

# COMUNE DI MORETTA (CN)

Lavori presso la scuola elementare G. Prat di riconversione funzionale e abbattimento barriere architettoniche



Responsabile del procedimento: geom. Roberto Mina

R.T.P. di progettazione:

Settanta7 studio associato

arch. Daniele Rangone

arch. Elena Rionda

ing. Luca Ronco

ing. Alberto

Brondello



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

1264 Dott. Ing. Luca Ronco



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A1653 Dott. Ing. Alberto Brondello

ing. Luca Lussorio

geol. Giuseppe Galliano

arch. Francesca Cordero



ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO

A1553 Dott. Ing. Luca Lussorio



PROGETTO ESECUTIVO  
Data consegna: SETTEMBRE 2017

Relazione geologica e geotecnica

0041430003-PE-2-S-024-  
Relazione geologica e geotecnica



## INDICE

<b><u>PREMESSA .....</u></b>	<b><u>2</u></b>
<b><u>1.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO .....</u></b>	<b><u>3</u></b>
<b><u>2.0 - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI.....</u></b>	<b><u>6</u></b>
<b><u>3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI.....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>2.1 - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA GENERALE .....</u></b>	<b><u>10</u></b>
<b><u>4.0 - MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA INDAGATA .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>5.0 - MODELLO GEOTECNICO .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>5.1.0 - INDAGINI PREGRESSE DISPONIBILI .....</u></b>	<b><u>12</u></b>
<b><u>5.2.0 - INDAGINI INSITU.....</u></b>	<b><u>16</u></b>
<b><u>5.3.0 - ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO DELL'AREA.....</u></b>	<b><u>19</u></b>
<b><u>5.4.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI .....</u></b>	<b><u>19</u></b>
5.4.1 - PARAMETRI GEOTECNICI DEI LIMI SABBIOSI (UNITÀ I).....	19
5.4.2 - PARAMETRI GEOTECNICI DEI LIVELLI DELLE SABBIE LIMOSE (UNITÀ II).....	19
5.4.2 - PARAMETRI GEOTECNICI DEI LIVELLI DELLE SABBIE LIMOSE (UNITÀ III).....	20
<b><u>5.5.0 - LE INDAGINI GEOFISICHE .....</u></b>	<b><u>20</u></b>
5.5.1 - STRUMENTAZIONE UTILIZZATA ED ELABORAZIONE DATI .....	21
5.5.2 - CLASSIFICAZIONE SISMICA .....	23
ZONA SISMICA .....	23
5.5.3 - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	24
5.5.4 - RISULTATI DELLA PROVA MASW .....	26
5.5.5 - RISULTATI DELL'INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE .....	27
5.5.6 - PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO .....	28
5.5.7 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE .....	30
5.5.8 - VERIFICA DEL RISCHIO LIQUEFAZIONE .....	33



## PREMESSA

*Nell'ambito dell'incarico affidato per la progettazione dei lavori presso la scuola elementare "G.Prati" di riconversione funzionale e abbattimento barriere architettoniche nel Comune di Moretta, lo scrivente si è occupato della stesura dell'elaborato di carattere geologico e geotecnico per la caratterizzazione dei terreni.*

*L'elaborato si basa sui risultati di indagini disponibili fornite dal comune relative al "Progetto di costruzione di montalettighe a servizio di Casa di Riposo "Villa Loreto" integrate da indagini in situ che hanno compreso prove penetrometriche dinamiche continue, statiche e un'indagine geofisica (sismica a rifrazione in onde di compressione -modello tomografico delle velocità sismiche, prova MASW - profilo di rigidità in onde di taglio del sottosuolo).*

*Il documento è finalizzato alla definizione del modello geologico del sito e geotecnico dei terreni di fondazione.*

*Per l'espletamento del lavoro sono stati consultati i dati pubblicati nella letteratura specifica:*

- *le carte edite dalla Banca Dati Geologica Regionale, a cura del Settore per la Prevenzione del Rischio Geologico, Meteorologico e Sismico della Regione Piemonte;*
- *la cartografia dei dissesti Progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi in Italia);*
- *gli allegati geologici al P.R.G.C. vigente.*

*L'elaborato viene predisposto, inoltre, in ottemperanza alle norme di legge vigenti ed in particolare:*

- *D.M. 14/01/2008 «Nuove norme tecniche per le costruzioni» e O.P.C.M. n°3431/2005;*
- *D.P.C.M. 24/05/2001 "Approvazione del "Piano Stralcio per la difesa del suolo dal rischio idraulico e idrogeologico. (Legge 183/89, art. 17 comma 6-ter)" adottato dall'Autorità di Bacino del Fiume Po con Deliberazione del Comitato Istituzionale 26/04/2001 n. 18;*
- *Ordinanza P. C. M. 20 marzo 2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- *Ord. P.C.M. 3316 02/10/2003 "Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".*
- *L.R. n. 56/77 e s.m.i., "Legge urbanistica regionale";*
- *Circolare PGR n°11/PRE dell'8 maggio 1990 "Circolare esplicativa sugli adempimenti in ordine all'applicazione del D.M. 11 marzo 1998 ...";*
- *N.T.A. del P.R.G.C. vigente.*





## 1.0 - INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO

L'area indagata si colloca presso l'abitato di Moretta Capoluogo in via Martiri della Libertà n.10.

Si tratta di un'area pianeggiante diffusamente urbanizzata e antropizzata posta in destra orografica del Fiume Po alla quota altimetrica di 255 m s.l.m.

Gli interventi a progetto sono previsti in continuità degli edifici scolastici esistenti.

Le informazioni di carattere topografico relative al sito in esame risultano contenute:

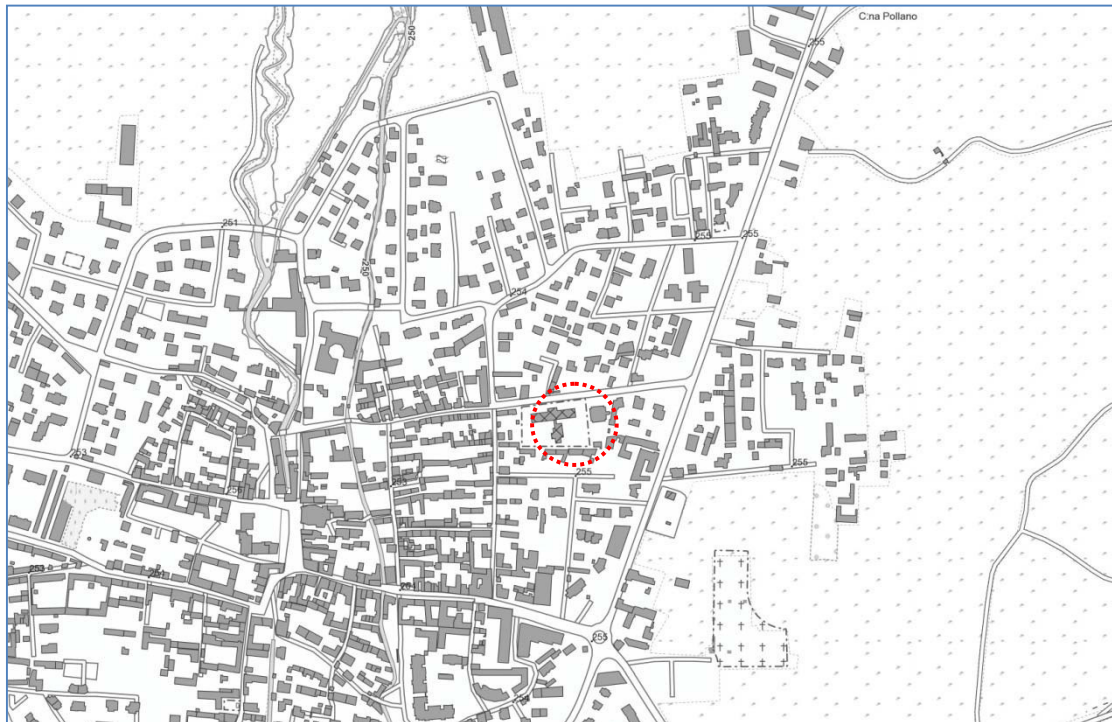
- nella tavoletta "Villanova Solaro" (III S.O.) alla scala 1:25.000 Foglio n°68 CUNEO edita dall'Istituto Geografico Militare



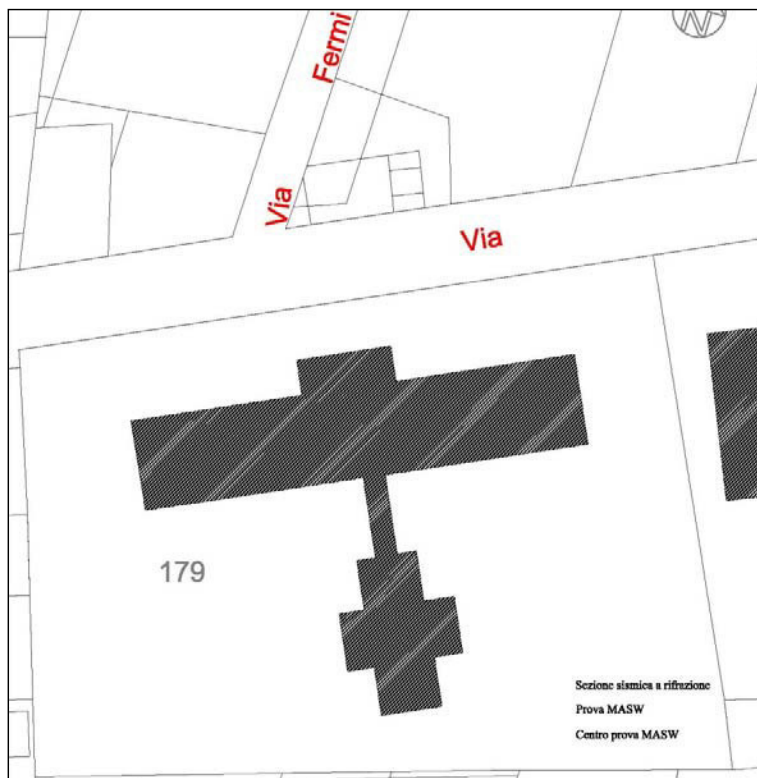




- nella sezione 191160 "Savigliano" della base CTR alla scala 1:10.000.



Stralcio di planimetria catastale





*Stralcio foto aerea dell'area indagata (da Google Maps)*

*Foto n.1 - Vista d'insieme dell'area di interesse*





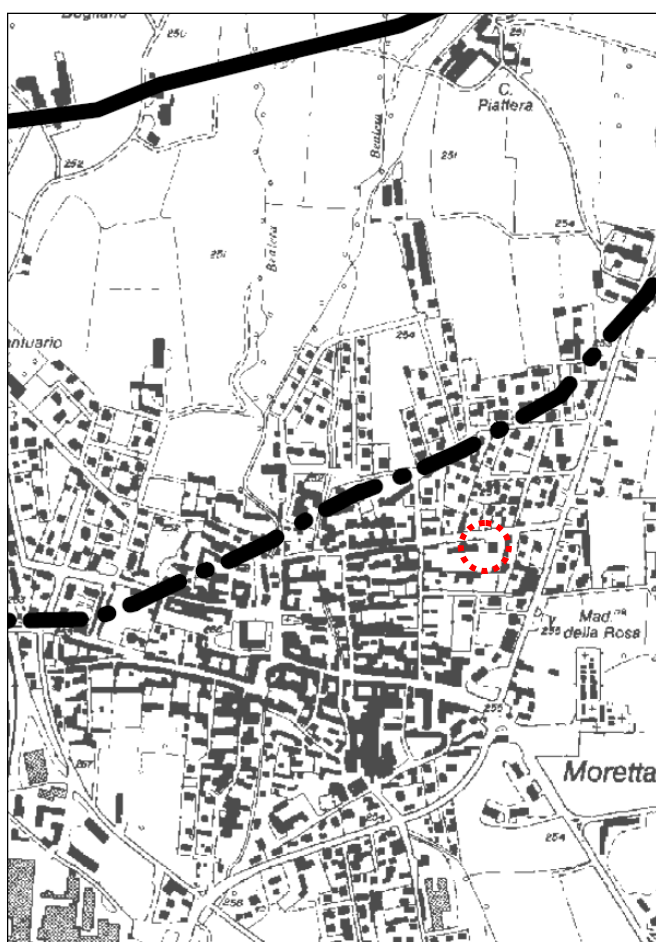


## 2.0 - LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

In merito ai processi geomorfologici ed alla definizione delle condizioni di dissesto del territorio indagato, la consultazione della documentazione bibliografica disponibile e gli approfondimenti condotti in sito hanno consentito una definizione esaustiva del un quadro di dissesto.

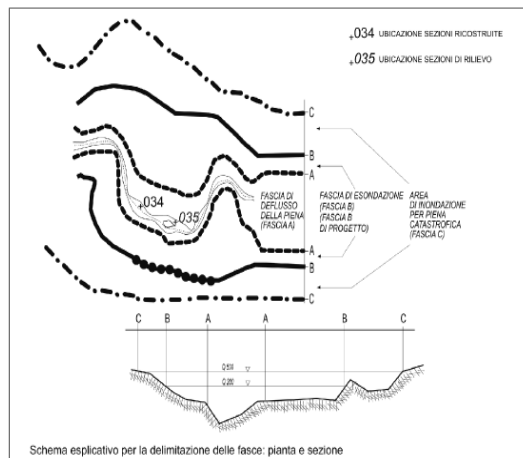
I dati reperiti dalla bibliografia disponibile sono di seguito riportati.

