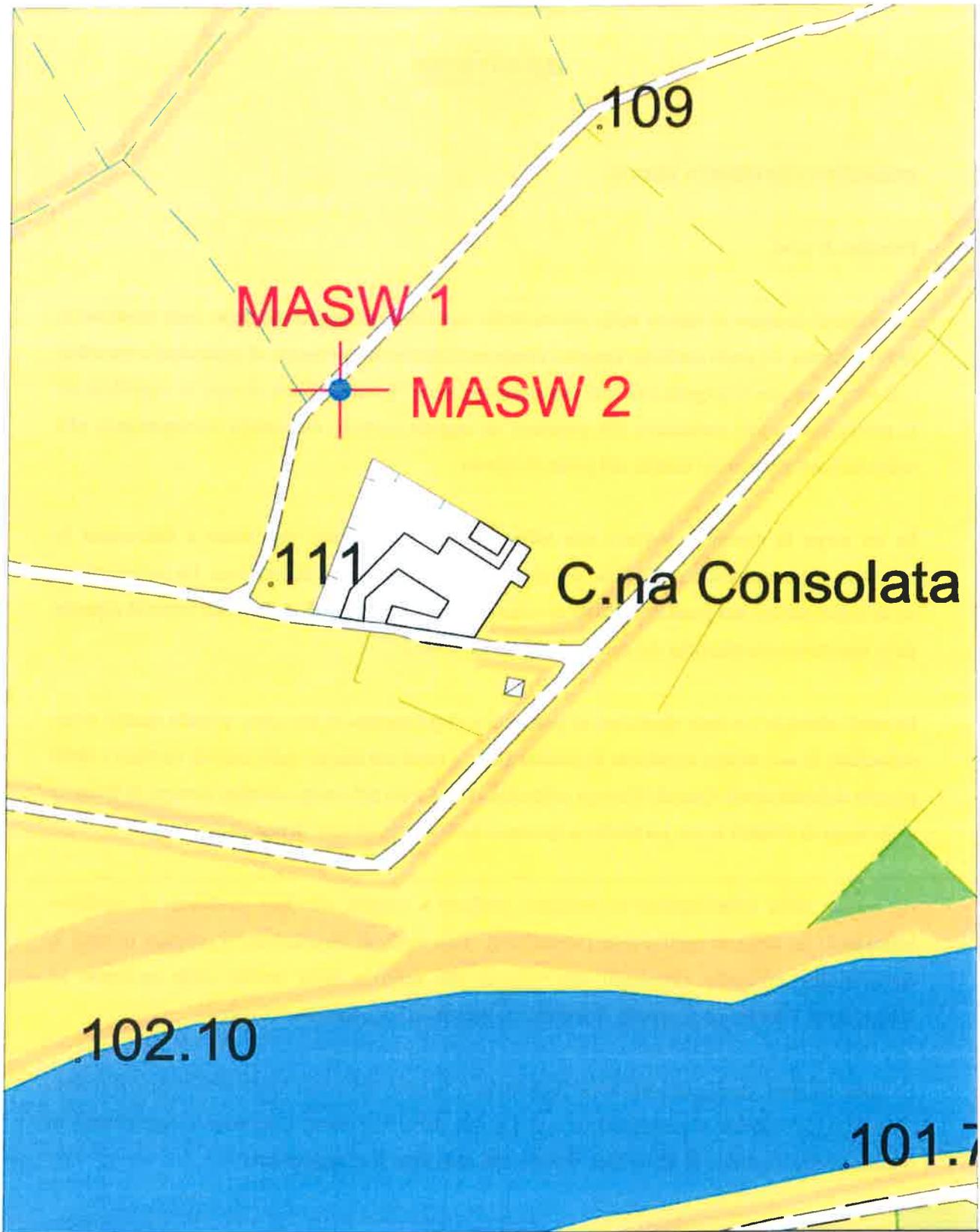
Di seguito vengono fornite la documentazione relativa alle metodologie di indagine adottate, i risultati dell'indagine e la relativa documentazione fotografica.



COROGRAFIA DI INQUADRAMENTO GENERALE
 DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO
 (Reg. Piemonte - C.T.R. Vettoriale Sez. 158060)



Scala 1:10.000



Legenda

● Posizionamento
tromometro 3D

— Indagini MASW

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASALE MONFERRATO

INDAGINE GEOFISICA TIPO MASW E HV
NEI PRESSI DI CASCINA CONSOLATA

File:
10038\Tavolo\Tav.01

UBICAZIONE INDAGINI

Tavola:
01



INDAGINE GEOFISICA MASW

Principi di base

Le indagini sismiche si basano sulla misura della velocità di propagazione delle onde elastiche in rocce e terreni. Le onde elastiche vengono create artificialmente per mezzo di esplosioni controllate o di altre tipologie di sorgenti e la loro propagazione viene rilevata in punti diversi, in superficie e/o in profondità tramite trasduttori che generano un segnale elettrico misurabile corrispondente alla sollecitazione elastica del terreno nel punto di misura.

Se un corpo in equilibrio subisce una sollecitazione in un punto, esso tende a deformarsi in relazione alle caratteristiche elastiche del corpo stesso e al tipo di sollecitazione. La propagazione della deformazione nei punti circostanti avviene come propagazione di onde la cui velocità dipende dalle caratteristiche elastiche del corpo (Godio et al., 2001).

Le onde sismiche (o onde elastiche) si generano e si propagano in un corpo quando questo viene sollecitato da uno sforzo impulsivo di piccola energia (cioè nel campo delle piccole tensioni e delle piccole deformazioni). Quando il corpo sollecitato si deforma nel campo elastico (campo di linearità della legge di Hooke) le sue particelle si spostano dalla loro posizione di equilibrio.

Al cessare della sollecitazione le particelle tendono a tornare alla loro posizione di equilibrio innescando un moto di oscillazione (vibrazione). Tale moto di oscillazione si propaga in tutte le direzioni alle particelle circostanti con velocità che dipende dalla facilità delle particelle ad abbandonare il loro stato di quiete, cioè dalle caratteristiche meccaniche del corpo.

Le onde elastiche così generate interessano tutto il volume del corpo (onde di volume), non sono dispersive (la velocità di propagazione non dipende dalla frequenza) e possono essere distinte in funzione della direzione di vibrazione rispetto alla direzione di propagazione.

Si hanno dunque:

- onde di compressione (onde P): longitudinali e primarie, si propagano ad alta velocità sia nei solidi che nei liquidi e sono caratterizzate da un moto delle particelle nella stessa direzione di propagazione dell'onda, con successive compressioni e rarefazioni;



- onde di taglio (onde S): trasversali e secondarie, si propagano più lentamente delle onde P e presentano un moto delle particelle perpendicolare alla direzione di propagazione; non si trasmettono nei fluidi;
- onde di Rayleigh: sono onde superficiali e determinano spostamenti ellittici delle particelle il cui moto avviene nel piano verticale e con verso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione stessa;
- onde di Love: sono onde superficiali che si sviluppano solo in presenza di uno strato a bassa velocità e non si trasmettono nei fluidi; gli spostamenti sono orizzontali e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.

La Normativa Italiana (Decreto Ministeriale del 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni e S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/08), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura sia dello spessore della stessa. Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E a ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).



C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi fra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{spt30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S30} > 800$ m/s).

Per V_{S30} s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione.

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.



Descrizione del metodo

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);
- l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s .

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.

Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate 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.

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 imputabile 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) 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 dipendentemente 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 V_s di inversione.



Stendimento di geofoni verticali

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.



Finalità e programmazione dell'indagine MASW

L'indagine sismica attiva realizzata nei pressi della Cascina Consolata nel Comune di Casale Monferrato si è resa necessaria per valutare il parametro V_{S30} del terreno in fase di studio, nell'area segnalata dalla Committenza.

L'indagine sismica multicanale è servita a fornire un valore dello stato di addensamento del sottosuolo fino a 30m da piano campagna.

Strumentazione utilizzata

Acquisizione dati

I dati sono stati acquisiti con il sismografo GEODE della Geometrics dotato di 24 canali a 24 bit, possibilità di stacking, filtri analogici e digitali. Nella tabella si riportano le caratteristiche tecniche del sismografo.

A/D Conversion	24 bit result using Crystal Semiconductor sigma-delta converters and Geometrics proprietary oversampling
Dynamic Range	144 dB (system), 110 dB (instantaneous, measured) at 2ms, 24dB
Sample Interval	0.02, 0.3125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0, 8.0, 16.0 ms
Record Length	16,000 samples
Maximum Input Signal	2.8 VPP
Distortion	0.0005% @ 2 ms, 1.75 to 208 Hz
Bandwidth	1.75 Hz to 20 kHz
Common Mode Rejection	>-100 dB at <=100 Hz, 36 dB
Crosstalk	-125 dB at 23.5 Hz, 24 dB, 2 ms
Noise Floor	0.2uV, RFI at 2 ms, 36 dB, 1.75 to 208 Hz
Stacking Trigger Accuracy	1/32 of sample interval
Input Impedance	20 kOhm, 0.02 uf
Anti-alias Filters	-3 dB at 83% of Nyquist frequency, down 90 dB
Delay	0 to 9999 ms in 1 ms steps
Acquisition and DisplayFilters	<ul style="list-style-type: none"> ↪ LowCut: OUT, 10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400 Hz, 24 or 48 dB/octave, Butterworth. ↪ Notch: 50, 60, 150, 180 Hz and OUT, with the 50 dB rejection bandwidth 2% of center frequency. ↪ HighCut: OUT, 250, 500 or 1000 Hz, 24 or 48 dB/octave.
Triggering	Positive, negative or contact closure, software adjustable threshold
Power	12V external battery



Sorgenti

Per l'indagine è stata utilizzata come sorgente di energia la massa battente, costituita da un martello avente massa da 10 kg utilizzato da un operatore.

L'impulso viene generato attraverso il colpo del martello su una piastra in teflon appoggiata al terreno.

L'istante di trigger è fornito da un geofono posizionato in prossimità del punto di battuta.

Ricevitori

Per l'indagine in esame sono stati utilizzati geofoni con asse verticale con frequenza pari a 4.5 Hz.

I geofoni sono sensori di tipo elettromagnetico che generano una tensione proporzionale alla velocità della perturbazione sismica.

I cavi utilizzati per l'acquisizione sono cavi con guaina in polipropilene schermati con connettori tipo militare Bendix o Cannon a 36 pin.

Geometria degli stendimenti

Si è scelto, in accordo con la Committenza, di realizzare due stendimenti sismici MASW, costituiti ognuno da 24 geofoni e ubicati come riportato in Tav. 01, in modo da determinare con precisione il parametro V_{S30} .

Ogni stendimento ha previsto la collocazione dei geofoni ad una distanza reciproca di 2m fino a coprire un'estensione lineare di 46m complessivi.

L'energizzazione è stata effettuata in 2 punti, collocati a circa 10m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono di ogni stendimento.

Un geofono 'starter' è stato disposto accanto ad ogni punto di energizzazione per dare inizio alla registrazione del segnale trasmesso dai 24 geofoni al sismografo multicanale.

La scelta di energizzare in due punti diversi è dettata dalla possibilità, in fase di elaborazione dati, di selezionare la registrazione migliore e più chiara ai fini del calcolo del V_{S30} ; pertanto in allegato viene presentata la tavola riepilogativa di un solo sismogramma per stesa.



Analisi dei risultati e considerazioni conclusive

I risultati dell'indagine sono riportati nel seguito; oltre a una planimetria con indicazione dello stendimento (Tav. 01), sono state allegate le tavole contenenti i sismogrammi registrati in fase di misura ed i relativi grafici ottenuti dall'elaborazione (All. 01 – 02).

Ogni tavola riporta il sismogramma prodotto dai 24 geofoni in fase di acquisizione dati, ossia a seguito dell'attivazione del geofono starter dopo l'energizzazione, le curve delle velocità rapportate alla frequenza ed alla profondità del terreno, una tabella di calcolo delle Vs ed il valore finale di V_{S30} .

MASW 1

I risultati ottenuti consentono di evidenziare un mezzo dalle buone caratteristiche, costituito nei primi cinque metri da depositi alluvionali da poco a moderatamente addensati (velocità delle onde S inferiori ai 200 m/s) al di sopra di un mezzo leggermente più veloce (V_s intorno a 340 m/s) fino a circa 19 – 20 metri da p.c. caratteristico di depositi più addensati; oltre tale profondità e fino a circa 30 metri le velocità delle onde S sono risultate elevate e pari a quasi 770 m/s, segno di un brusco passaggio ad un mezzo "veloce", molto addensato e dalle migliori proprietà di resistenza meccanica.

MASW 2

I risultati ottenuti sono in linea con quanto mostrato dall'indagine MASW 1.

Il risultato finale dell'indagine sismica attiva è pertanto molto dettagliato per quanto riguarda i primi trenta metri di profondità e permette di evidenziare la presenza di un materiale dalle buone caratteristiche meccaniche che raggiunge un alto grado di compattazione a partire dai 19 – 20 metri circa da p.c.

Per il calcolo del V_{S30} è stata utilizzata la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., ovvero:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$



h_i = Spessore in metri dello strato i -esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i -esima

N = Numero di strati

Dall'applicazione della relazione precedente si è ricavato quanto segue:

MASW 1 : $V_{s30} = 366$ m/s;

MASW 2 : $V_{s30} = 380$ m/s;

In riferimento al Decreto Ministeriale del 14/01/2008 (Norme Tecniche per le costruzioni) e alla Successiva Ordinanza n. 30 riportante alla G.U. n. 29 del 04/02/08), il sito indagato si colloca pertanto all'interno della categoria B che fornisce la seguente descrizione di terreno generalmente incontrato:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).



INDAGINE SISMICA PASSIVA H/V

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. Si chiama anche "microtremore" poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.

Nelle zone in cui non è presente alcuna sorgente di rumore locale ed in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, in un terreno roccioso e pianeggiante, ha picchi tra 0.14 e 0.07 Hz. Tali componenti spettrali vengono attenuate relativamente poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

Stratigrafia sismica da indagini a stazione singola

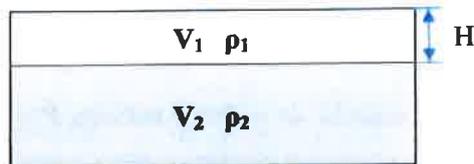
Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970).

Una delle metodologie di indagine speditive che permette di determinare la funzione di amplificazione attraverso l'utilizzo del rumore ambientale è il metodo proposto da Nakamura (1989). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Studi recenti hanno dimostrato che ulteriori picchi a frequenza maggiori di quelle del bedrock sono riconducibili a contrasti di impedenza

interni alla copertura sedimentaria (es. Baumbach et al., 2002) e picchi a frequenze minori di quella del bedrock sono invece riconducibili a contrasti di impedenza interni al bedrock stesso (es. Guillier et al., 2005). Riconosciuta questa capacità e dato che, se è disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche, le frequenze di risonanza possono essere convertite in stratigrafia, ne risulta che il metodo HVSR può essere, in linea di principio, usato come strumento stratigrafico.

Basi teoriche del metodo H/V

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). Consideriamo il sistema in figura seguente in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati.



Mezzo a 2 strati caratterizzati da densità ρ e velocità di propagazione V

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$(f_r) = V_s l / 4H \quad (f_r) = V_p l / 4H \quad [1]$$

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh. Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1. Ciò significa che



la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V, che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per:

- a. il contenuto in frequenza;
- b. la risposta strumentale;
- c. l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

L'inversione delle misure di tremore a fini stratigrafici, nei casi reali, sfrutta quindi la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè con quelli calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D. L'interpretazione è tanto più soddisfacente, e il modello tanto più vicino alla realtà, quanto più i dati misurati e quelli sintetici sono vicini.

Un progetto europeo del 2005 denominato SESAME (Site EffectS Assessment using AMbient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola ed array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo ed una buona stima delle onde Vs è necessario adottare una modellazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione

$$v_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$



Dove:

V_s = valore di velocità delle onde di taglio

H = profondità alla quale si desidera stimare V_s [m] (30 in caso di V_{s30})

H_i = spessore dello strato i -esimo [m]

Strumentazione impiegata e modalità di indagine

Tutte le misure di microtremore ambientale, della durata di 30 minuti ciascuna, sono state effettuate con un tromografo digitale progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, 10 x 7 x 14 cm per 1,1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, fornito di GPS interno e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Il tipo di stratigrafia che le tecniche di sismica passiva possono restituire si basa sul concetto di contrasto di impedenza. Per strato si intende cioè un'unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto di impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso.

Le prove tromografiche sono state effettuate con orientazione del canale Nord corrispondente al Nord geografico per la Prova1 ed in corrispondenza all'Est geografico per la Prova2. Lo strumento è stato ubicato in entrambe i casi in corrispondenza al centro dello stendimento delle indagini MASW al fine di ottenere la miglior corrispondenza possibile tra l'analisi diretta e quella indiretta.

Procedura di analisi dati

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

1. le curve HVSR, ottenute col software Grilla in dotazione al tromografo TROMINO, con parametri:
 - larghezza delle finestre d'analisi 20 - 30 s;
 - liscio secondo finestra triangolare con smoothing pari al 10% della frequenza centrale;
 - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.



2. le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto (ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto 1).

La stima della colonna stratigrafica è stata calcolata inserendo i dati relativi alla profondità dei rifrattori ed alle Vs degli intervalli individuati desunti dall'indagine MASW corrispondente a ciascuna prova. La scelta di inserire dati calcolati anziché desunti dalla letteratura è finalizzato all'ottenimento di una risposta più prossima alla reale conformazione del sottosuolo, nonché alla validazione reciproca dei metodi utilizzati.

