

RELAZIONE GEOLOGICA

AI SENSI DELLA DGRXI/2616 - D.M. 17 GENNAIO 2018

PIANO ATTUATIVO 2.3

CIRCONVALAZIONE SUD

COMUNE DI MANTOVA

PROVINCIA DI MANTOVA



COMMITTENTE: IMMOBILIARE MANTOVANA SRL

IL TECNICO: ROSARIO SPAGNOLO

San Giorgio Bigarello, Gennaio 2020

Dott. Geol. Rosario Spagnolo - GEOLOGIA TECNICA-IDROGEOLOGIA

Via Stradella, 35 – San Giorgio Bigarello (MN) 46051 Tel. Fax. 0376.262759 – 338.2949637 – e-mail ro.spagnolo@tiscali.it

SOMMARIO

PREMESSA.....	2
1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	6
2 ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE.....	8
2.1 CARTA DEI VINCOLI	8
2.2 CARTA DELLA FATTIBILITÀ'	9
2.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO.....	10
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	11
4 ASSETTO MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO.....	15
5 RISCHIO ALLUVIONI (PGRA).....	20
6 VULNERABILITÀ' DELL'ACQUIFERO	20
7 RELAZIONE SULLA PERICOLOSITÀ' SISMICA	26
7.1 PERICOLOSITÀ' SISMICA DI BASE.....	26
7.2 SISMOTETTONICA	28
8 ANALISI SISMICA.....	29
8.1 IL METODO MASW.....	29
8.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO.....	33
9 APPROFONDIMENTO DI 1° E 2° LIVELLO	35
9.1 APPROFONDIMENTO SISMICO DI II° LIVELLO.....	37
10 SISMICITÀ DEL SITO	40
10.1 AZIONE SISMICA	43
10.2 STIMA DELLA PERICOLOSITÀ' SISMICA.....	44
11 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO.....	44
12 RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	46
12.1 PROFILO STRATIGRAFICO.....	46
12.2 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ.....	48
12.3 MODELLO GEOTECNICO-GEOFISICO	49
13 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE.....	50
14 CONCLUSIONI.....	54
ALLEGATI	56

PREMESSA

Il presente studio, commissionato dalla committenza è finalizzato alla verifica del rischio geologico, idrogeologico e sismico e nell'individuazione di eventuali prescrizioni di natura geologico-applicativa e ambientale, da valutare in fase di pianificazione territoriale per il nuovo Piano Attuativo 2.3 Circonvallazione Sud.

L'indagine geognostica si propone, d'inquadrare gli aspetti di carattere geologico, illustrare i principali lineamenti geomorfologici, idrogeologici, sismici, geotecnici, consentire una visualizzazione sufficientemente completa delle attuali condizioni di assetto del territorio e fornire, in particolare, tutte le informazioni utili per una corretta impostazione delle problematiche legate all'area di indagine.

L'inquadramento generale dell'area nel contesto geologico locale permette di stabilire in linea di massima la **fattibilità** valutata sulla base dei seguenti dati:

- ✓ caratteristiche **geomorfologiche** del sito, con particolare riferimento a fenomeni attivi o quiescenti di dinamica morfologica;
- ✓ caratteristiche **geologiche** del sito, con particolare riferimento alle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo locale;
- ✓ caratteristiche **idrogeologiche** dell'area, con particolare riferimento alla posizione della falda e alle sue fluttuazioni;
- ✓ caratteristiche **idrografiche** della zona in esame, con particolare riguardo ai possibili fenomeni di esondazione dei corsi d'acqua principali (PGRA)
- ✓ verifica alla liquefazione dei terreni in condizioni dinamiche;

Il presente studio fornisce valutazioni e suggerimenti così come previsto dalla normativa vigente emanata con **D.M. 17.01.2018** "Aggiornamento delle Norme tecniche per le Costruzioni". Tali disposizioni di legge stabiliscono i criteri da osservare per la pianificazione delle indagini specialistiche e per le verifiche di fattibilità.

L'analisi degli aspetti geologici del sito in esame è stata condotta utilizzando le informazioni rilevate durante i sopralluoghi effettuati e integrate con le informazioni desunte dallo studio geologico comunale redatto a supporto del PGT, e ai dati disponibili in letteratura.

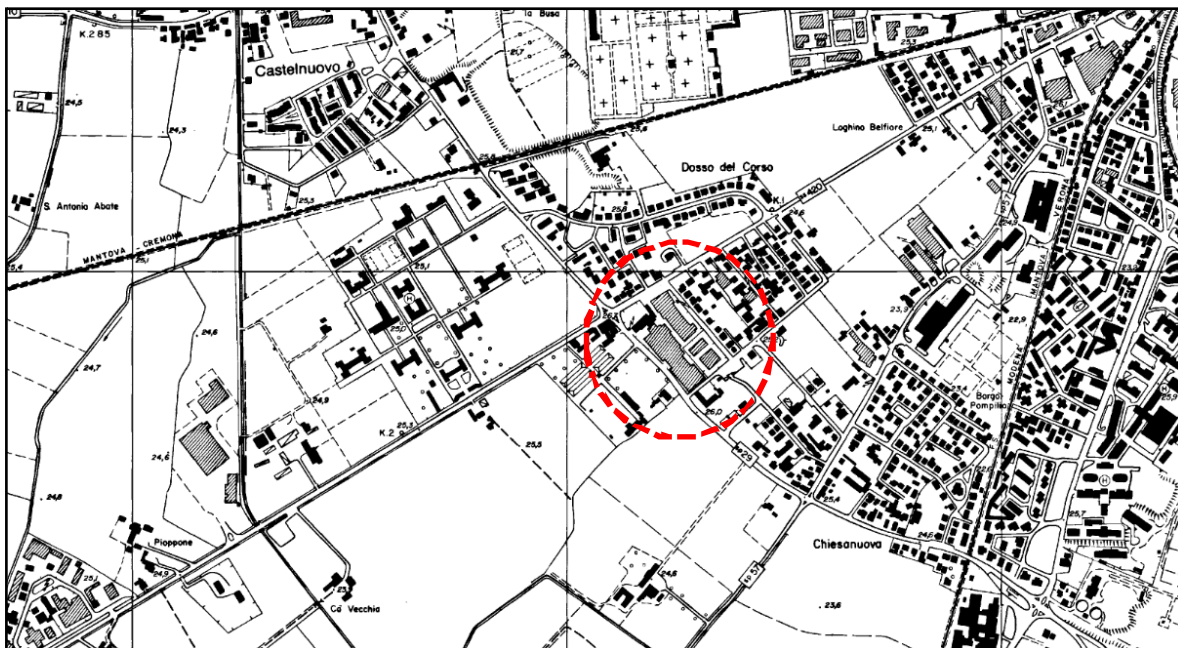
Il metodo di studio seguito è quello contenuto nel D.g.r. n. IX/2616 del 30 novembre 2011: "Aggiornamenti dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12', approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005, n.8/1566 e successivamente modificati con d.g.r. 28 maggio 2008, n.8/7374"

In particolare il piano di indagine era stato articolato in n.2 prove penetrometriche di tipo statica (CPT1, CPT2) spinte fino alla profondità massima di 10.00 m da p.c., ed infine quanto previsto dalla normativa è stata effettuata una indagine geofisica a rifrazione di tipo MASW, finalizzata alla caratterizzazione sismica ed alla individuazione della categoria di sottosuolo.

All'interno del presente lavoro verranno analizzate le caratteristiche geologiche-idrogeologiche, geomorfologiche e sismiche dell'area destinata al piano di lottizzazione ad uso residenziale.

L'area in oggetto del presente lavoro è situata nel comune di Mantova ed è contraddistinta nel catasto con foglio 49 e mappali 143-293-294-295-296-297-238-299-300-301-302-305-306-307 e nella sezione E7c4 della Carta Tecnica Regionale.





Di seguito sono riportate le diverse fasi nelle quali è stato articolato lo studio:

- Ricerca bibliografica relativa a lavori ed indagini già svolte nell'area in questione con l'acquisizione di tutti i dati utili all'inquadramento preventivo del progetto.
- Rilevamento geologico, idrogeologico e geomorfologico di superficie della zona direttamente interessata al piano di lottizzazione.
- Progettazione di una campagna di indagini geognostiche, di prove in sito necessarie per la stesura della relazione geologica - geotecnica.
- Redazione delle carte tematiche di sintesi più significative e di specifici elaborati.
- Verifica della compatibilità tra le caratteristiche geologiche generali dell'area e le scelte progettuali con evidenziazione delle problematiche e delle necessarie prescrizioni geologico – tecniche puntuali.

I valori registrati in profondità dalla prova, opportunamente integrati e commisurati con i dati geologici ed idrogeologici della zona, hanno consentito la determinazione dei seguenti parametri:

- ricostruzione e descrizione della stratigrafia del sottosuolo;
- individuazione della falda idrica;
- classificazione sismica dei terreni di fondazione come definito nel D.M. 17.01.18).

Nello studio geologico comunale di adeguamento alla sopracitata L.R. 12/05, nella redazione della carta di pericolosità sismica locale, il sito in esame è stato inserito nella zona sismica Z4a, il sito così come contemplato dalla normativa, necessità del 1° e 2° livello sismico di approfondimento per valutare il fattore di amplificazione sismica.

1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le indagini effettuate nell'area interessata sono state eseguite in ottemperanza a quanto previsto dalle seguenti normative:

- ❑ L.R. 11 marzo 2005 n° 12 – Legge per il governo del territorio;
- ❑ L.R. 41/97 - “Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”;
- ❑ D.G.R. 29 ottobre 2001 – n° 7/6645;
- ❑ D.M. 11.03.1988 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate.....”;
- ❑ piano stalcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI), adottato con deliberazione n° 18/01 del Comitato Istituzionale ed approvato con D.P.C.M.
- ❑ D.G.R. 25/01/02 – n° 7/7868. Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo minore;
- ❑ O.P.C.M. 20 marzo 2003 – 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. n. 183/1989 – Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo; istituzione delle Autorità di Bacino per la redazione dei Piani di bacino idrografico;
- ❑ D.lgs. n° 152/99 (T.U. Ronchi sulla tutela delle acque dall’inquinamento) e successive modificazioni;
- ❑ D.lgs. n° 152/06 – Norme in materia Ambientale;
- ❑ L. n° 431/85 (Legge Galasso);
- ❑ R.D. n° 523/1904 (fascia di rispetto dei corsi d’acqua secondari);
- ❑ D.G.R. 2616 del 2011;

- ❑ D.M. 14 gennaio 2008;
- ❑ D.G.R. 11 luglio 2014, n° 2129;
- ❑ D.G.R. n° X/6738 del 19 giugno 2017.
- ❑ Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 NTC 2018.
- ❑ CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

2 ANALISI DELLO STUDIO GEOLOGICO COMUNALE

Nel presente paragrafo si procede all'esame dello studio geologico comunale redatto a supporto del PGT.

2.1 CARTA DEI VINCOLI

Dalla carta dei vincoli si evince come il sito in esame non sia interessato da vincoli di natura geologica-idrogeologica.

La tavola di sintesi degli aspetti geologici ed idrogeologici del PGT non evidenzia la criticità di natura geologica gravanti sul sito.



2.2 CARTA DELLA FATTIBILITA'

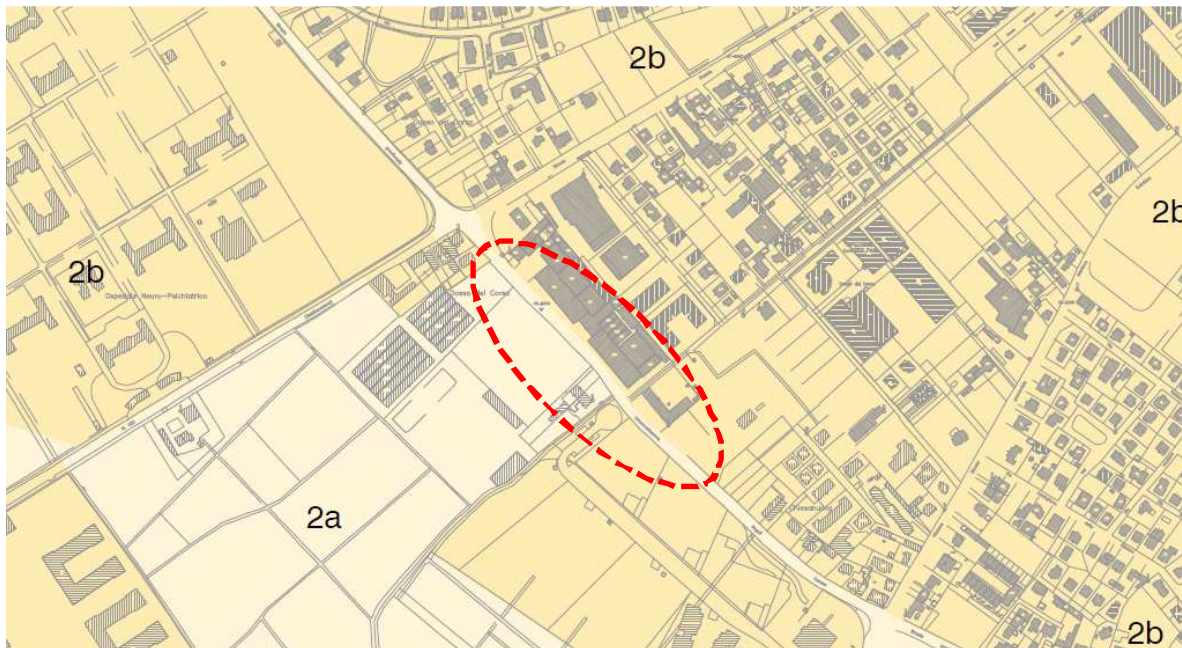
L'area ricade in classe di fattibilità seconda ovvero "fattibilità con modeste limitazioni" tali limitazioni sono da ascrivere all'alta vulnerabilità idrogeologica.