*Stralcio cartografia del PAI "Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – delimitazione delle aree in dissesto";*




### LEGENDA

-----	limite (*) tra la Fascia A e la Fascia B
————	limite (*) tra la Fascia B e la Fascia C
- · - · - ·	limite (*) esterno della Fascia C
●●●●●●	limite (*) di progetto tra la Fascia B e la Fascia C



Schema esplicativo per la delimitazione delle fasce: pianta e sezione

#### Elementi conoscitivi

 **area inondabile** per eventi della piena di riferimento in assenza dell'intervento di realizzazione del limite del progetto (solo per i corsi d'acqua per i quali è disponibile lo specifico approfondimento)

#### Inquadramento

 rimando ad altra tavola e numero della tavola

(\*) Il limite è individuato dal bordo interno del graficismo

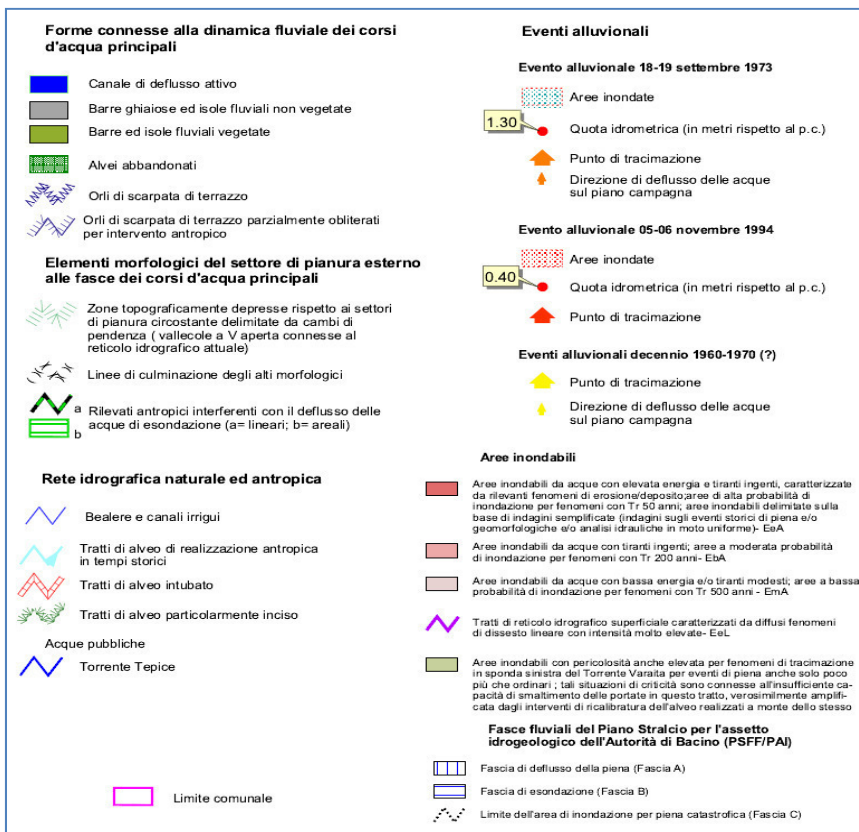
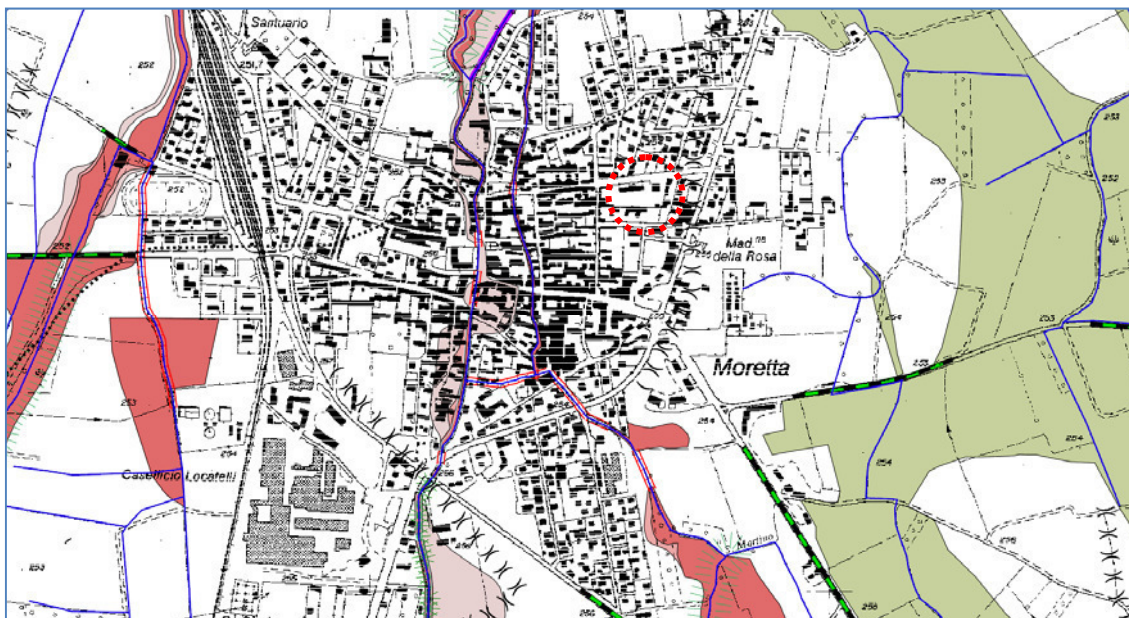
*Estratto cartografia del PAI (Foglio 191 sez. 1 Villafranca Piemonte) – interventi sulla rete idrografica e sui versanti - Tavole di delimitazione delle Fasce Fluviali.*





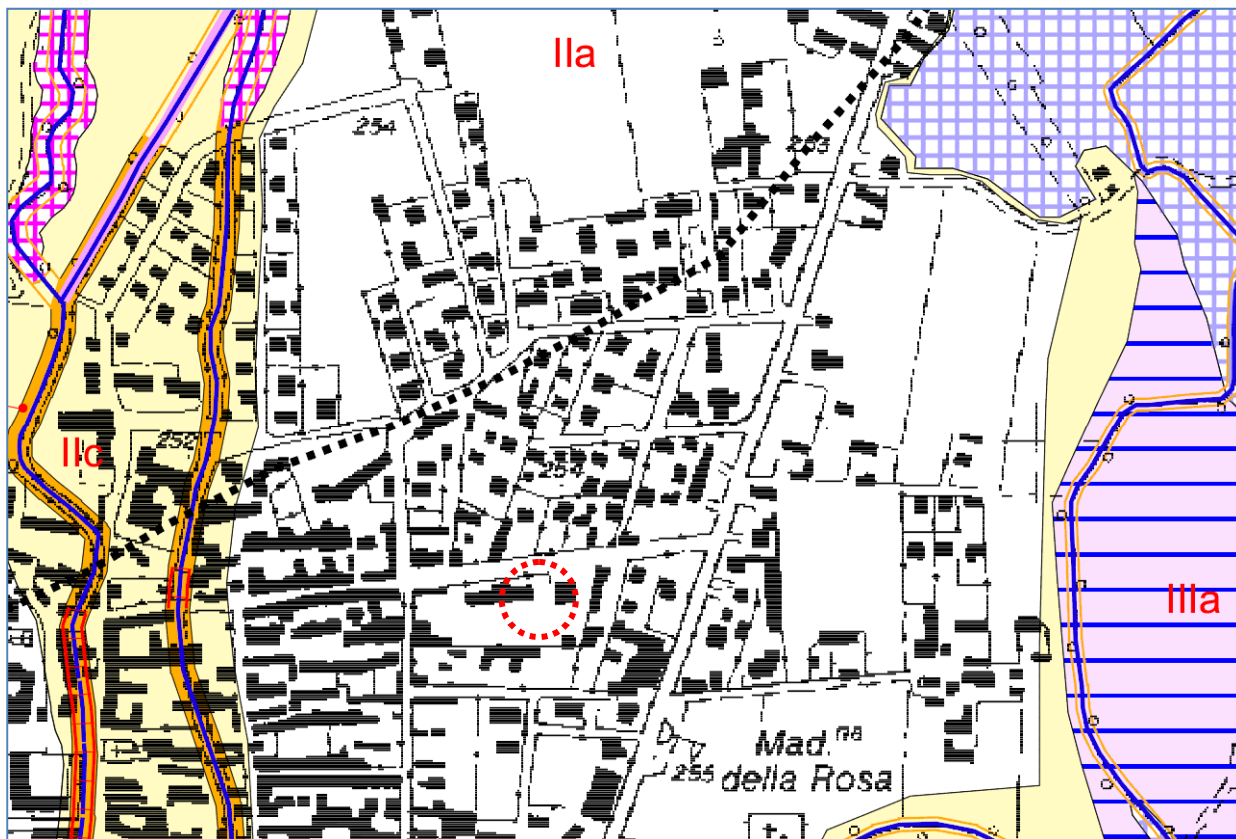
allegati geologici al P.R.G.C. vigente;

⇒ Estratto elaborato E1 (P.R.G.C. – Variante Generale) carta geomorfologica e dei dissesti.





⇒ Estratto elaborato ES (P.R.G.C. – Variante Generale) carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'utilizzazione urbanistica.



### Aree esterne alle perimetrazioni in dissesto

#### CLASSE II - Pericolosità geomorfologica da bassa a moderata



#### Classe IIa

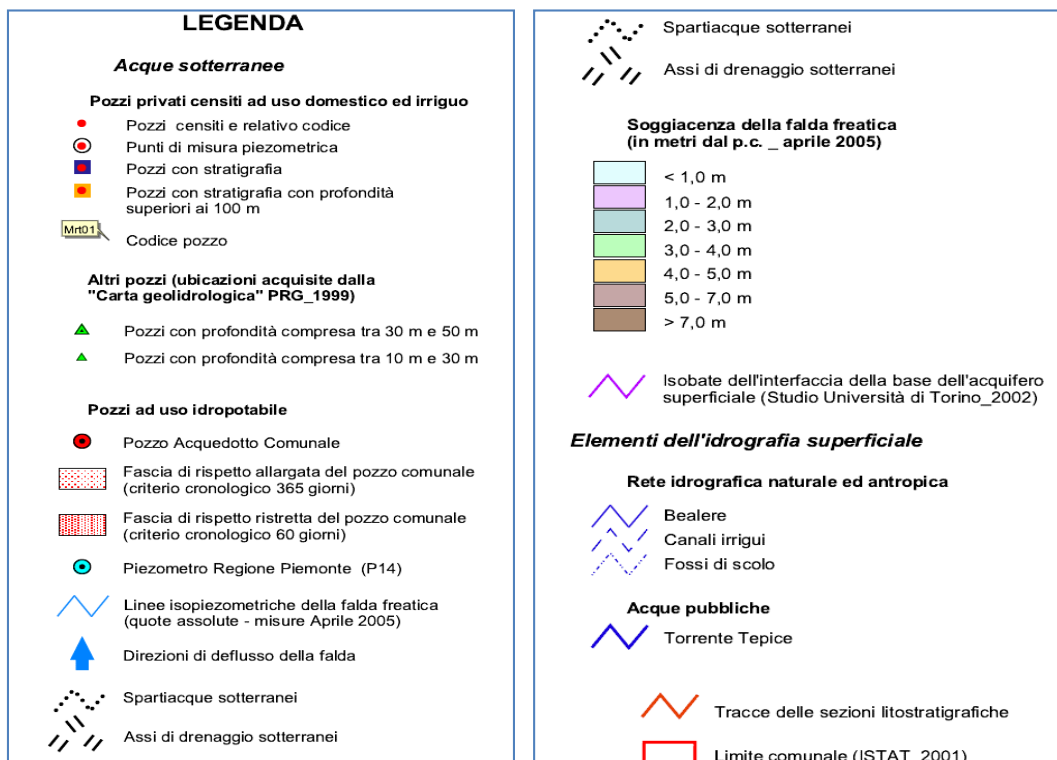
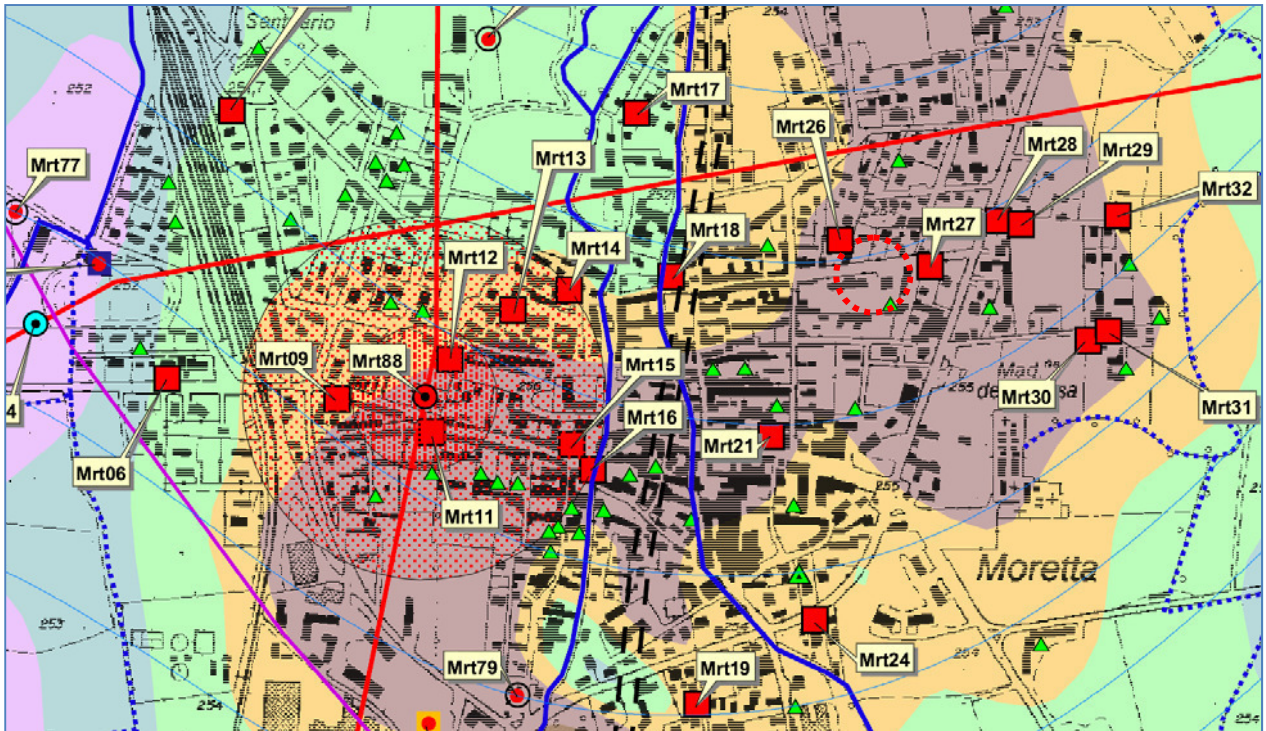
Porzioni di territorio che non presentano situazioni di dissesto, ma risultano caratterizzate dalla presenza di terreni a mediocri o scadenti caratteristiche geotecniche fino a profondità variabili dai 5 ai 20 metri; specifiche indagini geognostiche e geotecniche, programmate in modo da caratterizzare il volume significativo di sottosuolo di ogni singola opera, saranno finalizzate, ai sensi del D.M. 14/01/2008 a definire il modello geologico e geotecnico del sito di intervento e a produrre la progettazione geotecnica delle opere di fondazione. La relazione geologica e geotecnica, redatta ai sensi del D.M 14/01/2008 e facente parte degli elaborati progettuali, dovrà valutare:

- la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, nei casi di interventi sulle opere strutturali (fondazioni o muri portanti) o di opere che alterino la distribuzione dei carichi;
- previsione di eventuali interventi necessari a migliorare le condizioni di stabilità dell'insieme opera-terreni di fondazione.





Estratto elaborato E3 (P.R.G.C. – Variante Generale) carta geoidrologica urbanistica.







L'area indagata non risulta interessata da processi di dissesto sia recenti sia quiescenti.

Per quanto concerne la pericolosità geomorfologica, l'ambito considerato, risulta compreso nella Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata al PRGC, in classe IIa (Articolo 45 – Norme relative alla classificazione di pericolosità geomorfologica del territorio N.T.A.)