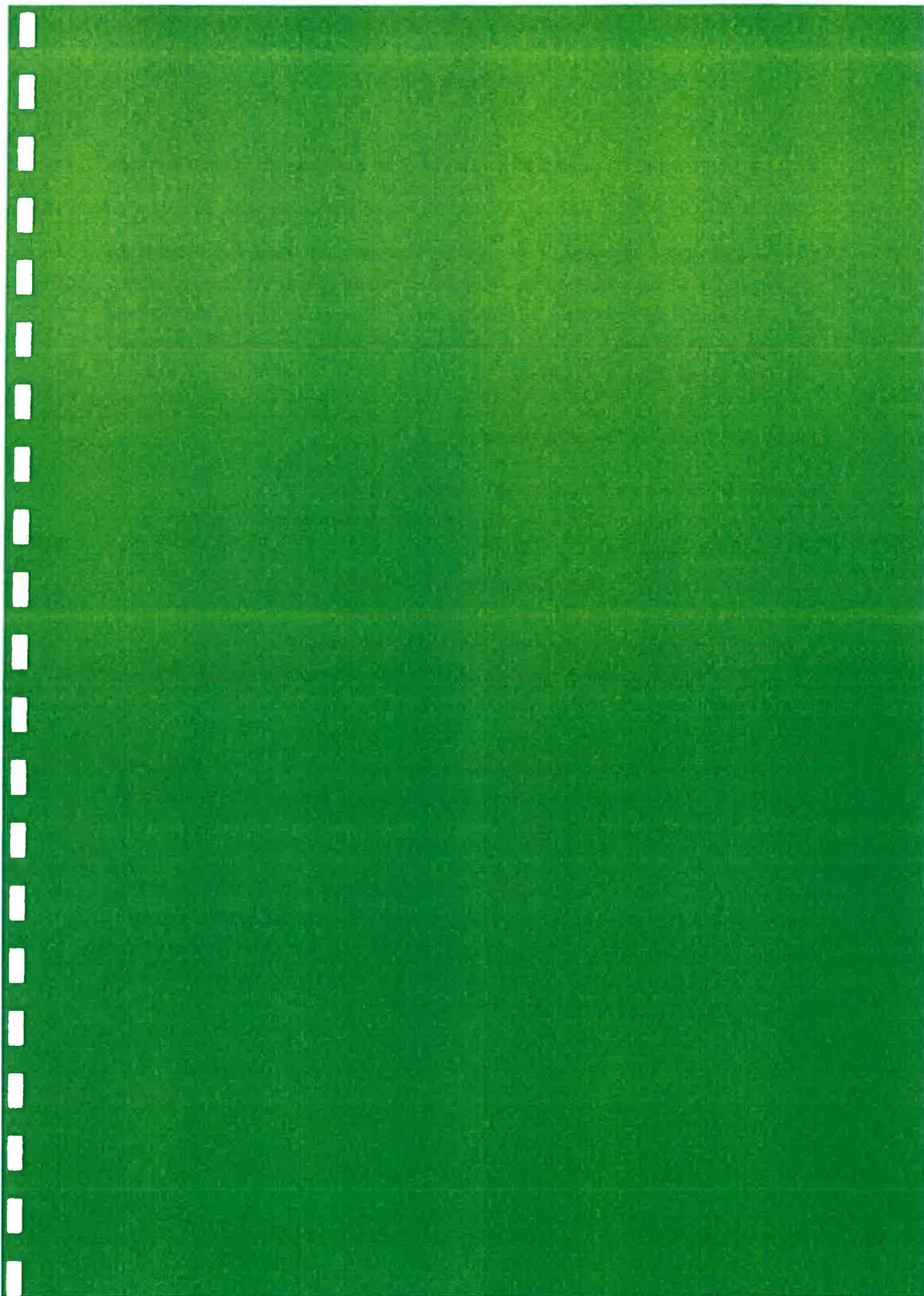
Analisi dei risultati e considerazioni conclusive

I risultati dell'indagine sono riportati in allegato, ogni tavola riporta:

- una tabella con le impostazioni di acquisizione ed inversione adottate per ciascuna prova;
- il grafico dello spettro H/V;
- lo spettro di acquisizione con indicazione dei transienti rimossi;
- il grafico dello spettro di velocità delle tre componenti del moto;
- il modello stratigrafico ottenuto corredato dal valore di Vs30 calcolato;
- una tabella in cui sono validati i dati ottenuti in funzione dei criteri proposti dalle linee guida SESAME.

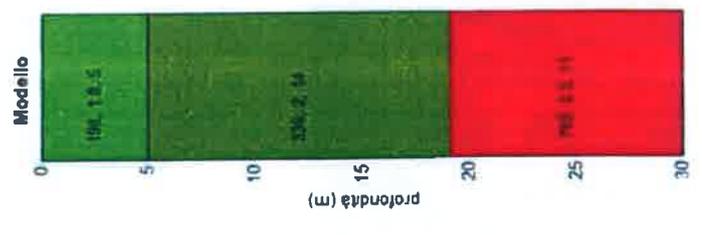
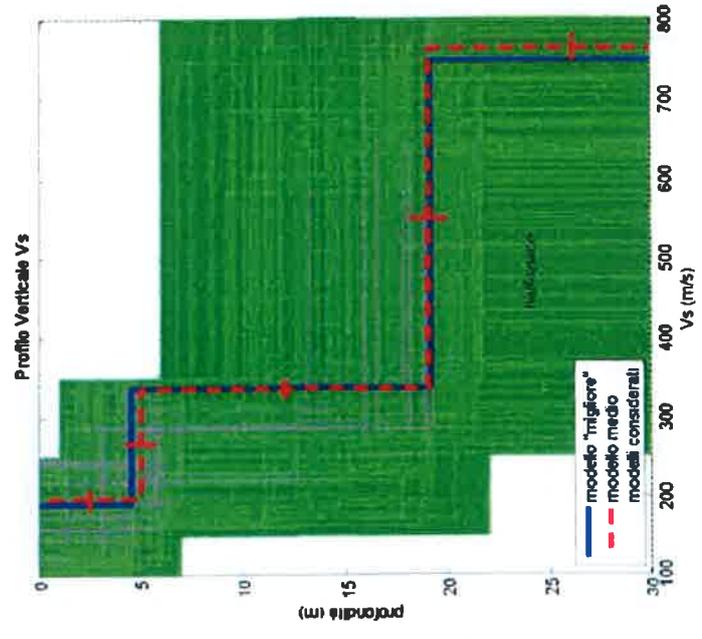
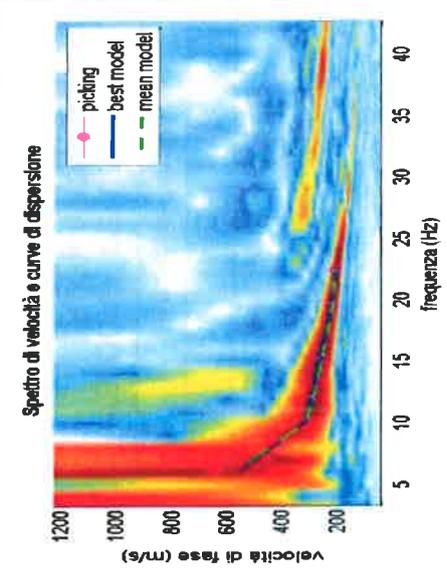
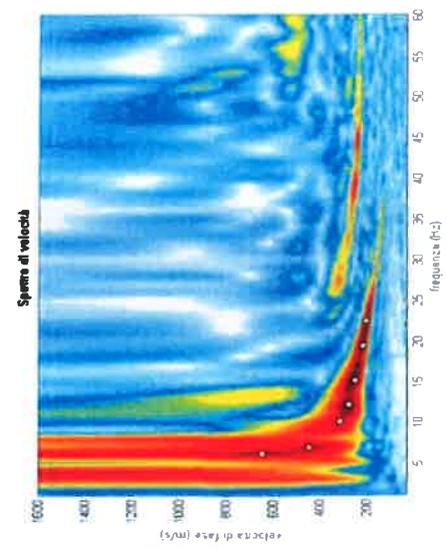
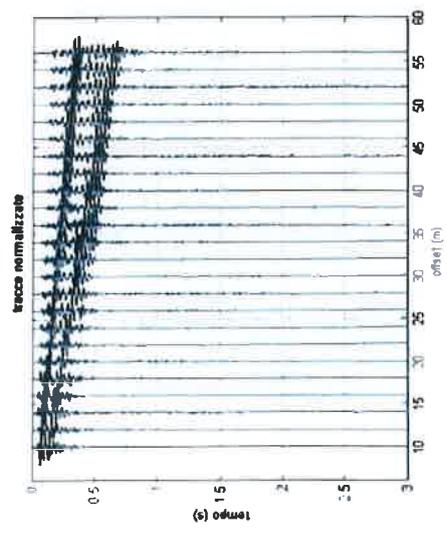
I dati elaborati evidenziano un andamento del sottosuolo paragonabile a quello ottenuto dalla sismica attiva (MASW) con differenze minime ed accettabili in funzione delle approssimazioni caratteristiche intrinseche ai metodi applicati.

L'analisi spettrale consente di stimare una successione stratigrafica costituita da un primo livello compreso tra 3,5 e 5 m di profondità caratterizzato da basse velocità di propagazione delle onde S (inferiori a 200 m/s), un successivo livello di circa 15 m di spessore caratteristico di un mezzo dalle buone caratteristiche meccaniche (Vs intorno a 340 m/s) ed un ultimo livello assimilabile al probabile substrato locale, avente Vs superiori a 760 m/s.



ALLEGATI

**INDAGINE GEOFISICA
TIPO MASW**



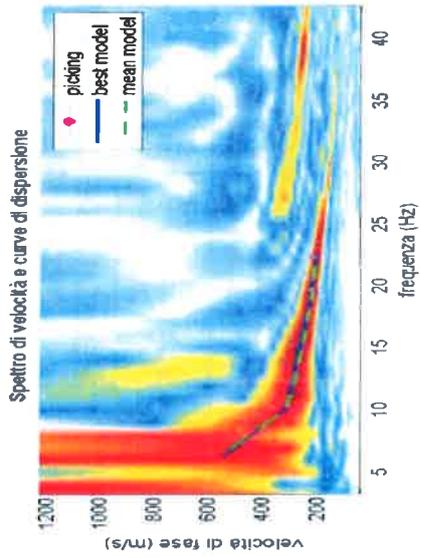
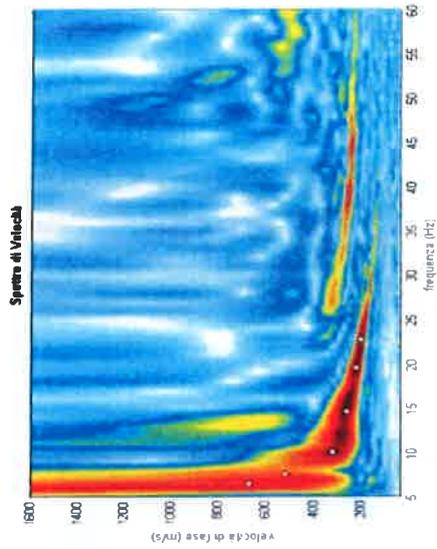
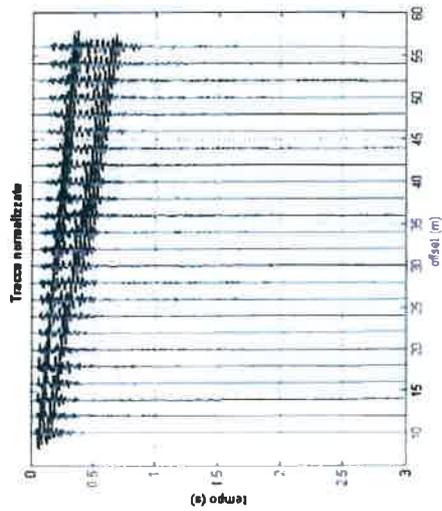
Legenda
Velocità, densità, spessore (m/s) (g/cm³) (m)

TABELLA DI CALCOLO

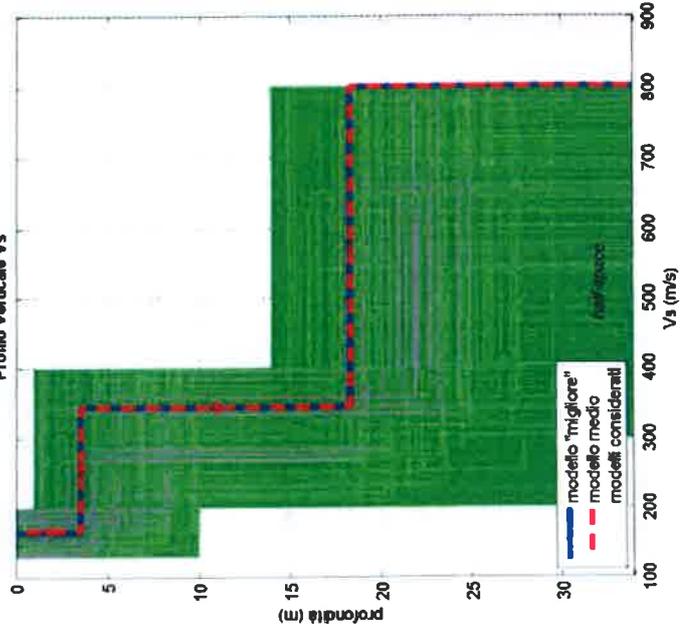
Da Prof.	a Prof.	Vs
0	5.0	198
5.0	18.0	338
18.0	30.0	762

VS30 = 366 m/s

PROVA SISMICA VS30	
Casale Monferrato (AL)	
A.I.P.O	
Metodologia MASW	
VELOCITA' DELLE ONDE S	
PROVA MASW 1	
All. 01	Ottobre 2011 



Profilo Verticale Vs



Legenda

Velocità, densità, spessore (m/s) (g/cm³) (m)

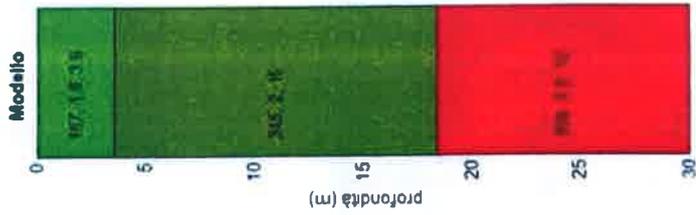


TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs
0	3.6	167
3.6	18.6	345
18.6	30.0	800

VS30 = 360 m/s

PROVA SISMICA VS30

Casale Monferrato (AL)

A.I.P.O

Metodologia MASW

**VELOCITA' DELLE ONDE S
PROVA MASW 2**

All. 02

Ottobre 2011

ediprint

INDAGINE H/V



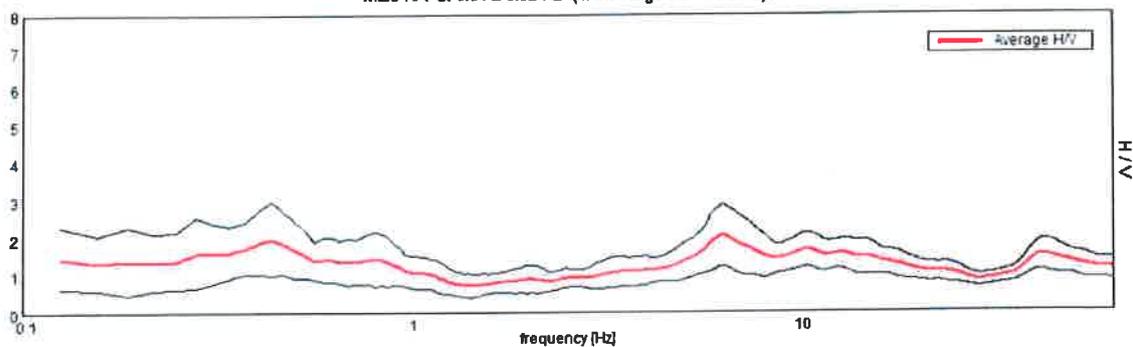
CASALE MONFERRATO - Tromometro 3D

Prova 1 – Orientamento Nord

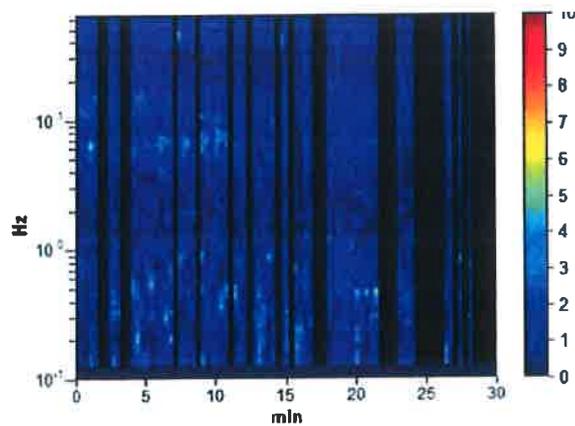
Instrument	TRS-0009/00-06 TROMINO® Grilla
Start recording	14/10/11 - 14:57:02
End recording	14/10/11 - 15:27:03
Channel labels	NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS location	008°27.6435 E, 45°09.0420 N (155.9 m)
Satellite no.	05
Trace length	0h 30'00" - Analyzed 64% trace (manual window selection)
Sampling rate	128 Hz
Window size	20 s
Smoothing type	Triangular window
Smoothing	10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. H/V at 6.34 ± 0.32 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)

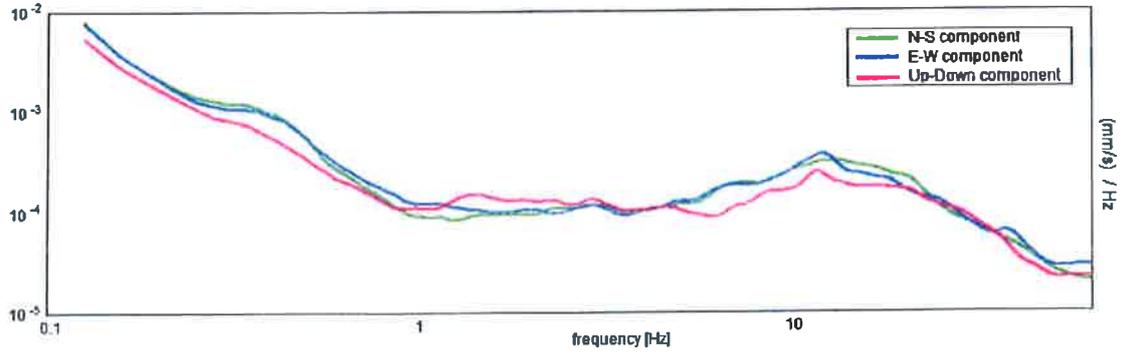


SERIE TEMPORALE H/V



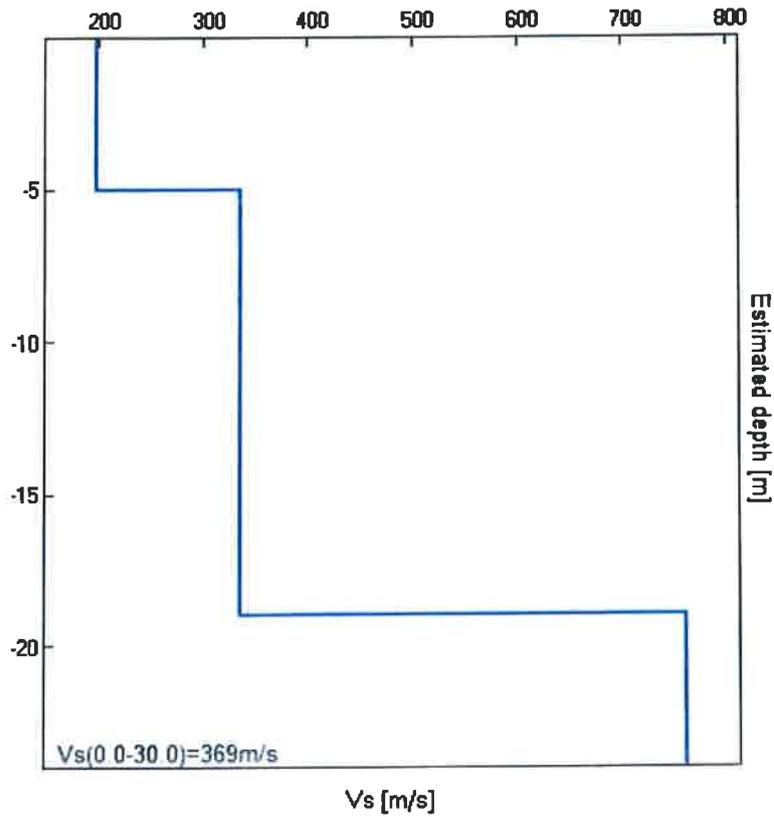


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
5.00	5.00	198	0.35
19.00	14.00	336	0.49
inf.	inf.	762	0.35