Il sito studiato, così come contemplato dalle norme geologiche prevede:

- indagine geotecnica con prove in sito (tale attività è stata svolta attraverso l'esecuzione delle prove penetrometriche eseguite in sito;
- esecuzione di rilevamento geologico di dettaglio;
- esecuzione di indagine geofisica.

Le norme geologiche, inoltre, prevedono approfondimenti di carattere idrogeologico e di verifica della soggiacenza della falda freatica, l'indagine dovrà prevedere l'analisi puntuale sulla vulnerabilità idrogeologica, in relazione alla tipologia dell'intervento.

Estratto della carta della fattibilità



2 b

FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

2.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

La carta della pericolosità sismica locale fa ricadere l'area in esame in zona Z4a: zona di fondovalle con presenza di depositi fluvio-glaciali. Tale approfondimento dovrà verificare il fattore di amplificazione (Fa), qualora tale valore calcolato sia maggiore del valore soglia comunale si dovrà procedere al 3° livello di approfondimento, se invece rimane sotto soglia dovrà essere utilizzato lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Stralcio della tavola della pericolosità sismica



LEGENDA

SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE
RIFERITI AL TERRITORIO COMUNALE DI MANTOVA



Limite Comune di Mantova

Z4a

Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali
e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

Z2

Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti
(riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

L'evoluzione geologica dell'area risulta connessa allo sviluppo della catena alpina prima e di quella appenninica nella fase successiva, costituendol'avanfossa di entrambi i sistemi.

Dal Pliocene ad oggi tale depressione, dal profilo asimmetrico, con minore inclinazione del lato settentrionale, è stata progressivamente colmata da sedimenti dapprima marino-transizionali e quindi strettamente continentali.

Strutturalmente l'area in esame ricade in un settore monodinalico (Pedéalpine Homodine), limitato, a nord, dal fronte di sovrascorrimiento subalpino, il cui lembo esterno corrisponde alla struttura compressiva di Volta Mantovana, e, a sud, dal fronte di accavallamento estemo dell'Appennino sepolto nella zona di virgazione che l'arco occidentale delle Pieghe Ferraresi forma con il sistema delle Pieghe Emiliane. Ciò si spiega con il fatto che nel Mantovano è stata individuata la cosiddetta "zona ostacolo" ritenuta responsabile di tale disallineamento e coincidente con una significativa anomalia aereo-magnetica positiva del Basamento Magnetico connessa alla presenza di intrusioni basiche. A causa del suo comportamento prevalentemente rigido la monoclinale padana non sembra essere stata interessata dalle deformazioni legate alla fase parossistica terziaria sebbene alcuni ricercatori abbiano riconosciuto blandi fenomeni di compressione esercitati dal Fronte Appenninico.

L'evoluzione del bacino padano vede, a partire dal Messiniano, la quasi completa cessazione dei movimenti tettonici legati all'edificio alpino. Nel contempo si registra un sensibile spostamento verso nord-est del fronte dell'Appennino settentrionale. Da questo momento le geometrie deposizionali del bacino padano sono strettamente legate ai repentini sollevamenti e movimenti in avanti delle falde nord Appenniniche e dai lunghi periodi di relativa calma e subsidenza isostatica dei bacini. Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente in modo consistente di tali movimenti. Il margine settentrionale risente invece in modo più blando di quanto succede nel bacino. I movimenti sono registrati da superfici di erosione arealmente anche molto estese, dalla riattivazione di strutture mioceniche sepolte e dalla deposizione di livelli detritici finiti legati a movimenti eustatici.

Gli studi della successione sedimentaria plio-pleistocenica padana ne hanno messo in evidenza il carattere tendenzialmente regressivo. Infatti, i depositi torbiditici di mare profondo, presenti

alla base, sono ricoperti da un prisma sedimentario all'interno del quale si distinguono le seguenti facies: scarpata, piattaforma esterna, litorale, deltizia/lagunare e fluviale.

I corpi sedimentari presentano due direzioni prevalenti di progradazione: la prima assiale rispetto al bacino Padano, est vergente, originata dal paleo-delta del Po; la seconda trasversale sud-est vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione alpina.

Le principali classi di sistemi deposizionali possono essere raggruppate come segue:

Piana alluvionale ad alimentazione assiale (paleo-Po) Conoide alluvionale e piana alluvionale ad alimentazione alpina e appenninica Delta ad alimentazione assiale (paleo Po) alpina ed appenninica Delta conoide alpino ed appenninico Piana costiera Piattaforma sommersa scarpate sottomarina Piana bacinale.

L'organizzazione verticale delle facies all'interno delle prime quattro classi di sistemi deposizionali, ed in particolare nei sistemi di piana alluvionale, di conoide alluvionale e nei sistemi deltizi, è invariabilmente costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana con corpi a granulometria fine. Molte volte è possibile distinguere una gerarchia di spessori, con insiemi di cicli di rango inferiori spessi alcuni metri che costituiscono cicli di rango superiore, spessi alcune decine metri.

Si può ipotizzare che tali unità cicliche rappresentano fasi sedimentarie di alta energia alternate a fasi di bassa energia dovute rispettivamente all'attivazione e alla disattivazione dei sistemi deposizionali. Per quanto concerne l'evoluzione tettonica di questo settore della pianura gli studi hanno evidenziato che, a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene (Intervallo II + III da 5.3 a 0.7 m.a.), si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione.

Nell'intervallo successivo (Intervallo IV - 700.000-18.000 anni) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino e il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area. Tale movimento è stato dedotto dal notevole spessore dei sedimenti continentali.

In particolare, per quanto riguarda l'area mantovana risulta legata all'attività di un disturbo tettonico lineare indicato come Faglia dei Laghi di Mantova. Questa, individuata come una dislocazione a direzione E-W, risulterebbe attiva anche nell'intervallo successivo (Intervallo V

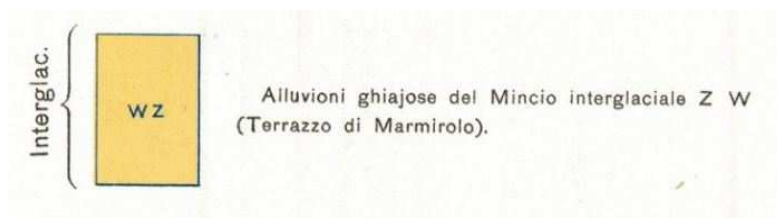
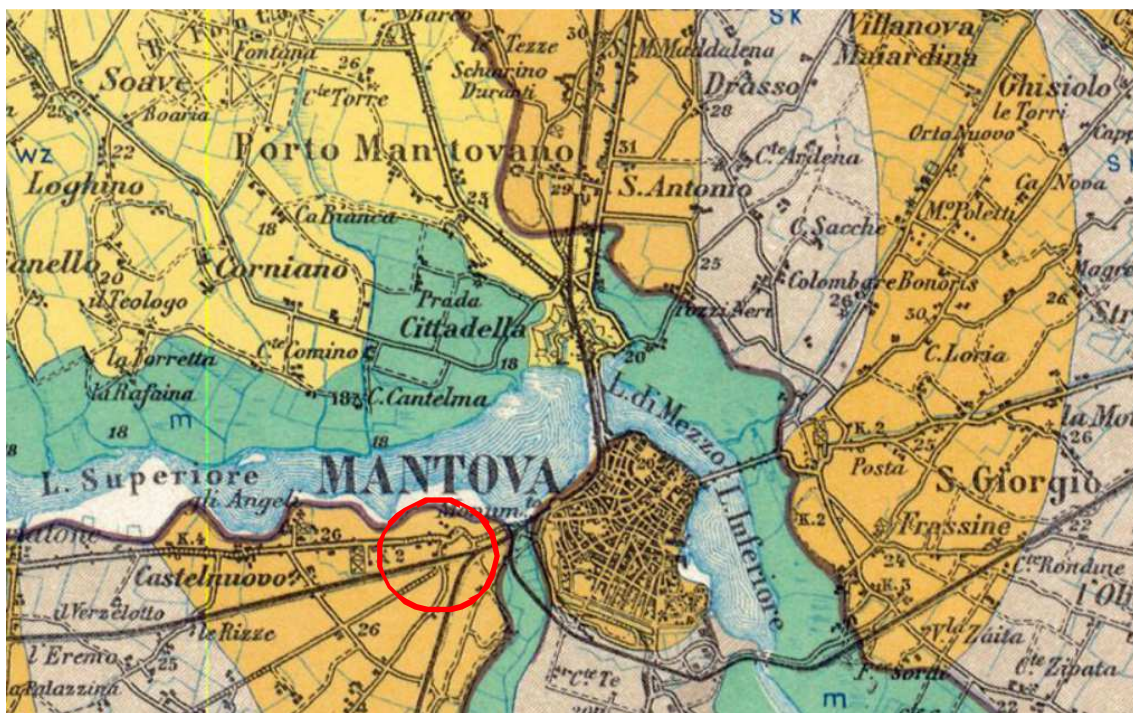
- 18.000-attuale) e viene ritenuta responsabile dell'inflessione del fiume Mincio e quindi della formazione dei Laghi di Mantova.

La presenza di depositi torbosi superficiali o a debole profondità localizzati in una fascia lungo tale elemento lineare testimonierebbe un abbassamento differenziale della zona a sud di tale dislocazione, fornendole carattere di faglia diretta.

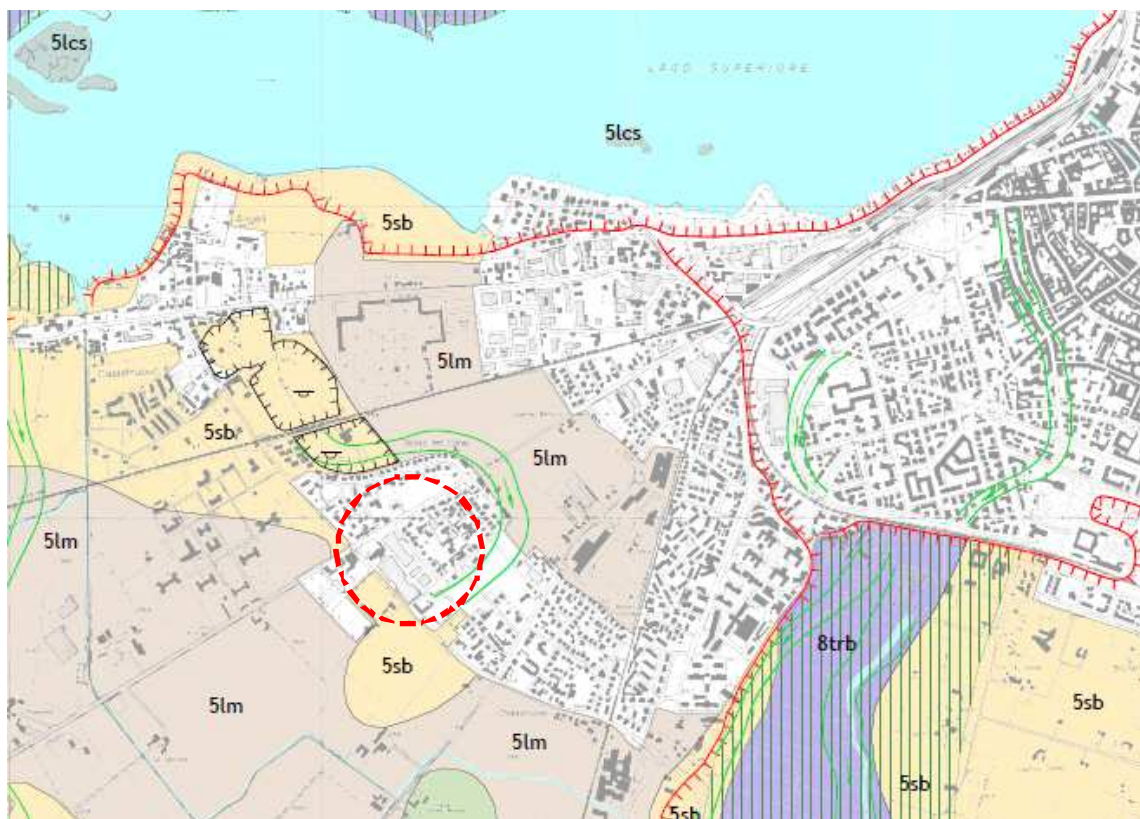
Il sito in oggetto si colloca a nord del lago di Mezzo di Mantova, in un ambito urbanizzato.