#### *Classe IIa*

*Comprende "Porzioni di territorio che non presentano situazioni di dissesto, ma risultano caratterizzate dalla presenza di terreni a mediocri o scadenti caratteristiche geotecniche fino a profondità variabili dai 5 ai 20 metri; specifiche indagini geognostiche e geotecniche, programmate in modo da caratterizzare il volume significativo di sottosuolo di ogni singola opera, saranno finalizzate, ai sensi del D.M. 14/0112008 a definire il modello geologico e geotecnico del sito di intervento e a produrre la progettazione geotecnica delle opere di fondazione. La relazione geologica e geotecnica, redatta ai sensi del D.M. 14/0112008 e facente parte degli elaborati progettuali, dovrà valutare:*

*-la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, nei casi di interventi sulle opere strutturali (fondazioni o muri portanti) o di opere che alterino la distribuzione dei carichi;  
-previsione di eventuali interventi necessari a migliorare le condizioni di stabilità dell'insieme opera-terreni di fondazione.."*

La zona non risulta, inoltre, soggetta a processi legati alla dinamica fluviale, poiché esterna alle fasce fluviali e ad aree allagabili in genere.

## **3.0 - LINEAMENTI GEOLOGICI**

### **2.1 - Caratterizzazione geologica generale**

Per le notizie di carattere geologico si è fatto riferimento alla Cartografia Ufficiale e più in particolare al Foglio n. 68 "Carmagnola" della carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Il comune di Moretta si colloca nella porzione centro settentrionale della pianura cuneese caratterizzata da una potente successione di depositi alluvionali quaternari.

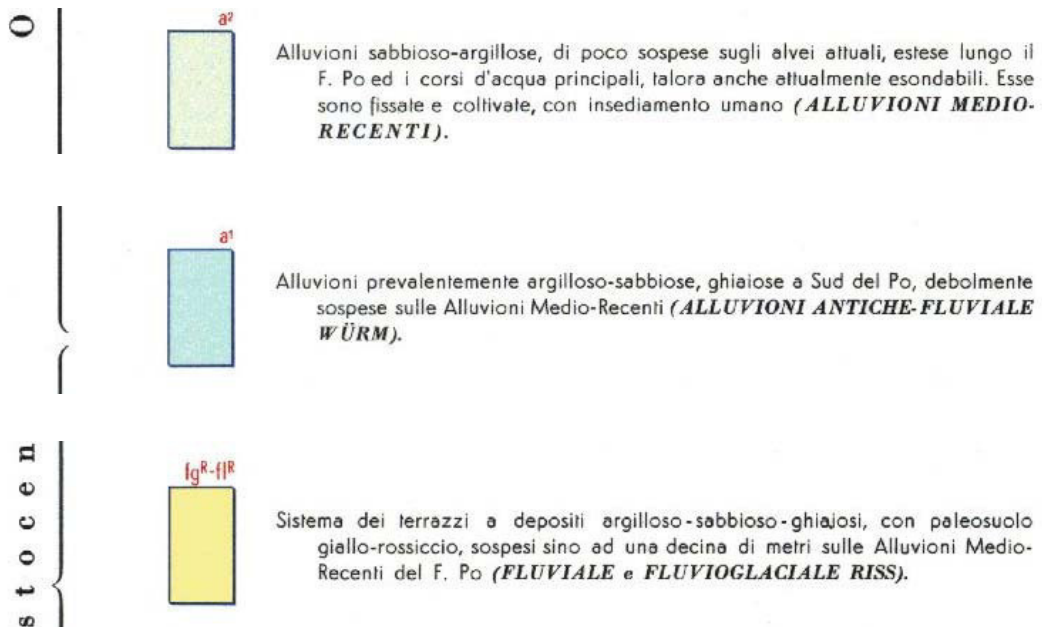
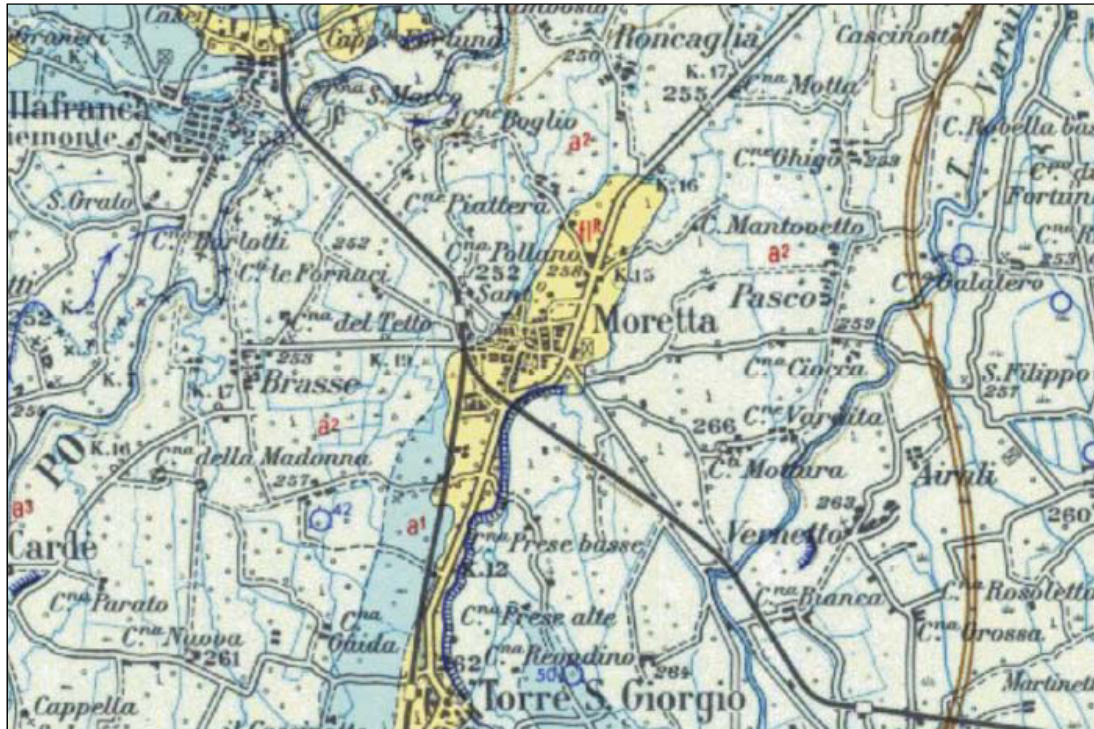
Più in dettaglio l'abitato si colloca all'interno di un lembo di terrazzo fluvio - glaciale antico (rissiano), che definisce la fascia di terreni allungata circa NE - SW tra gli abitati di Torre san giorgio e Moretta.

I depositi di interesse Fluviale e Fluvioglaciale Riss (fl<sup>R</sup>) sono costituiti da depositi sabbioso ghiaiosi limosi con presenza di un paleosuolo non affiorante, nel settore considerato, che presenta uno spessore che può raggiungere i 2-3 metri.

Nell'area indagata è stata accertata la presenza di depositi sabbiosi, sabbioso limosi con livelli limoso - argillosi.



ESTRATTO DALLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA





## 4.0 - MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA INDAGATA

Tenendo conto di quanto emerso nel corso del sopralluogo in situ e dei dati disponibili è stato possibile giungere ad una adeguata ricostruzione del modello geologico dell'area.

La successione stratigrafica per l'area esaminata risulta così sintetizzabile:

- ⇒ un livello decimetrico di materiali di riporto eterogenei;
- ⇒ seguono i depositi sabbiosi limosi, caratterizzati da alternanze di sabbie e limi con subordinati livelli di ghiaie oltre i 10 m.

## 5.0 - MODELLO GEOTECNICO

La ricostruzione del modello geologico e geotecnico si basa sia sui risultati di indagini geognostiche e geotecniche pregresse, eseguite nei medesimi depositi, sia su indagini geofisiche di recente esecuzione.

Le indagini geofisiche recenti sono state condotte dalla società Techgea s.r.l., di Torino. Nell'elaborato vengono riportati i risultati delle indagini citate estrapolati integralmente dai report forniti.

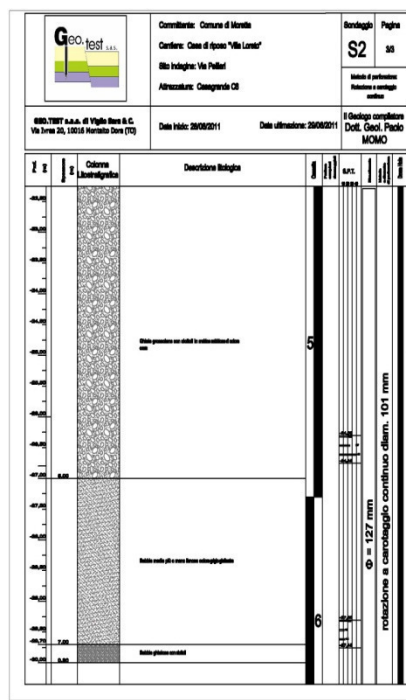
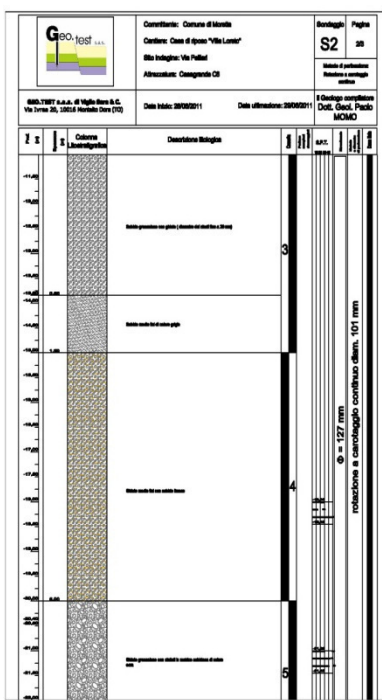
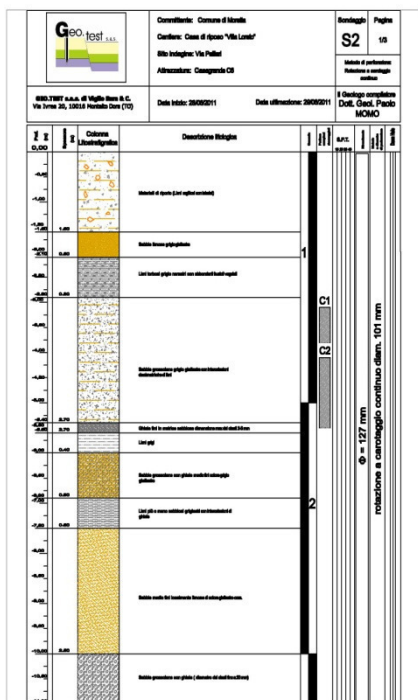
Sulla base dei risultati delle indagini condotte è stato possibile giungere ad una definizione della successione stratigrafica nell'ambito indagato e ad una adeguata ricostruzione dei modelli geologico e geotecnico.

### 5.1.0 - Indagini pregresse disponibili

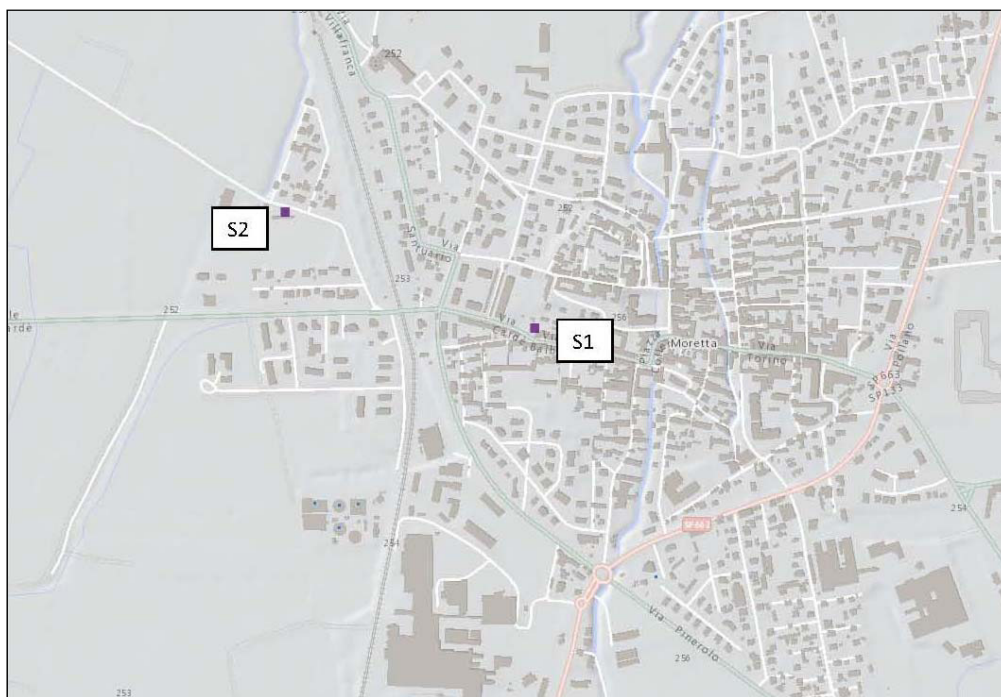
Sono disponibili le seguenti stratigrafie:

*sondaggio geognostico, fornito dal comune, fu eseguito, dalla ditta Geo.test e i risultati contenuti nella relazione geologica e geotecnica a firma del dott. Marco Novo, a supporto del "Progetto di costruzione di montalettighe a servizio di Casa di Riposo "Villa Loreto". Si tratta di 1 sondaggio a rotazione con carotaggio continuo spinto alla profondità di 30.00 m da p.c.. Del medesimo cantiere sono disponibili una prova penetrometrica dinamica continua, indagini geofisiche (Down - Hole) e analisi di laboratorio (granulometrie). Quest'ultime sono particolarmente importanti per la verifica del rischio di liquefazione dei terreni.*





n.2 stratigrafie dal Geoportale della Banca Dati Arpa Piemonte - Banca Dati Geotecnica - Sondaggi geognostici.





S1

Nome perforazione		Comune	Provincia	Località
P1		Moretta	CN	Concentrico
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere	
0/0/0	0/0/0	115.00	Rete di Monitoraggio Regionale campo sportivo (0041430001)	

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
107311	2.00	terreno vegetale
107311	4.00	sabbia e ghiaietto
107311	14.00	sabbia e ghiaia
107311	15.00	argilla
107311	25.00	sabbia e ghiaia
107311	31.00	ghiaia e sabbia compatta
107311	34.00	argilla
107311	39.00	sabbia e ghiaia
107311	41.00	argilla
107311	46.00	sabbia e ghiaia
107311	49.00	argilla compatta
107311	60.00	ghiaione con ciottoli
107311	79.00	ghiaia
107311	82.00	argilla
107311	85.00	sabbia e ghiaietto
107311	88.00	argilla
107311	93.00	sabbia e ghiaietto
107311	96.00	ghiaia e ghiaietto
107311	103.00	argilla e ghiaia
107311	106.00	ghiaia e ghiaietto
107311	115.00	argilla

S2 falda 1.7

Nome perforazione		Comune	Provincia	Località
P14		Moretta	CN	Via Fornace
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere	
0/0/0	5/12/2000	30.00	Rete di Monitoraggio Regionale campo sportivo (00414310002)	

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106411	0.40	terreno vegetale limo sabbioso
106411	4.00	limo debolmente sabbioso
106411	4.60	argilla debolmente limosa
106411	5.40	sabbia fine limosa inglobante rara ghiaia
106411	9.30	sabbia debolmente limosa localmente limosa inglobante ghiaia poligenica
106411	9.60	sabbia limosa con ghiaia
106411	10.00	argilla limosa debolmente sabbiosa
106411	10.40	sabbia limosa inglobante rara ghiaia
106411	11.00	limo argilloso debolmente sabbioso
106411	20.00	sabbia grossolana debolmente limosa localmente limosa inglobante rara ghiaia
106411	22.00	sabbia limosa inglobante rara ghiaia e rari ciottoli poligenici
106411	25.60	ghiaia e ciottoli poligenici in matrice sabbiosa debolmente limosa
106411	28.50	sabbia limosa inglobante rara ghiaia e rari ciottoli poligenici
106411	30.00	sabbia fine limosa

Analisi di laboratorio geotecnico (*relazione geologica e geotecnica a firma del dott. Marco Novo*)

Sono stati analizzati n.2 campioni prelevati:

A : sondaggio S1 prof. 3,10 – 3,80 m

B : sondaggio S1 prof. 4,10 – 5,50 m .

