



PARCO OGLIO NORD



GREENWAY DELL'OGLIO

PROGETTO LOTTO 22-A

***Nuova passerella ciclopedonale ed
itinerario ciclopedonale tra i comuni
di Monticelli d'Oglio - Monasterolo – Robecco***

PROGETTO ESECUTIVO

B - RELAZIONE GEOLOGICA

***Studio d'Ingegneria ed Architettura
Ing. Giuseppe Cimini***

Via Milano, 56 – 26100 CREMONA (CR)
Tel. 0372446030 - 3382809656 - mail:ciminig@libero.it

Aggiornamento del 13.10.14

COMUNE DI VEROLAVECCHIA
PROVINCIA DI BRESCIA
COMUNE DI ROBECCO D'OGLIO
PROVINCIA DI CREMONA

INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA FINALIZZATA
ALLA CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA
DEI TERRENI DI FONDAZIONE DI UNA NUOVA
PASSERELLA CICLOPEDONALE DI COLLEGAMENTO
TRA LOC. MONTICELLI D'OGLIO (COMUNE DI
VEROLAVECCHIA - BS) E LOC. MANASTEROLO
(COMUNE DI ROBECCO D'OGLIO – CR)

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

COMMITTENTE: **PARCO OGLIO NORD**

GEOLOGO: DOTT. GUIDO TORRESANI
O.G.L. n° 1141

DATA: MAGGIO 2014

Studio di Geologia dott. GUIDO TORRESANI

25034 – ORZINUOVI (BS) - Via Roma, 4

tel/fax 030 944193

GEOLOGIA AMBIENTALE, IDROGEOLOGIA, GEOTECNICA, GESTIONE CAVE, AUTORIZZAZIONI POZZI

SOMMARIO

- Premessa;
- Inquadramento geologico e natura litologica dei terreni di fondazione;
- Sismicità dell'area
- Definizione dell'azione sismica
- Indagini geognostiche
- Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica
- Determinazione delle resistenze (analisi allo stato limite ultimo ai sensi del D.M. 14-01-2008)
- Calcolo dei cedimenti
- Suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione;
- Considerazioni conclusive

ALLEGATI

- Inquadramento corografico (CTR scala 1: 10.000);
- Inquadramento dell'intervento su foto aerea con ubicazione delle prove eseguite;
- Tabelle e diagrammi di interpretazione dei dati penetrometrici;
- Tabelle parametri geotecnici;
- Risultati prova MASW;
- Dichiarazione di responsabilità.

PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica è stata commissionata al sottoscritto professionista da parte del Parco Oglio Nord. Lo scopo è quello di caratterizzare da un punto di vista geomeccanico e litostratigrafico le due sponde del fiume Oglio interessate dal progetto di realizzazione di una nuova passerella ciclopedonale di collegamento tra la loc. Monticelli d'Oglio (comune di Verolavecchia – BS) e la loc. Monasterolo (comune di Robecco d'Oglio – CR).

L'indagine è stata programmata ed esperita sulla base della normativa ministeriale oggetto del D.M. 14.01.2008 concernente le "Norme tecniche sulle costruzioni". Tale caratterizzazione è importante non solo per una corretta scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione, ma anche perchè a seguito di detto D.M. è necessario verificare i parametri sismici della zona.

Sulla base dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, i territori comunali di Verolavecchia e di Robecco D'Oglio sono stati classificati come ZONA 4. In riferimento a quest'ultima normativa, sulla base della litostratigrafia rilevata e della prova MASW eseguita è possibile attribuire ai terreni indagati il **profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo C"**.

E' necessario quindi prevede in sede di indagine geologico-tecnica la verifica di alcuni elementi e fattori che influenzano il comportamento delle fondazioni; tra questi la **litologia** dei terreni di substrato, la **profondità del piano di imposta**, il **carico allo stato limite ultimo**, la **suscettibilità alla liquefazione** dei terreni di fondazione, i possibili **cedimenti** e il **livello della falda acquifera**.

Considerata l'entità delle opere da realizzarsi e considerate le caratteristiche geomeccaniche dei terreni della zona, si è proceduto all'esecuzione di **n.2 prove penetrometriche di tipo statico CPT (prove P1 e P2)**, con le quali si è potuto verificare il comportamento geomeccanico del sottosuolo di fondazione delle opere in progetto. La prova P1 è stata eseguita sulla sponda bresciana (sponda sinistra Oglio in loc. Monticelli d'Oglio (comune di Verolavecchia), mentre la P2 è stata realizzata sulla sponda cremonese in loc. Monasterolo (comune di Robecco d'Oglio). Entrambe sono state eseguite a pochi metri dal ciglio spondale del fiume. In particolare la P1 è stata eseguita in prossimità del muro d'argine esistente, mentre la P2 sull'argine naturale del fiume (vedi planimetria e foto in allegato).

Per la definizione della categoria sismica del suolo di fondazione ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 è stata eseguita **n.1 prova sismica con metodologia MASW**.

Considerata l'omogeneità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e tenuto in considerazione le caratteristiche dell'opera in progetto, si ritiene che le indagini eseguite siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è avvalorata dalla conoscenza delle aree circostanti a quella di intervento che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

Si tenga presente che la superficie scelta come quota 0 di RIFERIMENTO per tutte le quote indicate nella relazione è la TESTA MURETTTO D'ARGINE SPONDA MONTICELLI D'OGLIO, che coincide con il piano campagna della

prova P2 sulla sponda cremonese. Il piano campagna della prova P1 eseguita a Monticelli D'Oglio è posto a circa -0,3 m dallo 0 RIF..

Lo studio è stato condotto in osservanza alle seguenti normative vigenti:

Decreto Ministeriale 14.01.2008 - Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Istruzioni per l' applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica - Parte I : Regole Generali . - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica - Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NATURA LITOLOGICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La conoscenza delle condizioni geomorfologiche generali del territorio è basata sul rilievo diretto mediante il quale si sono controllati e puntualizzati gli elementi forniti dalla bibliografia.

L'indagine si è avvalsa delle conoscenze geologiche dello scrivente riguardo le caratteristiche medio generali del territorio comunale e si è svolta mediante la realizzazione di n.2 prove penetrometriche statiche per verificare le condizioni geomeccaniche dei terreni in posto.

L'areale indagato è ubicato in corrispondenza del Fiume Oglio a cavallo tra le località di Monticelli d'Oglio nel Comune di Verolavecchia a Nord e Monasterolo nel Comune di Robeco d'Oglio (come evidenziato nella allegata C.T.R. 1:10.000).

Le due sponde del fiume Oglio indagate ricadono all'interno delle ALLUVIONI MEDIO RECENTI oloceniche del Fiume Oglio (nella carta geologica allegata sono indicate con la sigla "a²"). Affiorano parallelamente al fiume Oglio e la loro successione stratigrafica è tipicamente caratterizzata da sabbie con locali intercalazioni di ghiaie.

Dal punto di vista geomorfologico la zona d'indagine si inserisce nel contesto generale della pianura terrazzata incisa dal F. Oglio nella quale si distinguono le seguenti unità geomorfologiche che, assumendo il significato di unità formazionali, coincidono con le seguenti formazioni geologiche:

- *livello fondamentale della pianura*: costituito dalle alluvioni fluvio-glaciali wurmiane, rappresenta l'unità geomorfologica più antica dal punto di vista deposizionale, più estesa ed altimetricamente più elevata.
- *Alluvioni antiche*: depositi alluvionali di natura prevalentemente sabbiosa o ghiaiosa sviluppati ai margini della Valle del Fiume Oglio
- *alluvioni fluviali medio-recenti*: situate nella piana fluviale del corso d'acqua, si

presentano altimetricamente sottostanti il livello fondamentale della pianura. Affiorano principalmente nella valle del F. Oglio dal quale sono separate da scarpate morfologiche dotate di continuità areale.

- *alluvioni fluviali attuali*: sono a diretto contatto del corso d'acqua e si presentano in terrazzi bassi e di ampiezza variabile; la loro posizione ed estensione è in rapporto agli spostamenti del corso d'acqua stesso che, scorrendo in punti diversi dell'alveo, ha svolto e svolge diverse azioni di erosione e deposito.