Vs(0.0-30.0)=369m/s



Picco H/V a 6.34 ± 0.32 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile
[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7612.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 306	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.156 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	24.719 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.06 > 2$	OK	
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02468 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15656 < 0.31719$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4082 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



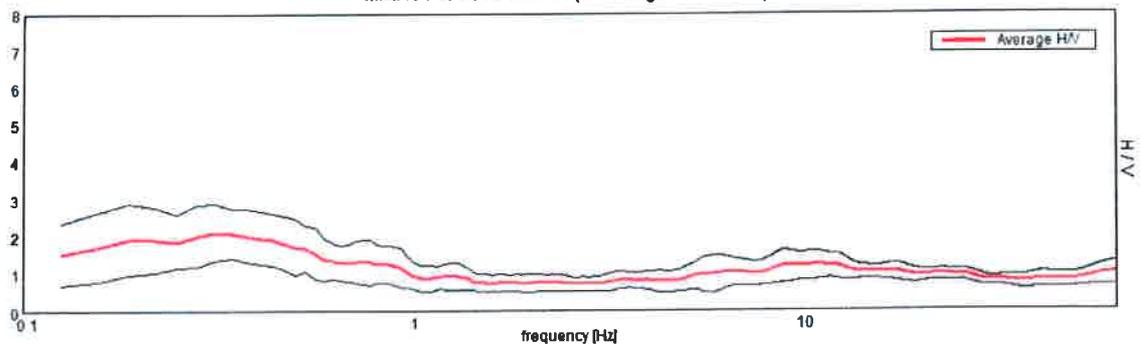
CASALE MONFERRATO - Tromometro 3D

Prova 2 – Orientamento Est

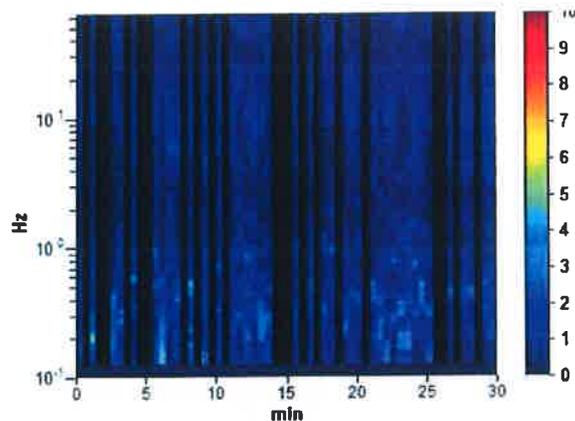
Instrument	TRS-0009/00-06 TROMINO® Grilla
Start recording	14/10/11 - 15:37:41
End recording	14/10/11 - 16:07:42
Channel labels	NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN
GPS location	008°27.6435 E, 45°09.0420 N (155.9 m)
Satellite no.	05
Trace length	0h 30'00" - Analyzed 65% trace (manual window selection)
Sampling rate	128 Hz
Window size	30 s
Smoothing type	Triangular window
Smoothing	10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 0.31 ± 0.03 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz)

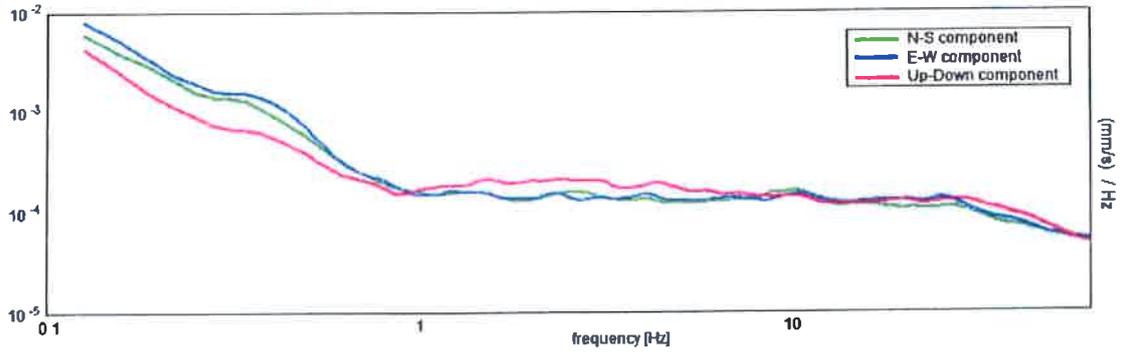


H/V TIME HISTORY



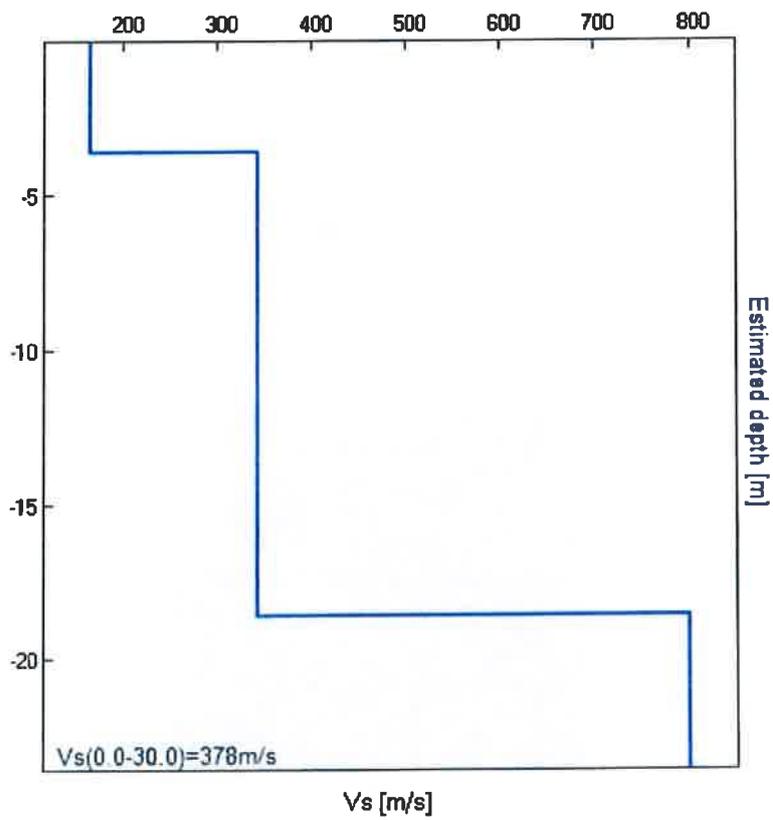


SINGLE COMPONENT SPECTRA



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.60	3.60	167	0.35
18.60	15.00	345	0.49
inf.	inf.	800	0.35

Vs(0.0-30.0)=378m/s



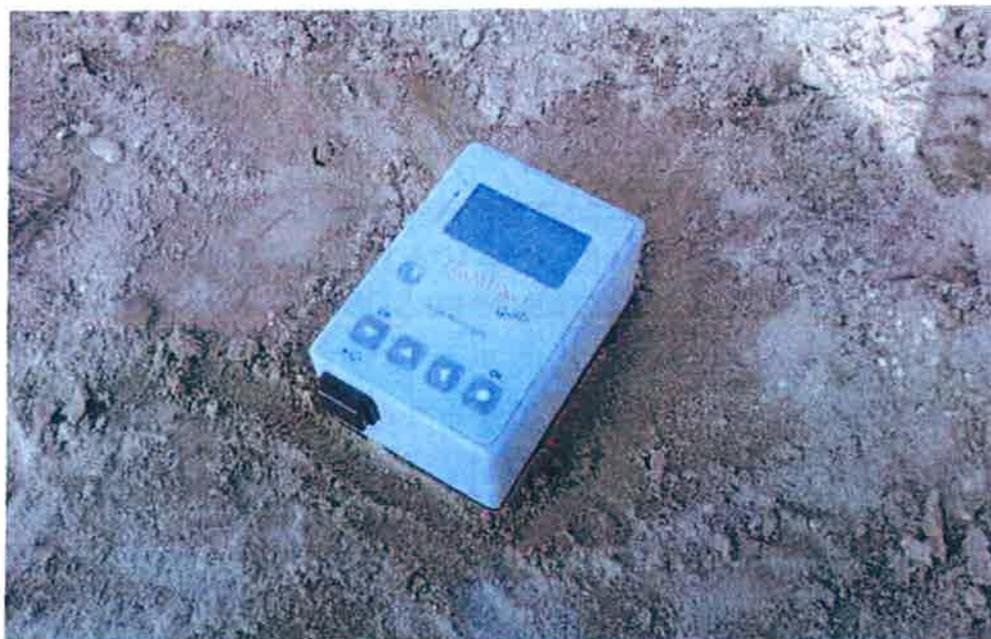


Figura 5 Strumentazione indagine H/V



Figura 6 Strumentazione indagine H/V

**REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASALE MONFERRATO**

**LAVORI DI ARRETRAMENTO ARGINE
IN SINISTRA OROGRAFICA DEL FIUME PO
IN LOCALITA' CASCINA CONSOLATA**



RISULTATI ANALISI DI LABORATORIO

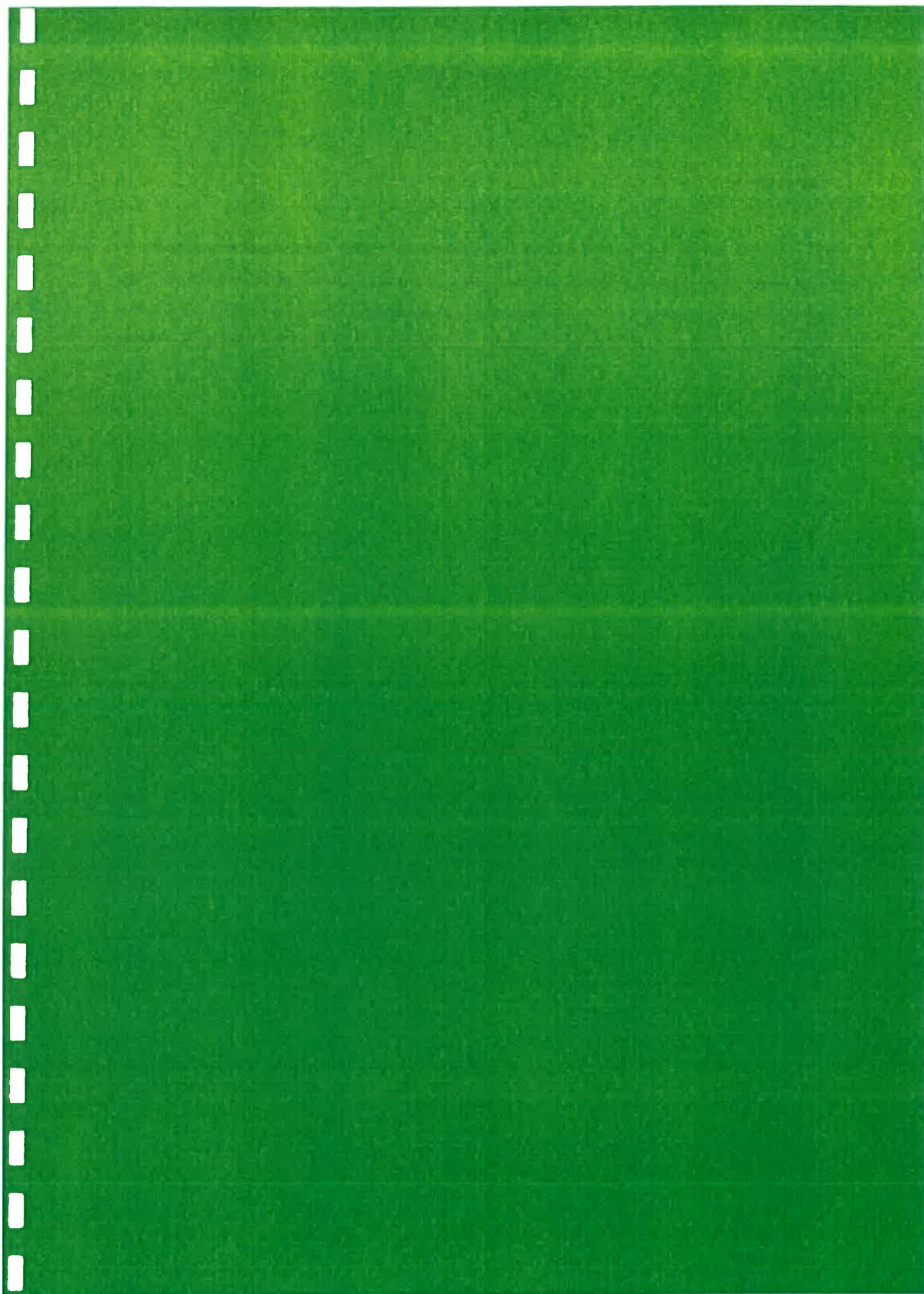
ELABORATO N° LAB-ig-gf	ALLEGATO N° --	CODICE 10039\LAB-ig-gf	 COMPAGNIA TORINESE MONITORAGGI Srl	
COMMITTENTE AIPO AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO Piazza Turati, 4 15100 ALESSANDRIA				
2			 Dott. S. Josa	
1				
0	NOVEMBRE 2011	Edizione	Dott. A. Cantù	Dott. G. Soja
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO





PREMESSA

Nel presente Report vengono presentati i risultati delle analisi di Laboratorio eseguite su complessivi n.11 campioni di terreno rimaneggiato prelevati al termine della terebrazione dalle carote dei sondaggi eseguiti a Casale Monferrato (AL) in località Cascina Consolata per i lavori di arretramento dell'argine in sinistra orografica del Fiume Po. (Cfr. 10039/IG-lab.-gf di Ottobre 2011).



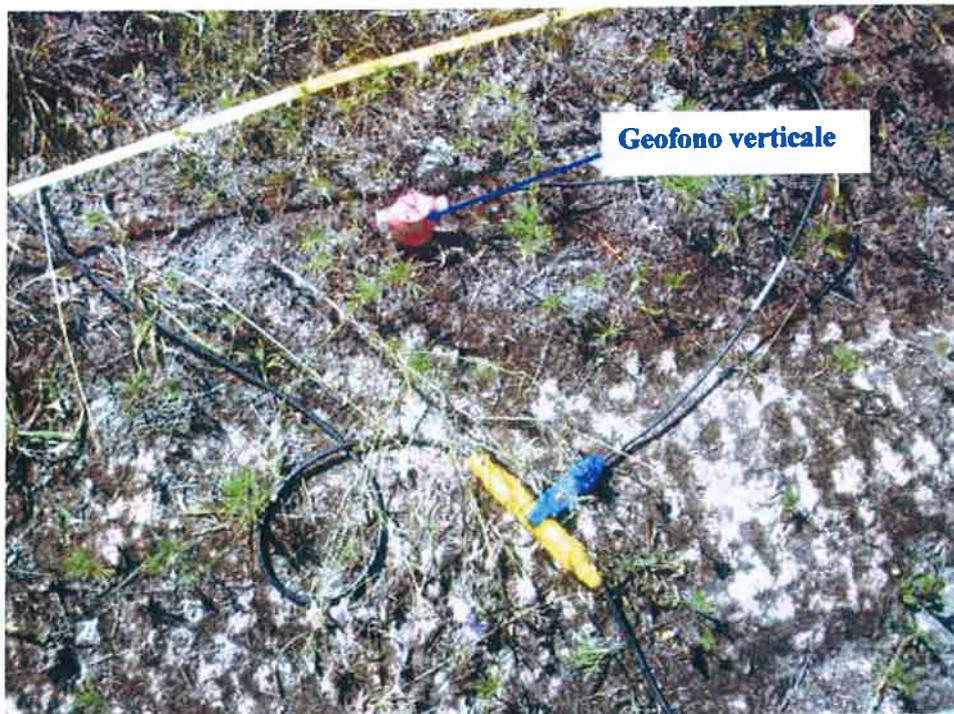


Figura 3 Strumentazione indagine MASW



Figura 4 Strumentazione indagine MASW



Figura 1 Area di esecuzione delle indagini MASW



Figura 2 Strumentazione indagine MASW

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Max. H/V at 0.31 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve
[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.31 > 0.30$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$365.6 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 16 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.094 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.13 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04111 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.01285 < 0.0625$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3656 < 2.5$	OK	

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

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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

PROVE E ANALISI SU TERRENI

Sondaggio	Campione	Profondità	Contenuto d'acqua		Composizione granulometrica			Peso specifico dei grani Gs (Mg/m3)
			W	%	Ghiaia	Sabbia	Limo/Argilla	
n°	n°	m			%	%	%	
S1	CRA	4.50 - 5.00			64.17	27.44	8.39	2.76
S1	CRB	7.60 - 8.00	5.30		58.21	34.43	7.36	2.79
S1	CRC	9.50 - 10.50	4.55		63.71	29.54	6.75	
S2	CRA	4.50 - 5.00			53.95	33.22	12.83	2.74
S2	CRB	7.50 - 8.00	2.19		61.14	33.17	5.69	
S2	CRC	10.50 - 11.00	8.62		13.62	57.37	29.01	
S2	CRD	13.50 - 14.00	6.26		41.63	36.83	21.54	2.75
S3	CRA	4.50 - 5.00	2.36		65.75	28.37	5.89	
S3	CRB	7.50 - 8.00	3.50		57.32	28.96	13.72	2.75
S3	CRC	10.50 - 11.00	2.51		46.74	38.45	14.81	
S3	CRD	13.50 - 14.00			36.57	50.14	13.3	2.78