*Campione C1 : Sabbia debolmente ghiaiosa*

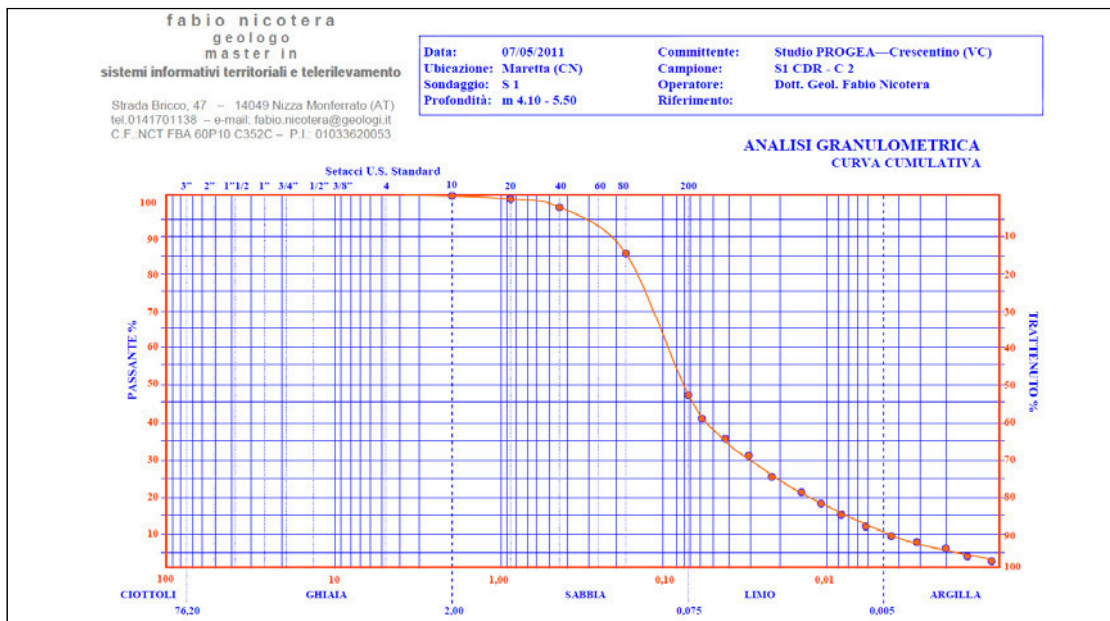
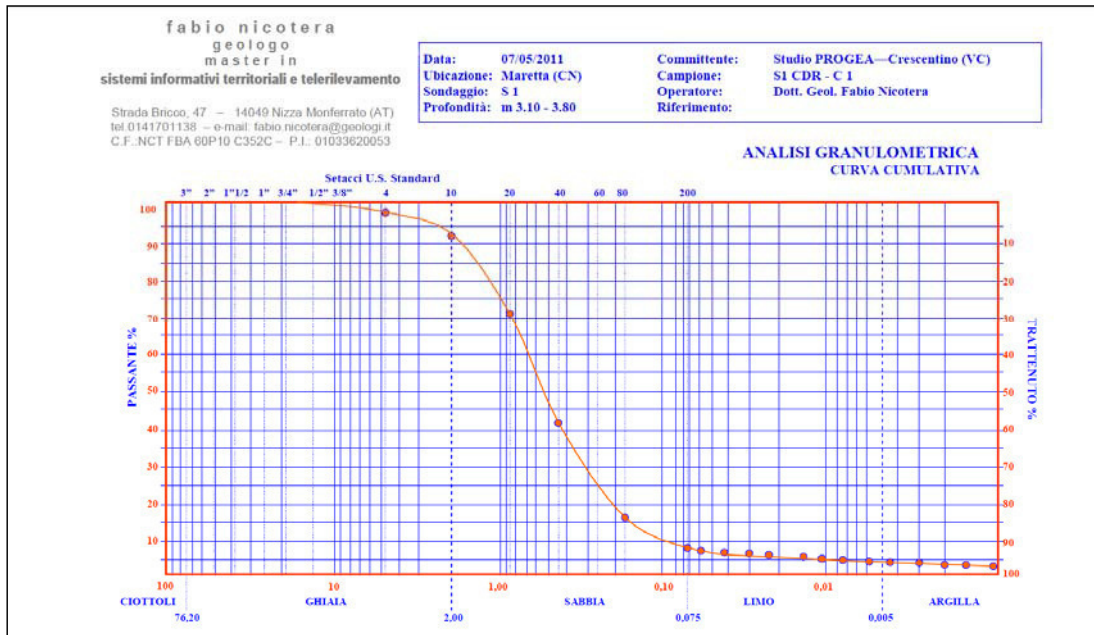
*Passante 200 mesh : 7,75 %*

*Coefficiente di Uniformità (D60/D10): 7*

*Campione C2 : Sabbia con limo debolmente argillosa*

*Passante 200 mesh : 46,80 %*

*Coefficiente di Uniformità (D60/D10): 22*







## 5.2.0 - Indagini insitu

In considerazione dei dati disponibili si è ritenuto necessario, al fine di accertare le caratteristiche puntuali dei terreni e verificarne la corrispondenza con i dati disponibili, state eseguite le indagini in situ che seguono, la cui ubicazione è stata individuata in corrispondenza delle aree di intervento:

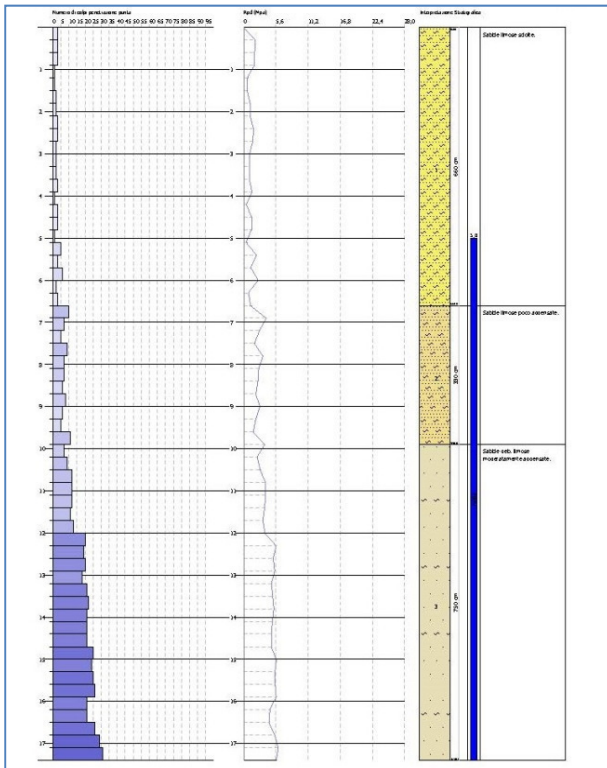
- n°1 prove penetrometrica statica (CPT);
- n°1 prova penetrometrica dinamica continua (SCPT);
- n°2 sondaggi con escavatore meccanico spinti alle profondità di 3.00 m da p.c.;
- esecuzione di n°2 analisi granulometriche su campioni prelevati nel corso dei sondaggi con escavatore.

Le prove penetrometriche standardizzate sono state eseguite con un penetrometro statico 20 ton tipo Gouda (punta meccanica) e con un penetrometro DPHS (superpesante) tipo "Meardi" (AGI) montato su semovente con le seguenti caratteristiche costruttive:

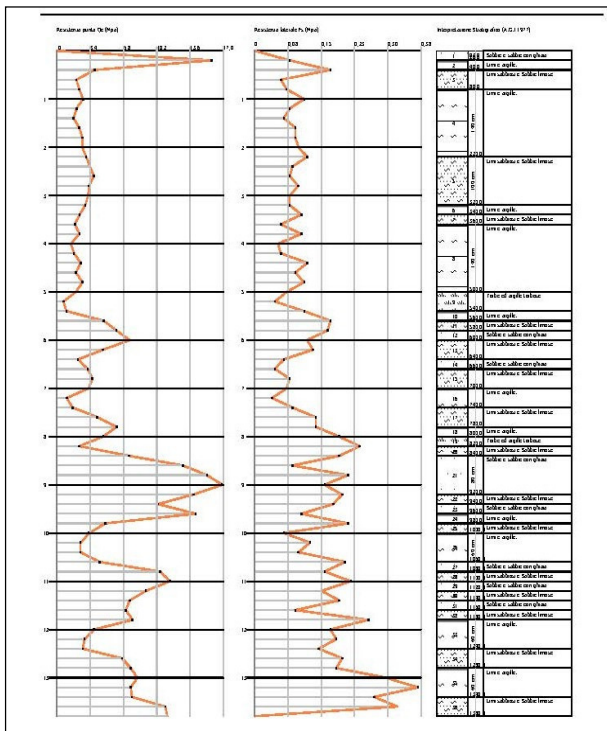


<i>Punta meccanica tipo "Begemann"</i>	$\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
<i>Angolo di apertura punta</i>	$\alpha = 60^\circ$
<i>Area della punta <math>A_p</math></i>	10 cm <sup>2</sup>
<i>Altezza manicotto laterale</i>	13.3 cm
<i>Superficie manicotto laterale di attrito</i>	150 cm <sup>2</sup>
<i>Velocità di avanzamento costante</i>	$V=2\text{cm/sec}$
<i>Diametro esterno aste</i>	34,0 mm
<i>Massa del maglio</i>	73 kg
<i>Altezza di caduta</i>	75,0 cm
<i>Massa passiva</i>	0,7 kg
<i>Lunghezza aste</i>	1,5 m
<i>Massa aste</i>	7,0 kg
<i>Diametro esterno aste</i>	34,0 mm
<i>Diametro interno aste</i>	18,0 mm
<i>Diametro della punta conica</i>	51,0 mm
<i>Angolo di apertura della punta conica</i>	60,0 °
<i>Altezza complessiva punta</i>	70,0 mm
<i>Penetrazione standard</i>	30,0 cm

I risultati delle prove sono contenuti negli istogrammi che seguono.



Risultati e foto postazione della prova SCPT1



Risultati e foto postazione della prova CPT1



### Risultati delle analisi di laboratorio

Sono stati analizzati n.2 campioni prelevati nel sondaggio con escavatore S1:

*Campione C1 (-2.00 - 2.20 m):*

*Sabbia con limo debolmente argillosa*

*Passante 200 mesh : 8 %*

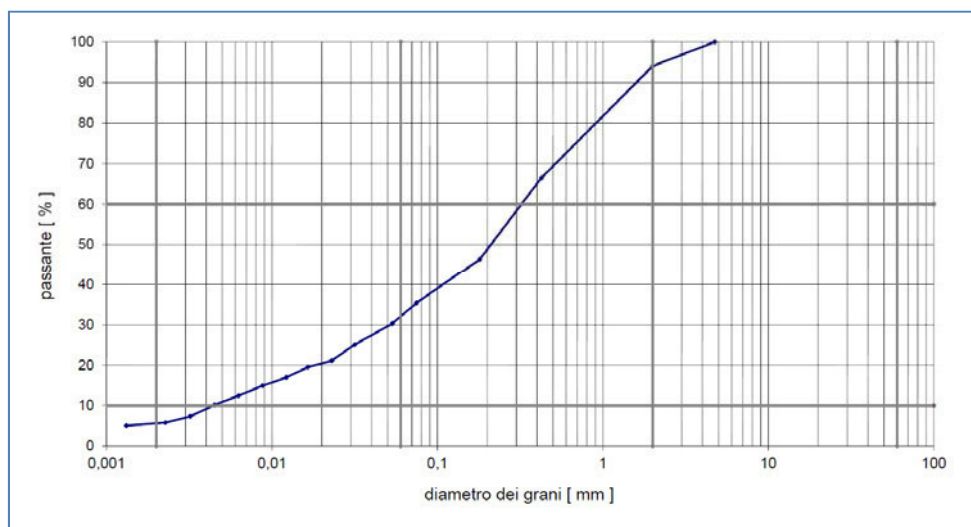
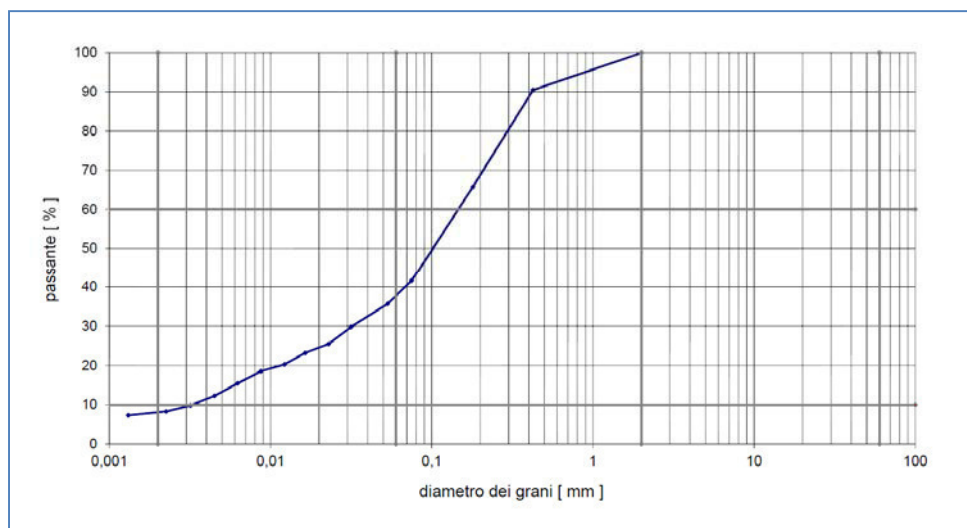
*Coefficiente di Uniformità (D60/D10): 45,71*

*Campione C2 (-3.00 - 3.20 m):*

*Sabbia con limo debolmente argillosa*

*Passante 200 mesh : 5,6 %*

*Coefficiente di Uniformità (D60/D10):71,112*







### 5.3.0 – Assetto litostratigrafico dell'area

Sulla base delle risultanze delle indagini in situ è stato possibile ricostruire in modo adeguato la successione litostratigrafica dei terreni rappresentativa dell'ambito indagato.