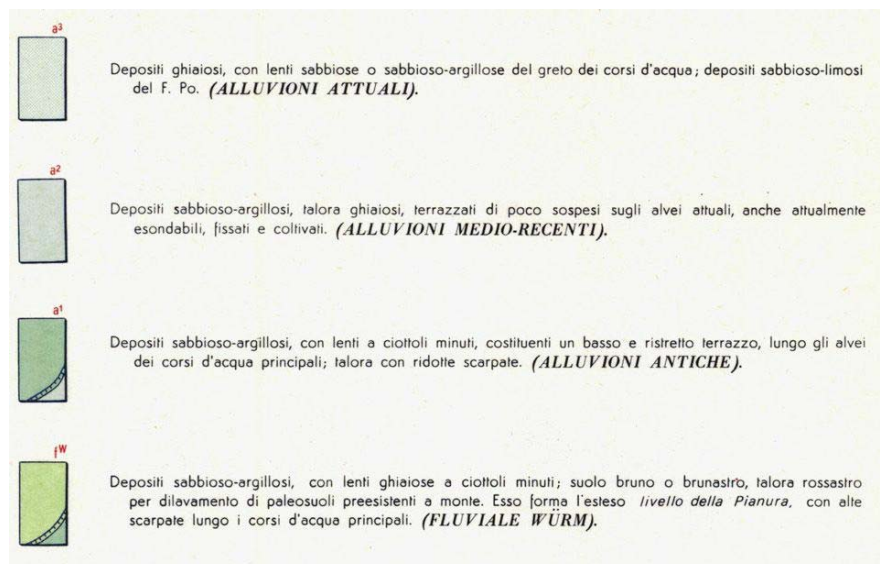
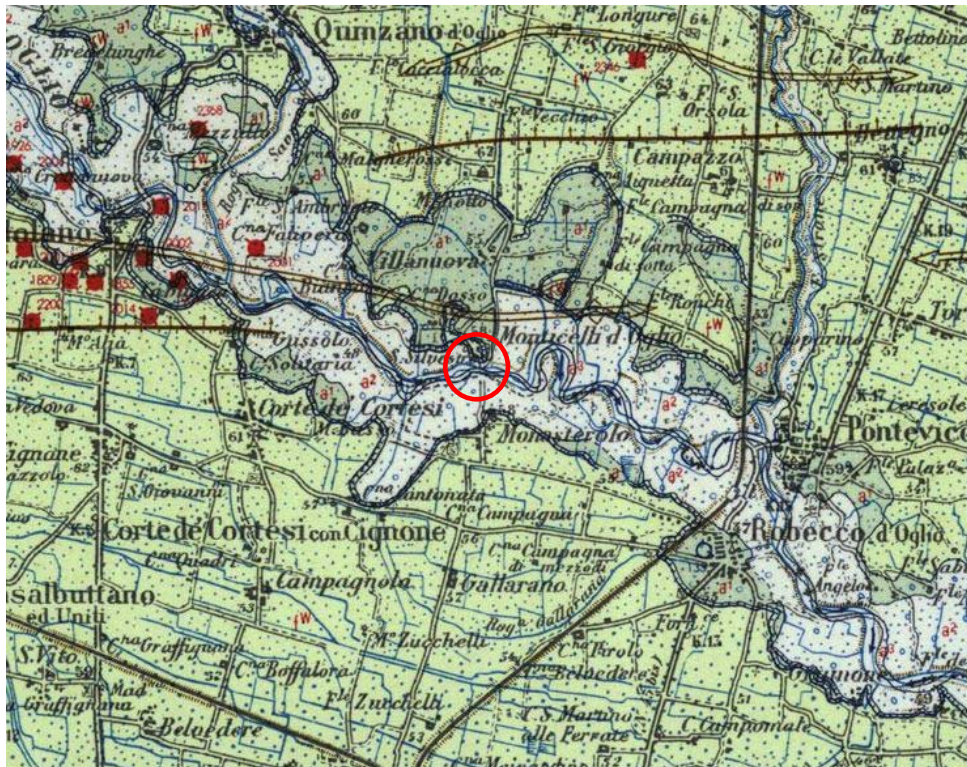
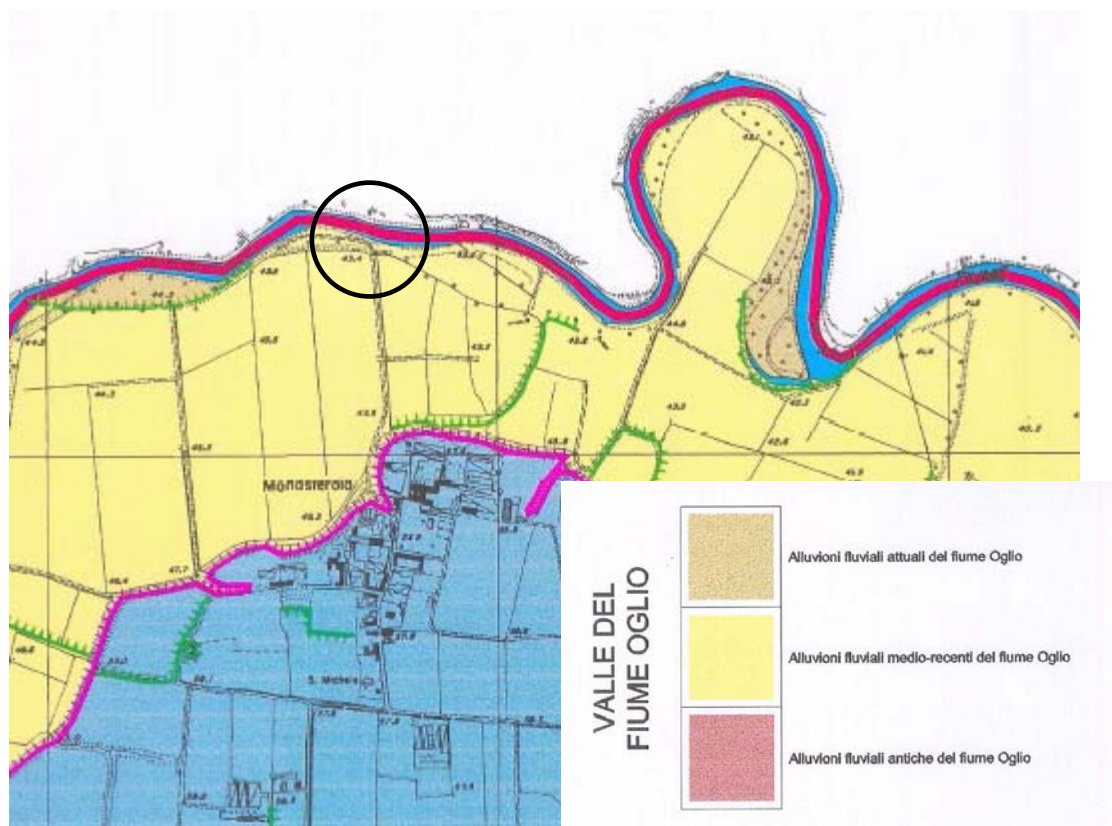


Fig. 1 – estratto carta geologica d'Italia – foglio 61- Cremona – sc1:100.000



Sulla base delle conoscenze dei terreni della zona e delle indagini eseguite, è stata osservata una **buona uniformità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni di fondazione**.

La natura del terreno dedotta indirettamente dalle prove penetrometriche mostra una successione litostratigrafica uniforme (su entrambe le sponde) che può essere schematizzata come di seguito riportato:

da 0,0 a 2,4 m	sabbia limosa
da 2,4 a 3,6 m	sabbie e ghiaietto acquifere
da 3,6 a 7,2 m	sabbie acquifere
oltre 7,2 m	sabbie e ghiaietto acquifere

Sulla base delle conoscenze dei terreni della zona il substrato di fondazione risulta dominato dalle litologie sabbiose sotto un orizzonte superficiale di copertura.

In corrispondenza delle prove penetrometriche eseguite il 13/05/2014 il livello della falda freatica è stato individuato a circa -2,0 m di profondità dallo 0 RIF. (testa muretto d'argine sponda Monticelli d'Oglio che corrisponde col p.c. di Robecco D'Oglio).

Tale valore piezometrico di soggiacenza della falda, che corrisponde col livello del fiume Oglio al momento dell'indagine, può subire delle oscillazioni sono legate al regime idrico di magra e di piena del Fiume. La massima risalita verticale del livello di falda utilizzata nei calcoli geotecnici viene fatta coincidere con il piano campagna, che durante gli eventi maggior piena viene completamente sommerso dalle acque. Se si considerano gli ultimi vent'anni

circa il livello massimo è stato raggiunto nell'anno 2000 dove il pelo dell'acqua ha raggiunto circa quota +1,5 m rispetto allo 0 RIF.

I valori di resistenza alla punta ottenuti valutando le prove eseguite, supportati dalle conoscenze litostratigrafiche locali, portano a ritenere entrambe le sponde indagate omogenee da un punto di vista litostratigrafico e geomeccanico e costituite prevalentemente da litologie sabbiose a tratti ghiaiose variamente costipate e potenzialmente sature a partire dal p.c. (durante gli eventi di piena del fiume Oglio).

PIANO DI IMPOSTA E TIPO DI FONDAZIONE

Le risultanze dell'indagine effettuata, unitamente a quanto riscontrato in precedenti indagini effettuate, ha consentito di individuare in superficie la presenza di terreni alluvionali in cui la litozona superficiale (**orizzonte A**) ha natura prevalentemente sabbioso-limosa fino ad una profondità di -2,4 m dal p.c.; tale orizzonte possiede modeste proprietà geotecniche come testimoniano le risultanze delle prove eseguite. Nell'insieme è possibile attribuire a tale orizzonte sabbioso un carattere geomeccanico scadente. E' stato volutamente escluso dalla descrizione l'orizzonte superficiale costituito da riporto tipo demolizioni individuata nella prova P1.

A partire da 2,4 m di profondità e fino a 3,6 m dal p.c. è presente un **orizzonte B** costituito da sabbie e ghiaietto ben costipate sature, dotato di buone proprietà geomeccaniche. A partire da 3,6 m dal p.c. e fino a 7,2m è presente un terzo orizzonte (**orizzonte C**) costituito da sabbie sature costipate. Più in profondità si rinviene un **orizzonte D** (oltre 7,2 m dal p.c.) costituito da sabbie e ghiaietto molto costipate e sature, caratterizzato da buone proprietà geomeccaniche, come dimostrano i valori di resistenza alla penetrazione della punta.

Tale condizione litostratigrafica e geomeccanica dei terreni indagati può essere ritenuta favorevole alle ipotesi progettuali al punto da poter ipotizzare l'impiego di fondazioni superficiali. Valutate però le caratteristiche progettuali del nuovo ponte e soprattutto le caratteristiche idrogeologiche del terreno a contorno dell'opera (soggette alle mutevoli condizioni di piena e di magra del Fiume), è opportuno l'impiego di fondazioni profonde che lavorino sia in compressione che trazione al fine di contrastare le tensioni previste e soprattutto le spinte orizzontali a cui è soggetta l'opera.

L'impiego di fondazioni profonde contrasta i possibili fenomeni di liquefacibilità delle sabbie qualora si verifichi un terremoto di magnitudo superiore a quelli fino ad oggi statisticamente previsti per la zona.

Un ulteriore vantaggio è la riduzione dei cedimenti differenziali a cui sarebbero soggette fondazioni superficiali in seguito all'effetto di saturo/non saturo operato dalla falda sotto il piano di imposta della fondazione nei diversi periodi di magra o piena annui.

Le motivazioni sopraindicate fanno propendere per la scelta di PALI DI FONDAZIONE.

CONSIDERAZIONI SUI PALI

Considerata la presenza di una successione di orizzonti litologici omogenei su entrambe le sponde (orizzonti A, B, C e D) caratterizzati da buoni valori di costipazione e quindi di angolo di attrito (si considera nulla la coesione trattandosi principalmente di litologie sabbiose a tratti con ghiaietto) si ritiene che pali di grosso diametro (400 mm – 500 mm) possano svolgere un'efficace azione di punta e di attrito laterale. La conformazione litostratigrafica del sottosuolo impone l'utilizzo di pali intestati ad una profondità di circa 10 m dallo 0 RIF. (che approssimativamente può essere fatto anche corrispondere con il p.c.); in fase operativa si eseguiranno due pali di prova (prova di carico su palo) che serviranno a tarare il modello fondazionale circa le profondità degli altri pali.