Dal punto di vista geologico il sito si colloca all'interno di depositi fluvio-glaciali e fluviali costituiti da successioni di limi, sabbie e ghiaie con intercalazioni di argilla della media pianura.

Estratto della carta geologica d'Italia, foglio 62



Estratto della carta litologica



LITOLOGIA DI SUPERFICIE

5gh	Depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi
5sb	Depositi prevalentemente sabbiosi
5lm	Depositi prevalentemente limosi
5ag	Depositi prevalentemente argillosi
8trb	Depositi prevalentemente torbosi
5lcs	Depositi paludosi
	Aree urbanizzate

4 ASSETTO MORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'evoluzione geologica della pianura padana qui in esame è collegata allo sviluppo delle valli alpine e appenniniche; questo grande bacino che durante il Pliocene e parte del Pleistocene risulta corrispondere ad un golfo occupato da acque marine e caratterizzato da successive ingressioni e regressioni, presenta un profilo asimmetrico con inclinazione del lato meridionale dove, in prossimità del margine appenninico, lo spessore dei sedimenti plio-pleistocenici supera i 7.000 metri.

Dal Pliocene ad oggi si è pertanto verificato un imponente fenomeno di sedimentazione in presenza di un'accentuata subsidenza. In particolare lo spessore complessivo dei depositi quaternari può raggiungere nel mantovano valori notevoli: la base del Quaternario è infatti segnalata a 500-1000 metri nell'area delle colline moreniche, nella fascia pedecollinare e a sud del fiume Po in destra Secchia, a 1.500 metri nella media pianura e a sud del Po in sinistra Secchia, a 2.000 metri nel settore sud occidentale della provincia.

Nel corso del Pleistocene medio-superiore il bacino appare in gran parte colmato e divengono attivi i processi geomorfologici legati in particolare al reticolo idrografico; durante i vari intervalli interglaciali e soprattutto nel corso dell'ultima fase post-glaciale si verificò il rapido riempimento delle aree esterne agli apparati morenici con depositi fluvio-glaciali e fluviali; le conoidi ciottolose-ghiaiose-sabbiose dell'alta pianura (Sandur) passano, per alternanza, ai depositi fluviali con granulometria prevalentemente fine, limosa-argillosa, nella bassa e media pianura.

Le unità geologiche affioranti nel territorio mantovano sono elusivamente di ambiente continentale e costituite da morene, depositi fluvio-glaciali ed alluvioni di età compresa tra il Pliocene e l'Olocene.

Il Comune di Mantova ricade all'interno della bassa pianura mantovana, in un contesto territoriale in cui il paesaggio, dal punto di vista morfologico, è caratterizzato dalla presenza di forme poco evidenti. Tali forme sono essenzialmente legate a processi di origine fluvio-glaciali. Detta pianura si è formata come sandur proglaciale cioè come un'entità continua con lievi ma costanti variazioni delle caratteristiche topografiche, granulometriche, morfologiche e pedologiche (sandur prossimale, intermedia e distale).

La sua evoluzione è, pertanto, legata alla presenza di un imponente sistema glaciale che ha portato alla formazione del livello fondamentale della pianura successivamente inciso dai corsi d'acqua principali.

Il settore orientale si trova sul livello fondamentale della pianura, il quale si presenta come livello monotono, con morfologie naturali, che in zona si sviluppano a piccola scala, e conferiscono all'area un aspetto debolmente ondulato, movimentato da forme allungate talora convesse e talora concave.

La pianura lombarda, in cui ricade il Comune di Mantova, rappresenta una delle maggiori riserve idriche europee. Infatti, la struttura idrogeologica del territorio è caratterizzata dalla presenza di potenti livelli acquiferi sfruttabili, in particolare nella media e nella bassa pianura.

Lo stato delle conoscenze, relativamente buone e chiaramente descritto nella Relazione Generale del Programma di Tutela e Uso delle Acque della Regione Lombardia, "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei di pianura", consente di distinguere le seguenti aree idrogeologicamente importanti:

- Zona di ricarica delle falde: corrisponde alla parte settentrionale della pianura dove dominano le alluvioni oloceniche e sedimenti fluvioglaciali pleistocenici, a granulometria grossolana, e l'acquifero è praticamente ininterrotto da livelli poco permeabili. Detta area si estende quasi completamente a monte della fascia delle risorgive. In questa zona l'infiltrazione da piogge, nevi e irrigazioni, permette la ricarica tanto della prima falda come delle falde profonde.
- Zona di non infiltrazione alle falde: si trova sempre nella parte alta della pianura ma corrisponde alle aree in cui affiora la roccia impervia o dove è presente una copertura argillosa (depositi fluvioglaciali del Pleistocene medio e antico).
- Zona ad alimentazione mista: è ubicata nella zona centrale e meridionale della pianura, in cui le falde superficiali sono alimentate da infiltrazioni locali, ma non trasmettono tale afflusso alle falde più profonde, dalle quali sono separate da diaframmi poco permeabili. Si tratta dell'area corrispondente alla massima parte della pianura.
- Zona di interscambio tra falde superficiali e profonde si rinviene in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, soprattutto del fiume Po.

Le caratteristiche idrogeologiche risultano strettamente dipendenti dalla natura dei depositi fluviali e fluvioglaciali in quanto le caratteristiche granulometriche condizionano il grado di permeabilità e di conseguenza le modalità della circolazione idrica sotterranea.

Le principali variazioni litologiche sono contraddistinte dalla progressiva prevalenza di terreni limoso-argillosi, che si verifica sia con l'aumento della profondità sia procedendo da nord verso sud. Gli acquiferi di maggiore potenzialità si trovano entro i primi 100 metri di profondità, sede di falde libere che traggono alimentazione per lo più dall'infiltrazione superficiale delle acque meteoriche e irrigue.

Più in profondità, si hanno ulteriori acquiferi sabbiosi o, più raramente, sabbioso-ghiaiosi con falde confinate, intercalati a prevalenti limi e argille, che traggono la loro alimentazione dalle aree poste più a nord e dallo scambio con gli acquiferi soprastanti, laddove i setti argillosi di separazione sono discontinui. Secondo la ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, facendo riferimento alle caratteristiche di permeabilità dei litotipi e alla loro disposizione geometrica, vengono identificati i seguenti complessi acquiferi principali:

Acquifero tradizionale:

È l'acquifero superiore, comunemente sfruttato dai pozzi pubblici. La base di tale acquifero è generalmente definita dai depositi superficiali Villafranchiani (Pleistocene Inferiore).

A partire dalla media pianura esso risulta suddiviso, da un livello poco permeabile di spessore variabile, comunque, in aumento verso la bassa pianura, in un acquifero superficiale generalmente freatico e nel sottostante acquifero tradizionale s.s., semiconfinato.

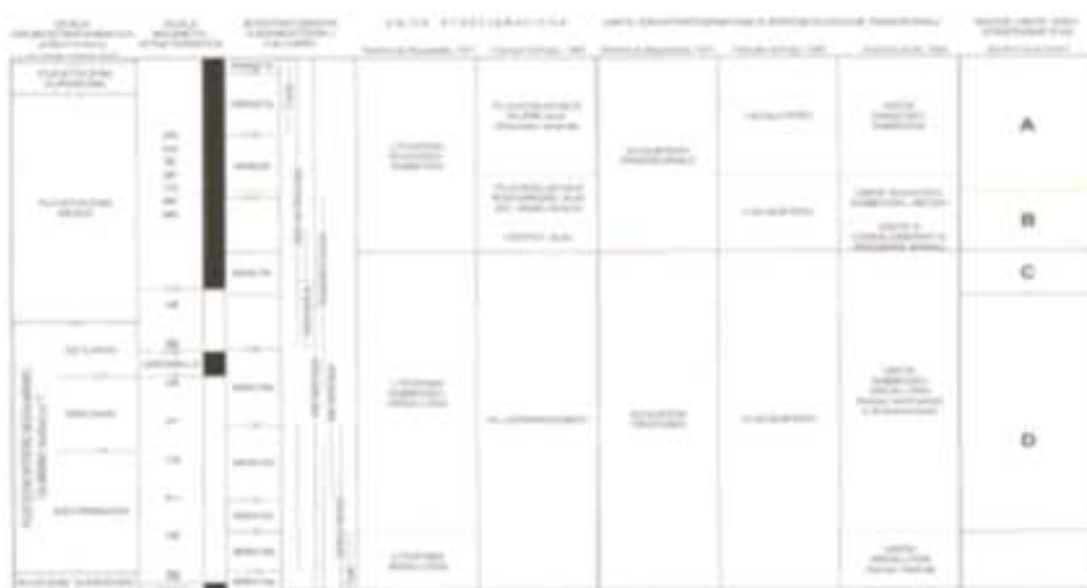
Acquifero profondo:

È costituito dai livelli permeabili presenti all'interno dei depositi continentali del Pleistocene inferiore ed è a sua volta suddiviso in quattro corpi acquiferi minori (acquifero multistrato), separati da banchi argillosi anche molto spessi e continui.

Differentemente, secondo gli studi effettuati dalla Regione Lombardia, il bacino padano può essere suddiviso in quattro unità idrostratigrafiche (Gruppi Acquiferi A, B, C, D) separate da barriere impermeabili che si sviluppano a scala regionale.

All'interno di ogni Gruppo Acquifero vi è un'ulteriore compartimentazione in unità idrostratigrafiche di rango inferiore (Complessi Acquiferi), a loro volta separate da setti impermeabili caratterizzati da una più limitata continuità laterale.

Nello studio viene anche proposta una correlazione con le altre interpretazioni idrogeologiche, affiancando i nuovi gruppi acquiferi con le unità idrogeologiche e/o idrostratigrafiche tradizionali o predefinite.



Come evidenziato nello studio Regione Lombardia-Eni, nel territorio del Comune di Mantova, il Gruppo Acquifero A presenta una superficie basale impermeabile ad una profondità variabile: inferiore a 100m da piano campagna, nella zona più settentrionale, e via via maggiore verso sud, dove raggiunge una profondità di quasi 200 m.

Nella stessa direzione si registra un aumento dello spessore cumulativo dei livelli porosi permeabili, il quale risulta sempre compreso tra 40 e 80m.