Sotto l'aspetto applicativo i terreni possono essere raggruppati in tre unità litologiche principali:

- la prima è rappresentata da sabbie limose, sabbie con limi deb. argillose, con potenza metrica (da 0.00 a 6.60 m), si tratta di materiali sciolti, classificabili come SM (USCS), con un livello decimetrico (0.90 m) di materiali di riporto;
- la seconda è definita da limi sabbiosi, con potenza metrica (da 6.60 a 9.90 m), si tratta di materiali poco addensati, classificabili come SM (USCS);
- la terza è definita da limi sabbiosi, con potenza metrica (da 9.90 a 17.40 m), si tratta di materiali moderatamente addensati, classificabili come SM (USCS).

E stata rilevata la presenza della falda idrica alla profondità di -5.00. La soggiacenza rilevata è coerente con quanto indicato nella Carta geoidrologica allegata al PRGC che indica una isopiezometrica, in quota assoluta, di 248,0 m .

### 5.4.0 - Caratterizzazione geotecnica dei materiali

#### 5.4.1 - Parametri geotecnici delle sabbie limose sciolte (unità I)

$\phi'$	28 [°]
$\phi_{cv}$	26 [°]
$\gamma$	17[kN/m <sup>3</sup> ]
$\gamma_{sat}$	18.5[kN/m <sup>3</sup> ]
$c_u$	0 [kPa]

#### 5.4.2 - Parametri geotecnici dei livelli delle sabbie limose (unità II)

$\phi'$	32 [°]
$\phi_{cv}$	29 [°]
$\gamma_{sat}$	20 [kN/m <sup>3</sup> ]
$c_u$	0 – 0 [kPa]



### 5.4.2 - Parametri geotecnici dei livelli delle sabbie limose (unità III)

$\phi'$	36 [°]
$\phi_{cv}$	32 [°]
$\gamma_{sat}$	21 [kN/m <sup>3</sup> ]
$c_u$	0 – 0 [kPa]

### 5.5.0 - Le indagini geofisiche

La finalità della campagna di indagini geofisiche è la caratterizzazione sismica dei terreni per la definizione della successione stratigrafica puntuale e una stima dei principali parametri geotecnici relativi al sottosuolo nell'ambito interessato dal progetto.

Il piano di indagine adottato comprende l'utilizzo di due metodologie di indagine geofisica:

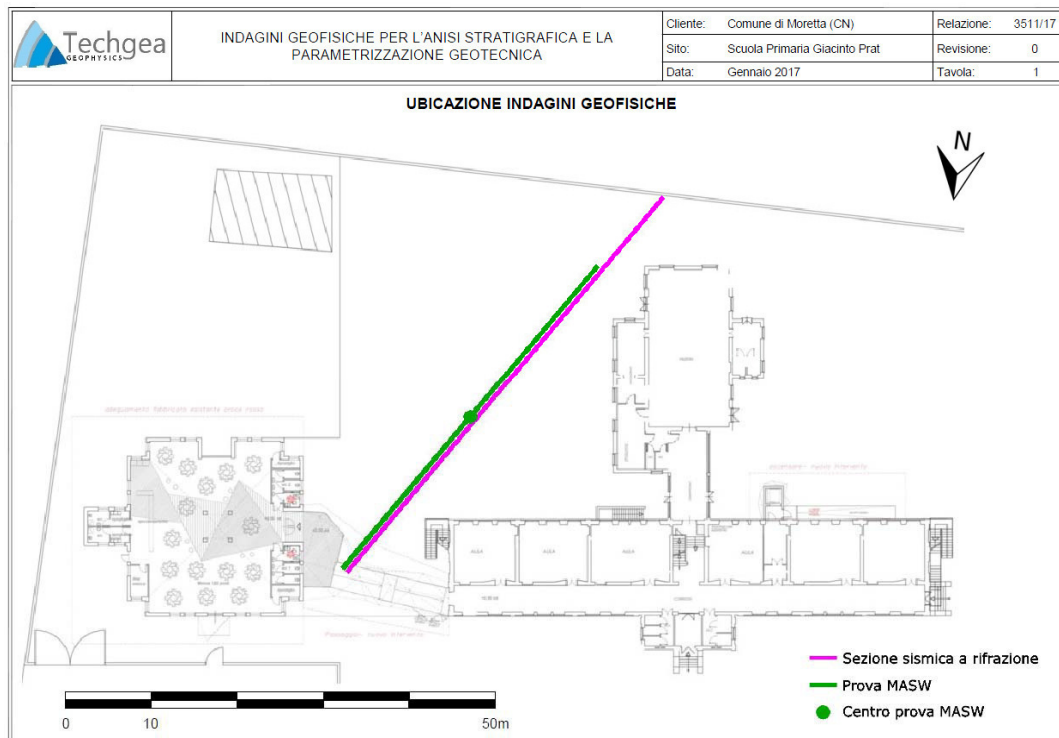
1. *metodo sismico a rifrazione in onde di compressione (modello tomografico delle velocità sismiche);*
2. *prova MASW (profilo di rigidità in onde di taglio del sottosuolo).*

L'utilizzo combinato delle metodologie d'indagine citate riduce in modo significativo l'ambiguità interpretativa (propria dei metodi di indagine indiretta) e consente di verificare e valutare i parametri del sottosuolo in modo completo.

Più in dettaglio:

- il modello sismico tomografico permette di valutare l'assetto stratigrafico del sottosuolo;
- la prova MASW consente di valutare la variazione verticale della velocità delle onde di taglio, correlando le stesse ai principali parametri geotecnici impiegati nella progettazione ingegneristica. La combinazione del modello sismico e della metodologia MASW permette (attraverso una correlazione incrociata) di pervenire al modello geologico e geotecnico del sottosuolo di riferimento per la progettazione delle strutture interagenti con il sottosuolo stesso (scavi, fondazioni, drenaggi, ecc.).

I risultati delle indagini sono illustrati nelle Tavole allegate e commentati nelle pagine seguenti.



### 5.5.1 – Strumentazione utilizzata ed elaborazione dati

"L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo a 24 canali dotato di un convertitore analogico/digitale a 24 bit (unità Daq Link III, Seismic Source Ltd.). Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard 10/100 (base RJ45) per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma (VibraScope v.2.4.40) che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate. I geofoni utilizzati (Weihai Sunfull) possiedono una frequenza di risonanza pari rispettivamente a 4.5 Hz per la prova MASW e 40 Hz per la sismica a rifrazione, con distorsione inferiore allo 0.2%.

L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 10 Kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo. In tabella 1 a e 1b si riportano le geometrie di acquisizione impiegate per la prova MASW e per la prova sismica. In tabella 2 sono invece indicati gli standard internazionali per il layout migliore per la prova MASW a seconda della profondità di indagine richiesta.





I dati acquisiti per la prova MASW sono stati elaborati con il software Surfseis V. 4.02 (Kansas University, USA), che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi (software Reflexw, Sandmeier Software, D). Successivamente le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (General Reciprocal Method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo (software Rayfract, Intelligent Resources Inc., CDN). Il metodo dell'inversione tomografica consente (con un sufficiente numero di scoppi) di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione)."

*Tabella 1a – Geometria di acquisizione prova MASW*

Geofoni	Numero	Frequenza [Hz]	Interasse [m]	Lungh. Linea [m]
	24	4.5	1.5	34.5
Energizzazioni	Mazza [Kg]	Basi [n°]	Max dist. da G24 [m]	Min dist. da G24 [m]
	10	8	10.5	0

*Tabella 1b – Geometria di acquisizione prova sismica a rifrazione*

Geofoni	Numero	Frequenza [Hz]	Interasse [m]	Lungh. Linea [m]
	24	4.5	3	69
Energizzazioni	Mazza [Kg]	Basi [n°]	Basi di energizzazione su geofoni [n°]	
	10	7	1, 4, 8, 12, 16, 21, 24	

*Tabella 2 – Disposizione geometrica ottimale su linea MASW in relazione alla profondità di indagine*

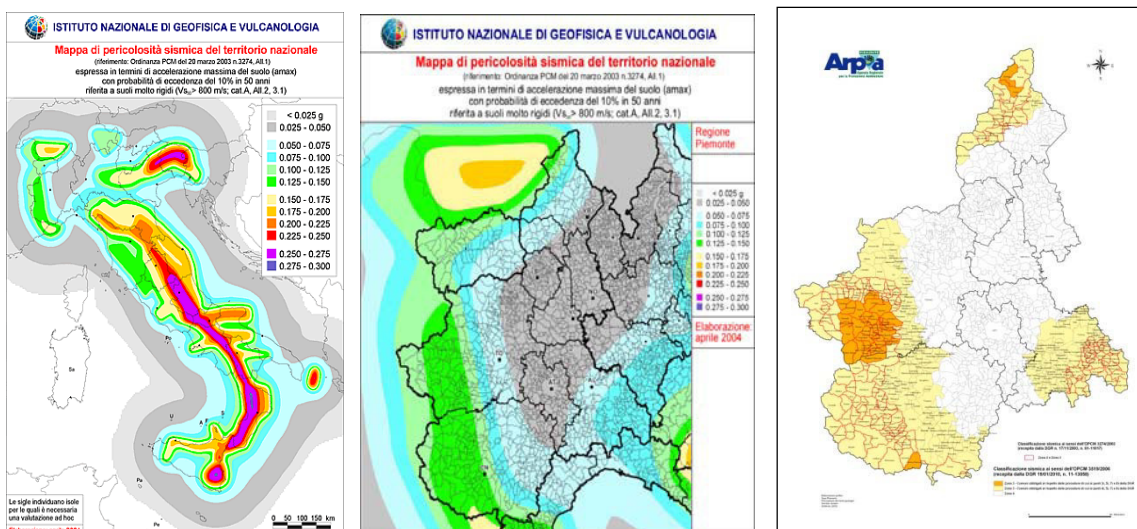
Depth (Z <sub>max</sub> ) <sup>1</sup> (m)	Source (S) <sup>2</sup> (lb)	Receiver (R) <sup>3</sup> (Hz)	Receiver Spread (RS) <sup>4</sup> [m]				SR Move <sup>5</sup> (dx)			Recording <sup>6</sup>				
			Length <sup>4</sup> (ft)	Source Offset <sup>5</sup> (X <sub>t</sub> )	Receiver Spacing (dx)		Lateral Resolution <sup>7</sup>			dt <sup>8</sup> (ms)	T <sup>9</sup> (sec)	Vertical Stack <sup>11</sup>		
					24-ch*	48-ch	High	Medium	Low			C	N	VN
≤1.0	≤1 (1)**	4.5-100 (4.9)	1-3 (2.0)	0.2-3.0 (0.4)	0.05-0.1 (0.1)	0.02-0.05 (0.05)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
1-5	1-5 (5)	4.5-40 (1.9)	1-15 (1.0)	0.2-1.5 (2)	0.05-0.5 (0.5)	0.02-0.3 (0.25)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (0.5)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
5-10	5-10 (1.9)	≤10 (4.5)	5-30 (2.0)	1-30 (4)	0.2-1.2 (1.0)	0.1-0.6 (0.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	0.5-1.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
10-20	≥10 (2.0)	≤10 (4.5)	10-60 (3.0)	2-60 (1.5)	0.4-2.5 (1.5)	0.2-1.2 (1.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (0.5)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
20-30	≥10 (2.0)	≤4.5 (4.5)	20-90 (5.0)	4-90 (1.0)	0.3-3.8 (2.0)	0.4-1.9 (1.5)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-2.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
30-50	≥10 (2.0) or passive (4.5)	≤4.5 (4.5)	30-150 (7.0)	6-150 (15)	1.2-6.0 (3.0)	0.6-3.0 (2.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	1.0-3.0 (1.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)
> 50	≥10 (2.0) or passive (4.5)	≤4.5 (4.5)	> 50 (150)	> 10 (30)	> 2.0 (6.0)	> 1.0 (4.0)	1-2 (1)	2-4 (2)	4-12 (4)	0.5-1.0 (1.0)	≥1.0 (2.0)	1-3 (3)	3-5 (5)	5-10 (10)



### 5.5.2 – Classificazione sismica

La recente normativa in materia sismica ha introdotto sostanziali novità rispetto al quadro legislativo vigente ed ha portato alla adozione di un nuovo assetto normativo per quanto concerne gli aspetti relativi al rischio sismico ed alla progettazione antisismica.

La nuova classificazione del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. del 20 marzo 2003, n.3274 – All.1) e per il territorio piemontese (DGR 19 gennaio 2010 n.11-13058 - O.P.C.M 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006) è visualizzata nelle figure che seguono.



Nelle figure 3 - 4 - 5 è visualizzata la nuova classificazione.

La nuova classificazione comporta una suddivisione dei terreni che deve essere effettuata, in prima istanza, sulla base dei rilievi geologici eseguiti, dell’analisi e dell’interpretazione dei dati stratigrafici e geotecnici disponibili. Le caratteristiche litotecniche dei depositi (natura del deposito, granulometria, addensamento dei materiali granulari, consistenza dei materiali non coesivi, ecc. anche su base qualitativa) e le informazioni relative alla loro reciproca geometria (spessori, geometria dei limiti fra i depositi, ecc. ) consentono la qualificazione dei suoli e dei profili di terreno secondo i criteri definiti al punto 5.1 dell’All. 2 dell’OPCM 3274/2003 .

### Zona sismica



Secondo la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, il Comune di **Moretta** ricade nell'ambito della Classe **3**, ed è quindi caratterizzata da una accelerazione orizzontale massima  $a_g = 0,15 \text{ g (m/s}^2\text{)}$ .

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

Tabella 1 – Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco orizzontale su suolo

CODICE ISTAT	NOME DEL COMUNE	ZONA SISMICA OPCM 3274/2003
004143	Moretta	3

### 5.5.3 - Classificazione sismica del sottosuolo

Per la definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare anche l'effetto della risposta sismica locale che, in assenza di specifiche analisi, può essere ricavata mediante un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

L'identificazione di questa categoria va di norma eseguita in base ai valori della  $V_{s30}$ , cioè la velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, tuttavia, come specificato nella suddetta normativa, nei terreni non coesivi può essere effettuata anche in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) NSPT30.

Il D.M. del 14/01/2008 "Approvazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni" mette a disposizione dei professionisti uno strumento basato sul progetto sviluppato in collaborazione con l'INGV e dal DPC – "S1" – per il calcolo dei parametri rappresentativi delle componenti (orizzontali e verticali) delle azioni sismiche di progetto per qualsiasi sito del territorio nazionale.

Nella tabella che segue vengono forniti i parametri di cui sopra.





$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_c^*$ [s]
30	0,032	2,475	0,199
50	0,040	2,526	0,215
72	0,048	2,517	0,228
101	0,055	2,538	0,238
140	0,062	2,545	0,247
201	0,071	2,550	0,256
475	0,098	2,546	0,269
975	0,124	2,548	0,279
2475	0,165	2,556	0,288

Tabella 6 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento

La medesima normativa individua come parametro di riferimento per la classificazione dei suoli la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio ( $V_{S30}$ ) e viene calcolata a partire dalla velocità delle onde di taglio con la seguente formula:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio ( $\gamma < 10^{-6}$ )) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Nella tabella che segue, è contenuta la classificazione sismica prevista dal suddetto Decreto Ministeriale.