**RISULTATI ANALISI GEOTECNICHE
DI LABORATORIO**

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3092

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S1
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRA
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 4.50 - 5.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) =
Contenitore		
Massa lorda umida (g)		
Massa lorda secca (g)		
Massa acqua contenuta (g)		
Tara (g)		
Massa netta secca (g)		
Contenuto d'acqua W (%)		

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =
Contenitore		
Massa umida + stampo (g)		
Massa dello stampo (g)		
Massa terreno netta umida (g)		
Volume dello stampo (cm ³)		
Peso di volume naturale (kN/m ³)		

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	2.76
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	541.38	229.64	
Massa picnometro (g)	249.06	130.86	
Massa picnometro + terra (g)	299.07	155.86	
Massa terra netta (g)	50.01	25.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	822.37	376.45	
Massa terra + acqua (g)	573.31	245.59	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.766	2.762	
Temperatura (°C)	20	20	
Densità acqua (Mg/m ³)	0.9982	0.9982	
Costante K	1.000000000	1.000000000	
Peso specifico T = 20°C	2.766	2.762	

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

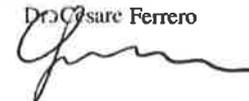
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.76
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

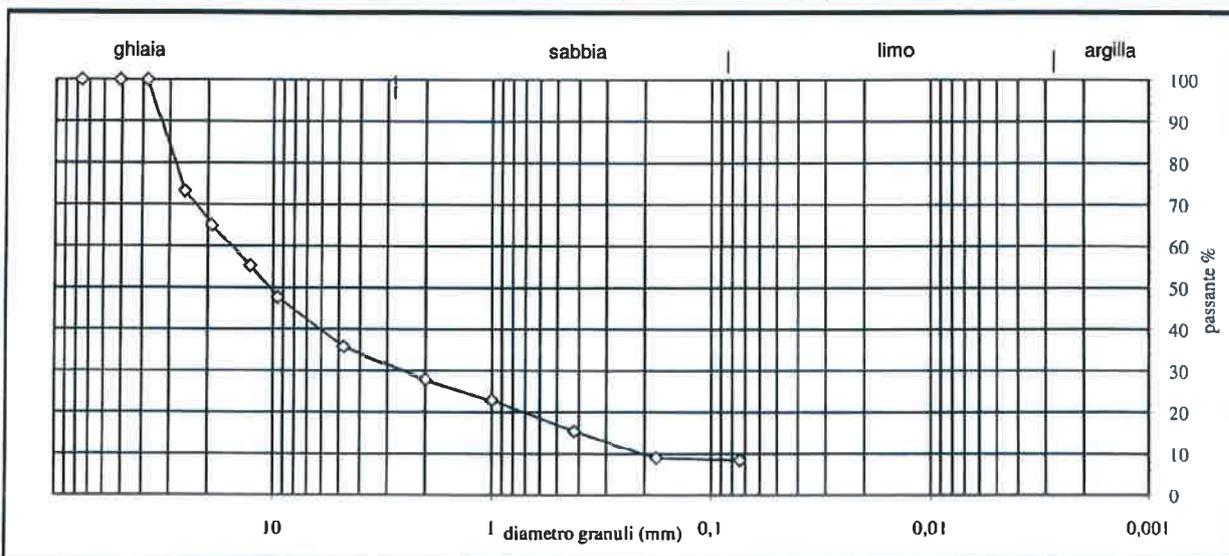
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3091

Committente: A.I.P.O. Cantiere: Cascina Consolata Località: Casale Monferrato (AL) Verbale di accettazione n°: 153 Data verbale: 02/11/11 Note:	Sondaggio: S1 Campione: CRA Profondità: 4.50 - 5.00 m Data esecuzione prova: 14-16/11/11 Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90 Rep: 11/148
--	--

Analisi con setacci					
Terreno analizzato M (gr) =				1892.4	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	502.23	26.54	26.54	73.46
3/4"	19.10	158.50	8.38	34.91	65.09
1/2"	12.70	179.92	9.51	44.42	55.58
3/8"	9.52	149.47	7.90	52.32	47.68
4	4.76	224.32	11.85	64.17	35.83
10	2.00	150.17	7.94	72.11	27.89
20	1.00	94.06	4.97	77.08	22.92
40	0.42	142.83	7.55	84.63	15.37
80	0.177	120.97	6.39	91.02	8.98
200	0.074	11.22	0.59	65.07	8.39
Fondo		158.71			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	64.17	27.44	8.39
		U =			



Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3094

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S1
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRB
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 7.60-8.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) =	5.30
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1022.36	998.45	1504.33
Massa lorda secca (g)	970.21	952.03	1428.30
Massa acqua contenuta (g)	52.15	46.42	76.03
Tara (g)	27.58	17.18	17.21
Massa netta secca (g)	942.63	934.85	1411.09
Contenuto d'acqua W (%)	5.53	4.97	5.39

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =
Contenitore		
Massa umida + stampo (g)		
Massa dello stampo (g)		
Massa terreno netta umida (g)		
Volume dello stampo (cm ³)		
Peso di volume naturale (kN/m ³)		

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	2.79
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	229.64	295.72	
Massa picnometro (g)	130.88	135.79	
Massa picnometro + terra (g)	155.88	160.79	
Massa terra netta (g)	25.00	25.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	376.56	447.54	
Massa terra + acqua (g)	245.68	311.75	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.790	2.787	
Temperatura (°C)	19	19	
Densità acqua (Mg/m ³)	0.9984	0.9984	
Costante K	1.000200361	1.000200361	
Peso specifico T = 20°C	2.791	2.788	

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	5.30
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.79
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio
Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

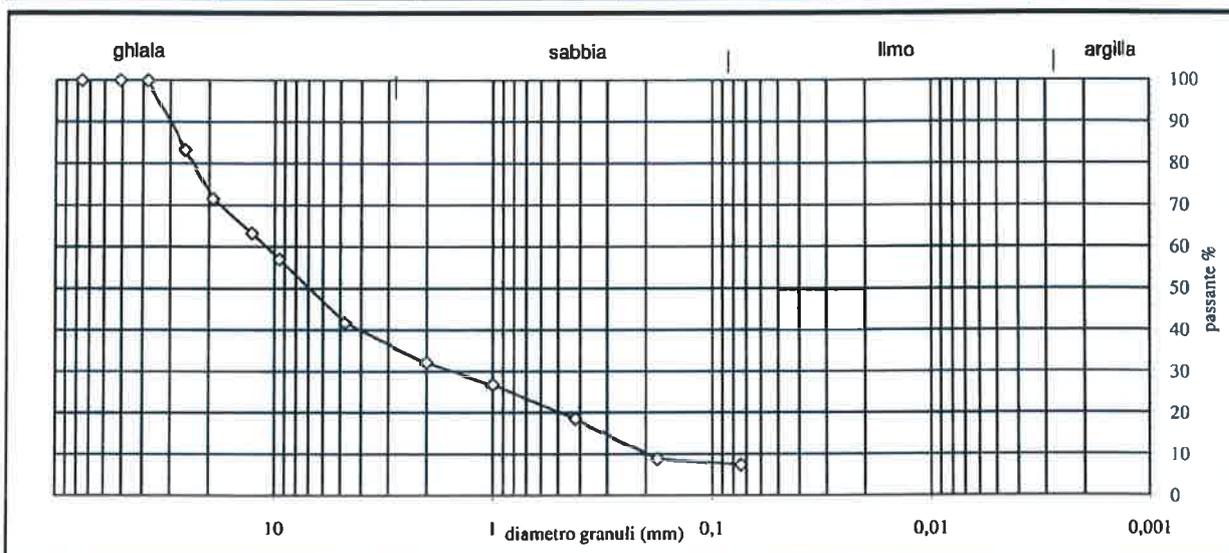
Certificato n° 3093

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S1
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRB
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 7.60 - 8.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 03-04/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1438.65	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	237.44	16.50	16.50	83.50
3/4"	19.10	172.29	11.98	28.48	71.52
1/2"	12.70	118.50	8.24	36.72	63.28
3/8"	9.52	90.26	6.27	42.99	57.01
4	4.76	219.00	15.22	58.21	41.79
10	2.00	138.60	9.63	67.85	32.15
20	1.00	76.15	5.29	73.14	26.86
40	0.42	119.65	8.32	81.46	18.54
80	0.177	140.08	9.74	91.19	8.81
200	0.074	20.84	1.45	76.14	7.36
Fondo		105.84			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	58.21	34.43	7.36
		U =			



Lo Sperimentatore

Handwritten signature

Mod. 07 D4

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero
Handwritten signature

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3096

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S1
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRC
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 9.50-10.50 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-3/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 4.55	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	855.31	1028.70	1165.94
Massa lorda secca (g)	819.99	981.34	1118.21
Massa acqua contenuta (g)	35.32	47.36	47.73
Tara (g)	16.18	17.17	18.98
Massa netta secca (g)	803.81	964.17	1099.23
Contenuto d'acqua W (%)	4.39	4.91	4.34

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

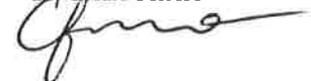
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	4.55
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

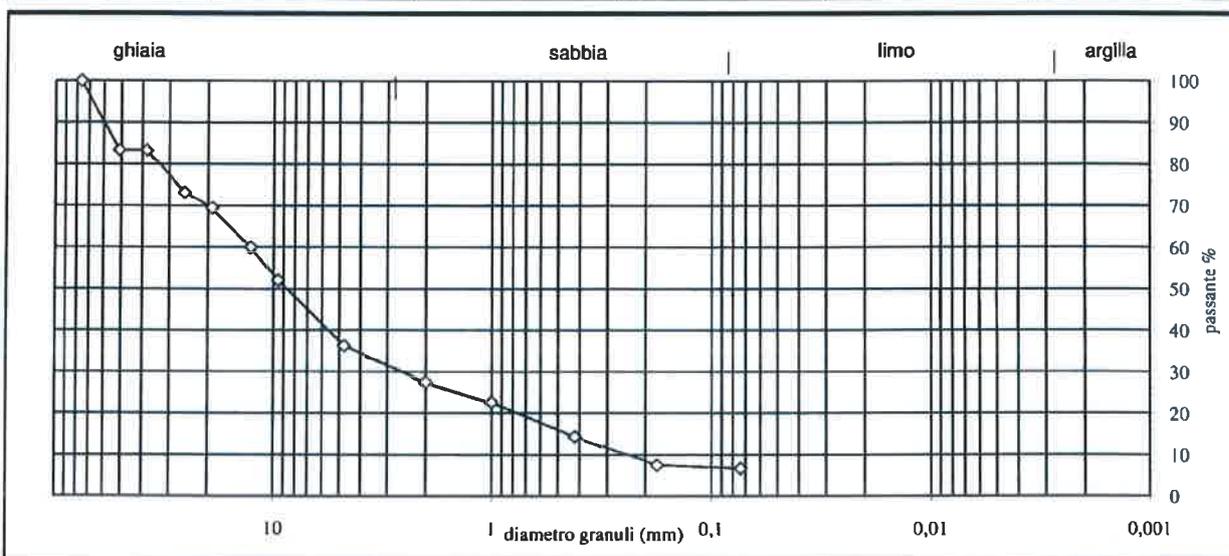
Certificato n° 3095

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S1
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRC
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 9.50 - 10.50 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1746.7	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	290.40	16.63	16.63	83.37
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	16.63	83.37
1"	25.4	176.81	10.12	26.75	73.25
3/4"	19.10	65.12	3.73	30.48	69.52
1/2"	12.70	164.39	9.41	39.89	60.11
3/8"	9.52	140.11	8.02	47.91	52.09
4	4.76	276.01	15.80	63.71	36.29
10	2.00	153.64	8.80	72.51	27.49
20	1.00	85.75	4.91	77.42	22.58
40	0.42	143.18	8.20	68.99	14.39
80	0.177	119.11	6.82	75.81	7.57
200	0.074	14.29	0.82	66.50	6.75
Fondo		117.89			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	63.71	29.54	6.75
		U =			



Lo Sperimentatore

bc

Mod. 07 D4

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3098

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRA
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 4.50-5.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) =
Contenitore		
Massa lorda umida (g)		
Massa lorda secca (g)		
Massa acqua contenuta (g)		
Tara (g)		
Massa netta secca (g)		
Contenuto d'acqua W (%)		

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =
Contenitore		
Massa umida + stampo (g)		
Massa dello stampo (g)		
Massa terreno netta umida (g)		
Volume dello stampo (cm ³)		
Peso di volume naturale (kN/m ³)		

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	2.74
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	561.59	167.58	
Massa picnometro (g)	188.86	109.33	
Massa picnometro + terra (g)	238.86	134.33	
Massa terra netta (g)	50.00	25.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	782.24	292.77	
Massa terra + acqua (g)	593.38	183.44	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.746	2.735	
Temperatura (°C)	20	20	
Densità acqua (Mg/m ³)	0.9982	0.9982	
Costante K	1.000000000	1.000000000	
Peso specifico T = 20°C	2.746	2.735	

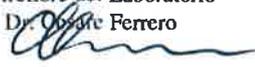
PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.74
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr.  Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

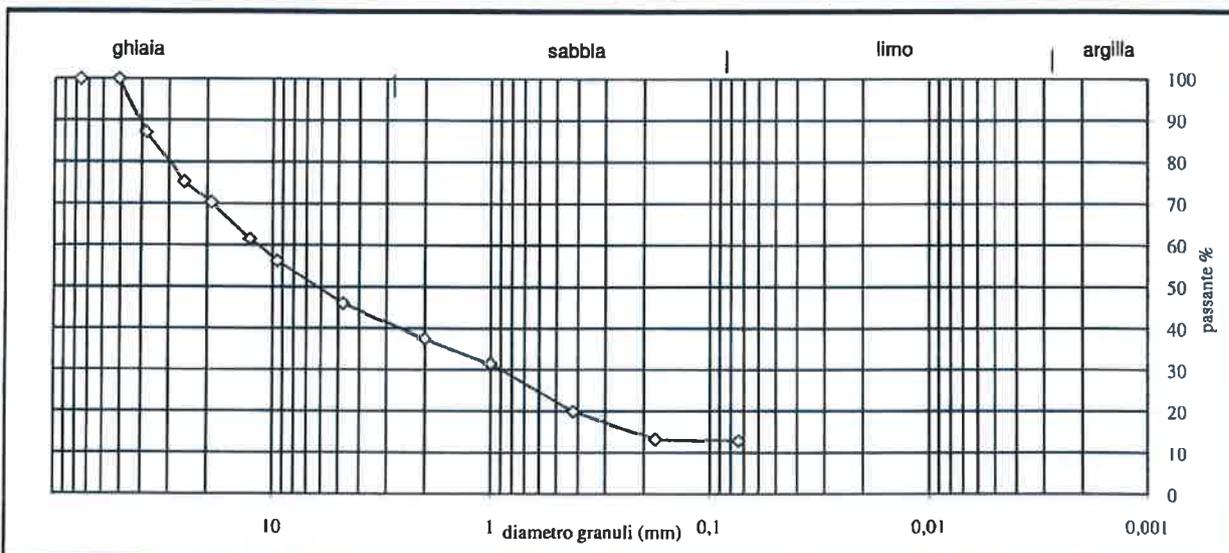
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3097

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRA
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 4.50 - 5.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 14-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1338.45	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	170.77	12.76	12.76	87.24
1"	25.4	158.05	11.81	24.57	75.43
3/4"	19.10	67.95	5.08	29.64	70.36
1/2"	12.70	116.33	8.69	38.34	61.66
3/8"	9.52	72.20	5.39	43.73	56.27
4	4.76	136.81	10.22	53.95	46.05
10	2.00	113.60	8.49	62.44	37.56
20	1.00	81.30	6.07	68.51	31.49
40	0.42	154.55	11.55	80.06	19.94
80	0.177	87.96	6.57	73.87	13.37
200	0.074	7.21	0.54	62.60	12.83
Fondo		171.72			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	53.95	33.22	12.83
		U =			



Lo Sperimentatore

[Signature]

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero
[Signature]

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3100

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.LPO	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRB
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 7.50-8.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-3/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 2.19	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	755.63	998.55	1230.81
Massa lorda secca (g)	737.54	979.34	1206.35
Massa acqua contenuta (g)	18.09	19.21	24.46
Tara (g)	16.98	17.45	17.15
Massa netta secca (g)	720.56	961.89	1189.20
Contenuto d'acqua W (%)	2.51	2.00	2.06

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

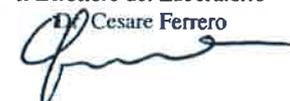
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	2.19
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

D. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

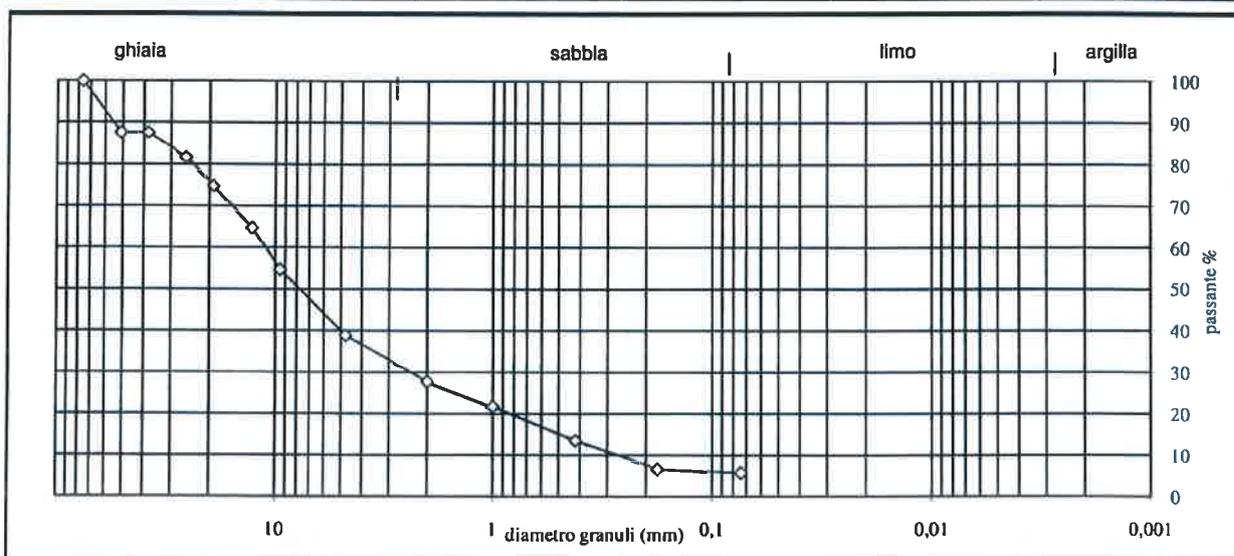
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3099