Circa la modalità esecutiva si suggerisce l'impiego di pali trivellati.

SISMICITA' DELL'AREA

Con l'introduzione dell'**O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003** e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno.

La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle Regioni, le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio è stato suddiviso in quattro livelli.

Nello specifico i territori comunali di Verolavecchia e Robecco d'Oglio ricadono, per quanto indicato in Allegato A "Classificazione sismica dei comuni italiani" della sopra citata Ordinanza **in zona 4**.

L'Ordinanza precisa che "Ciascuna zona sarà individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema riportato nella Tabella 3.1.1 che segue.

Tabella 3.1.1

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [a_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [a_g/g]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

Il terreno indagato secondo lo schema presente nell'Ordinanza risulta appartenente alla categoria di **suolo di fondazione tipo C** (Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 360 e 800 m/s (**NSPT >50**, **$C_u > 250$ Kpa**) così come specificato al paragrafo 3.1 del Capitolo 3 "Azione sismica" di dette norme.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per il calcolo dei valori sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri in base al tipo di opera in progetto:

- **Vita nominale dell'opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

Tabella 1 – Vita nominale v_n per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

- **Classe d'uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso

L'opera in progetto appartiene alla Classe d'uso II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un **periodo di riferimento V_R** che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la **vita nominale N_v** per il **coefficiente d'uso C_U** :

$$V_R = V_N \times C_U$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente Tabella:

Tabella n. 2 - Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni

Dopo aver definito la Vita Nominale e la Classe d'uso è possibile, quindi, calcolare il **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R** come:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Tabella 3 -riassuntiva

tipo di costruzione	2
vita nominale	≥ 50
classe d'uso	II
coefficiente C_U	1,0
vita di riferimento $V_r = V_n \times C_U$	50

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA -STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Le *azioni sismiche di progetto* si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “**Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento**” (P_{VR}).

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A, ecc.), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; ecc.);
- ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

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

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

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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

Tabella n.4 -Categorie topografiche

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

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E il *coefficiente di Amplificazione stratigrafica* (S_s) e il *coefficiente funzione della categoria di sottosuolo* (C_c) possono essere calcolati in funzione dei valori di F_o (Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente Tabella, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi:

Tabella n. 5 -Espressioni di SS e di CC

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S _s	C _c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.20$	$1.10 * (T_c) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.50$	$1.05 * (T_c) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.80$	$1.25 * (T_c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.60$	$1.15 * (T_c) - 0.40$

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella seguente Tabella, in funzione delle categorie topografiche definite in Tabella n.4 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella n. 6 -Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1		1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma **GEOSTRU**, da cui sono stati ottenuti i seguenti **parametri sito-specifici**:

Determinazione dei parametri sismici	
(1)* Coordinate WGS84	
Lat.45.279293	Long.10.041648
(1)* Coordinate ED50	
Lat.45,280224	Long.10,042684
Classe dell'edificio	
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali... ▼	Cu = 1
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)	

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*C e del periodo di ritorno:

Tabella 7 - Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite		PVR	Periodo di ritorno (anni)	ag (g) valori nominali	F_0	T^*C (sec)
SLE esercizio	Operatività SLO	81%	30	0.033	2.516	0.208
	Danno SLD	63%	50	0.041	2.440	0.232
SLU ultimo	Vita SLV	10%	475	0.101	2.495	0.288
	Collasso SLC	5%	975	0.131	2.463	0.297

Dove:

SLE = stati limite di esercizio

SLO = stato limite di operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

SLD = stato limite di danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLU = stati limite ultimi

SLV = stato limite di salvaguardia della vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC = stato limite di prevenzione del collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tabella n. 8 - Coefficienti sismici

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,760	1,000	0,010	0,005	0,491	0,200
SLD	1,500	1,700	1,000	0,012	0,006	0,602	0,200
SLV	1,500	1,580	1,000	0,036	0,018	1,483	0,240
SLC	1,500	1,570	1,000	0,047	0,024	1,934	0,240

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche geologiche dei terreni di fondazione dell'opera in progetto sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.2 prove penetrometriche statiche CPT (prove P1 e P2):
P1 sulla sponda bresciana – loc. Monticelli d'Oglio
P2 sulla sponda cremonese – loc. Monasterolo
- n.1 prova sismica MASW.

L'ubicazione dell'indagine effettuata viene riportata nella planimetria allegata.

Prove penetrometriche statiche

Le prove statiche (CPT) consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica e un manicotto di attrito di dimensioni standard utilizzando un pistone idraulico che esercita una spinta costante (10 t).

La punta e il manicotto di attrito misurano rispettivamente la resistenza alla punta (R_p) e la resistenza laterale (R_l).

L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm.

Le caratteristiche del penetrometro statico Pagani tipo Gouda da 10 t utilizzato, rispondono agli standard europei richiesti per questo tipo di prove e presenta le seguenti specifiche tecniche:

- punta conica con angolo di 60° e superficie di 10 cm^2 ;
- manicotto di frizione con superficie di 150 cm^2 posto sopra la punta;
- le letture dei valori di resistenza alla punta e al manicotto vengono fatte su un manometro.

Le prove hanno raggiunto una profondità di 11,8 metri, sufficiente per la comprensione delle problematiche inerenti il sistema terreno-fondazione.

Le tabelle e i diagrammi di interpretazione delle prove penetrometriche vengono riportati in allegato.

Indagine sismica: prova MASW

Per la definizione del profilo sismico del sottosuolo e quindi per la stima del valore delle V_{s30} è stata eseguita n.1 indagine sismica con metodologia MASW.

La prova MASW in sito è stata eseguita utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24 a 24 canali,

Le specifiche tecniche dello strumento sono:

-processore:	Pentium 200 MMx Intel,
-Trattamento dati:	Floating Point 32-Bit,
-Ambiente operativo:	Windows 3.11,
-Canali:	24
-Display:	VGA colori LCD_TFT 10,4"
-Supporto memorizz.:	Hard Disk 2,1 Gb
-Risoluzione acquisizione:	6/24 bit

-Sonde ambiente interne:	temperatura, umidità relativa
-Formato dati:	Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat),
-Durata acquisizioni:	Rifrazione, 32÷2048 ms Riflessione, 32÷16384 ms,
-Tempi campionamento:	da 16 µs a 2 ms
-Filtri digitali:	Passa alto (25÷400 Hz) Passa Basso (100÷250 Hz)
	Notch (50÷180 Hz)
-Attivazione filtri:	in acquisizione o manualmente
-Trigger:	inibizione impulsi dovuti a rimbalzi

- Ricevitori – 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi con lunghezza 110 m l'uno.
- Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.
- Bindella metrica per posizionare i ricevitori

Configurazione spaziale delle prove MASW in sito

La prova MASW fornisce il profilo di velocità monodimensionale, assumendo un valore medio di velocità lungo lo stendimento dei ricevitori. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero dei ricevitori utilizzati, sia dallo spazio disponibile. Normalmente si dispongono ad un interasse costante compreso tra 0,5 m e 3 m. A parità di numero di ricevitori un interasse maggiore consente di avere uno stendimento più lungo e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda K ; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui diminuisce l'affidabilità del segnale misurato. Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda. In questo caso, per esigenze logistiche di cantiere, si è deciso di adottare un interasse pari a 1,5 metri che con 24 ricevitori consente di coprire una lunghezza totale di 34,5 metri.

La sorgente è stata posta ad una distanza pari a 14 metri.

Valutazione del suolo di fondazione (Azione sismica di progetto Vs30)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto sono stati esaminati i dati ottenuti dalla prospezione MASW, che permettono di caratterizzare il sottosuolo basandosi sulla misura diretta dei valori della velocità media delle onde di taglio V_s . Da tale analisi (vedi scheda Metodo Masw) si sono ottenuti i relativi valori di velocità delle onde V_s , per i vari strati individuati, di seguito riassunti:

Prospezione **prova MASW** onde di Rayleigh

1° strato:	velocità media onde V_s 150 m/sec	spessore medio 1,10 m
2° strato:	velocità media onde V_s 195 m/sec	spessore medio 2,10 m
3° strato:	velocità media onde V_s 272 m/sec	spessore medio 4,00 m
4° strato:	velocità media onde V_s 289 m/sec	spessore medio 5,00 m
5° strato:	velocità media onde V_s 302 m/sec	spessore medio 4,80 m
6° strato:	velocità media onde V_s 364 m/sec	spessore medio 12,90m

In base a quanto sopra la classificazione delle categorie dei suoli di fondazione, (cfr. Ord. Pres. Consiglio dei Ministri 3274 del 20-3-2003 e art. 3.2.2 DM 14-01-08), ai vari strati sismostratigrafici individuati, è stato associato il valore della velocità Vs direttamente misurate, consentendo di ottenere la Vs30, cioè la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, dall'espressione:

$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{Vs_i}}$$

Dove:

hi = spessore dello strato i-esimo

VSi = velocità onde S nello strato i-esimo

N = numero strati considerati

ottenendo in base ai dati sopra esposti, valori di Vs30 rispetto al piano di esecuzione dell'indagine, di:

Masw - Vs₃₀ = 295 m/sec

che corrispondono ad una **Categoria del suolo di fondazione di tipo C** (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, caratterizzati da valori di Vs30 compresi fra 180 e 360 m/s (15<NSPT< 50)).

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Le risultanze delle indagini eseguite, unitamente alle conoscenze geologiche acquisite dallo scrivente sul territorio comunale in prossimità dell'area di intervento, hanno permesso di ipotizzare l'assetto litostratigrafico del sottosuolo e, contestualmente, di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dalle fondazioni delle opere in progetto.