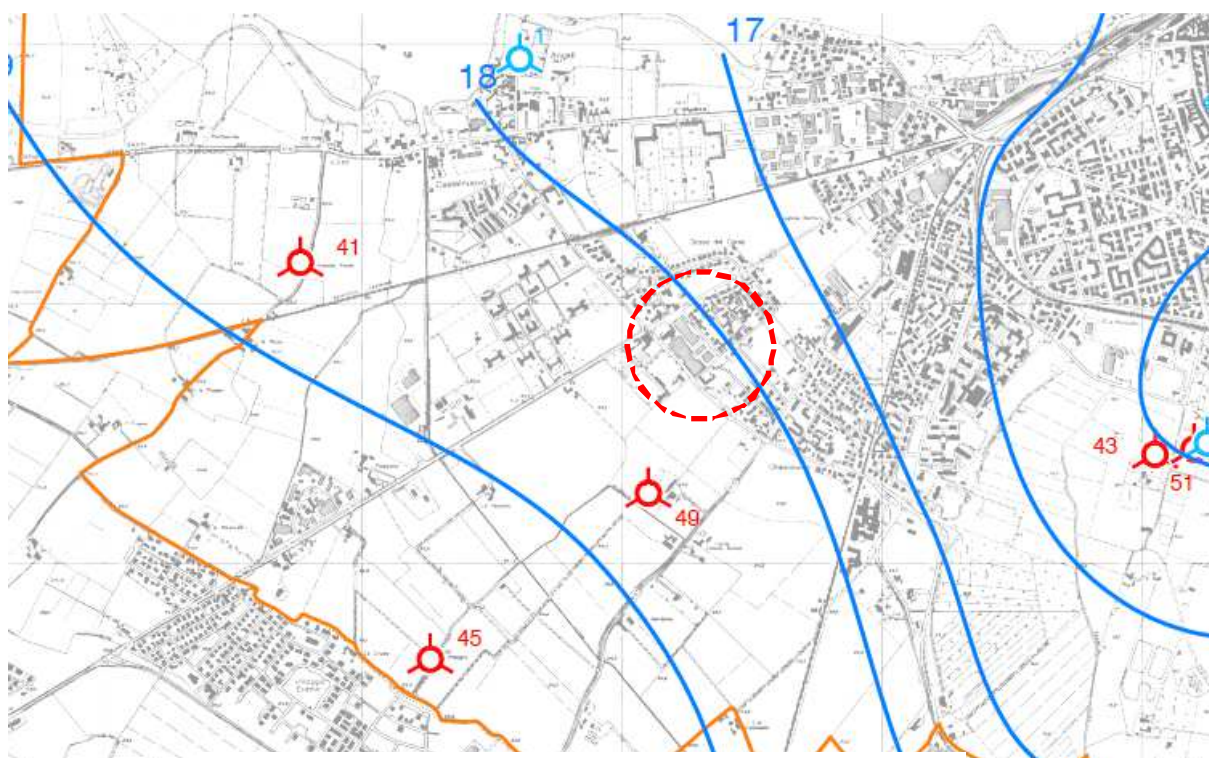
Al di sotto della barriera di permeabilità regionale, si rinvenivano i gruppi più profondi. Va però segnalato che, già il Gruppo Acquifero B non rappresenta più un acquifero utile, in quanto sono presenti delle acque salate.

Con riferimento alla ricostruzione idrostratigrafica tradizionale nella pianura lombarda, si può invece affermare che, per quanto concerne la zona in esame, l'acquifero utile è solo quello tradizionale in quanto quelli profondi risultano occupati da acque salate.

Dall'esame di tale elaborato grafico, si nota come almeno nei primi 80 m da piano campagna, siano dominanti i depositi a permeabilità elevata (depositi prevalentemente sabbioso-ghiaiosi), mentre i livelli a permeabilità bassa (depositi prevalentemente argilloso-limosi) presentino spessori modesti e risultino difficilmente correlabili tra le differenti verticali indagate.

Ne consegue che il primo acquifero si configura come un monostrato solo localmente compartimentato dagli orizzonti a minore permeabilità.

La falda è stata individuata alla profondità di 5 m da p.c. .



LEGENDA IDROGEOLOGICA

	Pozzo della rete di controllo del chimismo delle acque sotterranee con numero d'ordine
	Pozzo della rete di controllo della piezometria con numero d'ordine (il simbolo * indica che il pozzo è utilizzato anche per il controllo del chimismo)
10	Numerazione progressiva di pozzi esistenti nel Comune di Mantova
2B	Numerazione progressiva di pozzi esistenti nei Comuni di Bagnolo San Vito (B), Borgoforte (Bo), Curtatone (C), Marmirolo (M), Porto Mantovano (P) e Virgilio (V)
	Isopieze riferite al l.m. con equidistanza di 1 m; rilievo luglio 2003

5 RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

In riferimento alla D.G.R. n° X/6738 si è consultata la mappa nel geoportale della Regione Lombardia riguardante le aree a rischio alluvioni al fine di verificare la pericolosità e il rischio idraulico del sito in progetto.

Dalla verifica effettuata il sito in esame non ricade all'interno di aree interessate da alluvioni.

Foto 3: ortofoto del geoportale della Lombardia del PGRA



6 VUNERABILITA' DELL'ACQUIFERO

La tavola della vulnerabilità idrogeologica relativa al P.G.T. perimetra l'area di indagine a basso rischio idrogeologico, pertanto con la presente, si vuole approfondire il tema al fine di verificare la contaminazione. La vulnerabilità idrogeologica concerne la possibilità che le acque di falda possono essere più o meno esposte al rischio d'inquinamento idrico. Esso viene definito come "l'impatto di qualunque attività antropica, volontaria o accidentale, che comporti uno sversamento, in uno o più dei sottosistemi componenti il sistema ambiente, di sostanze tali da causare una variazione negativa di tipo chimico e/o fisico della qualità naturale delle acque, tale da mettere in pericolo la salute dell'uomo e degli altri esseri viventi".

La metodologia fa riferimento in parte a quella sperimentata e proposta da vari Autori, in parte segue una elaborazione originale in relazione ai dati a disposizione e alla realtà territoriale.

Si è considerato soprattutto quanto proposto nella metodologia CNR-GNDCI e nelle successive modifiche e integrazioni della stessa, proposte da vari enti e ricercatori sia per scopi generali, sia negli ultimi anni, in particolare per lo studio della vulnerabilità da nitrati delle falde, come richiesto dal D.lgs. 152/06. Si è anche considerato quanto messo a punto, sempre dalla linea di ricerca CNR-GNDCI, cioè il metodo Sintacs, metodo parametrico di valutazione della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi, basato su sette fattori di vulnerabilità.

Per la valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque di falda, che dipende dalle caratteristiche naturali, climatiche, pedologiche e idrogeologiche del sistema, tutte le metodologie si basano sull'esame e la sovrapposizione di alcune informazioni tematiche, più o meno approfondite e quantificate, riferite sostanzialmente:

- alle caratteristiche del suolo e la sua capacità di attenuazione della vulnerabilità;
- alle caratteristiche dello strato insaturo, sovrastante la falda, e alla sua capacità di trasmettere gli inquinanti alla falda;
- alle caratteristiche idrogeologiche e alla profondità delle falde idriche.

La vulnerabilità degli acquiferi non dipende solo dai parametri naturali, ma anche dalle pressioni a cui l'ambiente è sottoposto, sotto forma di centri di pericolo e fonti di inquinamento.

Nel caso in esame si è adottata una metodologia di valutazione della vulnerabilità complessiva, basata su più stadi di elaborazione e tematismi.

La vulnerabilità quindi rappresenta il grado di protezione degli acquiferi sottiacenti il territorio più o meno antropizzato, e indica la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi ad ingerire e diffondere un inquinante idrogecolato. Essa dipende dalle caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero e dalla litologia del terreno non saturo soprastante.

I fattori presi in considerazione per la valutazione della vulnerabilità sono:

- tipo e grado di permeabilità dei depositi;
- tipo e spessore di eventuali coperture a granulometria fine e con bassa permeabilità;
- presenza di livelli ghiaiosi sotterranei;
- soggiacenza della superficie piezometrica dell'acquifero;
- condizioni geomorfologiche particolari, quali la presenza di importanti paleovalle o di terrazzi fluviali.

I parametri che invece caratterizzano le sostanze inquinanti, e quindi la loro possibilità a spostarsi nelle acque sotterranee e a determinarne il potenziale d'impatto, sono:

- la **densità** (massa dell'unità di volume): pertanto a maggiore densità si ha maggiore spostamento verso il basso;
- **viscosità** (resistenza al moto o attrito interno di un fluido): a maggiore viscosità corrisponde maggiore lentezza negli spostamenti orizzontali e verticali;
- **conducibilità idraulica**, proprietà legata alle due precedenti oltre che alla permeabilità dell'acquifero;
- **solubilità** (massa della sostanza che si dissolve per unità di volume di solvente): quindi a maggior solubilità si ha minor concentrazione dell'inquinante nell'acqua, ma anche maggior dispersione dello stesso;
- **volatilità** (proprietà delle sostanze a passare allo stato di vapore): a maggiore volatilità si ha maggior dispersione della sostanza e quindi una minor persistenza;

persistenza, essa è una caratteristica di comportamento che dipende dalla tipologia della sostanza e dalle interazioni che essa ha con l'ambiente. Definisce il tempo di durata che una sostanza mantiene fino alla sua eliminazione dal corpo idrico. Con il primo approfondimento si è preso in considerazione l'effetto protezione e attenuazione dell'inquinamento offerto dalla presenza dei vari tipi di suoli e dalle loro caratteristiche fisico-chimiche.

Infine, vengono considerati i fattori antropici poichè rappresentano elemento di rischio, quali:

- impianti zootecnici e trattamento con fitofarmaci in aree agricole;
- aree artigianali, cimiteri, reti fognarie e discariche;
- attività estrattiva di inerti.

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero è, come abbiamo visto, legata all'interazione tra i fattori fisici dell'acquifero e quelli della sostanza inquinante, fattori che insieme danno luogo a tre principali processi che si producono all'interno del sistema/sottosuolo e che sono:

- lo spostamento della sostanza inquinante (fluida o solida e idroportata) attraverso lo strato insaturo, fino a raggiungere la superficie freatica sottostante;
- la dinamica del flusso sotterraneo della falda e dell'inquinante attraverso lo strato saturo;
- la concentrazione residua di un inquinante fluido o idroportato nel suo viaggio dalla sua partenza al suo arrivo nello strato saturo.

La capacità del sistema suolo-sottosuolo-acquifero di attenuare l'impatto determinato dall'inquinante, caratterizza il grado di vulnerabilità ed è direttamente proporzionale alla lunghezza del percorso che l'inquinante compie per giungere allo strato saturo ed inversamente proporzionale alla velocità di filtrazione e alla dispersione cinematica che sono invece tipiche del mezzo. Durante il percorso dell'inquinante concorrono alla mitigazione dell'impatto la tipologia dell'insaturo, le interazioni molecolari dell'inquinante con l'ambiente, la diluizione eventuale che viene a determinarsi, ad esempio nel caso di abbondanti piogge.

La complessità e la variabilità dei vari parametri da prendere in considerazione, ha determinato la genesi di una miriade di metodi di valutazione della vulnerabilità, tutti finalizzati a descrivere in un qualsiasi scenario fisiografico, nel modo più semplice e oggettivo possibile, una zonizzazione per aree omogenee della vulnerabilità degli acquiferi dall'inquinamento.

Il principio su cui si basano tutti i metodi esistenti è quello di dare una valutazione ai diversi tipi di parametri presi in considerazione, valutazione che non può che essere arbitraria, con la quale si attribuiscono dei punteggi relativi alla funzione che il parametro assunto svolge nel contesto indagato.

L'assunzione dei parametri è pertanto legata alla possibilità di reperire gli stessi: in modo empirico, da fonti bibliografiche, tramite prove dirette di vario genere (carotaggi, prove di portata, piezometrie, granulometrie, prove di laboratorio ecc.). Sembrerebbe quindi che più parametri si utilizzano più ci si approssima a un modello teorico vicino alla situazione reale. In realtà ciò vale per aree ristrette, ove la manipolazione di molti dati così complessi garantisce in effetti un risultato in sintonia con la mole di lavoro svolto. Per aree più estese, la comparazione dei diversi metodi su una stessa area campione, con l'utilizzo degli stessi dati, ha suggerito ai ricercatori che metodi relativamente semplici danno risultati analoghi a metodi di più complessa applicazione.

La scelta del metodo è inoltre condizionata anche dalla possibilità di reperire in modo omogeneo su un territorio i valori necessari alla parametrizzazione. Quindi è inutile utilizzare un metodo complesso quando i valori necessari alla sua applicazione non coprono l'intero territorio d'indagine.

In tale metodo i fondamentali fattori presi in considerazione, che controllano la vulnerabilità sono:

- **l'accessibilità idraulica**, intesa come l'effettiva possibilità che un inquinante idroportato abbia per giungere nello strato saturo;
- **la capacità di attenuazione** dell'insaturo, ossia l'insieme dei processi che portano a diminuire la concentrazione dell'inquinante. Questi fattori si esplicano nella valutazione della vulnerabilità intrinseca tramite i seguenti parametri d'ingresso;
- tipo di acquifero (falda libera, confinata, semiconfinata...);
- litologia e grado di consolidazione dell'insaturo;

- soggiacenza.

Dalla elaborazione di tutti i fattori elencati l'area presenta una vulnerabilità bassa.

Dalla elaborazione di tutti i fattori elencati l'area presenta una vulnerabilità media.