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRB
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 7.50 - 8.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1333.11	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	165.33	12.40	12.40	87.60
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	12.40	87.60
1"	25.4	77.33	5.80	18.20	81.80
3/4"	19.10	92.66	6.95	25.15	74.85
1/2"	12.70	133.85	10.04	35.19	64.81
3/8"	9.52	134.23	10.07	45.26	54.74
4	4.76	211.70	15.88	61.14	38.86
10	2.00	148.01	11.10	72.25	27.75
20	1.00	80.09	6.01	78.25	21.75
40	0.42	109.95	8.25	74.10	13.50
80	0.177	90.21	6.77	80.87	6.73
200	0.074	13.88	1.04	76.11	5.69
Fondo		75.87			

Classificazione	D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	61.14	33.17
		U =		5.69



Lo Sperimentatore

[Signature]

Mod. 07 D4

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferretti
[Signature]

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n°3102

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRC
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 10.50-11.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-3/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 8.62	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1254.10	820.16	833.51
Massa lorda secca (g)	1157.65	755.65	768.46
Massa acqua contenuta (g)	96.45	64.51	65.05
Tara (g)	18.25	17.11	16.98
Massa netta secca (g)	1139.40	738.54	751.48
Contenuto d'acqua W (%)	8.46	8.73	8.66

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	8.62
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

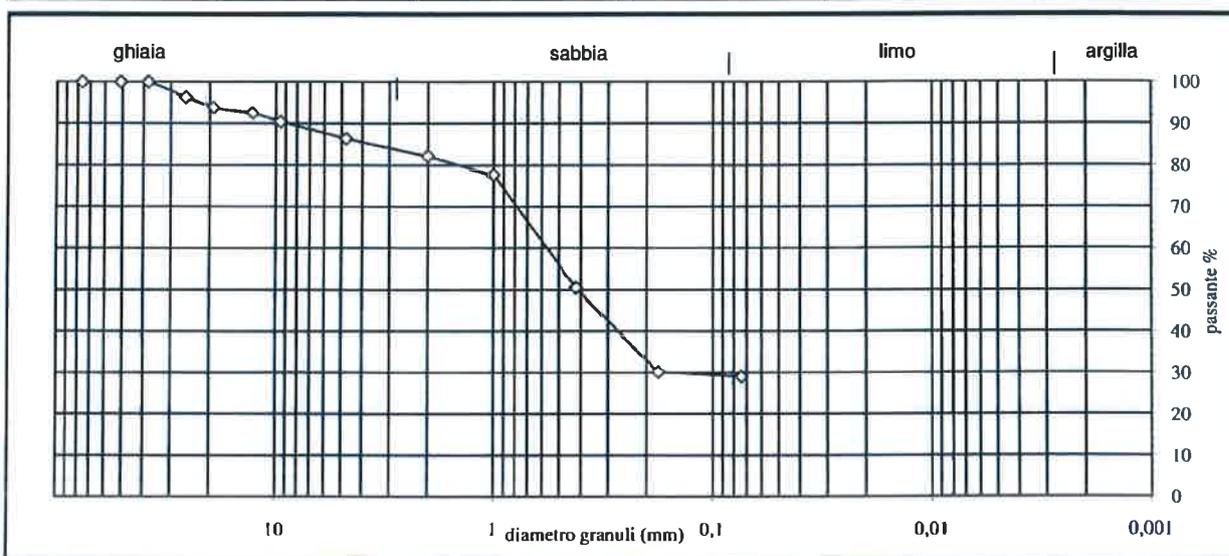
Certificato n° 3101

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.LPO	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRC
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 10.50 - 11.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 14-15/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1291.52	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	45.78	3.54	3.54	96.46
3/4"	19.10	32.96	2.55	6.10	93.90
1/2"	12.70	16.40	1.27	7.37	92.63
3/8"	9.52	28.37	2.20	9.56	90.44
4	4.76	52.35	4.05	13.62	86.38
10	2.00	54.67	4.23	17.85	82.15
20	1.00	57.70	4.47	22.32	77.68
40	0.42	351.10	27.19	49.50	50.50
80	0.177	262.21	20.30	69.80	30.20
200	0.074	15.29	1.18	67.44	29.01
Fondo		374.69			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	13.62	57.37	29.01
		U =			



Lo Sperimentatore

[Signature]

Mod. 07 D4

Il Direttore del Laboratorio

[Signature]

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3104

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRD
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 13.50-14.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifiche di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 6.26	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1256.94	1035.19	741.00
Massa lorda secca (g)	1180.36	974.85	700.69
Massa acqua contenuta (g)	76.58	60.34	40.31
Tara (g)	20.13	17.17	16.55
Massa netta secca (g)	1160.23	957.68	684.14
Contenuto d'acqua W (%)	6.60	6.30	5.89

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) = 2.75	
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	555.98	541.38	
Massa picnometro (g)	195.01	248.99	
Massa picnometro + terra (g)	245.01	298.99	
Massa terra netta (g)	50.00	50.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	782.79	822.25	
Massa terra + acqua (g)	587.78	573.26	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.747	2.759	
Temperatura (°C)	20	20	
Densità acqua (Mg/m ³)	0.9982	0.9982	
Costante K	1.000000000	1.000000000	
Peso specifico T = 20°C	2.747	2.759	

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

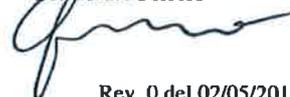
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	6.26
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.75
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

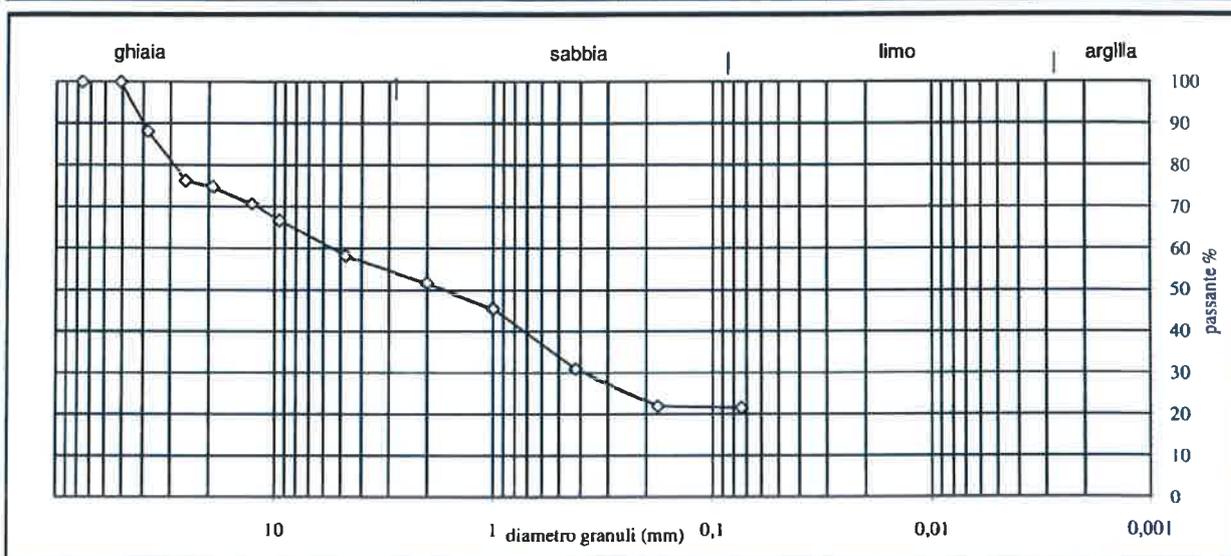
Certificato n° 3103

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S2
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRD
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 13.50 - 14.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) = 1567.36			
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	185.76	11.85	11.85	88.15
1"	25.4	183.54	11.71	23.56	76.44
3/4"	19.10	25.26	1.61	25.17	74.83
1/2"	12.70	63.04	4.02	29.20	70.80
3/8"	9.52	63.54	4.05	33.25	66.75
4	4.76	131.40	8.38	41.63	58.37
10	2.00	103.43	6.60	48.23	51.77
20	1.00	98.58	6.29	54.52	45.48
40	0.42	227.65	14.52	69.05	30.95
80	0.177	141.15	9.01	66.20	21.95
200	0.074	6.44	0.41	54.90	21.54
Fondo		337.57			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	41.63	36.83	21.54
		U =			



Lo Sperimentatore

[Signature]

Mod. 07 D4

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio

[Signature]
Dr. Cesare Ferrero

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3106

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRA
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 4.50-5.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-3/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifiche di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 2.36	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	952.09	659.31	805.71
Massa lorda secca (g)	928.33	644.44	789.48
Massa acqua contenuta (g)	23.76	14.87	16.23
Tara (g)	19.17	16.52	17.45
Massa netta secca (g)	909.16	627.92	772.03
Contenuto d'acqua W (%)	2.61	2.37	2.10

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

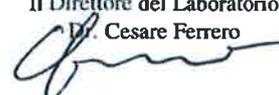
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	2.36
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

D. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

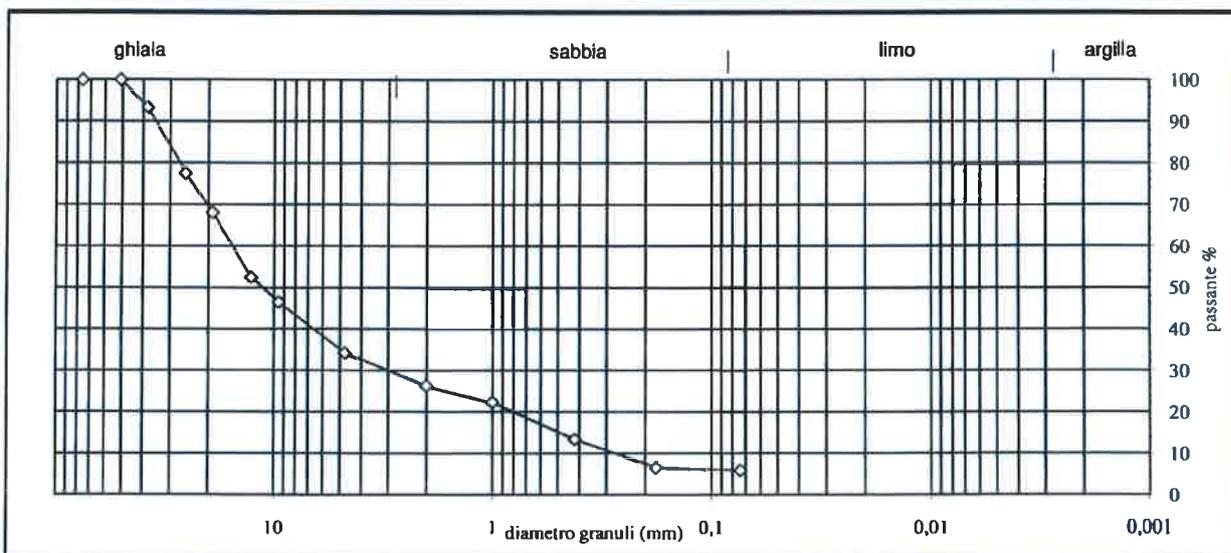
Certificato n° 3105

ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRA
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 4.50 - 5.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 14-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1912.2	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	124.60	6.52	6.52	93.48
1"	25.4	301.71	15.78	22.29	77.71
3/4"	19.10	184.79	9.66	31.96	68.04
1/2"	12.70	295.69	15.46	47.42	52.58
3/8"	9.52	117.03	6.12	53.54	46.46
4	4.76	233.40	12.21	65.75	34.25
10	2.00	152.83	7.99	73.74	26.26
20	1.00	76.02	3.98	77.72	22.28
40	0.42	170.82	8.93	86.65	13.35
80	0.177	128.88	6.74	86.87	6.61
200	0.074	13.85	0.72	71.82	5.89
Fondo		112.58			

Classificazione	D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	65.75	28.37
		U =		5.89



Lo Sperimentatore

bc

Il Direttore del Laboratorio

D. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n°3108

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.PO	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRB
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 7.50-8.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifiche di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 3.50	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	1356.27	944.52	621.05
Massa lorda secca (g)	1308.45	915.34	600.37
Massa acqua contenuta (g)	47.82	29.18	20.68
Tara (g)	16.88	17.85	17.12
Massa netta secca (g)	1291.57	897.49	583.25
Contenuto d'acqua W (%)	3.70	3.25	3.55

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) = 2.75	
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	583.97	561.59	
Massa picnometro (g)	227.73	188.80	
Massa picnometro + terra (g)	277.73	238.80	
Massa terra netta (g)	50.00	50.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	843.56	782.16	
Massa terra + acqua (g)	615.83	593.36	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.756	2.743	
Temperatura (°C)	20	20	
Densità acqua (Mg/m ³)	0.9982	0.9982	
Costante K	1.000000000	1.000000000	
Peso specifico T = 20°C	2.756	2.743	

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

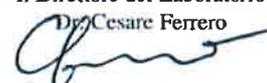
Contenuto d'acqua naturale	W (%)	3.50
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.75
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3107

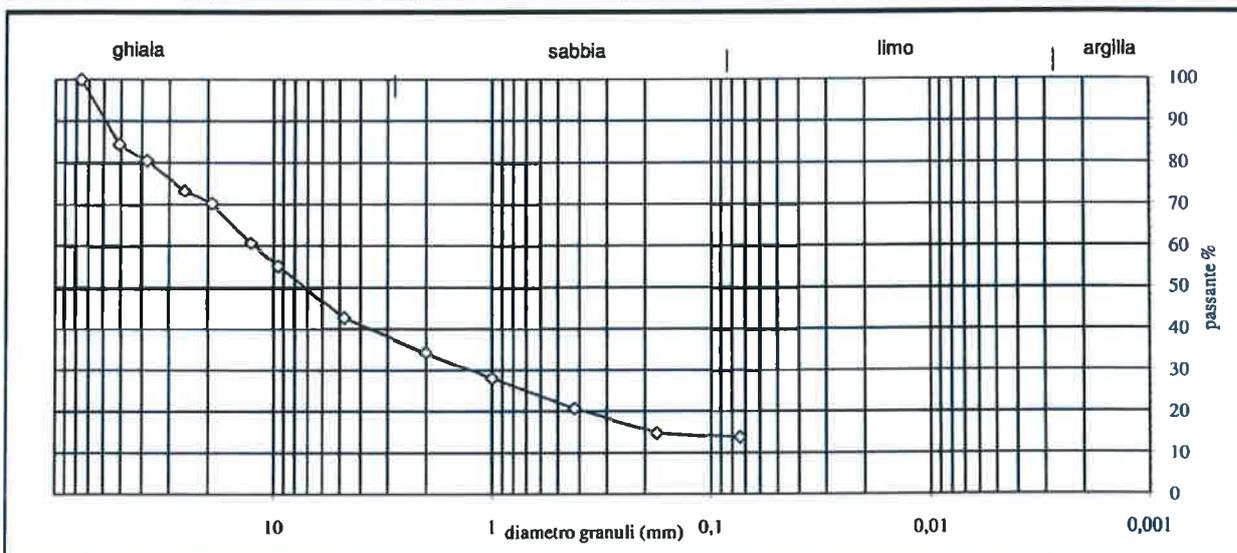
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O
Cantiere: Cascina Consolata
Località: Casale Monferrato (AL)
Verbale di accettazione n°: 153
Data verbale: 02/11/11
Note:

Sondaggio: S3
Campione: CRB
Profondità: 7.50 - 8.00 m
Data esecuzione prova: 14-15/11/11
Specifiche di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/148

Analisi con setacci					
Terreno analizzato M (gr) = 1793.29					
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	279.10	15.56	15.56	84.44
1" 1/2	38.1	69.97	3.90	19.47	80.53
1"	25.4	128.43	7.16	26.63	73.37
3/4"	19.10	56.94	3.18	29.80	70.20
1/2"	12.70	168.63	9.40	39.21	60.79
3/8"	9.52	100.31	5.59	44.80	55.20
4	4.76	224.51	12.52	57.32	42.68
10	2.00	149.31	8.33	65.64	34.36
20	1.00	112.97	6.30	71.94	28.06
40	0.42	131.92	7.36	63.74	20.70
80	0.177	102.93	5.74	65.58	14.96
200	0.074	22.23	1.24	59.65	13.72
Fondo		246.04			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	57.32	28.96	13.72
		U =			



Lo Sperimentatore

bc

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3110

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.PO	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRC
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 10.50-11.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 2-3/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifiche di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) = 2.51	
Contenitore	X	Y	Z
Massa lorda umida (g)	755.20	1000.88	655.41
Massa lorda secca (g)	735.36	977.50	640.85
Massa acqua contenuta (g)	19.84	23.38	14.56
Tara (g)	17.25	17.04	16.99
Massa netta secca (g)	718.11	960.46	623.86
Contenuto d'acqua W (%)	2.76	2.43	2.33

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =	
Contenitore			
Massa umida + stampo (g)			
Massa dello stampo (g)			
Massa terreno netta umida (g)			
Volume dello stampo (cm ³)			
Peso di volume naturale (kN/m ³)			

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	
Prova n°			
Volume picnometro (cm ³)			
Massa picnometro (g)			
Massa picnometro + terra (g)			
Massa terra netta (g)			
Massa picn. + terra + acqua (g)			
Massa terra + acqua (g)			
Tempo di ebollizione (min)			
Peso specifico (Mg/m ³)			
Temperatura (°C)			
Densità acqua (Mg/m ³)			
Costante K			
Peso specifico T = 20°C			

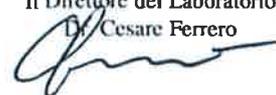
PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	2.51
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	
Porosità	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3109