Modello litostratigrafico del sottosuolo

Le risultanze dell'indagine effettuata, unitamente a quanto riscontrato in precedenti indagini effettuate, ha consentito di individuare in superficie la presenza di terreni alluvionali in cui la litozona superficiale (**orizzonte A**) ha natura prevalentemente sabbioso-limosa fino ad una profondità di -2,4 m dal p.c. (nella prova P1 Monticelli D'Oglio è stata riscontrata la presenza di un orizzonte superficiale di riporto); tale orizzonte "A" possiede modeste proprietà geotecniche come testimoniano le risultanze delle prove eseguite. Nell'insieme è possibile attribuire a tale orizzonte sabbioso un carattere geomeccanico scadente. A partire da 2,4 m di profondità e fino a 3,6 m dal p.c. è presente un **orizzonte B** costituito da sabbie e ghiaietto ben costipate sature, dotato di buone proprietà geomeccaniche. A partire da 3,6 m dal p.c. e fino a 7,2m è presente un terzo orizzonte (**orizzonte C**) costituito da sabbie sature costipate. Più in profondità si rinviene un **orizzonte D** (oltre 7,2 m dal p.c.) costituito da sabbie e ghiaietto molto costipate e sature, caratterizzato da buone proprietà geomeccaniche, come dimostrano i valori di resistenza alla penetrazione della punta

A	(da 0,0 a 2,4 m) sabbie limose poco costipate
B	(da 2,4 a 3,6 m) sabbie e ghiaietto ben costipate
C	(da 3,6 a 7,2 m) sabbie costipate
D	(oltre 7,2 m)) sabbie e ghiaietto ben costipate

Modello geomeccanico

Nella seguente tabella, viene riportato il profilo geotecnico dei livelli riconosciuti, suddivisi in base delle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, stato di addensamento e proprietà fisico-meccaniche; per ciascuna grandezza fisica considerata, è stato riportato un range di valori di riferimento.

Orizzonte A – SABBIE LIMOSE (da 0,0 m a 2,4 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			Poco costipato
Peso di volume	g	t/m ³	1,8
Angolo di attrito	Ø	°	27
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	80
Densità relativa	Dr	%	35

Orizzonte B – SABBIE e GHIAETTO BEN COSTIPATE (da 2,4 m a 3,6 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			Ben Costipato
Peso di volume	g	t/m ³	1,9
Angolo di attrito	Ø	°	34
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	180
Densità relativa	Dr	%	65

Orizzonte C – SABBIE (da 3,6 m a 7,2 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			costipato
Peso di volume	g	t/m ³	1,85
Angolo di attrito	Ø	°	32
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	140
Densità relativa	Dr	%	50

Orizzonte D – SABBIE E GHIAIETTO BEN COSTIPATE (oltre 7,2 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			Ben Costipato
Peso di volume	g	t/m ³	1,9
Angolo di attrito	Ø	°	34
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	/
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	200
Densità relativa	Dr	%	65

Nella seguente tabella, viene riportato per ogni orizzonte individuato il **valore caratteristico * di resistenza al taglio** ottenuto analiticamente partendo dai valori medi sopra riportati:

Orizzonte A

Ø'm	27° valore medio
Ø'k	27° valore caratteristico *
Ø'd	21° valore di progetto

Orizzonte B

Ø'm	34° valore medio
Ø'k	34° valore caratteristico *
Ø'd	28° valore di progetto

Orizzonte C

Ø'm	32° valore medio
Ø'k	32° valore caratteristico *
Ø'd	26° valore di progetto

Orizzonte D

Ø'm	34° valore medio
Ø'k	34° valore caratteristico *
Ø'd	28° valore di progetto

***il valore caratteristico k** rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Nel caso specifico è stato determinato il valore caratteristico dell'angolo di attrito e della coesione non drenata Cu.

I valori caratteristici di Ø' sono determinabili con la seguente relazione:

$$\text{Ø'k} = \text{Ø'm} (1 + CxV\text{Ø})$$

Si tenga presente che quanto indicato per l'angolo di attrito interno Ø vale anche per la coesione non drenata Cu, applicando la medesima formula

dove:

Ø'k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno;

Ø'm = valore medio dell'angolo di attrito;

VØ = coefficiente di variazione di Ø', definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori di Ø;

C = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L' Eurocodice 7 fissa, per i parametri della resistenza al taglio, una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di **C = - 1,645**.

Di conseguenza la precedente relazione diventa:

$$\sigma'_k = \sigma'_m (1 - 1,645 V\sigma')$$

$V\sigma'$ coefficiente di variazione $= V\sigma' =$ rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori

Si riportano per completezza alcune importanti precisazioni riportate nelle Istruzioni del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) sulle NTC 2008

A) Valori caratteristici circa uguali ai valori medi

Nelle valutazioni che il geotecnico deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato, secondo il CSLP, il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (in fondazioni superficiali o in una frana il volume interessato dalla superficie di rottura è grande), con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

B) Valori caratteristici circa uguali ai valori minimi

Valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno (ad es. terreno di base di un palo, verifica a scorrimento di un muro), con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; (ad esempio, effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata).

Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta

operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.

I valori di progetto (σ'_d) di σ' o ($C_u d$) di C_u , sono determinabili invece con la seguente relazione, dove σ'_k = valore caratteristico dell'angolo di attrito interno

$$\sigma'_d = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \sigma'_k}{1,25} \right)$$

LIQUEFACIBILITA' DEL SOTTOSUOLO

Ai sensi della citata Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalle oscillazioni della falda stessa.

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

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

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

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

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

a) $c = 0$;

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

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

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

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Per il caso specifico il calcolo della suscettibilità alla liquefazione è stato effettuato utilizzando il **metodo semplificato di Iwasaki e al. (1984)** che si basa su dati provenienti da prove penetrometriche dinamiche (valori di N_{spt}).

In particolare nel metodo di Iwasaki e al. la resistenza alla liquefazione assume la seguente espressione:

$$R = 0.0882 N_{spt} \sqrt{\sigma_v' + 0.7} + 0.225 \log_{10} \left(\frac{0.35}{d_{50}} \right)$$

(per $d_{50} < 0.6$ mm)

oppure:

$$R = 0.0882 N_{spt} \sqrt{\sigma_v' + 0.7} - 0.05$$

(per $d_{50} \geq 0.6$ mm)

dove d_{50} è il diametro della curva granulometrica corrispondente al passante al 50% e σ_v' (kg/cm²) è la pressione verticale efficace

Viene considerato **non** liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

I valori di N_{spt} sono stati desunti dalle prove penetrometriche P1 e P2 eseguite.

I risultati della verifica vengono riportati nella tabella alla pagina seguente:

VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE									
(da prove dinamiche SPT)									
Metodo semplificato									
Metodo di Iwasaki et al. (1978) modificato (1984)									
PARAMETRI:									
γ	=	1,8	g/cm ³						
σ_{vo}	=	2,124	kg/cm ²						
σ_{vo}'	=	0,944	kg/cm ²						
profondità della prova	=	1180	cm						
profondità falda	=	0	cm						
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³						
Pressione neutra	=	1,18	kg/cm ²						
z	=	11,8	m						
N _{spt}	=	15							
d ₅₀	=	1,5							
M	=	7,4							
MSF	=	1,05	se M≤7.5						
		1,03	se M>7.5						
FORMULE:						RISULTATI:			
R	=	0,0882*E16* RADQ(E9+0,7)+0,225log(0,35/E17)			se 0,04 ≤ d ₅₀ ≤ 0,6	=	1,55412637	R	
R	=	0,0882*E16* RADQ(E9+0,7)-0,05			se 0,6 < d ₅₀ ≤ 1,5	=	1,646331594		
T	=	0,65*((a _{max} /g)*(σ _{vo} /σ _{vo} '))*r _d *1/MSF			se M≤7.5	=	0,006806772	T _{M≤7,5}	
					se M>7.5	=	0,006877204	T _{M>7,5}	
a _{max} /g		=	0,05						
r _d		=	0,0973						
F _s =R/T	>	1	se M ≤ 7.5	se 0,04 ≤ d ₅₀ ≤ 0,6	=	228,3206038	Verificato F _s		
				se 0,6 < d ₅₀ ≤ 1,5		241,8667045	Verificato F _s		
			se M > 7.5	se 0,04 ≤ d ₅₀ ≤ 0,6	=	225,9822913	Verificato F _s		
				se 0,6 < d ₅₀ ≤ 1,5		239,3896615	Verificato F _s		

Come si evince dalla tabella la verifica alla liquefazione risulta soddisfatta (valore di $F_s > 1$), pertanto il terreno di sottofondazione può essere ritenuto **NON LIQUEFACIBILE**.

CONCLUSIONI

L'indagine eseguita ha consentito di giungere ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, consentendo di verificare la fattibilità dell'intervento in progetto.

Fatte le necessarie verifiche e valutazioni geologico geotecniche si rende necessario l'impiego di **FONDAZIONI INDIRETTE TIPO PALI**.

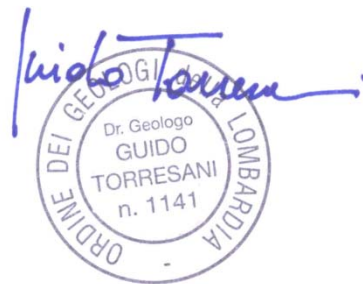
La tipologia di palo da adottarsi dovrà tenere in considerazione le caratteristiche del substrato indicate in precedenza; in particolare la presenza della falda a profondità di circa 1,8 – 2,0 m dal p.c. (0 RIF.) e litologie sature in tutto lo sviluppo del palo (il palo lavora sia di punta che per attrito laterale).

Si suggerisce l'impiego di pali trivellati di grosso diametro (400-500 mm); questo sia per aumentare l'attrito laterale sia per resistere meglio alla flessione. I pali dovranno essere intestati a circa 10 m di profondità dal p.c. (o 0 di RIF.) dove è presente un significativo orizzonte portante (orizzonte "D") in grado di sostenere e ammorsare il palo stesso al fine di contrastare le spinte orizzontali.