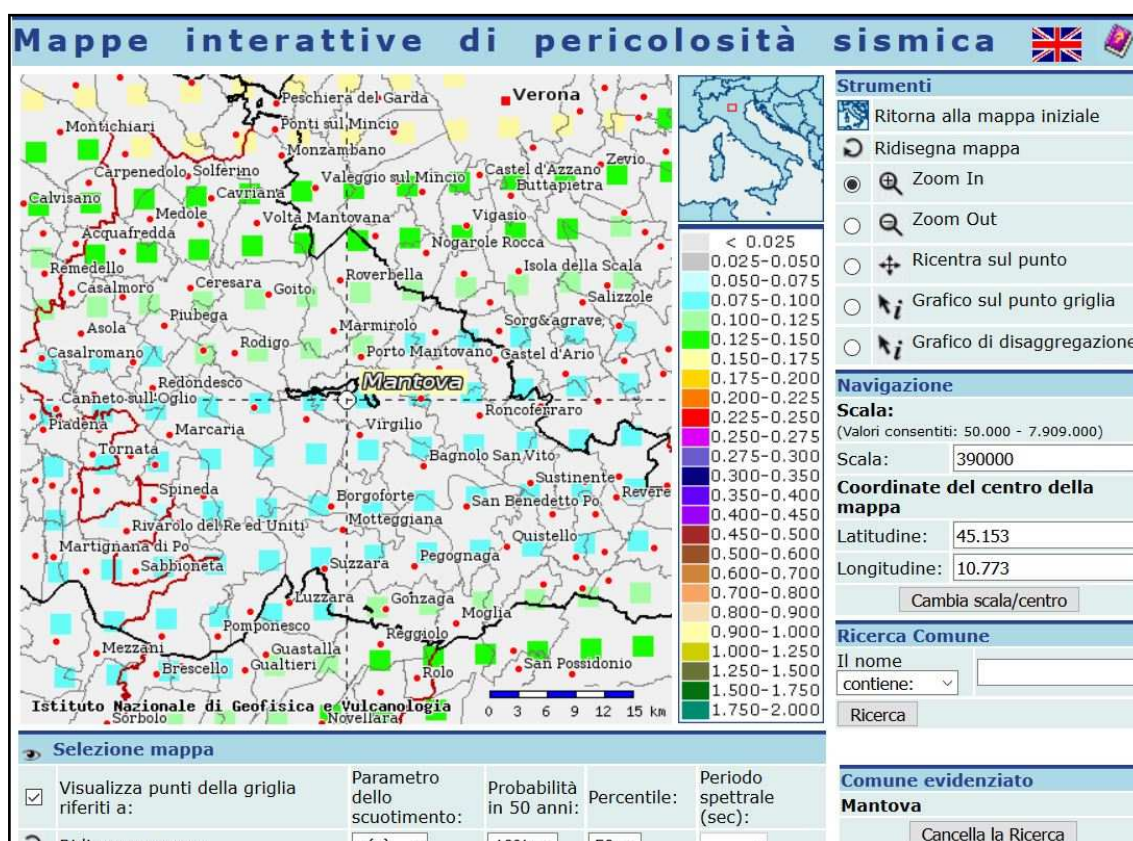
LEGENDA VULNERABILITA'

GRADO DI VULNERABILITA'						LITOTIPOLOGIA DI SUPERFICIE	PERMEABILITA' E SOTTOPASTIGLIONE	CATEGORIA DI VULNERABILITA'
6+	6	5	4	3	2+			
						Argilla	10-20%	Fattore a medio rischio in permeabilità
						Argilla argilla	10-20%	Fattore di permeabilità
						Argilla	10-20%	Fattore di permeabilità con argillificazione 1-4-10
						Argilla	10-20%	Fattore a medio rischio in permeabilità
						Argilla	10-20%	Fattore a medio rischio in permeabilità con argillificazione 1-4-10
						Argilla e sabbia	10-20%	Fattore di permeabilità
						Argilla e sabbia	10-20%	Fattore a medio rischio
						Argilla	10-20%	Fattore di permeabilità e argillificazione 1-4-10

7 RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA

7.1 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La DGR n. X/2129 del 14 luglio 2014 la Regione Lombardia ha classificato il comune di Mantova inserendolo in zona sismica 3. Nella tabella seguente si riportano i valori di accelerazione (a_g) previsti dalla DGR per il comune in esame.

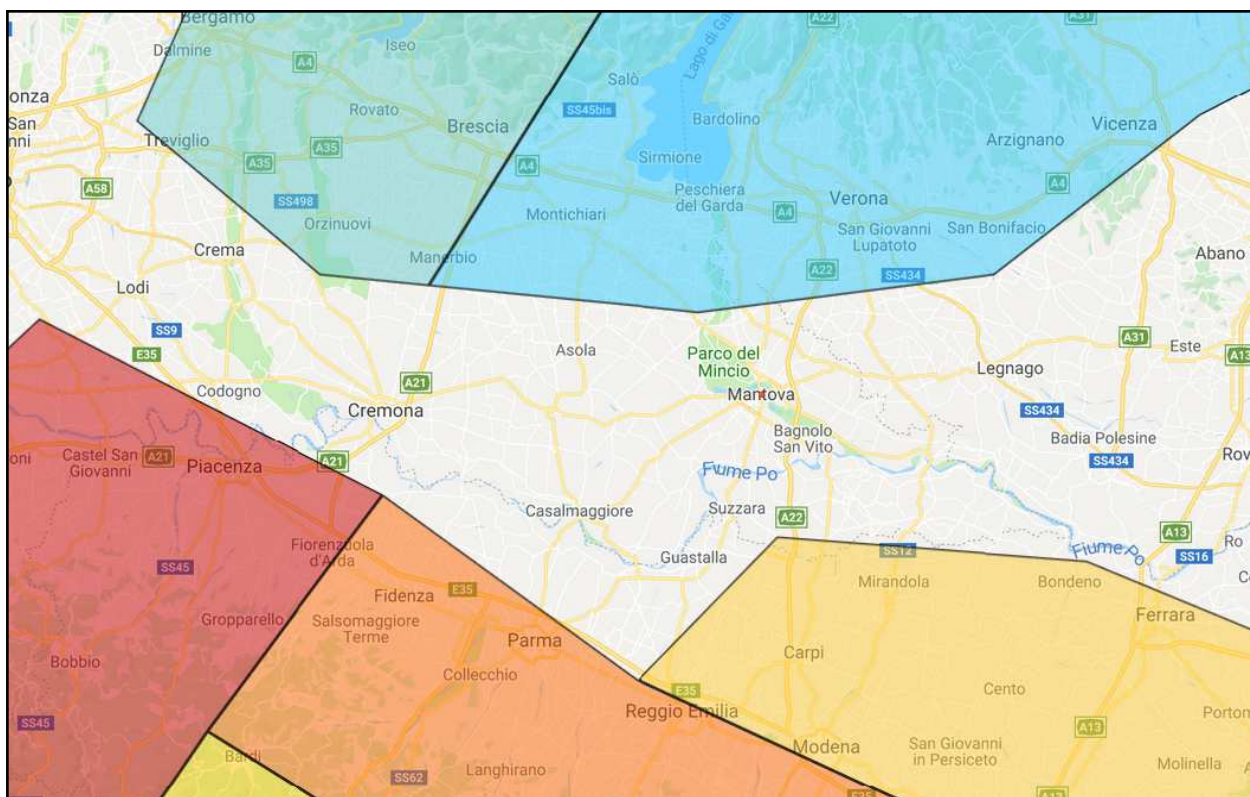


Per determinare il carattere sismogenetico dell'area del comune di Mantova si è presa in considerazione la pubblicazione dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nella quale è stato mappato il territorio nazionale in zone sismogenetiche: il territorio comunale si colloca a circa 50 Km a sud della zona sismogenetica 906 (Garda Veronese) e a circa 45 Km a nord-est della zona sismogenetica 913 (Appennino Emiliano Romagnolo).

Il sito in progetto è ubicato a nord dalla zona 912, nella zona sismogenetica viene individuato un regime tettonico debolmente compressivo in atto. La zona è compresa all'interno di strutture compressive (prevalentemente thrust) responsabili della sismicità, allineate lungo la costa o a breve distanza da essa.

Zona Sismogenetica 912: rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catene nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti a venti assi SW-NE; i terremoti storici hanno raggiunto valori pari a $M = 5,9$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 6 e 8 Km con profondità efficace di 7 km; nella Zona Sismogenetica 912 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 6,14$.

La zona sismogenetica 906 è legata alla convergenza tra la placca tettonica Adria e la placca tettonica Southern Alps con strutture a pieghe sud vergenti e faglie inverse associate (thrusts prevalenti). La zona sismogenetica 913 è legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica Adria) sotto il sistema di catene nell'Arco Appenninico Settentrionale con cinematismi attesi di sovrascorrimento e faglie trascorrenti a venti assi SW-NE.

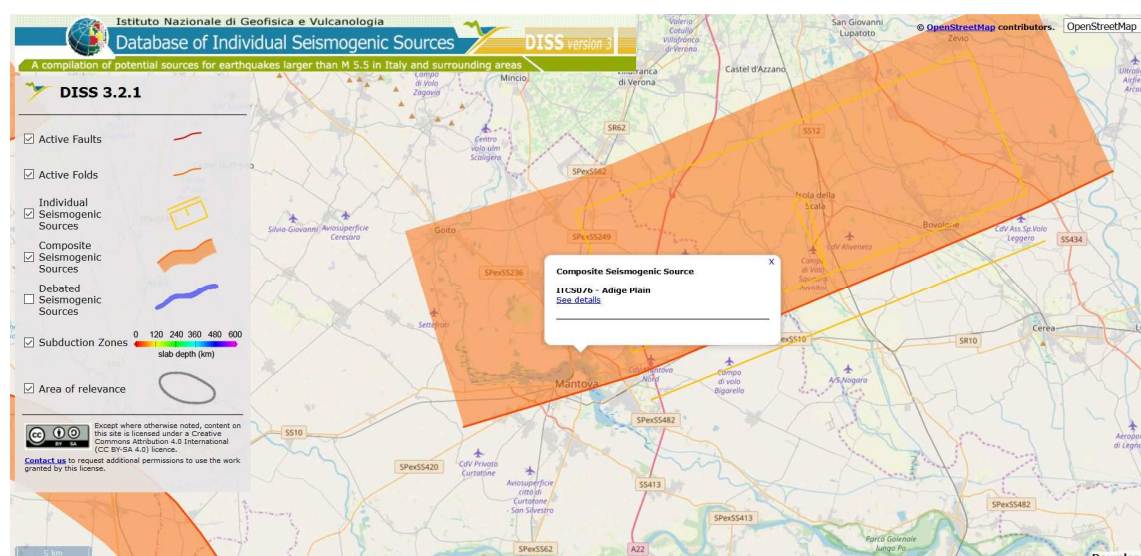


Tale zona, come dalle rilevazioni dell'INGV, è caratterizzata da una magnitudo massima di 6.14 M_w .

7.2 SISMOTETTONICA

Nel presente paragrafo si evidenzia quanto riportato dal DDIS (database do Individual Seimogenetic Sources) elaborato dall'Istituto nazionale Geofisica che fornisce informazioni sulle faglie attive in Italia.

Tale database evidenzia che il sito si colloca sulla sorgente sismo genetica ITCS076 – Adige Plain.



Nella figura seguente si riportano in dettaglio le caratteristiche della zona sismogenetica precedentemente citata tratta dal DISS.

Estratto DISS – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) – Zona sismogenetica ITCS076

GENERAL INFORMATION			
DISS-ID	ITCS076		
Name	Adige Plain		
Compiler(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)		
Contributor(s)	Burrato P.(1), Vannoli P.(1), Valensise G.(1)		
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy		
Created	20-Apr-2010		
Updated	01-Apr-2015		
Display map ...	 		
Related sources	ITIS140		
PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	3.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Max depth [km]	14.0	OD	Based on geological and geomorphological data.
Strike [deg] min... max	240...260	OD	Based on geological and geomorphological data.
Dip [deg] min... max	30...50	OD	Based on geological and geomorphological data.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

8 ANALISI SISMICA

E' stata condotta una indagine geofisica di sismica per ricavare una caratterizzazione dinamica del sottosuolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche presenti. L'indagine è consistita in uno stendimento di sismica posizionato, così come riportato nella foto sopra riportata, in modo da mantenere la linearità dello stendimento ed evitare il disturbo. La lunghezza dello stendimento è di 45,5 metri (il massimo consentito).

Lungo lo stendimento sono stati posizionati 12 geofoni monocomponente verticali, del tipo elettromagnetico a bobina mobile con frequenza propria di 10 Hz, in grado di tradurre in segnale elettrico la velocità con cui il suolo si sposta al passaggio delle onde sismiche prodotte da una sorgente energizzante costituita da una massa battente verticale. Si è ripetuto lo stendimento utilizzando dei geofoni orizzontali con frequenza di 10 Hz, posizionati longitudinalmente allo stendimento e generando una sollecitazione sismica verticale, per la misura della velocità della componente longitudinale delle onde di Rayleigh R.

La distanza tra i geofoni è stata fissata in 3,5 m. Si è utilizzato un punto di energizzazione posto all'estremità, a 7 m di distanza dal primo geofono.