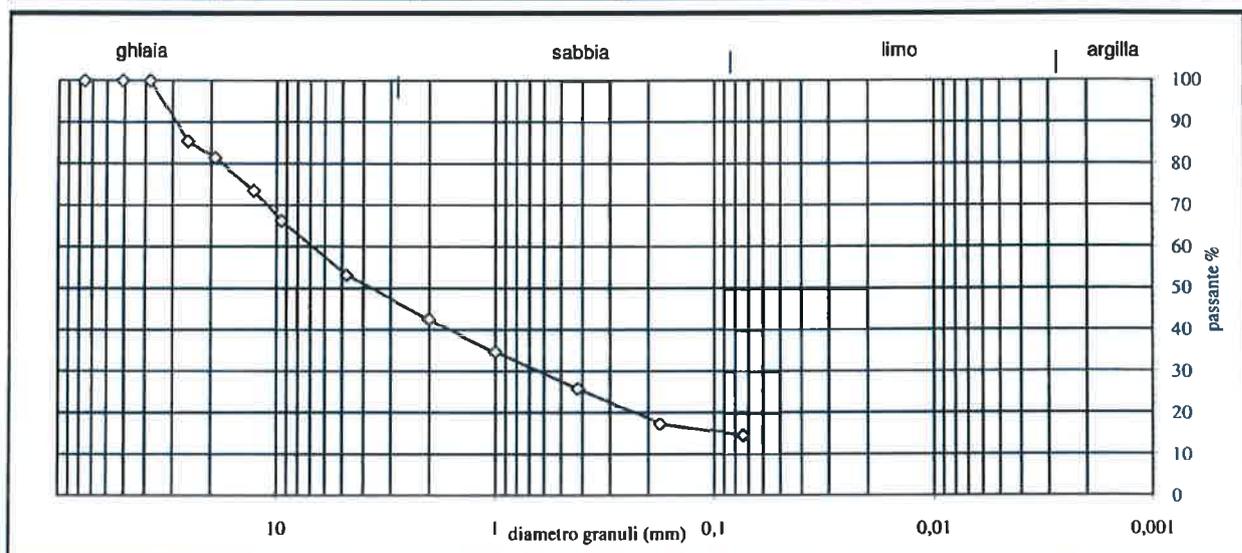
ANALISI GRANULOMETRICA

Committente: A.I.P.O
Cantiere: Cascina Consolata
Località: Casale Monferrato (AL)
Verbale di accettazione n°: 153
Data verbale: 02/11/11
Note:

Sondaggio: S3
Campione: CRC
Profondità: 10.50 - 11.00 m
Data esecuzione prova: 14-15/11/11
Specifiche di prova: ASTM D421-93/D422-90
Rep: 11/148

Analisi con setacci					
Terreno analizzato M (gr) = 1362.91					
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	196.07	14.39	14.39	85.61
3/4"	19.10	56.47	4.14	18.53	81.47
1/2"	12.70	106.21	7.79	26.32	73.68
3/8"	9.52	101.14	7.42	33.74	66.26
4	4.76	177.15	13.00	46.74	53.26
10	2.00	145.40	10.67	57.41	42.59
20	1.00	107.64	7.90	65.31	34.69
40	0.42	121.41	8.91	74.22	25.78
80	0.177	112.80	8.28	82.49	17.51
200	0.074	36.83	2.70	70.81	14.81
Fondo		201.79			

Classificazione	CNR-UNI	D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS		D (10%) =	46.74	38.45	14.81
		U =			



Lo Sperimentatore

[Signature]

Mod. 07 D4

Pagina 1 di 1

Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero

[Signature]

Rev. 0 del 02/05/2011

Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove
su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

Certificato n° 3112

UMIDITA', DENSITA', PESO SPECIFICO

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRD
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 13.50-14.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 2/11/11	Specifica di prova: ASTM e BS
Note:	Rep: 11/148

Contenuto d'acqua	ASTM D 2216-98	W (%) =
Contenitore		
Massa lorda umida (g)		
Massa lorda secca (g)		
Massa acqua contenuta (g)		
Tara (g)		
Massa netta secca (g)		
Contenuto d'acqua W (%)		

Peso di volume naturale	BS 1377 Part 2	γ_n (kN/m ³) =
Contenitore		
Massa umida + stampo (g)		
Massa dello stampo (g)		
Massa terreno netta umida (g)		
Volume dello stampo (cm ³)		
Peso di volume naturale (kN/m ³)		

Peso specifico dei grani	ASTM D 854-00	G _s (Mg/m ³) =	2.78
Prova n°	1	2	
Volume picnometro (cm ³)	229.64	555.98	
Massa picnometro (g)	130.86	194.97	
Massa picnometro + terra (g)	155.86	244.97	
Massa terra netta (g)	25.00	50.00	
Massa picn. + terra + acqua (g)	376.50	783.00	
Massa terra + acqua (g)	245.64	588.03	
Tempo di ebollizione (min)	20'	20'	
Peso specifico (Mg/m ³)	2.778	2.786	
Temperatura (°C)	20	20	
Densita' acqua (Mg/m ³)	0.9982	0.9982	
Costante K	1.000000000	1.000000000	
Peso specifico T = 20°C	2.778	2.786	

PROPRIETA' E CARATTERISTICHE

Contenuto d'acqua naturale	W (%)	
Peso di volume naturale	γ_n (kN/m ³)	
Peso di volume secco	γ_d (kN/m ³)	
Peso di volume saturo	γ_s (kN/m ³)	
Peso specifico dei grani	G _s (Mg/m ³)	2.78
Porosita'	n (%)	
Indice dei pori	e	
Grado di saturazione	S _r (%)	

Lo Sperimentatore



Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero



Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti con Decreto n° 868 del 03/02/2010 per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni e su rocce ai sensi del D.P.R. n°380 del 06/06/2001

Data emissione: 16/11/11

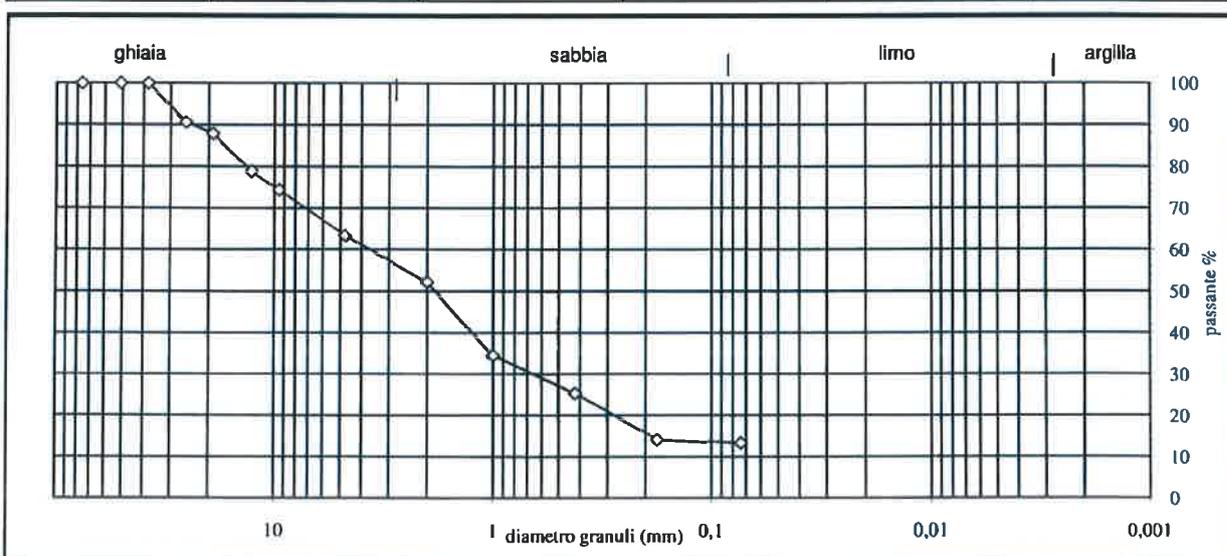
ANALISI GRANULOMETRICA

Certificato n° 3111

Committente: A.I.P.O	Sondaggio: S3
Cantiere: Cascina Consolata	Campione: CRD
Località: Casale Monferrato (AL)	Profondità: 13.50 - 14.00 m
Verbale di accettazione n°: 153	Data esecuzione prova: 15-16/11/11
Data verbale: 02/11/11	Specifica di prova: ASTM D421-93/D422-90
Note:	Rep: 11/148

Analisi con setacci		Terreno analizzato M (gr) =		1488.78	
Setacci ASTM N°	Apertura maglie (mm)	Massa terreno trattenuto (gr)	Parziale dei trattenuti %	Totale dei trattenuti %	Totale dei passanti %
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00
1" 1/2	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	139.36	9.36	9.36	90.64
3/4"	19.10	39.75	2.67	12.03	87.97
1/2"	12.70	134.21	9.01	21.05	78.95
3/8"	9.52	68.09	4.57	25.62	74.38
4	4.76	162.97	10.95	36.57	63.43
10	2.00	166.92	11.21	47.78	52.22
20	1.00	264.57	17.77	65.55	34.45
40	0.42	136.12	9.14	74.69	25.31
80	0.177	165.65	11.13	85.82	14.18
200	0.074	13.17	0.88	77.34	13.30
Fondo		197.97			

Classificazione		D (60%) =	% ghiaia	% sabbia	% limo/argilla
USCS	CNR-UNI	D (10%) =	36.57	50.14	13.30
		U =			



Lo Sperimentatore

be

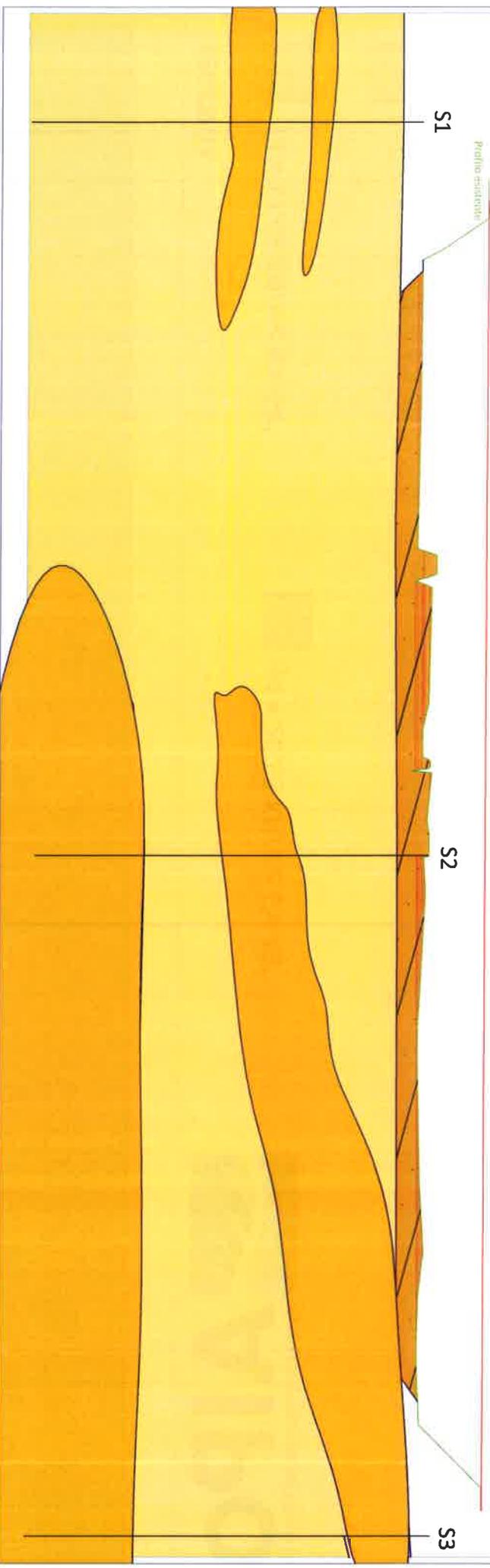
Il Direttore del Laboratorio

Dr. Cesare Ferrero

Scala X : 1/2000
Scala Y : 1/200

Profilo geologico longitudinale asse 1 Modello Geologico

Profilo esistente

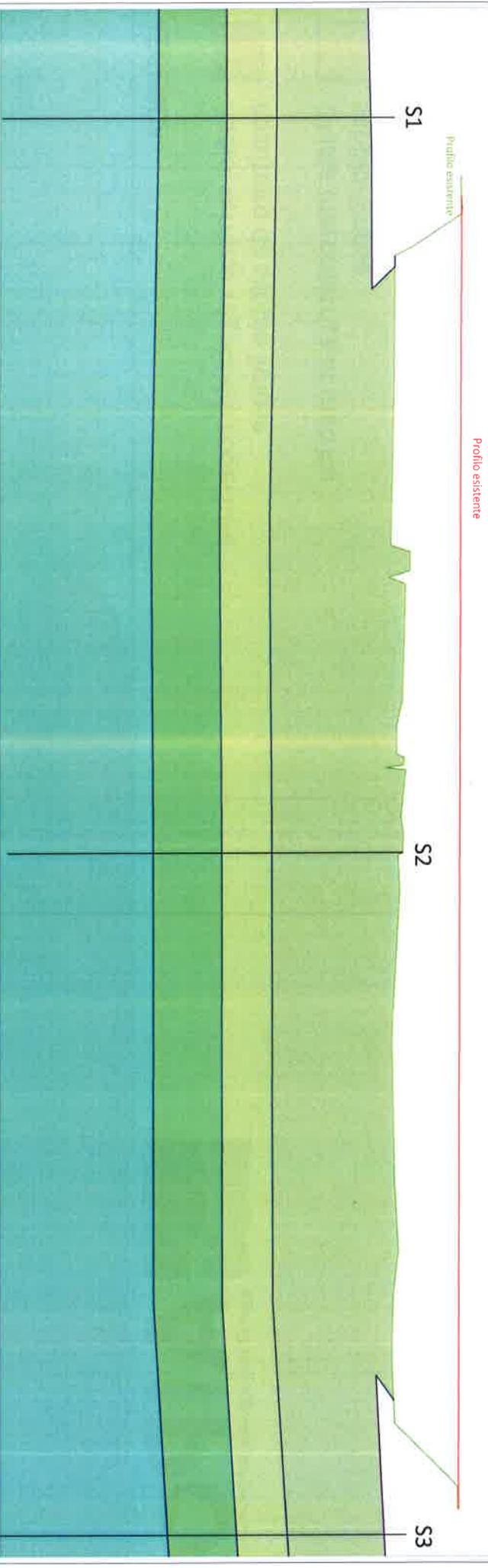


LEGENDA

-  Suolo, terreno vegetale di copertura costituito da sabbie limose
-  Ghiaia eterometrica in matrice sabbio-limosa
-  Ghiaia con sabbia e sabbia limosa

Scala X : 1/2000
Scala Y : 1/200

Profilo geologico longitudinale asse 1 Modello Geotecnico



LEGENDA

 $\gamma_d = 17.68 \text{ KN/mc } \phi' = 34^\circ$

 $\gamma_d = 20.53 \text{ KN/mc } \phi' = 43^\circ$

 $\gamma_d = 18.75 \text{ KN/mc } \phi' = 38^\circ$

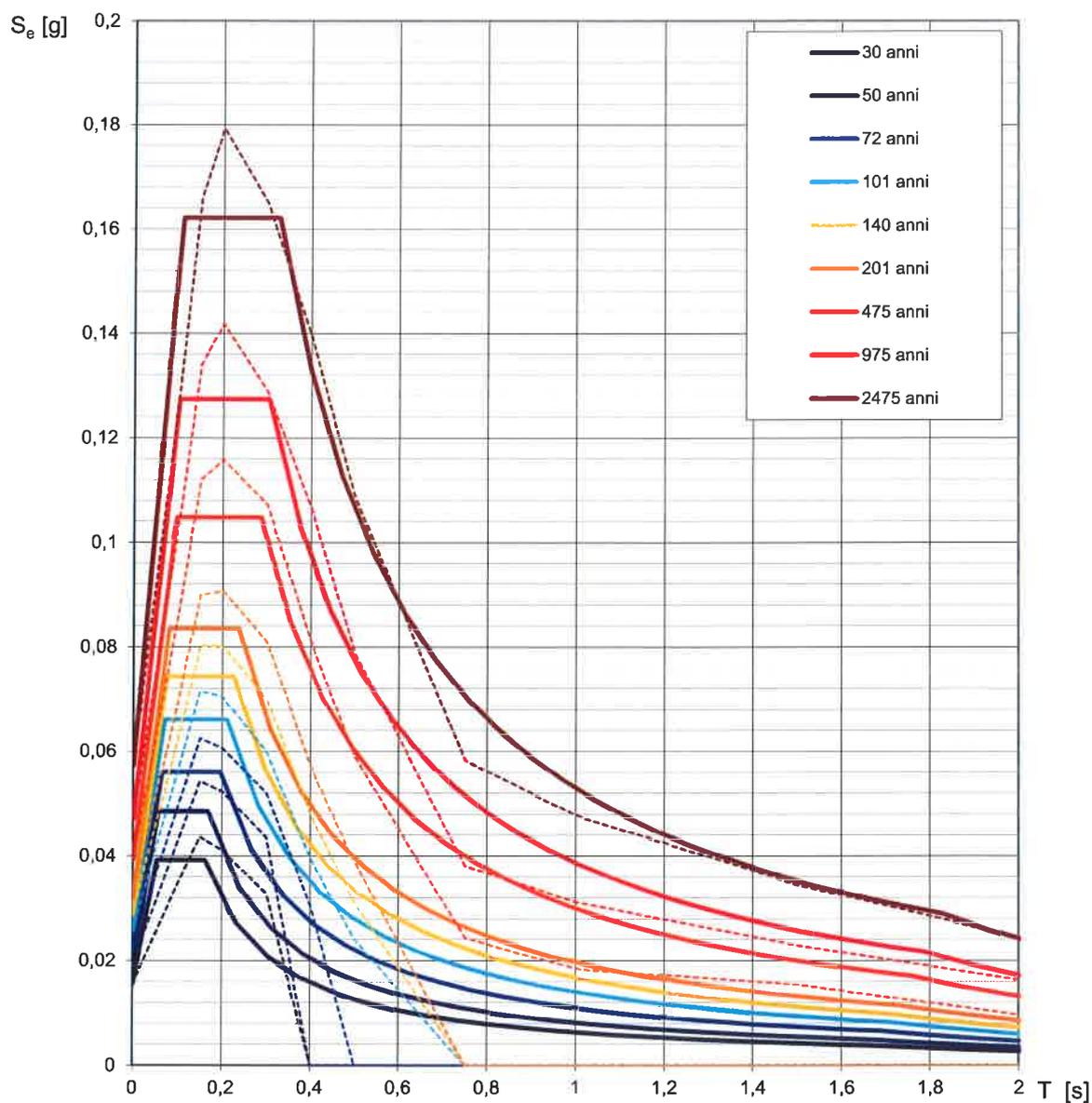
 $\gamma_d = 19.64 \text{ KN/mc } \phi' = 40^\circ$



AIPPO
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Relazione geologica del progetto definitivo per i lavori di arretramento argine in sinistra orografica del fiume Po in località Cascina Consolata del comune di Casale Monferrato - Alessandria .