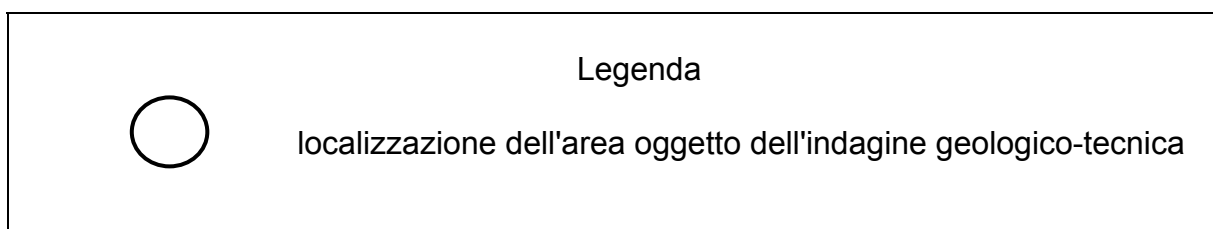
In fase operativa si eseguiranno due pali di prova (prova di carico su palo) che serviranno a tarare il modello fondazionale circa la reale capacità portante dei pali.

Si rimane comunque a disposizione per ulteriori verifiche, qualora in fase di esecuzione dei lavori si presentasse una situazione diversa da quella prospettata.

Orzinuovi, 14/05/2014



INQUADRAMENTO COROGRAFICO - CTR
Scala 1: 10.000



INQUADRAMENTO DELL'AREA DI INTERVENTO SU FOTO AEREA
CON UBICAZIONE DELLE PROVE ESEGUITE

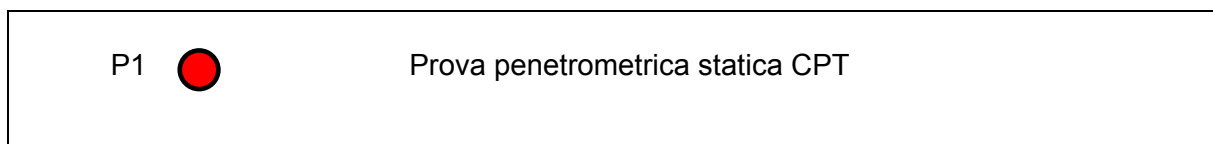
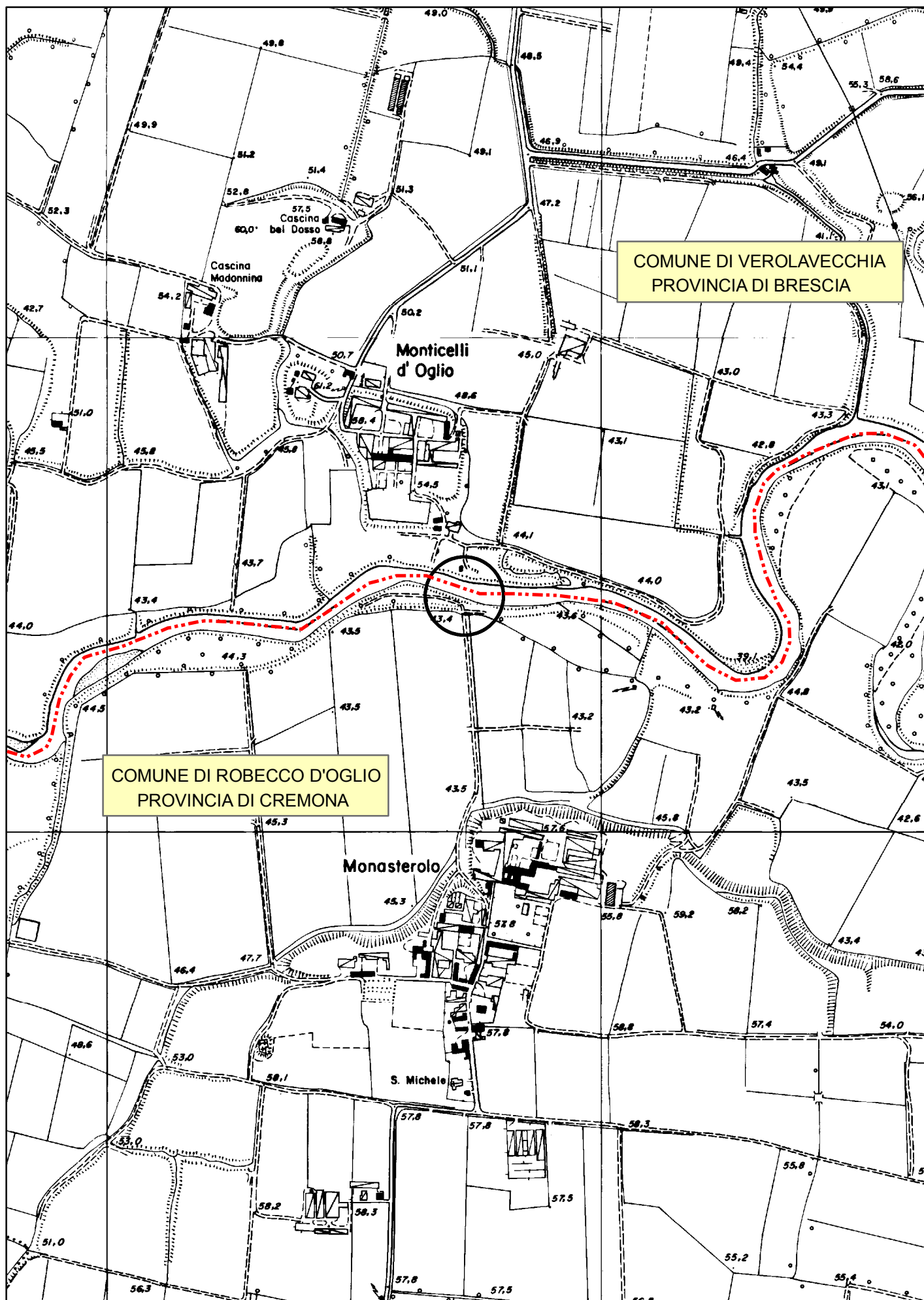


TABELLE E DIAGRAMMI DI INTERPRETAZIONE DEI DATI PENETROMETRICI

TABELLE PARAMETRI GEOTECNICI

RISULTATI PROVA MASW

DICHIARAZIONE DI RESPONSABILITA' DELL'ESTENSORE DELLA
RELAZIONE GEOTECNICA



INQUADRAMENTO COROGRAFICO CTR - SCALA 1:10.000 - FOGLIO D7A2 - COMUNI DI VEROLAVECCHIA (BS)
E ROBECCO D'OGLIO (CR)



Comune di Verolavecchia
Loc. Monticelli d'Oglio

P1



P2



Comune di Robecco d'Oglio
Loc. Manasterolo

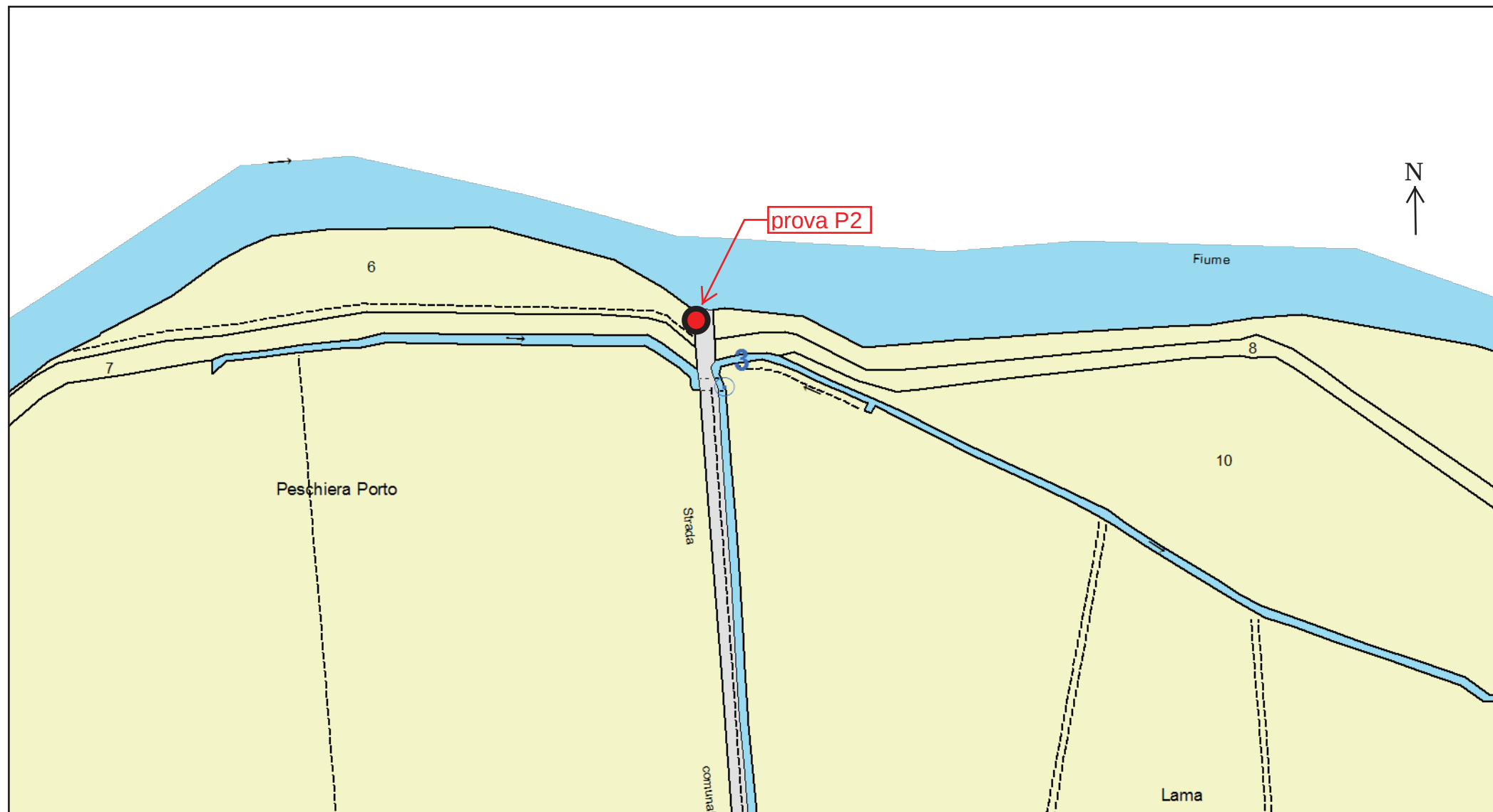
Image © 2014 DigitalGlobe



Data di a



Catasto



Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007- email info@programgeo.it