8.1 IL METODO MASW

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo P, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo Rayleigh.

Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama dispersione. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_s), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Per ottenere un profilo verticale di velocità Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz).

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

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

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

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi.

PROGETTO D'INDAGINE

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici di tipo MASW è stata eseguita con l'ausilio del software WinMASW, che consente di analizzare dati sismici (common-shot gathers) acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della VS (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato viene ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si sviluppa in due operazioni svolte in successione:

- 1) determinazione dello spettro di velocità (sul quale l'utente deve identificare la curva di dispersione);
- 2) inversione della curva di dispersione (precedentemente individuata) attraverso l'utilizzo di algoritmi genetici (detti anche evolutivi).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta necessariamente ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale). In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi evolutivi (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni. A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. E' invece necessario definire uno "spazio di ricerca" (search space) all'interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni. Quella finale viene, infine, proposta con una stima della sua attendibilità (deviazioni standard), ottenuta grazie all'utilizzo di tecniche statistiche. Il principale punto di forza di WinMASW è quindi proprio quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie, arricchiti anche da una stima dell'attendibilità. Tali caratteristiche vengono ottenute a prezzo di uno sforzo computazionale piuttosto intensivo che si riflette in tempi macchina più lunghi rispetto quelli comunemente necessari coi metodi di inversione lineare (che però rischiano di fornire risultati piuttosto imprecisi). Tali tempi di calcolo dipendono dai parametri scelti dall'utente per l'inversione dei dati.

INTERPRETAZIONE del profilo sismico di tipo masw

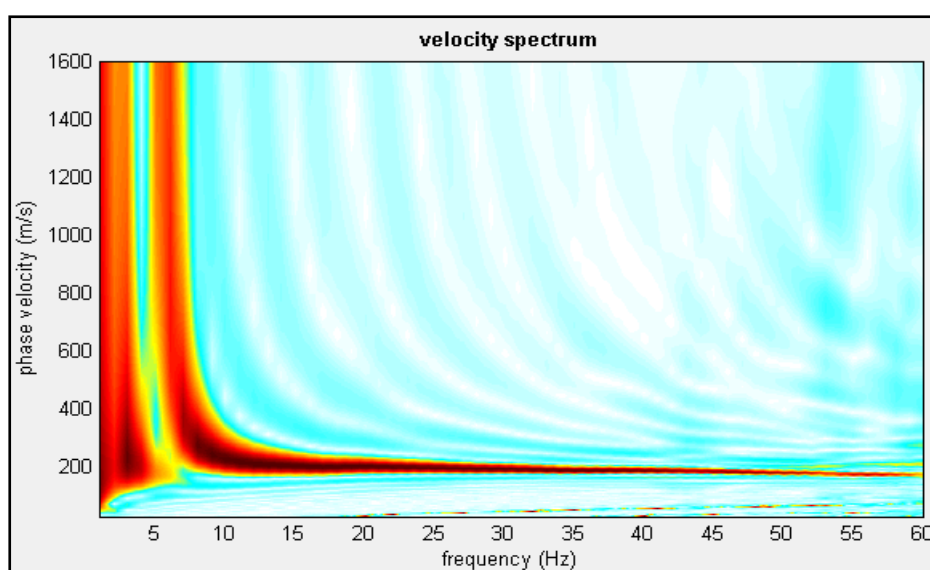
Per l'esecuzione del profilo sismico di tipo MASW, sono state eseguite due energizzazioni verticali agli estremi dello stendimento, per ottimizzare e vincolare il processo di inversione dei dati.

Grazie alle conoscenze geologiche dell'area in esame, si è stabilito di utilizzare, per l'interpretazione dei dati acquisiti, una modellistica a 3 strati. La curva di dispersione relativa al sondaggio sismico eseguito è mostrata in figura 6.

Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro V_{s30} . L'analisi del profilo sismico MASW eseguito ha permesso la definizione di un modello 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabile nel baricentro dello stendimento.

ANALISI SISMICA MASW

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-10	10	170
-13	3	200
-30	17	300



-diagramma della curva di dispersione-

Il valore V_{eq} è **232 m/sec.**

Secondo normativa **la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:**

La tabella mostra che la categoria di suolo di fondazione riferita al piano campagna e per fondazioni con profondità fino a 30 metri è di tipo C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

La profondità di penetrazione dell'indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori (lunghezze d'onda maggiori) e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione (da cui l'importanza di generare un segnale con una sufficiente quantità di energia anche alle frequenze più basse). Questo valore è determinato attraverso l'approssimazione $\lambda/2.5$ ed è, quindi, chiaramente solo indicativo.

Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico - meccanici (porosità, contenuto d'acqua, grado di fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismostratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

8.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SITO

Nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20 marzo 2003 e nel D.M. 14-09-2005 vengono inserite specifiche norme per il progetto delle fondazioni e delle opere di sostegno. Per poter definire l'azione sismica di progetto le norme stabiliscono 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità sono riferite al piano di posa delle fondazioni) identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche rilevate nei primi 30 metri e definite da parametri indicati nell'EUROCODICE 8:

A-Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B -Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D -Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

La determinazione delle azioni sismiche, che costituisce una delle principali novità del testo normativo non avviene più per mezzo del concetto di Zone Sismiche, poiché all'interno dello stesso comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo. Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di stimare meglio le accelerazioni di picco al suolo.

Vengono forniti i valori dei parametri di pericolosità sismica necessari alla progettazione, per ciascun dei nodi della griglia e per 9 valori del periodo di ritorno, ovvero una volta definite le coordinate del sito in base all'allegato A si calcolano i parametri spettrali, relativi ad un particolare tempo di ritorno, con la media pesata dei 4 punti della griglia di accelerazione che comprendono il sito in esame per ognuno dei quattro stati limite previsti dalla norma.

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{seq} > 800$ m/s), passa quindi dal vecchio criterio Zona dipendente, ove l'accelerazione di base a_g derivava dalla zona sismica di appartenenza del Comune in cui ricadeva il sito, senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni di cui tiene conto invece con l'approccio sito dipendente.

Ai fini della normativa, l'azione sismica è quindi caratterizzata da 3 componenti trasversali, due orizzontali e una verticale, da considerarsi tra di loro indipendenti che possono essere descritte mediante accelerazione massima attesa in superficie, accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie, accelerogrammi.

Lo spettro di risposta elastica in accelerazione è espresso da una forma spettrale riferita a uno smorzamento del 5%, moltiplicata per l'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale; lo spettro di risposta elastico orizzontale è definito in base al valore dell'accelerazione a_g relativa alla zona indagata, moltiplicando per un coefficiente S che tiene conto della categoria di suolo di fondazione e delle condizioni topografiche.

Per un determinato sito il moto sismico è quindi definito da uno spettro di risposta elastico la cui espressione dipende dall'accelerazione orizzontale massima al sito (a_g), dal massimo valore di accelerazione dello spettro orizzontale (F_0) e dal periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (T_c), tramite opportuni coefficienti numerici che variano a seconda delle coordinate del sito, della vita di riferimento della struttura e della probabilità di superamento della vita di riferimento.

9 APPROFONDIMENTO DI 1° E 2° LIVELLO

Dalla verifica della tavola della pericolosità sismica località, il sito in esame viene perimetrato in zona Z4a, per quanto riguarda la situazione litostratigrafica e morfologica si rende necessario l'approfondimento di primo e secondo livello di approfondimento sismico, così come contemplato dalla normativa in vigore.

Le verifiche di seguito riportate tengono conto dei risultati di analisi provenienti da diverse aree disciplinari:

- ❖ geofisica (individuazione mediante prospezioni dei profili di velocità delle onde sismiche nei terreni - masw);
- ❖ geologia e geomorfologia (caratterizzazione dell'assetto stratigrafico e strutturale, delle litologie e della geomorfologia dei siti e della parametrizzazione geotecnica).

Lo studio geologico di supporto al P.G.T. presenta una prima tavola della pericolosità sismica (in scala 1:10.000), nella quale vengono riportate le diverse situazioni tipo, sulla base di quanto indicato nella Tabella 1 dell'Allegato 5.

Tale carta indica quindi le zone caratterizzate da diversi scenari in grado di determinare possibili effetti sismici locali.

Lo studio geologico realizzato a supporto del P.G.T. ha individuato per il sito in esame il seguente scenario:

- Z4a – zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide dellizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta di pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento, in base a quanto stabilito dalla D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/2011.

SCENARIO Z4a

L'area d'intervento ricade in Z4a (1° livello di approfondimento), la falda è stata intercettata a 5 m da p.c., mentre gli effetti attesi sono legati all'amplificazioni litologiche.

9.1 APPROFONDIMENTO SISMICO DI II° LIVELLO

Dalla mappa della P.S.L. alla scala 1:10.000 si nota che il sito in esame è situato in una zona di possibile amplificazione sismica Z4a. Tale contesto indica il rischio che un evento sismico ed i relativi scuotimenti producano effetti di amplificazione litologica in grado di alterare i risultati di un sisma sulla base di quanto previsto dalla normativa nazionale.

Per questo contesto la normativa prevede il secondo livello di analisi degli effetti sismici di sito. Il secondo livello si applica a tutti gli scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche e litologiche) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e morfologiche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di F_a .

Gli effetti di amplificazione per lo scenario sismico Z4a è di natura litologica, pertanto per la valutazione del fattore di amplificazione (F_a) si ricorre alle schede relative all'allegato 5 di cui alla D.G.R. n° 9/2616 del 2011.

Così come previsto dalla normativa il valore di F_a viene riferito agli intervalli di periodo tra 0.1 – 0.5s e 0.5 – 1.5s: i due intervalli di periodo nei quali è stato calcolato il valore di F_a vengono scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie; in particolare l'intervallo tra 0.1 – 0.5s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 – 1.5s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Viene valutato il periodo del sito T con la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n v_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}} = 0.14$$

h_i = spessore dello strato i -esimo;

V_s = velocità dello strato i -esimo.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascuno strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico - geotecnico e identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

ANALISI DEGLI EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE LITOLOGICA.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici ricavati dalle prove CPT, è stata individuata una litologia prevalentemente sabbiosa per la quale è stata scelta la relativa scheda di valutazione di riferimento (scheda Litologia sabbiosa tipo 2 – curva 2 - verde).

STIMA DEGLI EFFETTI LITOLOGICI
 secondo le procedure dell'All. 5 - D.g.r. 9/2616 del 60/11/2011
SCHEDA LITOLOGIA SABBIOSA

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
-10	10	170
-13	3	200
-30	17	300

Periodo del sito
T = 0,14

PRIMO STRATO
 Vs 170

Curva caratteristica
 n° 2

VERIFICA
 Valori Fa del sito
 0,1 < T < 0,5 1,45

Comune di Mantova
 Valori Fa di soglia
 terreni di tipo

B	1,4
C	1,8
D	2,1
E	1,9

Località Mantova
 Litologia tipo suolo C

Individuata la scheda di riferimento si è provveduto alla verifica della validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità. All'interno della scheda di valutazione è stato scelto il valore di F_a nell'intervallo 0,1-0,5 s in base al valore del periodo proprio del sito T , in quanto i futuri interventi edilizi rientrano nell'intervallo 0,1 – 0,5. La curva individuata è la n° 2 (verde), mentre il $T = 0.14$, il valore di F_a determinato è pari a 1,45 e indica il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione è stata effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di F_a ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per il comune di Mantova, per la classe C_e per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s. Per il comune di Mantova il valore soglia F_a per il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta sufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito che risulta pari a 1,8.

$$1.5 (F_a) < 1.8 (F_{ac})$$

Si può quindi affermare che il valore di F_a è inferiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa.

10 SISMICITÀ DEL SITO

NORMATIVE SISMICHE

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003, entrata in vigore il 23/10/2005 contestualmente al Decreto Ministeriale 17/01/2018 "NTC", individuava in prima applicazione le zone sismiche del territorio nazionale. Con la D.G.R. 14 luglio 2014 il territorio comunale è stato inserito in zona sismica 3.

Nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, conducendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa.

I dettami della nuova normativa (NTC del D.M. 17 gennaio 2018), la valutazione della pericolosità sismica si attua secondo un criterio sito dipendente, che tenga conto delle condizioni locali del sito; la pericolosità sismica deve essere cioè riferita al punto preciso, individuato all'interno del reticolo di riferimento i cui nodi, identificati in termini di latitudine e longitudine, non devono distare più di 10 Km l'uno dall'altro.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite in funzione dei tre parametri:

- accelerazione orizzontale di ancoraggio (a_g/g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0);
- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c).

Questi parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo i cui nodi non distano fra loro più di 10 Km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per i diversi periodi di ritorno.