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento

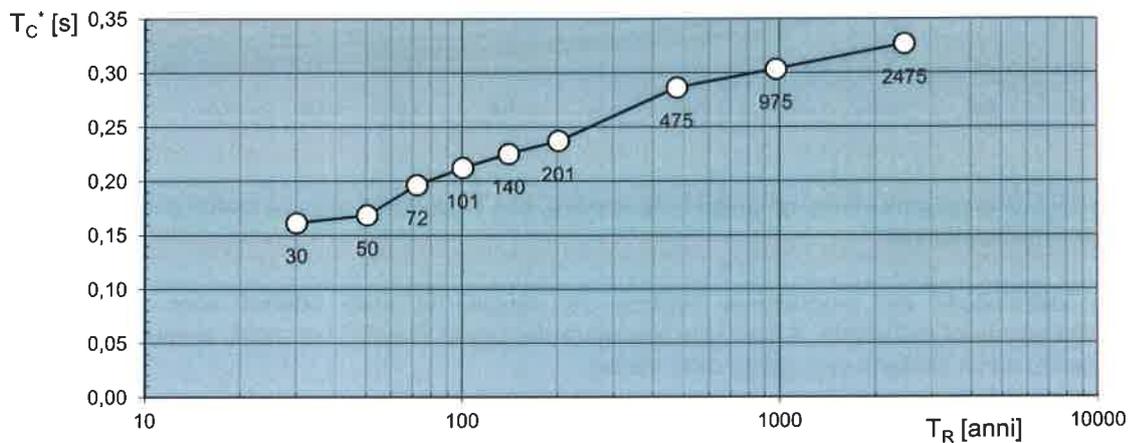
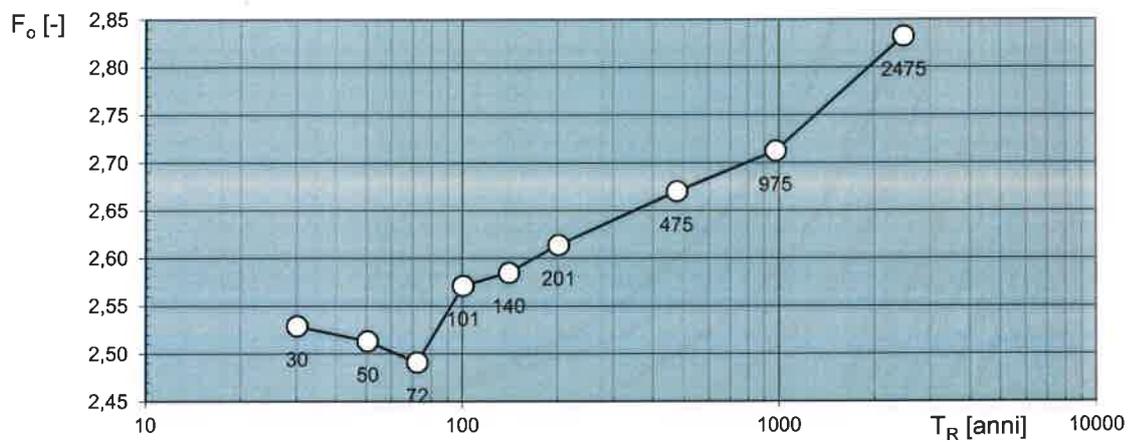
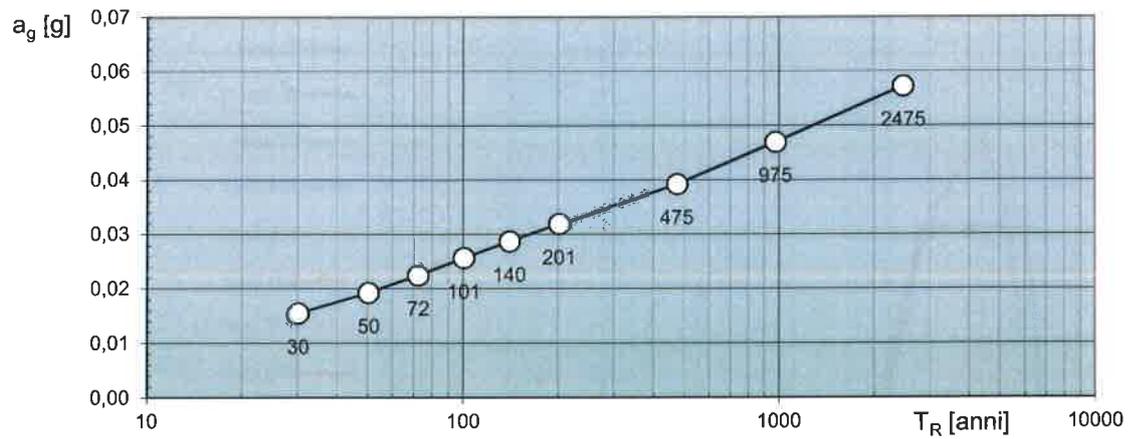


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



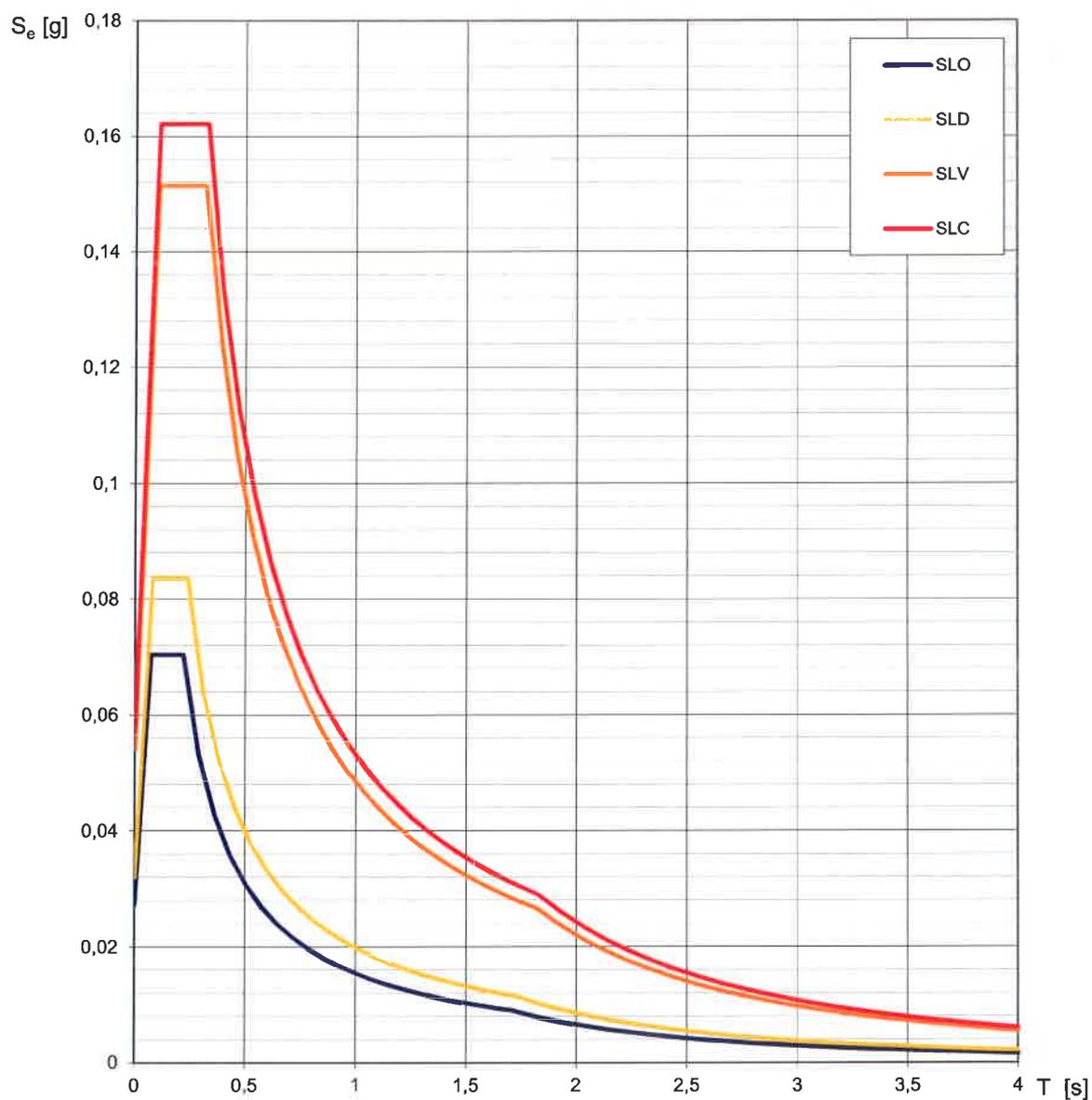
La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
30	0,015	2,529	0,162
50	0,019	2,513	0,169
72	0,023	2,491	0,197
101	0,026	2,572	0,212
140	0,029	2,585	0,226
201	0,032	2,614	0,237
475	0,039	2,670	0,287
975	0,047	2,713	0,304
2475	0,057	2,833	0,327

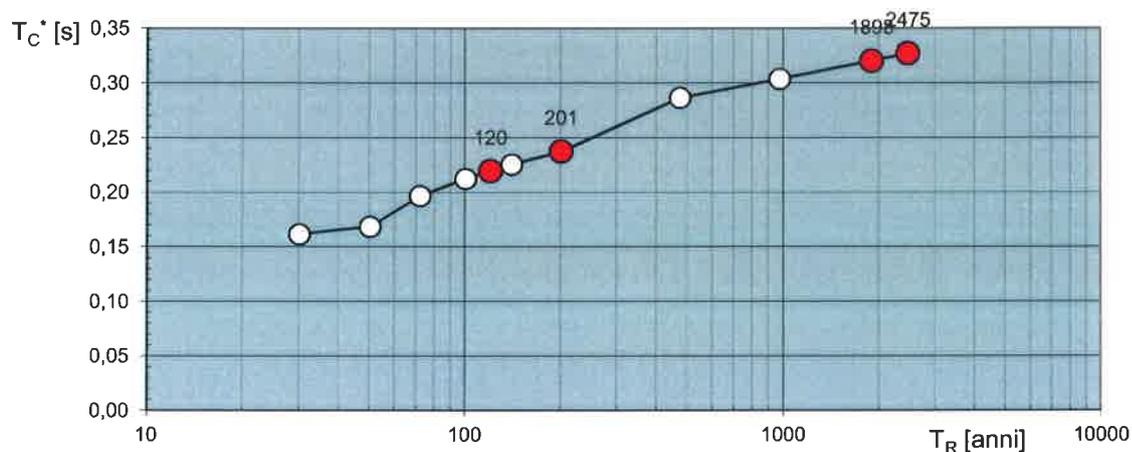
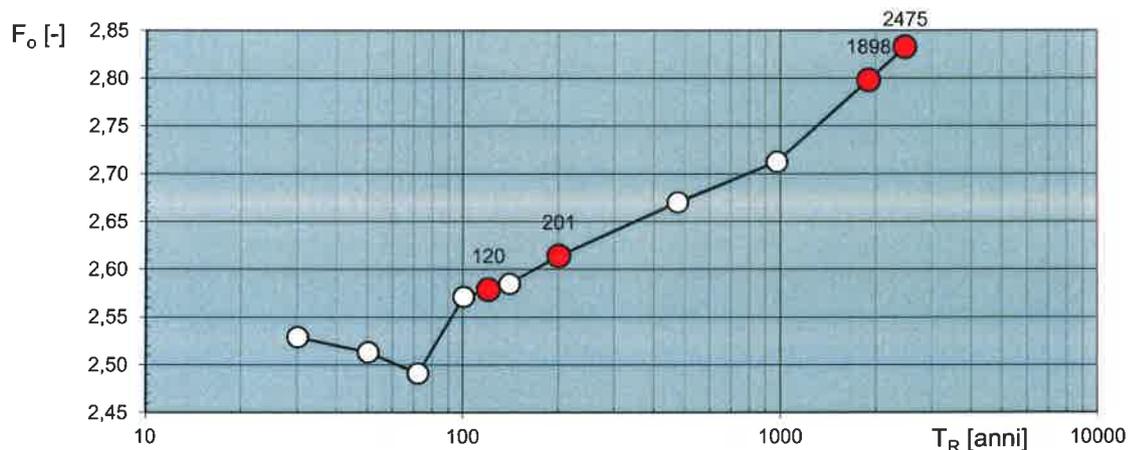
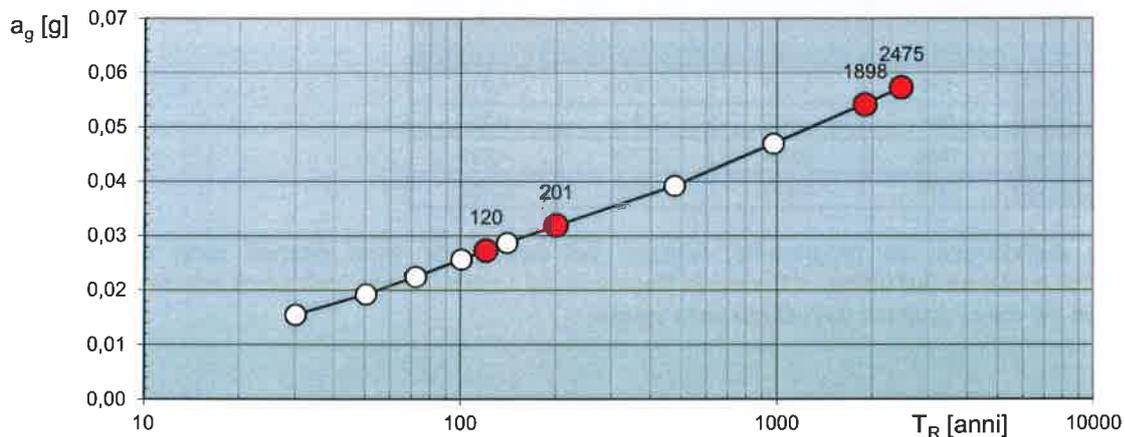
La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



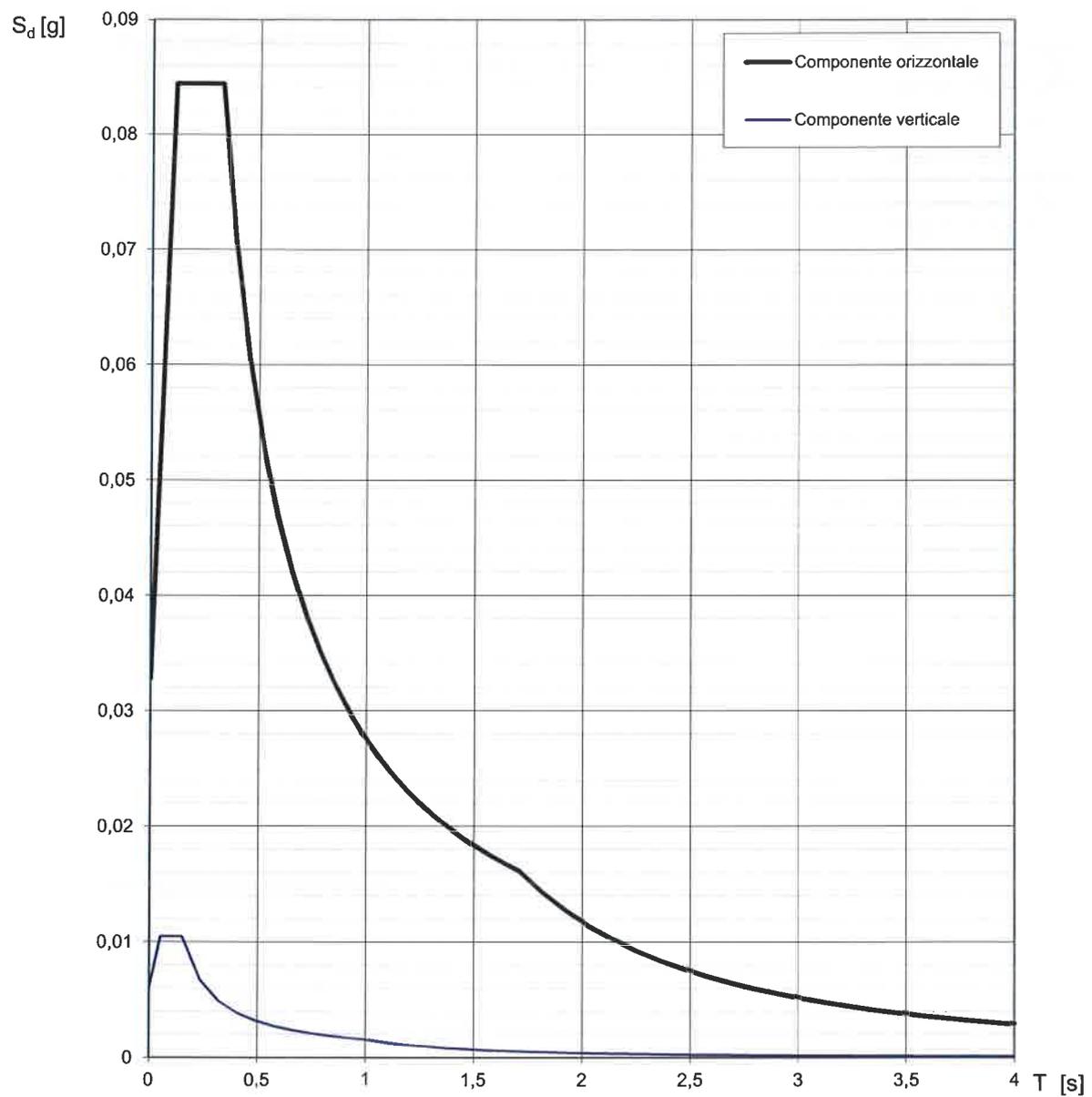
La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0,027	2,579	0,219
SLD	201	0,032	2,614	0,237
SLV	1898	0,054	2,798	0,320
SLC	2475	0,057	2,833	0,327

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLO



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_g	0,027 g
F_{c_0}	2,579
T_{c_0}	0,219 s
S_s	1,200
C_c	1,490
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,109 s
T_C	0,327 s
T_D	1,709 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,033
T_B ←	0,109	0,084
T_C ←	0,327	0,084
	0,393	0,070
	0,459	0,060
	0,524	0,053
	0,590	0,047
	0,656	0,042
	0,722	0,038
	0,788	0,035
	0,853	0,032
	0,919	0,030
	0,985	0,028
	1,051	0,026
	1,117	0,025
	1,183	0,023
	1,248	0,022
	1,314	0,021
	1,380	0,020
	1,446	0,019
	1,512	0,018
	1,577	0,017
	1,643	0,017
T_D ←	1,709	0,016
	1,818	0,014
	1,927	0,013
	2,036	0,011
	2,145	0,010
	2,255	0,009
	2,364	0,008
	2,473	0,008
	2,582	0,007
	2,691	0,007
	2,800	0,006
	2,909	0,006
	3,018	0,005
	3,127	0,005
	3,236	0,005
	3,345	0,004
	3,455	0,004
	3,564	0,004
	3,673	0,003
	3,782	0,003
	3,891	0,003
	4,000	0,003