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{S30}$ (m/s)
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	>800
<b>B</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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	360+800
<b>C</b>	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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	180+360
<b>D</b>	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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	<180
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).	-
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < cu_{,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	<100
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	-

Tabella 3 Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3431/2005 (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni).



Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag ....".

### 5.5.4 - Risultati della prova MASW

L'analisi del profilo stratigrafico mette in evidenza un assetto sismo-stratigrafico sintetizzato nella nella tabella che segue.

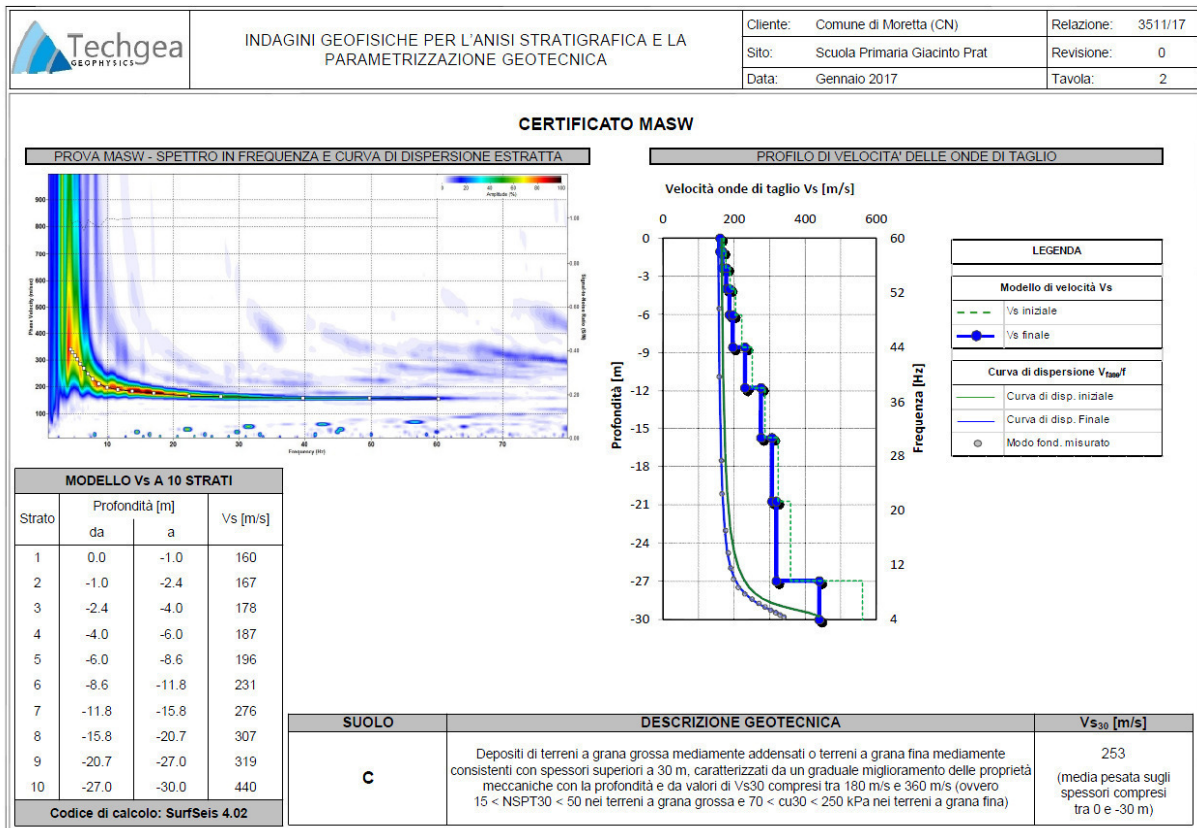
Tabella n.3 - Assetto sismo-stratigrafico emerso dalla prova MASW

Livello	Profondità [m da p.c.]	Descrizione	Velocità Vs [m/s]
1	0 ÷ 8.6	Livello superficiale costituito da terreni a bassa rigidità (depositi sabbioso-limosi).	160 ÷ 200
2	8.6 ÷ 30	Livello sottostante costituito da materiali a grado di addensamento medio-basso, crescente con la profondità (depositi sabbioso-ghiaiosi).	230 ÷ 440

Il valore di  $V_{s30}$  calcolato a piano campagna è di 253 m/s. Il contesto geotecnico in esame può essere associato ad un suolo di classe sismica "C".

Tabella n.4 - Assetto sismo-stratigrafico emerso dalla prova MASW

Vs30 [m/s]	Classe di suolo	Descrizione geotecnica
253	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 Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)



### 5.5.5 - Risultati dell'indagine sismica a rifrazione

La sezione sismica a rifrazione, mostrata in Figura 6, ha consentito di ricostruire un modello sismo - stratigrafico definito da due sintetizzabili come segue:

- ⇒ Un primo sismostrato con velocità delle onde di compressione comprese tra 200 e 1000 m/s (tonalità di colore blu scuro-azzurro), che si sviluppa fino alla profondità di circa 9 m dal p.c., costituito da depositi sabbioso-limosi;
- ⇒ Un secondo sismostrato costituito da depositi sabbioso-ghiaiosi con graduale aumento delle velocità fino al fondo della sezione (circa -22 m dal piano campagna) e velocità delle onde di compressione  $V_p = 1000-2500$  m/s.



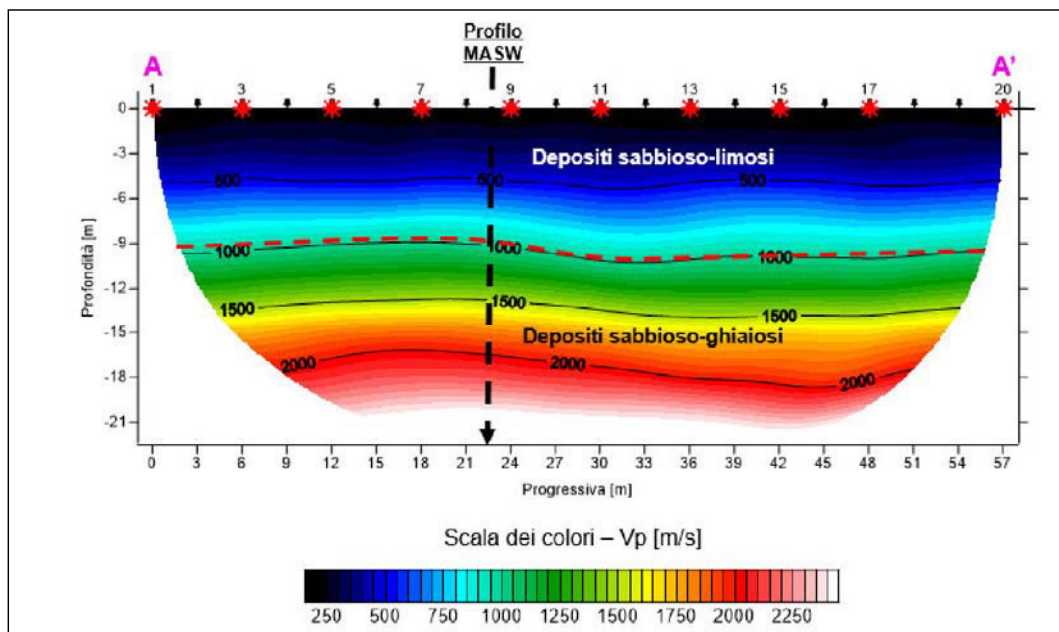


Figura 6 - Sezione sismica a rifrazione: modello tomografico di velocità delle onde di compressione

### 5.5.6 - Parametri geotecnici di riferimento

La caratterizzazione geotecnica dei terreni è stata ottenuta tenendo conto dei risultati delle indagini geofisiche .

I valori ottenuti vanno considerati come indicativi e possono variare rispetto ad altre metodologie in quanto ottenuti tramite correlazioni empiriche. Il profilo verticale MASW è assimilabile, in linea di massima, al grafico di una prova penetrometrica. Tale similitudine deriva da una nota correlazione utilizzata generalmente per valutare le velocità delle onde di taglio a partire da dati penetrometrici. Nel caso in esame, per derivare il valore di N-SPT si è utilizzata la formula di Ohta and Goto (1978)

$$V_s = 85.35 \cdot (N-SPT)^{0.348}$$

Noto il valore di N-SPT è possibile derivare direttamente il valore di angolo di attrito (trattandosi di terreni non coesivi a comportamento esclusivamente attritivo. Per derivare l'angolo di attrito si è fatto riferimento al metodo di correlazione diretta RBS (Road Bridge Specification) che si basa sulla seguente relazione:

$$\phi' = (15 \cdot N_{norm})^{0.5} + 15.$$

I valori ottenuti e la loro variazione lungo il profilo di riferimento, di 25 m di profondità, sono riportati in Tabella 6.



Strato	Profondità [m]		MASW Vs [m/s]	N-SPT	$\varphi'$
	da	a			
1	0.0	-1.0	160	6	25
2	-1.0	-2.4	167	7	25
3	-2.4	-4.0	178	8	26
4	-4.0	-6.0	187	9	27
5	-6.0	-8.6	196	11	28
6	-8.6	-11.8	231	17	31
7	-11.8	-15.8	276	29	36
8	-15.8	-20.7	307	39	39
9	-20.7	-27.0	319	44	41
10	-27.0	-30.0	440	R	-

Tabella 6 - Variazioni di N-SPT e angolo d'attrito sulla base del profilo masw.

"Per velocità elevate il valore di N-SPT perde di significato e si assume che l'eventuale prova sia andata a rifiuto. Oltre al valore dell'angolo di attrito e al grado di addensamento dei materiali, dalle prove sismiche è possibile definire la densità (peso di volume), il coefficiente di Poisson ed il modulo di taglio.

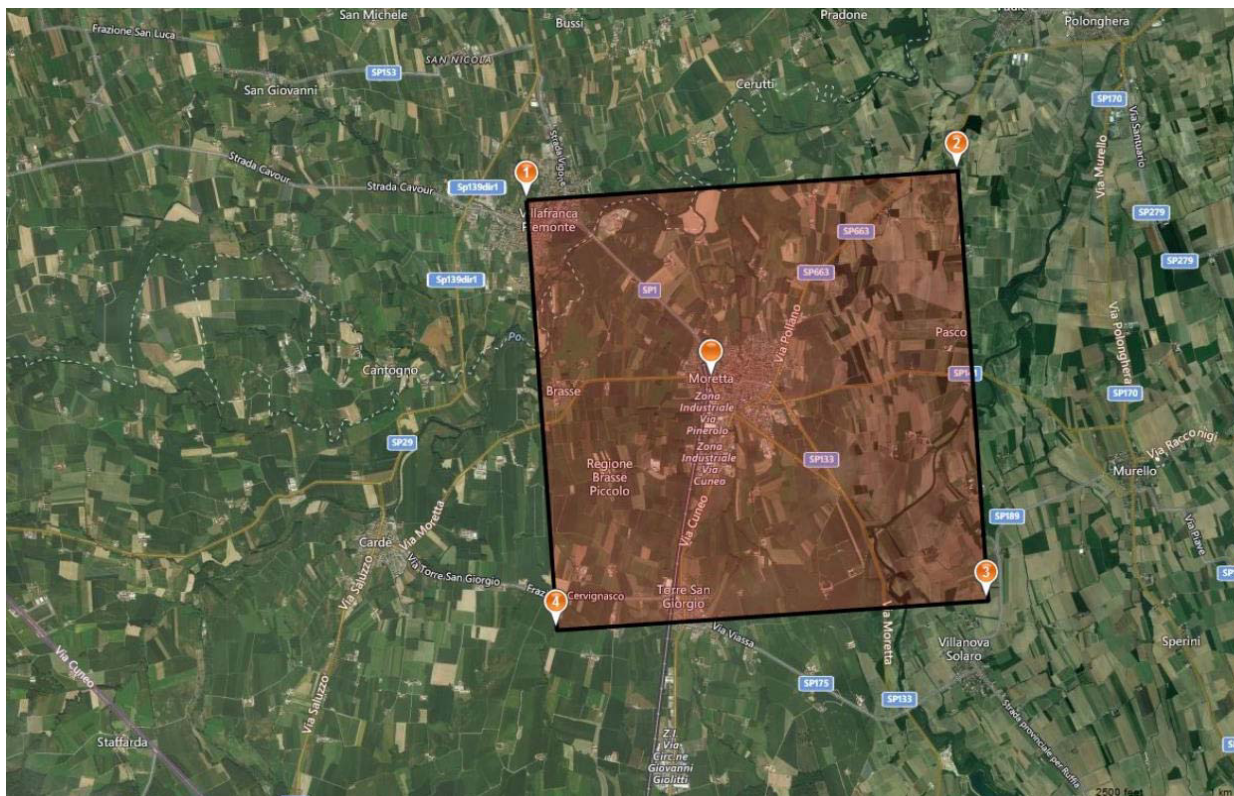
I valori geotecnici così calcolati sono da ritenersi indicativi dell'intorno analizzato. Inoltre, trattandosi di valori dinamici in contesti con forti eterogeneità verticali e laterali, come quello oggetto della presente relazione, possono discostarsi dai valori ottenuti con le prove dirette o di laboratorio."

Strato	Profondità [m]		Vp [m/s]	Vs [m/s]	$\gamma$ [g/cm <sup>3</sup> ]	$\nu$	G [MPa]
	da	a					
1	0.0	-1.0	207	160	1.40	-	36
2	-1.0	-2.4	279	167	1.49	0.223	41
3	-2.4	-4.0	367	178	1.57	0.347	50
4	-4.0	-6.0	530	187	1.68	0.429	59
5	-6.0	-8.6	795	196	1.81	0.468	70
6	-8.6	-11.8	1130	231	1.94	0.478	103
7	-11.8	-15.8	1647	276	2.08	0.486	159
8	-15.8	-20.7	2181	307	2.20	0.490	207

Tabella 7 - Velocità delle onde P, S, densità e parametri dinamici.



### 5.5.7 – Pericolosità sismica di base



Vita nominale (Vn):	50 [anni]
Classe d'uso:	II
Coefficiente d'uso (Cu):	1
Periodo di riferimento (Vr):	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO:	30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	50 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	475 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	975 [anni]
Tipo di interpolazione:	Media ponderata
Coordinate geografiche del punto	
Latitudine (WGS84):	44,7633400 [°]
Longitudine (WGS84):	7,5318656 [°]
Latitudine (ED50):	44,7643089 [°]
Longitudine (ED50):	7,5329490 [°]





Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	14900	44,784970	7,502654	3316,15
2	14901	44,788460	7,572867	4140,06
3	15123	44,738580	7,577764	4550,65
4	15122	44,735100	7,507570	3816,40

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,033	2,477	0,199
SLD	50	0,042	2,513	0,216
	72	0,050	2,498	0,232
	101	0,057	2,523	0,237
	140	0,066	2,518	0,248
	201	0,076	2,516	0,255
SLV	475	0,106	2,506	0,266
SLC	975	0,135	2,513	0,275
	2475	0,180	2,530	0,285

#### Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,030	2,475	0,199
SLD	50	0,038	2,549	0,213
	72	0,044	2,546	0,223
	101	0,050	2,559	0,238
	140	0,056	2,583	0,244



	201	0,064	2,597	0,256
SLV	475	0,086	2,601	0,272
SLC	975	0,108	2,595	0,282
	2475	0,143	2,592	0,292

**Punto 3**

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,031	2,470	0,200
SLD	50	0,038	2,544	0,213
	72	0,045	2,533	0,223
	101	0,051	2,553	0,238
	140	0,058	2,577	0,245
	201	0,066	2,580	0,256
SLV	475	0,089	2,584	0,273
SLC	975	0,113	2,580	0,283
	2475	0,150	2,579	0,292

**Punto 4**

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,034	2,475	0,200
SLD	50	0,043	2,499	0,216
	72	0,051	2,494	0,232
	101	0,059	2,518	0,238
	140	0,068	2,505	0,249
	201	0,079	2,512	0,256
SLV	475	0,109	2,498	0,267
SLC	975	0,139	2,510	0,276
	2475	0,186	2,527	0,286



## Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0,032	2,475	0,200
SLD	50	0,041	2,524	0,215
SLV	475	0,098	2,543	0,269
SLC	975	0,125	2,546	0,278

### 5.5.8 - Verifica del rischio liquefazione

Sulla base dei dati disponibili sarà affrontata la verifica del rischio a liquefazione in riferimento alla normativa vigente.