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P1

Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cm ^q)	Rp+Rl (kg/cm ^q)	qc(kg/cm ^q)	fs(kg/cm ^q)	u(kg/cm ^q)	fs/qc%
0,2	100	150	100	3,33		3,33
0,4	100	150	100	3,33		3,33
0,6	100	150	100	3,33		3,33
0,8	100	150	100	0,27		0,27
1	25	29	25	0,27		1,08
1,2	22	26	22	0,47		2,14
1,4	22	29	22	0,8		3,64
1,6	29	41	29	0,47		1,62
1,8	48	55	48	1		2,08
2	28	43	28	2,13		7,61
2,2	156	188	156	1,13		0,72
2,4	96	113	96	1,87		1,95
2,6	72	100	72	1,33		1,85
2,8	107	127	107	1,73		1,62
3	201	227	201	3,93		1,96
3,2	226	285	226	1,2		0,53
3,4	166	184	166	2,6		1,57
3,6	103	142	103	1,73		1,68
3,8	60	86	60	0,93		1,55
4	90	104	90	1,93		2,14
4,2	70	99	70	2,47		3,53
4,4	81	118	81	0,6		0,74
4,6	99	108	99	1		1,01
4,8	78	93	78	1,2		1,54
5	128	146	128	1,53		1,2
5,2	129	152	129	2,47		1,91
5,4	94	131	94	1,2		1,28
5,6	59	77	59	1		1,69
5,8	66	81	66	2,4		3,64
6	65	101	65	1,73		2,66
6,2	72	98	72	1		1,39
6,4	83	98	83	1,67		2,01
6,6	30	55	30	1		3,33
6,8	25	40	25	1,8		7,2
7	37	64	37	0,93		2,51
7,2	88	102	88	2,53		2,87
7,4	105	143	105	2,47		2,35
7,6	112	149	112	3,07		2,74
7,8	99	145	99	2,47		2,49
8	108	145	108	2,6		2,41
8,2	132	171	132	2,47		1,87
8,4	128	165	128	2,47		1,93
8,6	127	164	127	2,47		1,94
8,8	154	191	154	2,13		1,38
9	108	140	108	2,2		2,04

Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007- email info@programgeo.it

<i>Profondità (m)</i>	<i>Rp(kg/cmq)</i>	<i>Rp+Rl (kg/cmq)</i>	<i>qc(kg/cmq)</i>	<i>fs(kg/cmq)</i>	<i>u(kg/cmq)</i>	<i>fs/qc%</i>
9,2	114	147	114	4,27		3,75
9,4	144	208	144	3,8		2,64
9,6	137	194	137	2,73		1,99
9,8	134	175	134	3,33		2,49
10	143	193	143	2,87		2,01
10,2	169	212	169	3,33		1,97
10,4	124	174	124	0,87		0,7
10,6	71	84	71	1,87		2,63
10,8	108	136	108	2,33		2,16
11	99	134	99	2,8		2,83
11,2	106	148	106	3,2		3,02
11,4	106	154	106	2,4		2,26
11,6	100	136	100	1,27		1,27
11,8	99	118	99	1,27		1,28

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

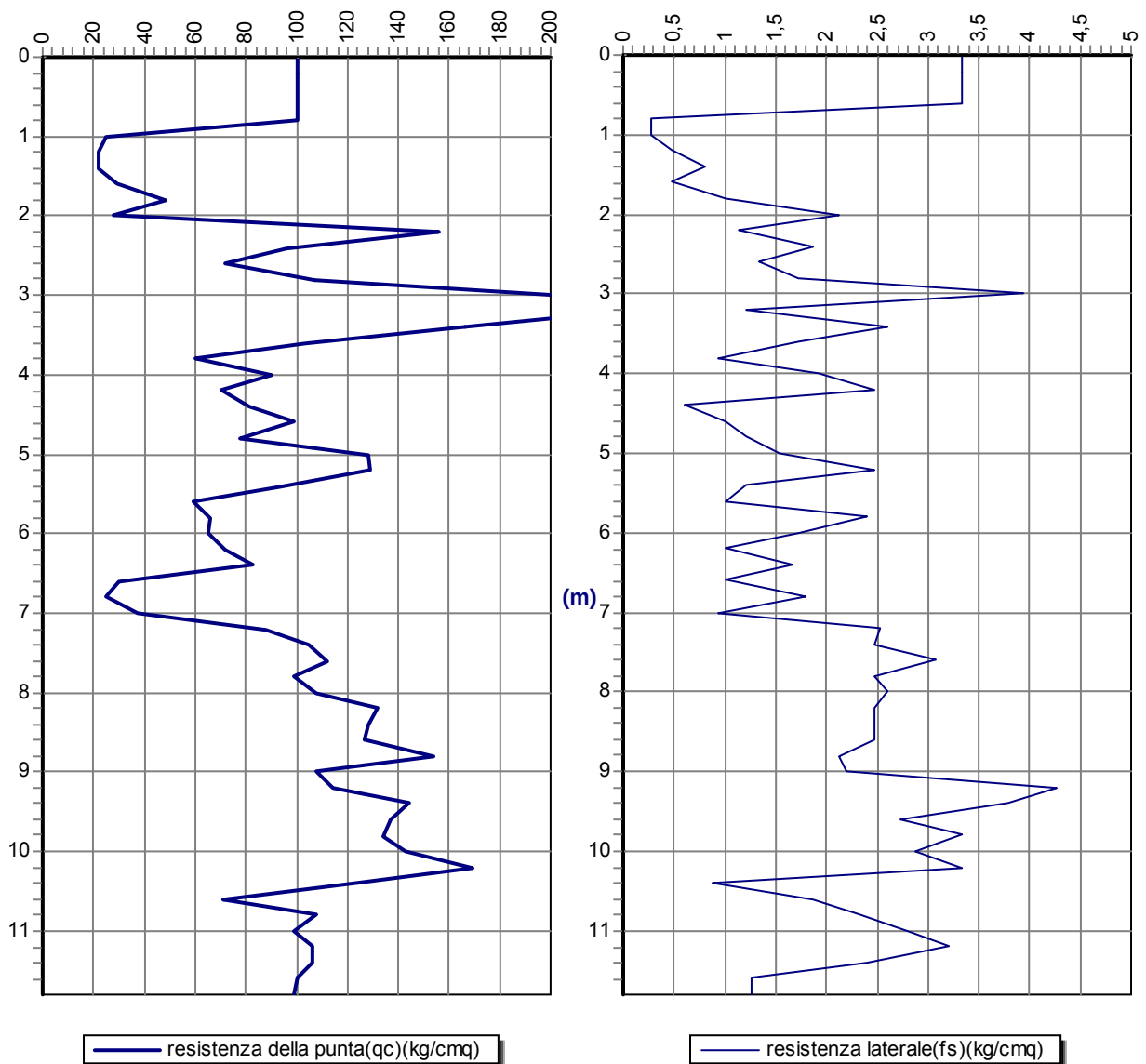
Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P1

Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,8

Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007- email info@programgeo.it

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P2

Tabulato della prova

Profondità (m)	Rp(kg/cmq)	Rp+Rl (kg/cmq)	qc(kg/cmq)	fs(kg/cmq)	u(kg/cmq)	fs/qc%
0,2	22	40	22	1,33		6,05
0,4	18	38	18	1		5,56
0,6	19	34	19	0,8		4,21
0,8	24	36	24	0,87		3,63
1	21	34	21	0,93		4,43
1,2	14	28	14	0,47		3,36
1,4	15	22	15	0,87		5,8
1,6	15	28	15	1,07		7,13
1,8	30	46	30	0,33		1,1
2	48	53	48	0,6		1,25
2,2	44	53	44	0,67		1,52
2,4	34	44	34	1,27		3,74
2,6	118	137	118	1,13		0,96
2,8	155	172	155	1,07		0,69
3	97	113	97	2,07		2,13
3,2	92	123	92	0,6		0,65
3,4	77	86	77	1,4		1,82
3,6	12	33	12	0,73		6,08
3,8	7	18	7	0,27		3,86
4	9	13	9	0,53		5,89
4,2	49	57	49	0,8		1,63
4,4	52	64	52	1,4		2,69
4,6	57	78	57	0,8		1,4
4,8	48	60	48	1,13		2,35
5	72	89	72	1,67		2,32
5,2	71	96	71	1,93		2,72
5,4	75	104	75	1,27		1,69
5,6	89	108	89	0,87		0,98
5,8	105	118	105	2		1,9
6	79	109	79	0,8		1,01
6,2	70	82	70	1,2		1,71
6,4	75	93	75	1,07		1,43
6,6	90	106	90	0,73		0,81
6,8	68	79	68	0,73		1,07
7	42	53	42	0,6		1,43
7,2	30	39	30	1		3,33
7,4	93	108	93	0,4		0,43
7,6	117	123	117	2,33		1,99
7,8	119	154	119	1,53		1,29
8	109	132	109	1,33		1,22
8,2	91	111	91	1,47		1,62
8,4	54	76	54	1,27		2,35
8,6	35	54	35	1,4		4
8,8	71	92	71	0,87		1,23
9	137	150	137	2,2		1,61

Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007- email info@programgeo.it

<i>Profondità (m)</i>	<i>Rp(kg/cmq)</i>	<i>Rp+Rl (kg/cmq)</i>	<i>qc(kg/cmq)</i>	<i>fs(kg/cmq)</i>	<i>u(kg/cmq)</i>	<i>fs/qc%</i>
9,2	130	163	130	1,87		1,44
9,4	122	150	122	3		2,46
9,6	115	160	115	2,73		2,37
9,8	119	160	119	3,47		2,92
10	125	177	125	3,13		2,5
10,2	169	216	169	3,8		2,25
10,4	178	235	178	2,07		1,16
10,6	102	133	102	1,53		1,5
10,8	114	137	114	3,53		3,1
11	132	185	132	2,27		1,72
11,2	127	161	127	2,6		2,05
11,4	54	93	54	2,67		4,94
11,6	34	74	34	2,6		7,65
11,8	114	153	114	2,6		2,28