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLO

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLO
a_{qv}	0,006 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,575
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,006
T_B ←	0,050	0,010
T_C ←	0,150	0,010
	0,235	0,007
	0,320	0,005
	0,405	0,004
	0,490	0,003
	0,575	0,003
	0,660	0,002
	0,745	0,002
	0,830	0,002
	0,915	0,002
T_D ←	1,000	0,002
	1,094	0,001
	1,188	0,001
	1,281	0,001
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,000
	1,938	0,000
	2,031	0,000
	2,125	0,000
	2,219	0,000
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

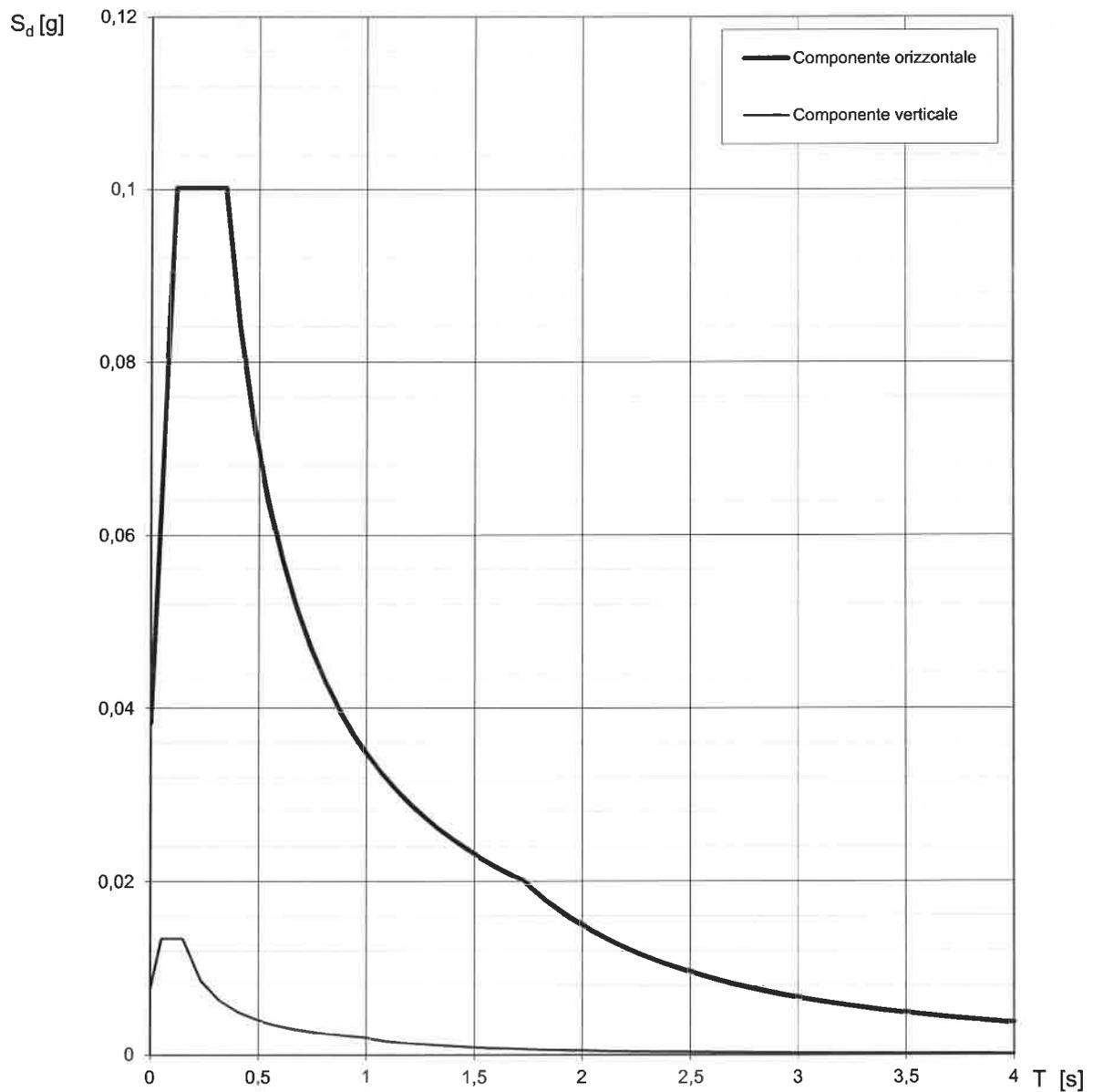
$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0,032 g
F_o	2,614
T_C	0,237 s
S_s	1,200
C_C	1,467
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,116 s
T_C	0,348 s
T_D	1,728 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,038
$T_B \leftarrow$	0,116	0,100
$T_C \leftarrow$	0,348	0,100
	0,414	0,084
	0,479	0,073
	0,545	0,064
	0,611	0,057
	0,677	0,052
	0,742	0,047
	0,808	0,043
	0,874	0,040
	0,939	0,037
	1,005	0,035
	1,071	0,033
	1,136	0,031
	1,202	0,029
	1,268	0,027
	1,334	0,026
	1,399	0,025
	1,465	0,024
	1,531	0,023
	1,596	0,022
	1,662	0,021
$T_D \leftarrow$	1,728	0,020
	1,836	0,018
	1,944	0,016
	2,052	0,014
	2,161	0,013
	2,269	0,012
	2,377	0,011
	2,485	0,010
	2,593	0,009
	2,702	0,008
	2,810	0,008
	2,918	0,007
	3,026	0,007
	3,134	0,006
	3,243	0,006
	3,351	0,005
	3,459	0,005
	3,567	0,005
	3,675	0,004
	3,784	0,004
	3,892	0,004
	4,000	0,004

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0,008 g
S_s	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,631
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,008
T_B ←	0,050	0,013
T_C ←	0,150	0,013
	0,235	0,009
	0,320	0,006
	0,405	0,005
	0,490	0,004
	0,575	0,004
	0,660	0,003
	0,745	0,003
	0,830	0,002
	0,915	0,002
T_D ←	1,000	0,002
	1,094	0,002
	1,188	0,001
	1,281	0,001
	1,375	0,001
	1,469	0,001
	1,563	0,001
	1,656	0,001
	1,750	0,001
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,000
	2,125	0,000
	2,219	0,000
	2,313	0,000
	2,406	0,000
	2,500	0,000
	2,594	0,000
	2,688	0,000
	2,781	0,000
	2,875	0,000
	2,969	0,000
	3,063	0,000
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

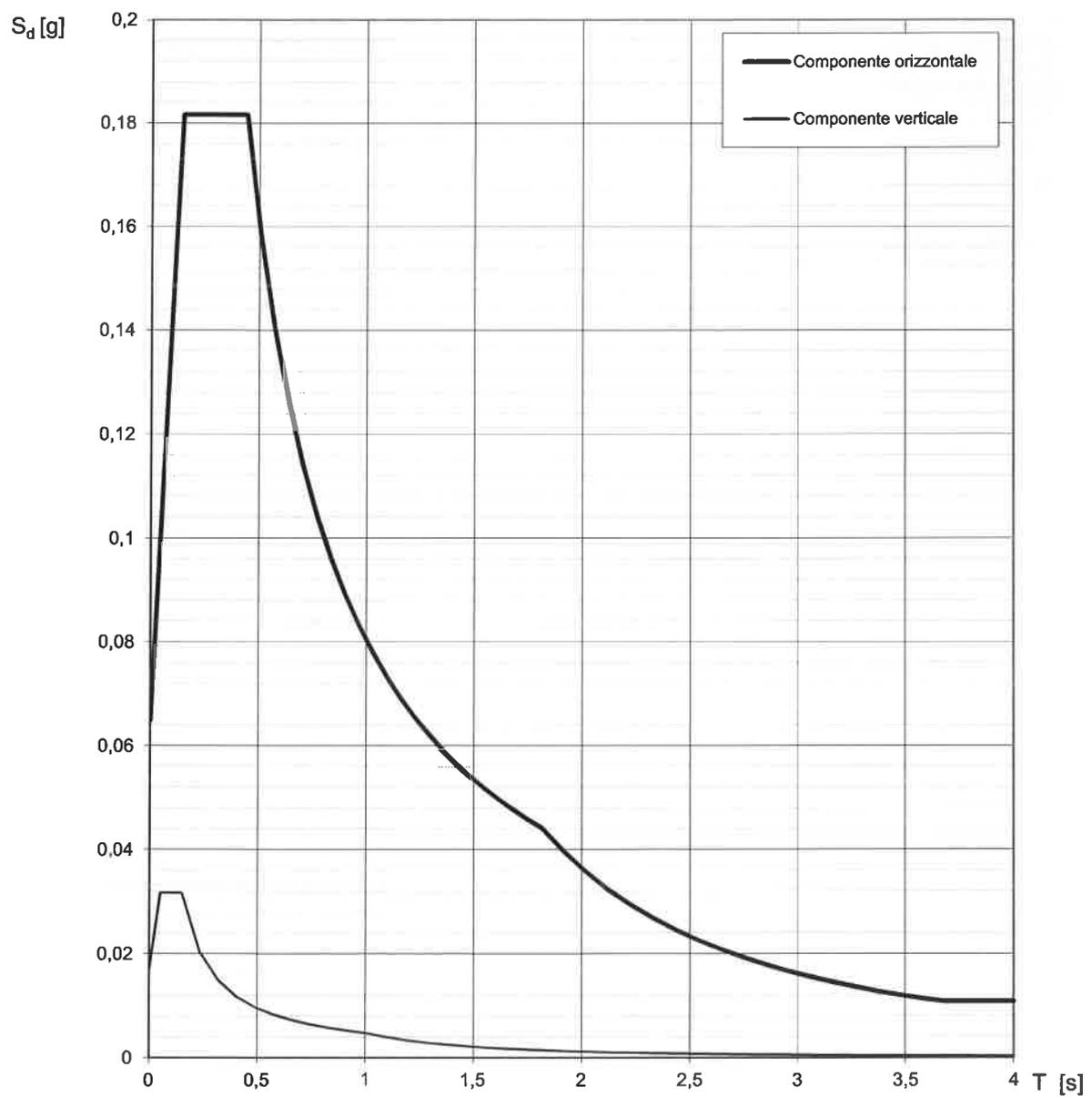
$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0,054 g
F_c	2,798
T_c	0,320 s
S_s	1,200
C_c	1,381
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,147 s
T_C	0,442 s
T_D	1,816 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_c \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,065
T_B ←	0,147	0,182
T_C ←	0,442	0,182
	0,508	0,158
	0,573	0,140
	0,638	0,126
	0,704	0,114
	0,769	0,104
	0,835	0,096
	0,900	0,089
	0,966	0,083
	1,031	0,078
	1,097	0,073
	1,162	0,069
	1,227	0,065
	1,293	0,062
	1,358	0,059
	1,424	0,056
	1,489	0,054
	1,555	0,052
	1,620	0,050
	1,686	0,048
	1,751	0,046
T_D ←	1,816	0,044
	1,920	0,040
	2,024	0,036
	2,128	0,032
	2,232	0,029
	2,336	0,027
	2,440	0,024
	2,544	0,023
	2,648	0,021
	2,752	0,019
	2,856	0,018
	2,960	0,017
	3,064	0,016
	3,168	0,015
	3,272	0,014
	3,376	0,013
	3,480	0,012
	3,584	0,011
	3,688	0,011
	3,792	0,011
	3,896	0,011
	4,000	0,011

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{av}	0,017 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,879
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,017
$T_B \leftarrow$	0,050	0,032
$T_C \leftarrow$	0,150	0,032
	0,235	0,020
	0,320	0,015
	0,405	0,012
	0,490	0,010
	0,575	0,008
	0,660	0,007
	0,745	0,006
	0,830	0,006
	0,915	0,005
$T_D \leftarrow$	1,000	0,005
	1,094	0,004
	1,188	0,003
	1,281	0,003
	1,375	0,003
	1,469	0,002
	1,563	0,002
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,001
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,000
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

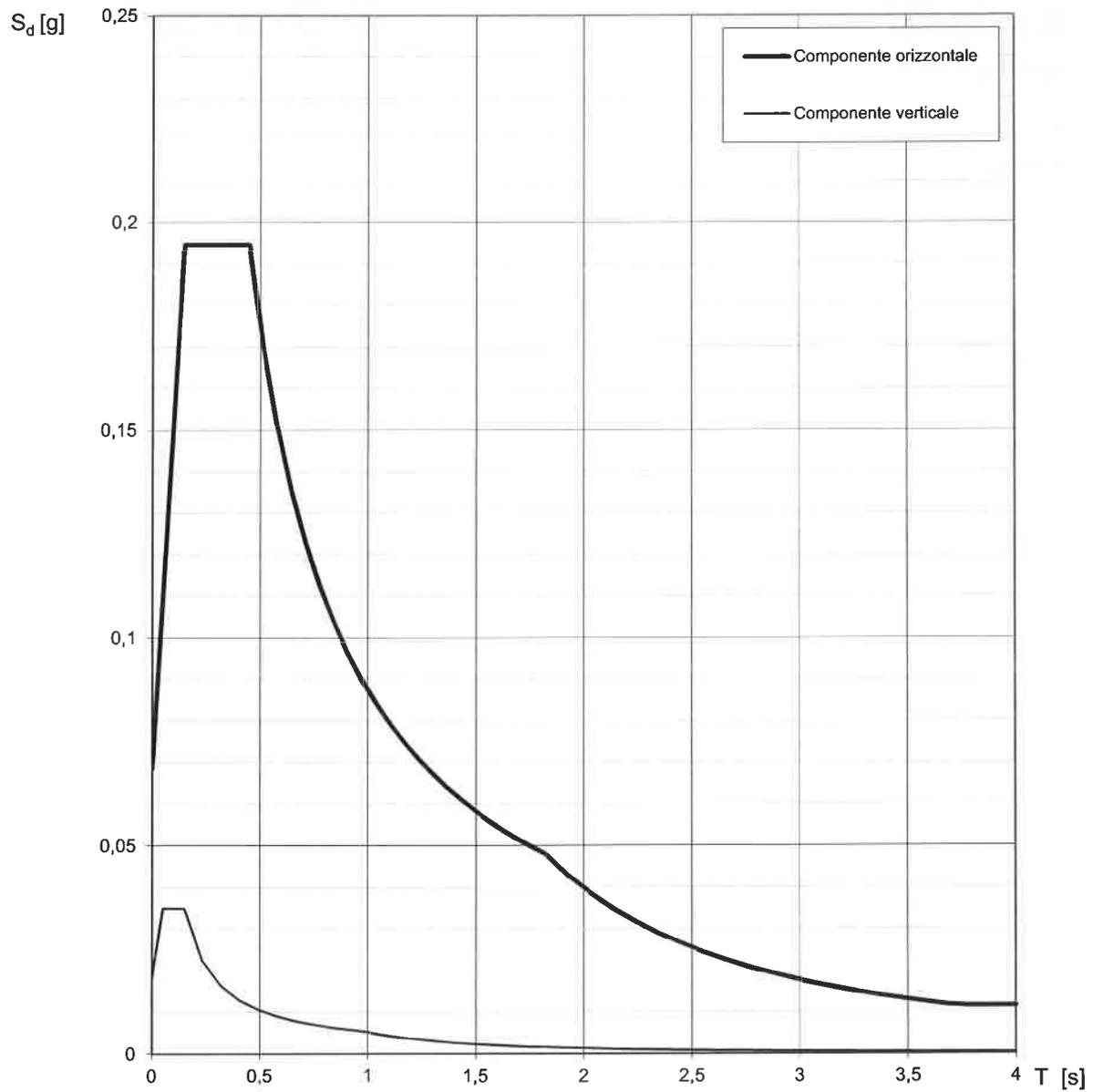
$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0,057 g
F_d	2,833
T_r	0,327 s
S_s	1,200
C_c	1,376
S_T	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,200
η	1,000
T_B	0,150 s
T_C	0,450 s
T_D	1,829 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,069
$T_B \leftarrow$	0,150	0,195
$T_C \leftarrow$	0,450	0,195
	0,515	0,170
	0,581	0,151
	0,647	0,135
	0,712	0,123
	0,778	0,112
	0,844	0,104
	0,909	0,096
	0,975	0,090
	1,041	0,084
	1,106	0,079
	1,172	0,075
	1,238	0,071
	1,304	0,067
	1,369	0,064
	1,435	0,061
	1,501	0,058
	1,566	0,056
	1,632	0,054
	1,698	0,052
	1,763	0,050
$T_D \leftarrow$	1,829	0,048
	1,932	0,043
	2,036	0,039
	2,139	0,035
	2,242	0,032
	2,346	0,029
	2,449	0,027
	2,553	0,025
	2,656	0,023
	2,759	0,021
	2,863	0,020
	2,966	0,018
	3,070	0,017
	3,173	0,016
	3,276	0,015
	3,380	0,014
	3,483	0,013
	3,586	0,012
	3,690	0,012
	3,793	0,011
	3,897	0,011
	4,000	0,011

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dell

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_{gv}	0,018 g
S_S	1,000
S_T	1,000
q	1,500
T_B	0,050 s
T_C	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	0,915
S	1,000
η	0,667

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,018
T_B ←	0,050	0,035
T_C ←	0,150	0,035
	0,235	0,022
	0,320	0,016
	0,405	0,013
	0,490	0,011
	0,575	0,009
	0,660	0,008
	0,745	0,007
	0,830	0,006
	0,915	0,006
T_D ←	1,000	0,005
	1,094	0,004
	1,188	0,004
	1,281	0,003
	1,375	0,003
	1,469	0,002
	1,563	0,002
	1,656	0,002
	1,750	0,002
	1,844	0,002
	1,938	0,001
	2,031	0,001
	2,125	0,001
	2,219	0,001
	2,313	0,001
	2,406	0,001
	2,500	0,001
	2,594	0,001
	2,688	0,001
	2,781	0,001
	2,875	0,001
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,000
	3,344	0,000
	3,438	0,000
	3,531	0,000
	3,625	0,000
	3,719	0,000
	3,813	0,000
	3,906	0,000
	4,000	0,000

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.