Per le elaborazioni si rimanda alla relazione allegata al progetto strutturale.

In base al D.M. 14.01.2008 la liquefazione si può escludere qualora sia verificata almeno una delle seguenti condizioni:

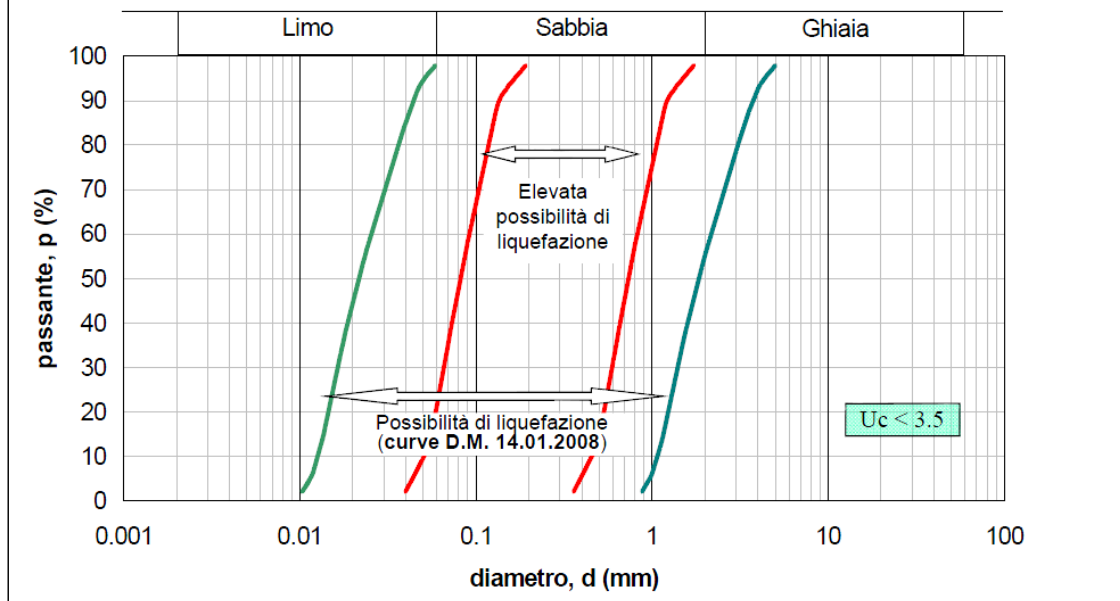
1. Eventi sismici di magnitudo inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni free-field minori di 0,1 g;
3. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna (per p.c. suborizzontale e strutture con fondazioni superficiali);
4. Sabbie pulite caratterizzate da  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , essendo  $(N_1)_{60}$  e  $q_{c1N}$  rispettivamente il valore del numero di colpi da SPT e della resistenza di punta da CPT, normalizzati e corretti;
5. Distribuzione granulometrica esterna a determinate fasce critiche.





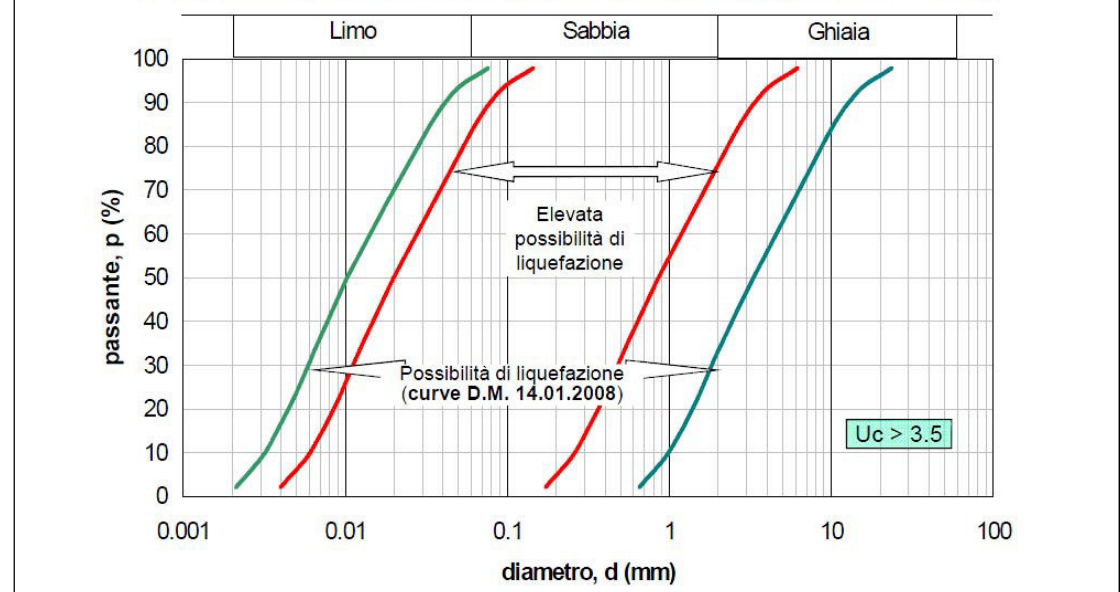
## Casi in cui si può escludere la liquefazione

### Fasce critiche (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ )



## Casi in cui si può escludere la liquefazione

### Fasce critiche (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ )





Ai fini delle verifiche alla liquefazione si individuano i parametri di riferimento di seguito riportati.

Valori di N<sub>spt</sub> e N<sub>60</sub> delle unità litologiche distinte


Unità litologica (prof. m)	N <sub>spt</sub>	N <sub>60</sub>
I - da 0.00 a 6.60 m	4	5
II - da 6.60 m a 9.90 m	13	14
III - da 9.90 a 17.40 m	35	38

Diametro corrispondente al 50% di passante al setaccio ( campione C1 0.1 mm - campione C2 0.2 mm).

## ALLEGATI:


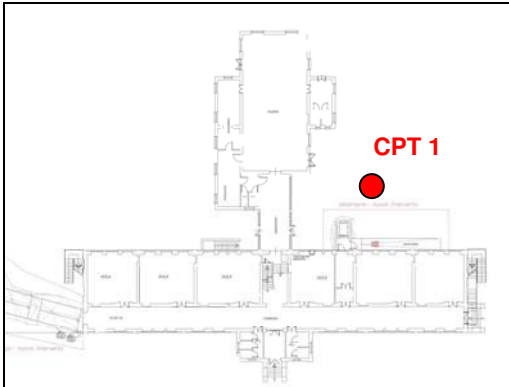
Certificati delle indagini in situ

Certificati delle analisi di laboratorio

 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE Via Matteotti, 2 - CEVA (CN)	<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTM (UNI EN ISO 22476-12:2009)</b>		<b>PROVA n.</b>  <b>CPT 1</b>
	Committente:	<b>COMUNE DI MORETTA (CN)</b>	
	Località:	<b>MORETTA (CN)</b>	
	Cantiere:	<b>Scuola Primaria Giacinto Prat</b>	
	Coordinate:	<b>N: 44°45'52.5"      E: 7°32'28.3"</b>	
	Eseguita il	<b>12/02/2017</b>	


**Penetrometro PAGANI TG 73 (200 kN) - punta meccanica (tipo Begemann)**

*Punta conica: diam. base 37.5 mm, apertura 60°; superficie manicotto: 150 cm<sup>2</sup>*

<p>Quota inizio prova:</p> <p>Profondità falda:</p> <p><b>Note e osservazioni:</b></p>		
--	---	--

Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	15,79	16,4	15,802	0,078	201,423	0,5
0,40	3,82	5,0	3,838	0,17	22,584	4,4
0,60	1,96	4,5	1,975	0,059	33,563	3,0
0,80	2,26	3,1	2,269	0,072	31,566	3,2
1,00	2,65	3,7	2,661	0,111	23,952	4,2
1,20	1,96	3,6	1,988	0,078	25,345	3,9
1,40	1,67	2,8	1,694	0,065	25,901	3,9
1,60	2,26	3,2	2,283	0,091	24,947	4,0
1,80	2,55	3,9	2,577	0,091	28,163	3,6
2,00	2,55	3,9	2,577	0,098	26,276	3,8
2,20	2,94	4,4	2,983	0,118	25,345	3,9
2,40	3,33	5,1	3,375	0,085	39,693	2,5
2,60	3,73	5,0	3,767	0,078	48,018	2,1
2,80	3,24	4,4	3,277	0,098	33,414	3,0
3,00	3,14	4,6	3,179	0,078	40,518	2,5
3,20	2,84	4,0	2,898	0,078	36,94	2,7
3,40	2,26	3,4	2,31	0,105	22,073	4,5
3,60	1,77	3,3	1,819	0,059	30,92	3,2
3,80	2,26	3,1	2,31	0,105	22,073	4,5
4,00	1,37	2,9	1,427	0,052	27,302	3,7
4,20	1,67	2,5	1,735	0,059	29,483	3,4
4,40	2,35	3,2	2,421	0,118	20,575	4,9
4,60	1,86	3,6	1,931	0,091	21,104	4,7
4,80	2,55	3,9	2,617	0,111	23,557	4,2
5,00	1,86	3,5	1,931	0,072	26,862	3,7
5,20	0,59	1,7	0,67	0,046	14,621	6,8
5,40	0,88	1,6	0,964	0,111	8,674	11,5
5,60	4,71	6,4	4,788	0,17	28,175	3,5
5,80	5,98	8,5	6,063	0,163	37,089	2,7
6,00	7,35	9,8	7,436	0,118	63,19	1,6



 <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE</b> Via Matteotti, 2 - CEVA (CN)	<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTM (UNI EN ISO 22476-12:2009)</b>		<b>PROVA n.  CPT 1</b>
	Committente:	<b>COMUNE DI MORETTA (CN)</b>	
	Località:	<b>MORETTA (CN)</b>	
	Cantiere:	<b>Scuola Primaria Giacinto Prat</b>	
	Coordinate:	<b>N: 44°45'52.5"      E: 7°32'28.3"</b>	
	Eseguita il	<b>12/02/2017</b>	

Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
6,20	4,61	6,4	4,704	0,131	35,983	2,8
6,40	2,06	4,0	2,154	0,065	32,933	3,0
6,60	3,04	4,0	3,135	0,046	68,45	1,5
6,80	3,53	4,2	3,625	0,078	46,208	2,2
7,00	3,14	4,3	3,233	0,072	44,974	2,2
7,20	0,88	2,0	0,991	0,039	25,26	4,0
7,40	1,47	2,1	1,579	0,085	18,574	5,4
7,60	4,02	5,3	4,129	0,137	30,074	3,3
7,80	5,98	8,0	6,09	0,137	44,36	2,3
8,00	4,61	6,7	4,717	0,19	24,886	4,0
8,20	2,16	5,0	2,279	0,235	9,684	10,3
8,40	7,26	10,8	7,379	0,19	38,925	2,6
8,60	12,75	15,6	12,87	0,085	151,375	0,7
8,80	15,20	16,5	15,322	0,209	73,25	1,4
9,00	16,77	19,9	16,891	0,157	107,651	0,9
9,20	13,83	16,2	13,963	0,196	71,19	1,4
9,40	10,20	13,1	10,334	0,177	58,544	1,7
9,60	14,02	16,7	14,159	0,105	135,314	0,7
9,80	4,81	6,4	4,941	0,209	23,619	4,2
10,00	3,14	6,3	3,273	0,065	50,045	2,0
10,20	2,26	3,2	2,404	0,124	19,351	5,2
10,40	2,26	4,1	2,404	0,098	24,518	4,1
10,60	4,22	5,7	4,366	0,203	21,537	4,6
10,80	10,40	13,4	10,544	0,157	67,199	1,5
11,00	11,38	13,7	11,525	0,216	53,417	1,9
11,20	8,92	12,2	9,086	0,15	60,441	1,7
11,40	7,26	9,5	7,419	0,19	39,139	2,6
11,60	6,86	9,7	7,027	0,091	76,802	1,3
11,80	7,55	8,9	7,714	0,255	30,252	3,3
12,00	3,63	7,5	3,791	0,17	22,306	4,5
12,20	2,65	5,2	2,824	0,183	15,423	6,5
12,40	2,45	5,2	2,628	0,144	18,264	5,5
12,60	6,47	8,6	6,648	0,196	33,897	3,0
12,80	7,35	10,3	7,531	0,183	41,132	2,4
13,00	8,04	10,8	8,217	0,294	27,931	3,6
13,20	7,35	11,8	7,544	0,366	20,609	4,9
13,40	7,45	12,9	7,643	0,268	28,515	3,5
13,60	10,89	14,9	11,075	0,32	34,567	2,9
13,80	11,08	15,9	11,271	0,0		0,0