L'accelerazione orizzontale di ancoraggio viene determinata sulla base della classificazione del terreno e può assumere quattro valori funzionali della zona sismica:

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 (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 parametro S dipende invece dalle caratteristiche del suolo di fondazione secondo le seguenti caratteristiche.

Tab. 3.2.II – Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria di suolo di fondazione	PROFILO STRATIGRAFICO	V_{s30} (m/s)	N_{spt}	C_u (Kpa)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.	>800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.	<800 >360	>50	>250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	<360 >180	<50 >15	<250 >70
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.	<180	<15	<70
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.			

Ad esso sono legati i valori assunti da periodi di vibrazione che caratterizzano la forma dello spettro di risposta. In funzione delle cinque classi di suolo proposte questi parametri assumono i seguenti valori:

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B.C.D	1.25	0.15	0.50	2.0
E	1.35	0.2	0.80	2.0

10.1 AZIONE 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 PVR.

La pericolosità sismica è definita in termini di:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.
- 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 .

Ai fini delle NTCl le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nei periodi di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale.

Ag	Ag accelerazione orizzontale massima al sito
Fo	Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
Tc	Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

10.2 STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Secondo normativa (D.M.17.01.2018) la categoria di appartenenza del litotipo equivalente è la C:

Categoria	Descrizione da d. m. 17/01/2018
C	Depositi di sabbia e ghiaia mediamente addensate, o di argille di media consistenza

Sito in esame

latitudine: 45,148081

longitudine: 10,759089

Categoria topografica	T1
-----------------------	----

11 PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Dall'analisi dei sondaggi geognostici è stato possibile sia parametrizzare i litotipi intercettati alle varie profondità sia determinare la categoria di suoli di fondazione, così come previsto ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018. Di seguito viene riportato il valore a_g (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni)

$$A_g = S_s S_t a_{bedrock}$$

a_{bedrock} = è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock;

S_t = è il fattore di amplificazione stratigrafica;

S_s = si determina in relazione alla categoria di sottosuolo.

Categoria sottosuolo	S_s
A	1
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 F_o \leq 1.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 F_o \leq 1.50$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 F_o \leq 1.80$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 F_o \leq 1.60$

I parametri a_g , F_o e T_c sono riportati nelle tabelle relative al capitolo 7, mentre il parametro S_s risulta uguale a 1.

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla tabella del D.M. 17 gennaio 2018:

categoria topografica	Caratteristiche della superficie topografica	Ubicazione opera o dell'intervento	S_t
T_1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$		1.00
T_2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	Sommità del pendio	1.20
T_3	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.20
T_4	Rilievi con larghezza in cresta molto minori che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	Cresta del rilievo	1.40

12 RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Ai fini della ricostruzione della stratigrafia e delle caratteristiche geotecniche dell'area in oggetto, si è proceduto all'analisi delle indagini eseguite in situ. Sono state eseguite n.2 prove penetrometriche di tipo statico spinte mediamente alla profondità di 10 m dall'attuale piano campagna e una prova MASW.

12.1 PROFILO STRATIGRAFICO

Dalle indagini litostratigrafiche effettuate si evidenzia:

▪ **LIVELLO A**

Strato superficiale vegetale con spessore variabile da un minimo di 30 cm ad un massimo di 0.60 m.

▪ **LIVELLO B**

I depositi che rappresentano il livello B sono costituiti da depositi sabbiosi che si riscontrano fino a fondo prova.

Lo strato B presenta medio-bassi valori di compressibilità, che si susseguono in modo relativamente omogeneo per tutto il suo sviluppo fino a fondo prova (10 m da p.c.).

STRATIGRAFIA	
A	0.0 - 0.50 m terreno vegetale
B	0.50 - 10.00 m depositi sabbiosi

La falda è stata intercettata a 5 m da p.c..

Ubicazione sondaggi e prova MASW su ortofoto



Pozzetto esplorativo

**Per uno spessore di 50 cm
si attraversa un terreno
vegetale seguito da un
deposito sabbioso.**

12.2 COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ

Analizzando alcune stratigrafie, di pozzi limitrofi all'area in esame e dalle prove effettuate in situ, è stato possibile evidenziare le unità geolitologiche che caratterizzano il sito indagato.

Dalle correlazione litostratigrafiche è possibile evidenziare:

- **Da 0 m a 10.00 m da p.c. unità sabbiosa**, si caratterizza per la medio-alta permeabilità (10^{-3} m/s).

Molto importante, ai fini di una corretta interpretazione idrogeologica del sito, caratterizzare la permeabilità presente nella porzione di terreno interessata dallo studio; Tale proprietà, delle rocce o dei terreni consolidati, rappresenta la capacità di quest'ultimi ad essere attraversati da fluidi.

Mentre il coefficiente di permeabilità (K) rappresenta la resistenza viscosa e frizionale alla filtrazione di un fluido in un mezzo poroso ed è espressa come una velocità con unità di misura in m/s.

Tale coefficiente dipende:

- Dalle proprietà del fluido (densità, ρ e viscosità, μ).
- Dalle caratteristiche del mezzo poroso (permeabilità intrinseca, k_p).

$$k = (\rho \cdot g / \mu) \cdot k_p$$

In sintesi, il coefficiente di permeabilità (K) che contraddistingue i litotipi presenti nei primi metri di sottosuolo si attesta su valori compresi vicini a 1×10^{-3} m/s.

Il primo orizzonte è caratterizzato da un *medio-alto drenaggio* e da un medio-alto *Grado di Permeabilità* (vedi Tabella seguente).

Grado di Permeabilità	k di Permeabilità (m/s)
Alto	Superiore a 10^{-3} m/s

Medio	$10^{-3} \text{ m/s} - 10^{-5} \text{ m/s}$
Basso	$10^{-5} \text{ m/s} - 10^{-7} \text{ m/s}$
Molto Basso	$10^{-7} \text{ m/s} - 10^{-9} \text{ m/s}$
Impermeabile	Inferiore a 10^{-9} m/s

12.3 MODELLO GEOTECNICO-GEOFISICO

La prova penetrometrica ha permesso di individuare le caratteristiche degli strati posti al di sotto del piano campagna in modo da definire le litozone, il più possibile omogenee da un punto di vista meccanico, da utilizzare per la determinazione di sezioni geotecniche adeguate ai fini del calcolo della capacità portante e dei cedimenti. Le unità litotecniche sono state definite in funzione della loro resistenza all'avanzamento della punta penetrometrica.

Segue la descrizione schematica delle unità, la definizione del loro spessore e i parametri geotecnici calcolati utilizzando le formule seguenti:

Parametro Formula utilizzata

D_r (densità relativa) Terzaghi – Peck (1967)

f (angolo di attrito efficace) Hatanaka – Uchida (1996)

E' (modulo di deformazione elastica) AASHTO (1996)

M (modulo edometrico) Shultze e Muhs (1966)

g (peso di volume) Bruschi (1980-2005)

c_u (coesione) Bruschi (2004).

Per ogni parametro, per ciascuna delle unità litotecniche in cui è stato diviso il sottosuolo, è stato valutato il valore caratteristico utilizzando l'approccio statistico (come suggerito negli Eurocodici si è considerato il 5-percentile).

Tutti i valori dei parametri che compaiono nelle seguenti tabelle, utilizzati nei calcoli dei paragrafi successivi, sono quindi valori caratteristici, cioè valori rappresentativi del

parametro considerato all'interno di ciascun strato (D.M. 14.09.2005 - D.M. 17.01.2018 – Circolare 21.01.2019).

In allegato si riportano le distribuzioni di probabilità del campione di misure ricavate dalle indagini, la distribuzione della media con il relativo C.O.V. e il valore caratteristico di alcuni dei parametri più sotto riportati.

ORIZZONTE A

Da 0.00 a 0.50 m da p.c.: si ha un terreno agronomico. Poiché questo strato è da scorticare i parametri geotecnici non vengono riportati.

ORIZZONTE B

Da 0.50 a 10.00 m da p.c.: si intercetta un deposito sabbioso. Vengono di seguito riportati i parametri geotecnici.

γ	1.9 T/ m ³	Peso unitario del terreno
γ'	0.85 T/ m ³	Peso unitario del terreno in falda
ϕ	28°	Resistenza al taglio drenata
ϕ_{cv}	27°	Resistenza al taglio a volume costante
Mo	120 Kg/c m ²	Modulo edometrico
Vs	200 m/sec	Velocità delle onde S

In funzione dei dati ottenuti dalle indagini geognostiche, è stata valutata la capacità portante dei terreni su cui poggiano gli edifici da adeguare da un punto di vista sismico. Si sono seguiti i criteri proposti nel D.M. 01-2018.

13 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

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. I fenomeni di liquefazione interessano i depositi sabbiosi saturi e dipendono da:

- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche delle vibrazioni sismiche e loro durata;
- genesi e storia geologica dei terreni;
- fattori ambientali.

Un terreno incoerente saturo, in assenza di sollecitazioni sismiche è soggetto soltanto alla pressione litostatica, dovuta al peso dei sedimenti sovrastanti (in campo libero e con superficie piana).

Durante una sollecitazione sismica vengono indotte nel terreno delle sollecitazioni cicliche di taglio, dovute alla propagazione delle onde sismiche verso la superficie, mentre la pressione litostatica resta costante. Per tutta la durata della scossa ogni elemento di terreno è soggetto a una serie di sforzi tangenziali che cambiano ripetutamente verso ed ampiezza.

Nel terreno si possono generare fenomeni di liquefazione se la scossa sismica produce un numero di cicli tale da far sì che la pressione interstiziale uguagli la pressione di confinamento. Nei depositi la pressione di confinamento aumenta con la profondità, mentre l'ampiezza dello sforzo di taglio indotto dal sisma diminuisce. La resistenza alla liquefazione quindi è maggiore con la profondità. Di conseguenza, maggiore è la durata di un terremoto (maggiore numero di cicli), più alta è la possibilità che si arrivi alla liquefazione. Inoltre, maggiore è l'ampiezza della vibrazione e della deformazione indotta e minore è il numero di cicli necessari per giungere a tale condizione.

Il terreno può essere però soggetto a sforzi di taglio statici dovuti alla presenza di strutture in superficie o alla sua particolare posizione (per es. al di sotto di un versante). In questo caso l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione dipende, oltre che dalle caratteristiche del sisma, anche dal rapporto che si stabilisce tra le tensioni di taglio indotte da quest'ultima e quelle statiche preesistenti al terremoto.

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione.

Anche la *distribuzione*, la *forma delle particelle* e il *grado di* uniformità influenzano notevolmente il fenomeno, per le implicazioni che questi fattori hanno sulla resistenza al taglio e per il modo di dissiparsi della pressione interstiziale in eccesso.

Per quanto riguarda la storia delle sollecitazioni sismiche, si può affermare che precedenti deformazioni moderate influiscano positivamente sulla resistenza del deposito, mentre una storia caratterizzata da alti livelli di deformazione (deposito già soggetto a liquefazione) ha effetti negativi sul potenziale di riliquefazione.

I depositi ghiaiosi-sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre, la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile e omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

La verifica della suscettibilità alla liquefazione è stata eseguita pertanto considerando i risultati, sino alla profondità di 15 m dal p.c. dalla prova $masw$.

La falda è stata intercettata a 5 m dal p.c..

Per quanto concerne la magnitudo, come riportato nei capitoli precedenti, si è fatto riferimento ad un valore massimo pari a 6.14. Per quel che concerne invece l'accelerazione massima attesa in superficie nell'area in esame, le analisi effettuate secondo quanto stabilito dalle NTC 2018 e dalla Circolare n°7 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 21 gennaio 2019, è di $a_{max} = 0.132$.

La verifica alla liquefazione è stata effettuata correlando la capacità di resistenza del terreno alla liquefazione CRR e la resistenza ciclica indotta dal sisma CSR (Seed & Idriss 1971). Dalle prove penetrometriche statiche si è valutato la resistenza alla liquefazione CRR; il potenziale di liquefazione I_0 si è ottenuto eseguendo il calcolo del fattore di sicurezza FS_L , definito dal rapporto CRR/CSR.

$$CSR = 0.65 \times (a_{max})/(g) \times (\sigma_{vo}/\sigma'_{vo}) \times r_d \times 1/(MSF \times K_\sigma)$$

dove:

a_{max} = accelerazione sismica di picco al piano campagna;

g = accelerazione di gravità;

σ_{vo} = pressione verticale totale alla profondità z dal p.c.;

σ'_{vo} = pressione verticale efficace alla profondità z dal p.c.;

r_d = fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata;

MSF = coefficiente correttivo funzione della magnitudo del sisma;

K_σ = coefficiente correttivo funzione delle tensioni efficaci alla profondità interessata.