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

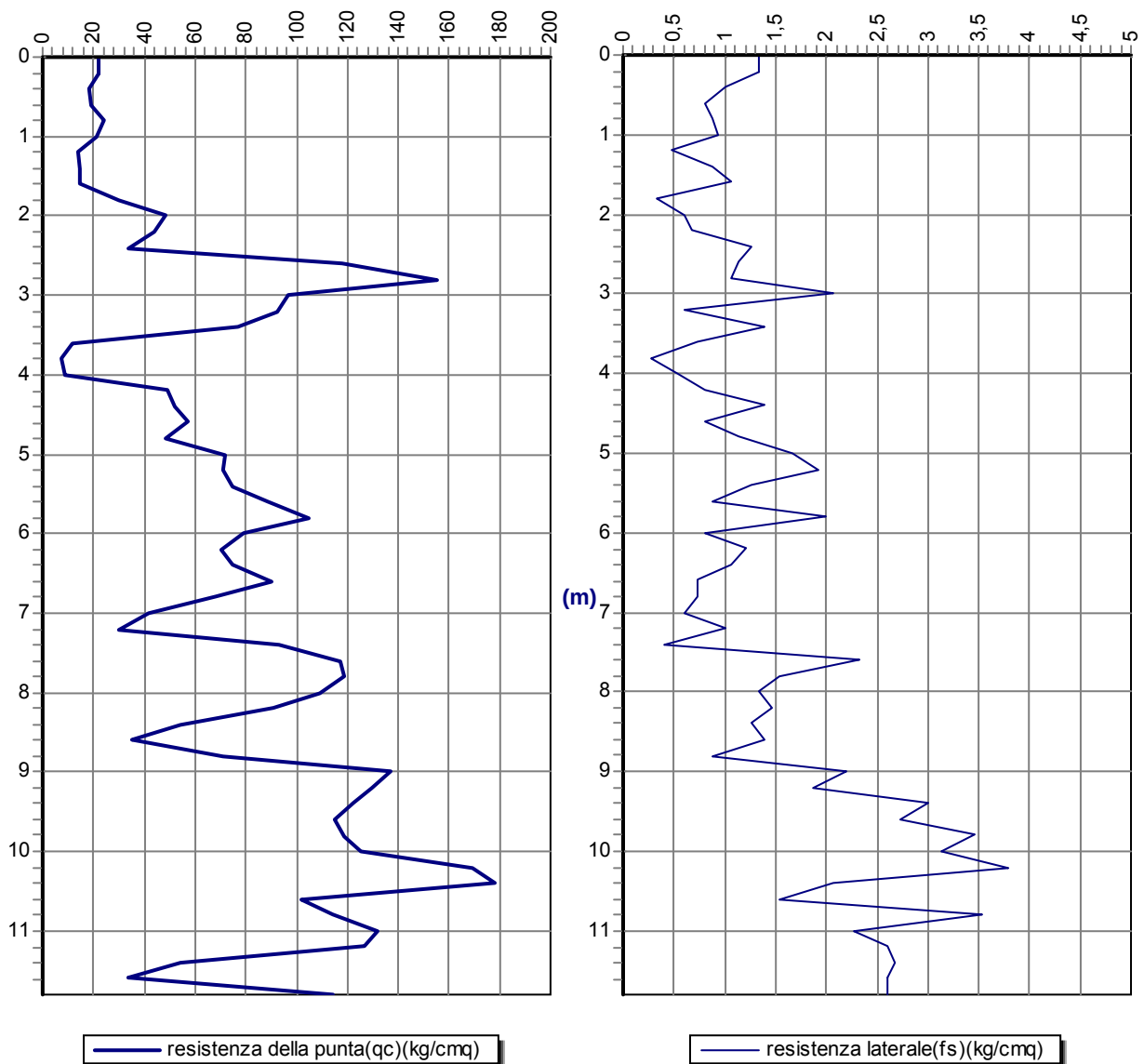
Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P2

Grafico della prova



Profondità della falda dal p.c.(m): 1,8

Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007 - email info@programgeo.it

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P1

Parametri geotecnici

<i>Profondità base strato(m)</i>	<i>qc (kg/cmq)</i>	<i>Descrizione litologica dello strato</i>	<i>k (m/s)</i>	<i>Cc</i>	<i>Angolo d'attrito(°)</i>	<i>Peso di volume naturale (t/mc)</i>	<i>Densità relativa %</i>	<i>Modulo di Young (kg/cmq)</i>	<i>Coesione non drenata (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. coesivi (kg/cmq)</i>	<i>O. C. R.</i>	<i>Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)</i>	<i>Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)</i>	<i>Pres.eff. a metà strato (kg/cmq)</i>
0,8	100	Riporto												
2	22	Sabbia			27	1,8	35	80				185	42	0,31
3,6	107	Sabbia e ghiaietto			34	1,9	65	180				487	77	0,51
7,2	64	Sabbia			32	1,85	50	140				355	61	0,82
11,8	111	Sabbia e ghiaietto			34	1,9	65	200				498	74	1,29

Profondità della falda (m): 1,8

Geol. Guido Torresani

Via Roma 4 - 25034 Orzinuovi (BS)

tel/fax 030944193 - cell 3287214007- email info@programgeo.it

Committente: Parco Oglio Nord

Località: Verolavecchia (BS) - Robecco d'Oglio (CR)

Data: maggio 2014

Attrezzatura: penetr. statico

Note:

Quota(m):43

Sigla: \P2

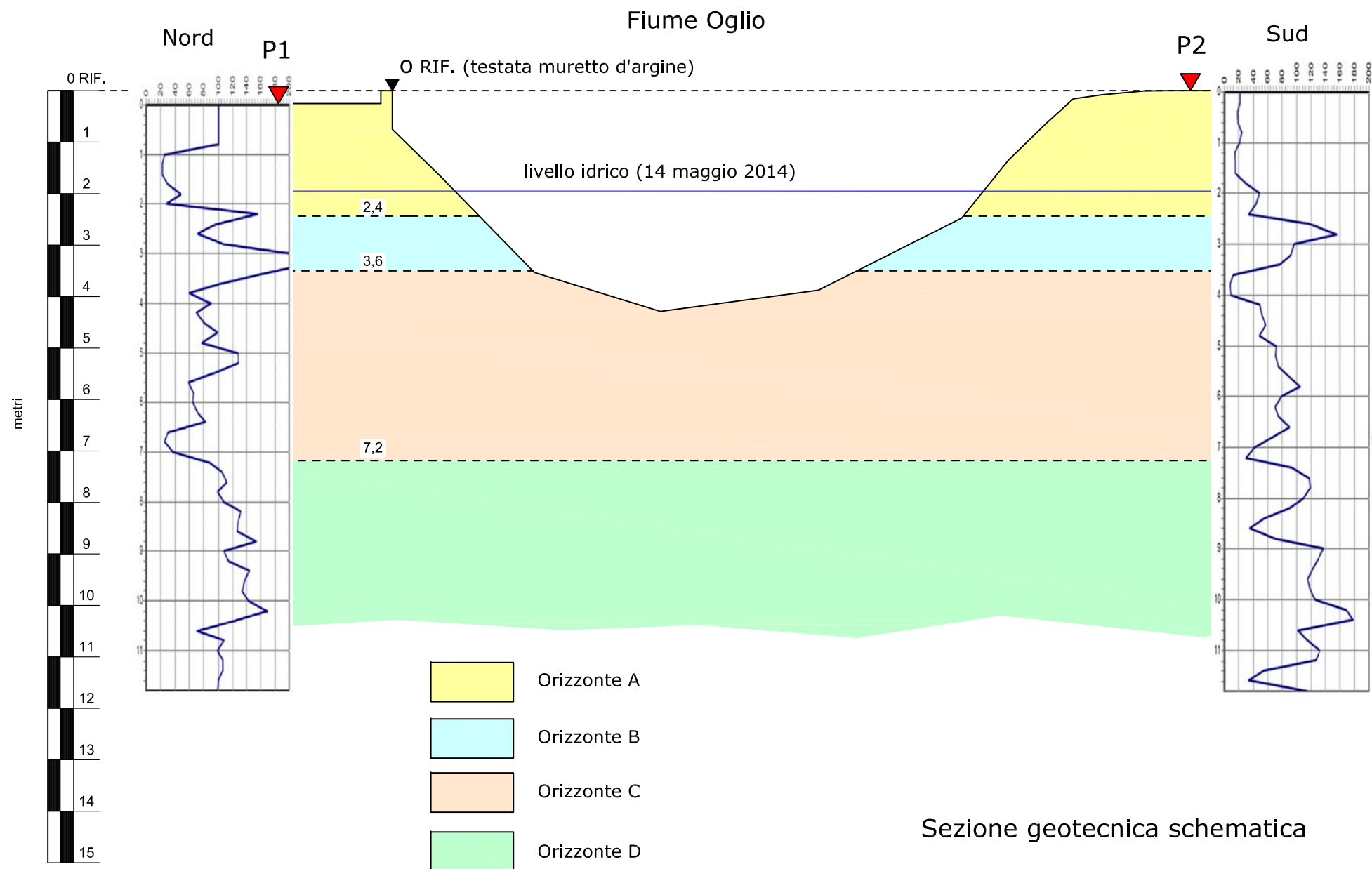
Parametri geotecnici

Profondità base strato(m)	qc (kg/cmq)	Descrizione litologica dello strato	k (m/s)	Cc	Angolo d'attrito(°)	Peso di volume naturale (t/mc)	Densità relativa %	Modulo di Young (kg/cmq)	Coesione non drenata (kg/cmq)	Modulo edom. coesivi (kg/cmq)	O. C. R.	Modulo dinamico di taglio (kg/cmq)	Modulo edom. incoerenti (kg/cmq)	Pres. eff. a metà strato (kg/cmq)
2,4	20	Sabbia limosa			27	1,8	35	80				175	47	0,25
3,4	83	Sabbia e ghiaietto			34	1,9	35	180				417	75	0,51
7,2	47	Sabbia			32	1,85	50	120				294	53	0,78
11,8	94	Sabbia e ghiaietto			34	1,9	65	200				450	69	1,25

Profondità della falda (m): 1,8

Verolavecchia - loc. Monticelli d'Oglio

Robecco d'Oglio - loc. Monasterolo



Studio di Geologia dr. Torresani Guido

Via Roma, 4 - 25034 ORZINUOVI (BS)