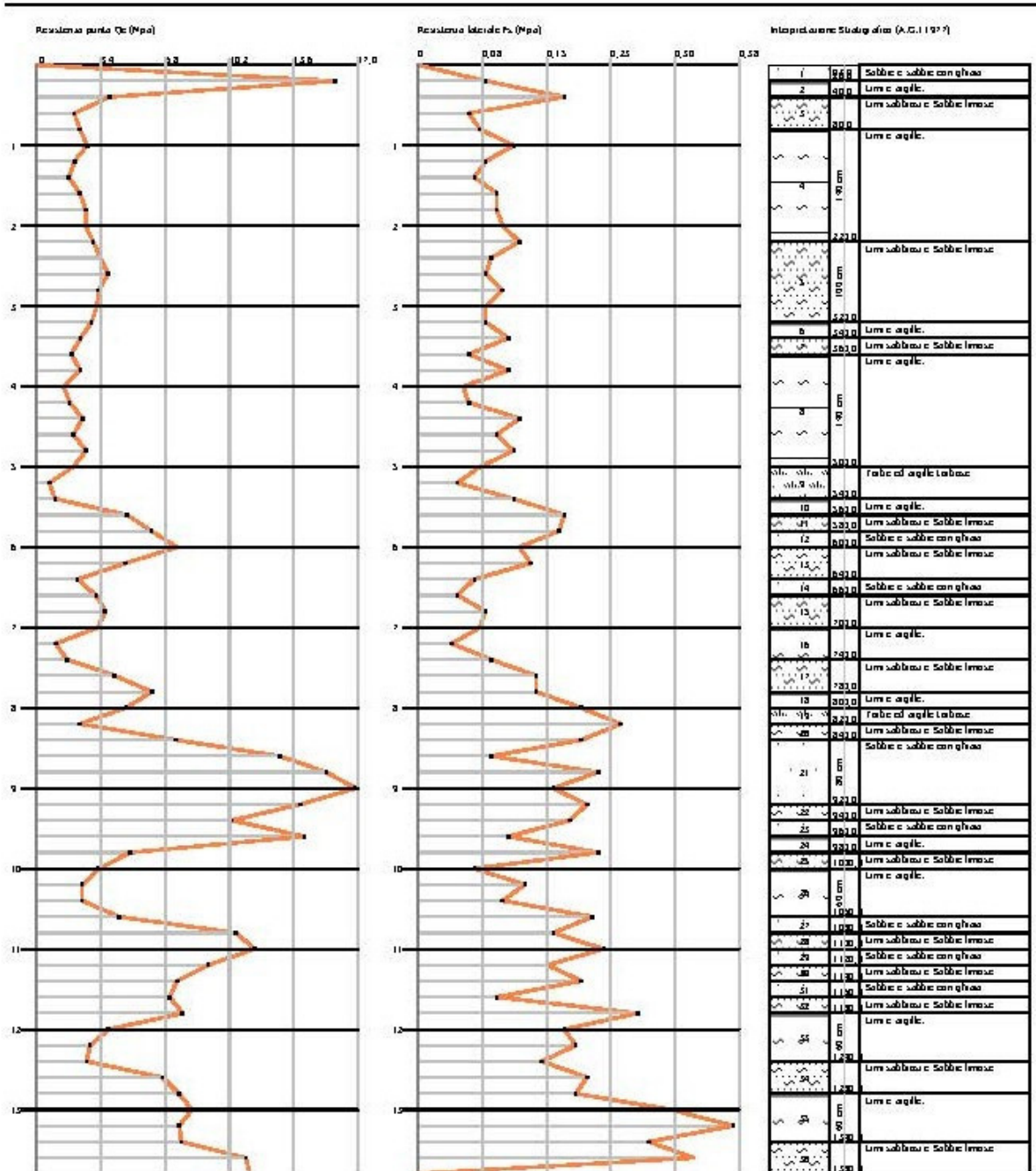
INDAGINI GEOGNOSTICHE  
E GEOTECNICHE

Via Matteotti, 2 - CEVA (CN)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA CPTM (UNI EN ISO 22476-12:2009)**

Committente:	<b>COMUNE DI MORETTA (CN)</b>	<b>PROVA n.</b>  <b>CPT 1</b>
Località:	<b>MORETTA (CN)</b>	
Cantiere:	<b>Scuola Primaria Giacinto Prat</b>	
Coordinate:	<b>N: 44°45'52.5"      E: 7°32'28.3"</b>	
Eseguita il	<b>12/02/2017</b>	

Profondità (m)





INDAGINI GEOGNOSTICHE  
E GEOTECNICHE

Via Matteotti, 2 - CEVA (CN)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (AGI 1977)**

Committente:	<b>COMUNE DI MORETTA (CN)</b>	<b>PROVA n.</b>  <b>SCPT 1</b>
Località:	<b>MORETTA (CN)</b>	
Cantiere:	<b>Scuola Primaria Giacinto Prat</b>	
Coordinate:	<b>N: 44°45'52.5''      E: 7°32'28.3''</b>	
Eseguita il	<b>12/02/2017</b>	

**Penetrometro DPHS Tipo superpesante " Meardi - A.G.I. "**

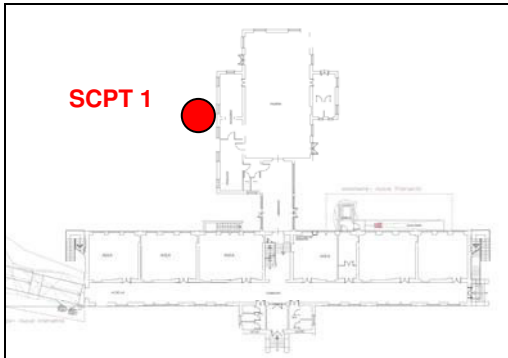
Maglio di battuta: 73 kg; altezza di caduta: 0.75 m; punta conica: diam. base 51 mm, apertura 60°

Quota inizio prova:

Profondità falda: -5.0m da p.c.

**Note e osservazioni:**

**Ubicazione:**



Profondità [m]	Num. Colpi N <sub>30</sub>	Profondità [m]	Num. Colpi N <sub>30</sub>
0,30	3	12,30	20
0,60	3	12,60	19
0,90	3	12,90	20
1,20	1	13,20	18
1,50	1	13,50	21
1,80	2	13,80	22
2,10	2	14,10	21
2,40	3	14,40	21
2,70	3	14,70	21
3,00	2	15,00	25
3,30	2	15,30	24
3,60	2	15,60	25
3,90	3	15,90	26
4,20	1	16,20	21
4,50	3	16,50	21
4,80	3	16,80	26
5,10	1	17,10	29
5,40	5	17,40	31
5,70	3	17,70	
6,00	6	18,00	
6,30	2	18,30	
6,60	3	18,60	
6,90	10	18,90	
7,20	7	19,20	
7,50	5	19,50	
7,80	9	19,80	
8,10	7	20,10	
8,40	7	20,40	
8,70	6	20,70	
9,00	8	21,00	
9,30	6	21,30	
9,60	5	21,60	
9,90	11	21,90	
10,20	7	22,20	
10,50	9	22,50	
10,80	12	22,80	
11,10	12	23,10	
11,40	12	23,40	
11,70	11	23,70	
12,00	13	24,00	



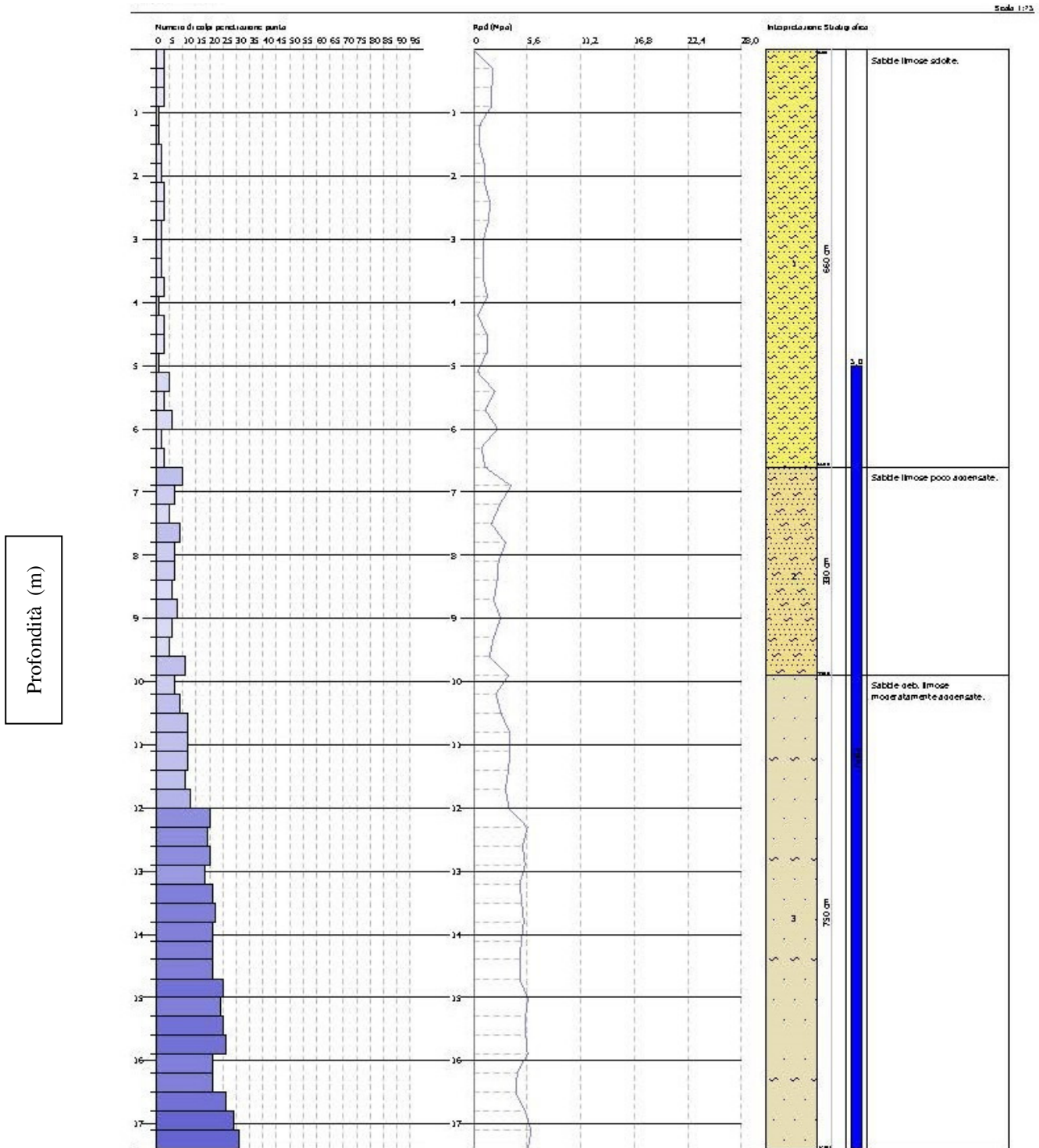
INDAGINI GEOGNOSTICHE  
E GEOTECNICHE

Via Matteotti, 2 - CEVA (CN)

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA DPSH (AGI 1977)**

Committente:	<b>COMUNE DI MORETTA (CN)</b>	<b>PROVA n.</b>
Località:	<b>MORETTA (CN)</b>	
Cantiere:	<b>Scuola Primaria Giacinto Prat</b>	<b>SCPT 1</b>
Coordinate:	<b>N: 44°45'52.5"      E: 7°32'28.3"</b>	
Eseguita il	<b>12/02/2017</b>	

Numero di colpi N<sub>30</sub>







## ANALISI GRANULOMETRICA

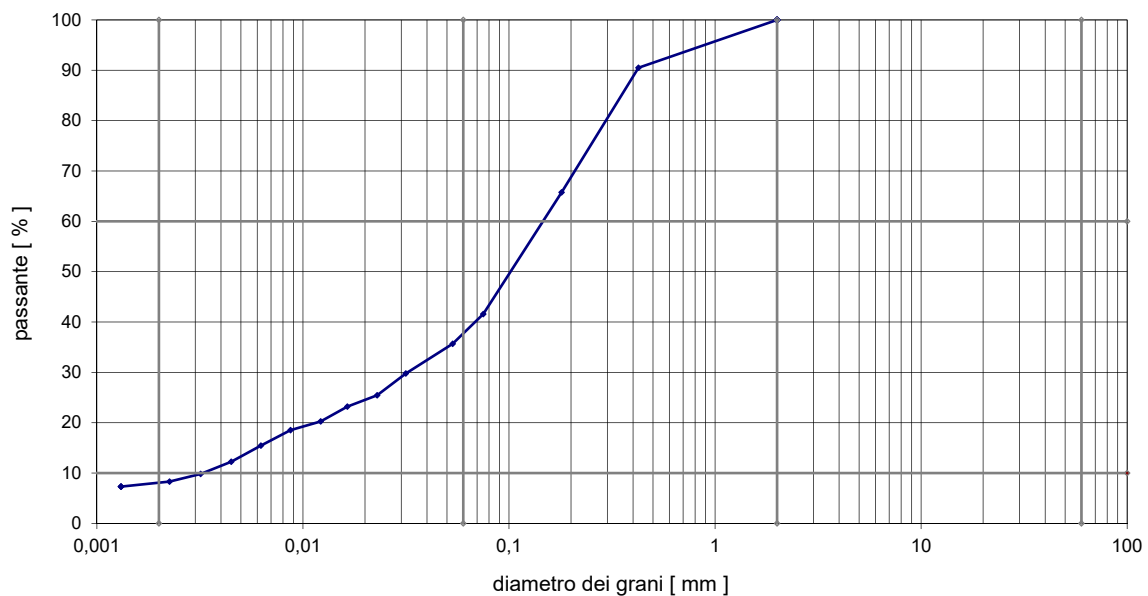
COMMITTENTE  
CANTIERE  
CAMPIONE  
PROFONDITA'  
DATA

**Comune di MORETTA (CN)**  
*Scuola Primaria Giacinto Prat*  
**C 1**  
**-1,00 m da p.c.**  
13/02/2017

Diametro Grani [mm]	Passante [%]
25,0000	100,0
19,0000	100,0
12,5000	100,0
9,5000	100,0
4,7500	100,0
2,0000	100,0
0,4250	90,5
0,1800	65,7
0,0750	41,6
0,0533	35,7
0,0316	29,8
0,0229	25,4
0,0164	23,2
0,0122	20,3
0,0087	18,5
0,0063	15,5
0,0045	12,3
0,0032	9,8
0,0023	8,3
0,0013	7,3

Descrizione :	<b>Sabbia con limo deb. Argillosa.</b>	
ciottoli	[%]	0,0
ghiaie	[%]	0,0
sabbia	[%]	62,5
limo	[%]	29,5
argilla	[%]	8,0

Classificazione U.S.C.S.	<b>S M</b>
Trattenuto al setaccio 4,75 mm	0,0
Trattenuto al setaccio 0,075 mm	58,4
Passante al setaccio 0,075 mm	41,6
Limite liquido	n.p.
Limite plastico	n.p.
Indice di plasticità	n.p.
Coefficiente di uniformità	45,71





## ANALISI GRANULOMETRICA

COMMITTENTE  
CANTIERE  
CAMPIONE  
PROFONDITA'  
DATA

**Comune di MORETTA (CN)**  
*Scuola Primaria Giacinto Prat*  
**C 2**  
**-3,00 m da p.c.**  
13/02/2017

Diametro Grani  
[mm]

Passante  
[%]

Descrizione : **Sabbia con limo deb. Argillosa.**

25,0000	100,0
19,0000	100,0
12,5000	100,0
9,5000	100,0
4,7500	100,0
2,0000	94,1
0,4250	66,5
0,1800	46,4
0,0750	35,5
0,0533	30,3
0,0316	25,1
0,0230	21,1
0,0165	19,5
0,0122	17,0
0,0088	14,9
0,0063	12,4
0,0045	10,2
0,0032	7,3
0,0023	5,7
0,0013	5,1

ciottoli	[%]	0,0
ghiaie	[%]	5,9
sabbia	[%]	62,2
limo	[%]	26,3
argilla	[%]	5,6

Classificazione U.S.C.S.	<b>S M</b>
Trattenuto al setaccio 4,75 mm	0,0
Trattenuto al setaccio 0,075 mm	64,5
Passante al setaccio 0,075 mm	35,5
Limite liquido	n.p.
Limite plastico	n.p.
Indice di plasticità	n.p.
Coefficiente di uniformità	71,11