Prospezione Sismica di superficie
Definizione Azione Sismica di progetto
(in ottemperanza D.M. 14 gennaio 2008)
Metodologia MASW

COMMITTENTE:

Parco Oglio Nord

Dir. Lavori: Geol. Guido Torresani

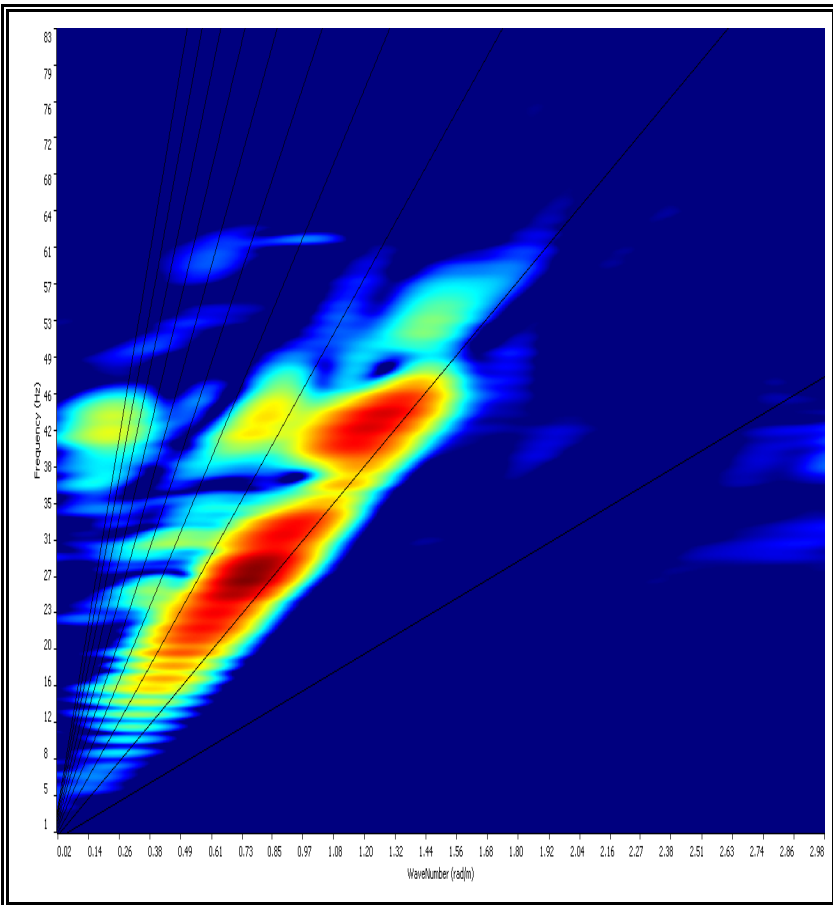
Nome File: MW_Monticelli

Località: Monticelli d'Oglio - Verolavecchia

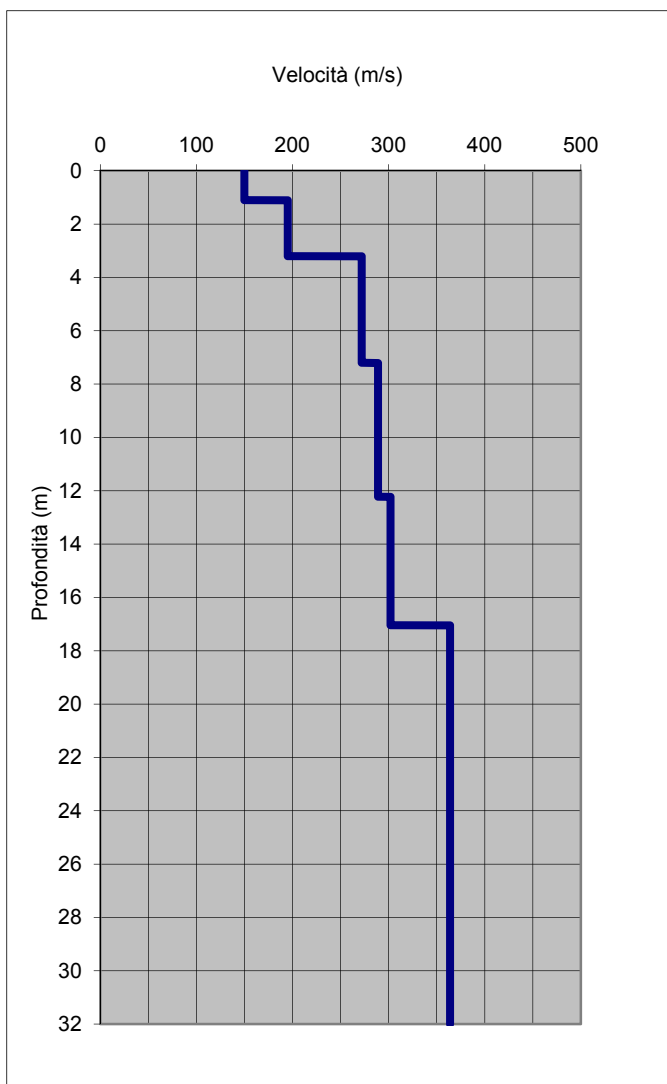
Data: maggio 2014

Strumentazione: PASI SG 24

Cantiere: nuova passerella ciclopeditonale



Spettro Ampiezza/Frequenza



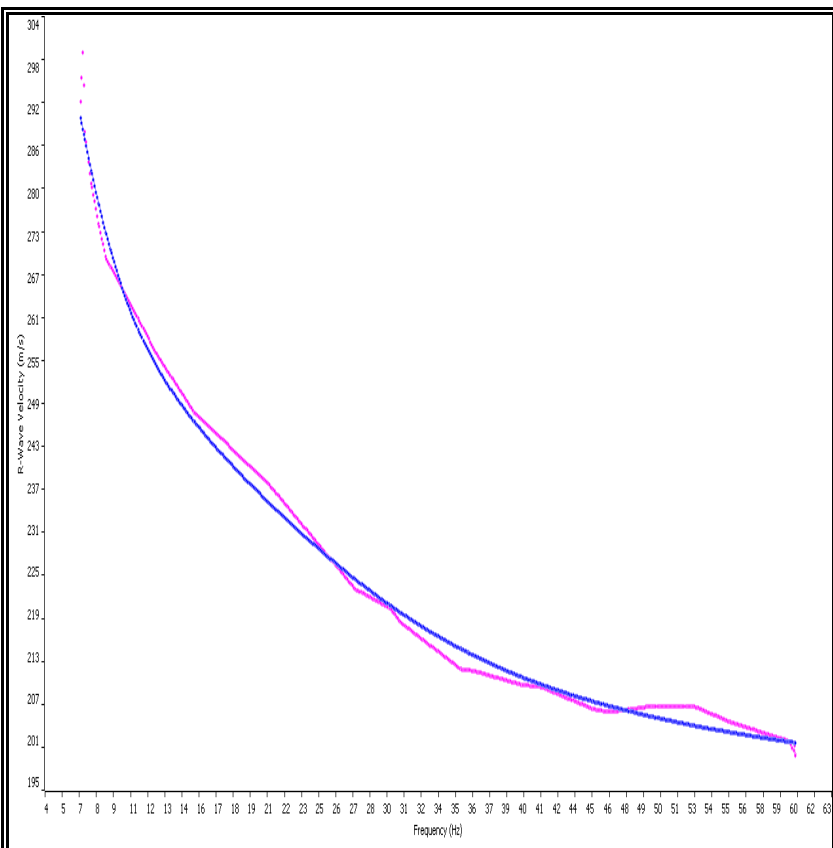
Profilo velocità/profondità

	Profondità		Spessore	Vel. Media
	da	a	m	m/sec
Strato1	0,00	1,10	1,10	150
Strato2	1,10	3,20	2,10	195
Strato3	3,20	7,20	4,00	272
Strato4	7,20	12,22	5,02	289
Strato5	12,22	17,04	4,82	302
Strato6	17,04	30,00	12,96	364

$V_{s30} = 295$ m/sec

Caratteristiche

N° geofoni a 4,5Hz	24
Spaziatura geofoni	1,5 m
Lunghezza base	34,5 m
Energizzazione	14 m



Sovrapposizione Curva teorica /Curva di calcolo

**DICHIARAZIONE RESPONSABILITÀ DELL'ESTENSORE
DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E/O GEOTECNICA**

Alla Regione Lombardia
Settore LL.PP. ed Ed.Res.
Servizio Provinciale del
Genio Civile di **BRESCIA - CREMONA**

OGGETTO: L.R. 24 maggio 1985, n. 46 "Snellimento delle procedure per la vigilanza sulle costruzioni in zone sismiche regionali" - Dichiarazione.

Il sottoscritto **DOTT. GEOLOGO GUIDO TORRESANI**

nato a	<u>ORZINUOVI</u>	il	<u>06/10/1971</u>
residente in Comune di	<u>ORZINUOVI (BS)</u>	località	
via	<u>Cesarina</u>	n.	<u>1</u>
con studio in Comune di	<u>Orzinuovi</u>	località	
via	<u>Roma</u>	n.	<u>4</u>
iscritto all'Albo dei	<u>Geologi</u>	della Regione	<u>Lombardia</u>
al n.	<u>1141</u>	in qualità di ESTENSORE DELLA RELAZIONE GEOLOGICA E/O RELAZIONE GEOTECNICA	

inerte il terreno di fondazione di **REALIZZAZIONE NUOVA PASSERELLA CICLODEPONALE SUL
FIUME OGLIO DI COLLEGAMENTO TRA MONTICELLI D'OGGIO
(COMUNE DI VEROLAVECCHIA - BS) E MONASTEROLO (ROBECCO
D'OGGIO - CR)**

sito in Comune di VEROLAVECCHIA (BS)
ROBECCO D'OGGIO (CR) di proprietà della PARCO OGLIO NORD

DICHIARA

che nella stesura della suddetta relazione è stata effettuata la piena osservanza delle norme sismiche vigenti.

Data, 14/05/2014

L'estensore della relazione geologica e/o geotecnica

Geol. Guido Torresani

Geol. Guido Torresani