Il fattore di sicurezza alla liquefazione FS_L è definito dal rapporto CRR/CSR :

$$FS_L = CRR \cdot \frac{MSF}{CSR}$$

Il rapporto di tensione ciclica CSR , ad una determinata profondità, può essere valutato attraverso l'espressione di Seed e Idriss, 1971 riportata di seguito:

$$CSR = 0.65 \times a_{max}/g \times \sigma_{vo}/\sigma'_{vo} \times R_d$$

Dove:

a_{max} : accelerazione di picco al piano campagna del terremoto di progetto;

g : accelerazione di gravità;

σ_{vo} : tensione totale verticale alla profondità considerata;

σ'_{vo} : tensione efficace verticale alla profondità considerata;

R_d : coefficiente riduttivo dell'azione sismica per valutare la deformabilità del sottosuolo.

Per quel che concerne invece la valutazione del rapporto di resistenza ciclica CRR, la resistenza penetrometrica, q_c , ricavata dalla indagine penetrometrica statica CPT, deve essere ricondotta ad un valore normalizzato, q_{c1N} , attraverso la seguente espressione:

$$q_{c1N} = C_q \times q_c / p_a$$

Dove p (pressione atmosferica pari a 100kPa) e q espressa nella stessa unità di misura.

Il coefficiente C_q (fattore correttivo per tener conto dell'influenza della pressione verticale efficace).

In base al valore di IL ottenuto viene fuori la seguente tabella:

IL	rischio di liquefazione
$0 < IL \leq 2$	basso
$2 < IL \leq 5$	moderato
$5 < IL \leq 15$	elevato

Nella verifica eseguita è stato ottenuto un valore di **IL = 1.9**, indice di un rischio di liquefazione basso e il fattore di sicurezza $F_s > 1$ considerando una magnitudo di riferimento e un'accelerazione sismica secondo il D.M. 17 gennaio 2018.

14 CONCLUSIONI

Alla luce di quanto emerso dall'indagine è possibile affermare:

- sotto il profilo idrogeologico la falda viene individuata alla profondità di 5 m da p.c.:
- la vulnerabilità idrogeologica è media;
- la superficie interessata alla trasformazione urbanistica non presenta fenomeni geomorfologici attivi
- l'area non è a rischio idraulico

La superficie in esame, dallo studio geologico, idrogeologico e geotecnico realizzato, ai sensi della L.R. 12 del 2005 e della D.G.R. 2616 del 2011, ricade in seconda classe di fattibilità con modeste limitazioni da ascrivere alla vulnerabilità della falda freatica, pertanto i futuri interventi edificatori dovranno tener conto delle fluttuazioni della falda.

Essendo la presente relazione redatta in fase di studio per un piano di lottizzazione e non essendone esattamente le tipologie e le caratteristiche, tra cui le dimensioni e le ubicazioni esatte, degli edifici che verranno successivamente costruiti sull'area, la realizzazione di una qualunque struttura andrà puntualmente verificata sulla base delle necessità di progetto, ai sensi del D.M. 17.01.2018, sia per conoscere la portata limite effettiva dei terreni sia per verificare l'esatta entità dei cedimenti indotti dalle nuove imposizioni di carico.

Inoltre, in fase esecutiva, si rende indispensabile l'individuazione della soggiacenza della falda freatica, al fine di verificare la compatibilità dell'intervento in progetto con la piezometrica.

I futuri interventi dovranno rispettare la nuova normativa sull'invarianza idraulica, ai sensi del Regolamento Regionale n° 7 del 23 novembre 2017 e s.m.i..

Sulla scorta di quanto rilevato nell'ambito del presente studio e da quanto emerso dalle indagini in situ, si ritiene che l'area in esame possa, nel suo contesto geologico, idrogeologico e geomorfologico, essere considerata idonea alla trasformazione urbanistica.

San Giorgio Bigarello, Gennaio 2020

IL TECNICO

Dott. Geol. Rosario Spagnolo

ALLEGATI

CPT1

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	qc/f _s Begemann	f _s /qcxl00 (Schmertmann)
0,20	27,00	0,0	27,138	0,0		0,0
0,40	34,00	0,0	34,138	1,4	24,38429	4,1
0,60	46,00	67,0	46,138	1,933	23,8686	4,2
0,80	83,00	112,0	83,138	2,067	40,22158	2,5
1,00	71,00	102,0	121,138	2,333	51,9237	1,9
1,20	54,00	88,0	123,276	2,867	42,99826	2,3
1,40	61,00	94,0	131,276	2,933	44,75827	2,2
1,60	94,00	128,0	134,276	3,267	41,1007	2,4
1,80	53,00	82,0	153,276	3,533	43,38409	2,3
2,00	61,00	84,0	161,276	3,667	43,98037	2,3
2,20	73,00	98,0	173,414	3,867	44,84458	2,2
2,40	84,00	112,0	184,414	5,067	36,39511	2,7
2,60	52,00	88,0	232,414	2,867	81,06522	1,2
2,80	76,00	109,0	206,414	2,733	75,52653	1,3
3,00	95,00	126,0	195,414	2,8	69,79071	1,4
3,20	66,00	98,0	206,552	3,067	67,34659	1,5
3,40	96,00	122,0	176,552	3,333	52,9709	1,9
3,60	63,00	93,0	163,552	3,133	52,203	1,9
3,80	75,00	102,0	175,552	2,4	73,14667	1,4
4,00	91,00	127,0	121,552	1,933	62,88257	1,6
4,20	73,00	92,0	113,69	2,267	50,14998	2,0
4,40	66,00	90,0	116,69	3,6	32,41389	3,1
4,60	66,00	90,0	156,69	5,333	29,38121	3,4
4,80	113,00	133,0	213,69	5,333	40,06938	2,5
5,00	111,00	131,0	211,69	5,0	42,338	2,4
5,20	92,00	107,0	232,828	5,2	44,77462	2,2
5,40	80,00	118,0	210,828	2,0	105,414	0,9
5,60	80,00	110,0	110,828	2,267	48,88752	2,0
5,80	71,00	95,0	101,828	1,533	66,42401	1,5
6,00	79,00	102,0	79,828	1,867	42,75736	2,3
6,20	55,00	83,0	55,966	1,733	32,29429	3,1
6,40	73,00	99,0	73,966	1,133	65,28332	1,5
6,60	53,00	80,0	23,966	1,133	21,15269	4,7
6,80	53,00	80,0	23,966	1,067	22,46111	4,5
7,00	59,00	85,0	29,966	1,0	29,966	3,3
7,20	47,00	62,0	48,104	1,8	26,72444	3,7
7,40	110,00	137,0	111,104	2,4	46,29333	2,2
7,60	127,00	163,0	128,104	2,6	49,27077	2,0
7,80	131,00	170,0	132,104	1,733	76,22851	1,3
8,00	98,00	124,0	99,104	1,6	61,94	1,6
8,20	97,00	121,0	98,242	2,333	42,10973	2,4
8,40	103,00	138,0	104,242	1,733	60,15118	1,7
8,60	81,00	107,0	82,242	1,333	61,69692	1,6
8,80	53,00	73,0	24,242	1,4	17,31571	5,8
9,00	63,00	94,0	24,242	2,133	11,36521	8,8
9,20	50,00	72,0	41,38	1,933	21,40714	4,7
9,40	61,00	90,0	32,38	1,667	19,42412	5,1
9,60	58,00	73,0	29,38	1,467	20,02727	5,0
9,80	64,00	86,0	25,38	1,667	15,22496	6,6
10,00	67,00	92,0	28,38	1,657	17,12734	5,8

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	f _s Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,20	27,138	0,0	2,0	Incoerente	Sabbie limose
0,60	40,138	1,667	2,1	Incoerente-Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
2,40	140,609	3,289	2,3	Incoerente	Sabbie limose
4,00	184,75	2,783	2,3	Incoerente	Sabbie
4,40	115,19	2,934	2,3	Incoerente	Sabbie limose
4,60	156,69	5,333	2,3	Incoerente-Coesivo	Limi e limi sabbiosi
5,00	212,69	5,167	2,4	Incoerente	Sabbie limose
5,40	221,828	3,6	2,4	Incoerente	Sabbie
5,60	110,828	2,267	2,3	Incoerente	Sabbie limose
5,80	101,828	1,533	2,2	Incoerente	Sabbie
6,00	79,828	1,867	2,2	Incoerente	Sabbie limose
6,20	55,966	1,733	2,1	Incoerente-Coesivo	Limi e limi sabbiosi
6,40	73,966	1,133	2,2	Incoerente	Sabbie limose
6,80	23,966	1,1	2,0	Incoerente-Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
7,20	39,035	1,4	2,1	Incoerente-Coesivo	Limi e limi sabbiosi
7,60	119,604	2,5	2,3	Incoerente	Sabbie limose
7,80	132,104	1,733	2,3	Incoerente	Sabbie
8,60	95,958	1,75	2,2	Incoerente	Sabbie limose
9,00	24,242	1,767	2,0	Coesivo	Argille
9,20	41,38	1,933	2,1	Incoerente-Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
9,40	32,38	1,667	2,0	Coesivo	Argille
9,60	29,38	1,467	2,0	Incoerente-Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
10,00	26,88	1,662	2,0	Coesivo	Argille

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Begemann	2,9
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Begemann	11,1
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Begemann	3,9
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Begemann	1,6
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Begemann	2,7
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Begemann	1,6
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Begemann	2,8
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Begemann	2,2
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Begemann	2,0
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Begemann	1,8

Modulo Edometrico

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	š (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Buisman Sanglerat	120,4
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Buisman Sanglerat	235,0
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Buisman Sanglerat	83,9
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Buisman Sanglerat	71,9
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Buisman Sanglerat	117,1
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Buisman Sanglerat	72,7
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Buisman Sanglerat	124,1
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Buisman Sanglerat	97,1
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Buisman Sanglerat	88,1
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Buisman Sanglerat	80,6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	š (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Ladd ed Altri 1977 n=30	60,3
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Ladd ed Altri 1977 n=30	234,9
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Ladd ed Altri 1977 n=30	84,0
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	36,0
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	58,5
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	36,3
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	62,1
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	48,6
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	44,1
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Ladd ed Altri 1977 n=30	40,2

Modulo di deformazione a taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	§ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	267,3
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Imai & Tomauchi	614,2
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Imai & Tomauchi	327,4
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Imai & Tomauchi	195,0
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Imai & Tomauchi	262,7
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Imai & Tomauchi	196,4
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Imai & Tomauchi	272,3
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Imai & Tomauchi	234,4
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Imai & Tomauchi	220,9
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Imai & Tomauchi	209,2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	§ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Schmertmann 1978	OCR = 3

Peso unità di volume

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	δ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Meyerhof	2,3
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Meyerhof	2,0
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Meyerhof	2,0
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Meyerhof	2,0
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Meyerhof	2,0
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Meyerhof	2,0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	δ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	0,11174	0,01453
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	0,09662	0,01256
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	0,10305	0,0134
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	0,1225	0,01592
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	0,11259	0,01464
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	0,12186	0,01584
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	0,11082	0,01441
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	0,11888	0,01546
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	0,11227	0,01459
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	0,11648	0,01514

Peso unità di volume saturo

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	δ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Meyerhof	2,4
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Meyerhof	2,2
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ƒ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	277,40
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Jamiolkowski et al 1985	363,76
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Jamiolkowski et al 1985	296,38
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Jamiolkowski et al 1985	250,35
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Jamiolkowski et al 1985	275,87
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Jamiolkowski et al 1985	250,92
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Jamiolkowski et al 1985	279,09
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Jamiolkowski et al 1985	265,80
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Jamiolkowski et al 1985	260,70
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Jamiolkowski et al 1985	256,13

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ƒ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Larsson 1995	100,0
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Larsson 1995	79,1
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Larsson 1995	75,5
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Larsson 1995	61,1
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Larsson 1995	39,5
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Larsson 1995	46,4
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Larsson 1995	53,3
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Larsson 1995	52,1
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Larsson 1995	30,4
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Larsson 1995	27,1
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Larsson 1995	19,5
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Larsson 1995	8,7
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Larsson 1995	16,3
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Larsson 1995	5,0
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Larsson 1995	5,0
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Larsson 1995	27,8
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Larsson 1995	29,9
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Larsson 1995	19,5
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Larsson 1995	5,0
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Larsson 1995	5,0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	De Beer	40,2
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	De Beer	35,4
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	De Beer	34,7
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	De Beer	32,3
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	De Beer	28,7
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	De Beer	29,9
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	De Beer	31,0
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	De Beer	30,8
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	De Beer	27,2
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	De Beer	26,7
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	De Beer	25,4
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	De Beer	23,7
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	De Beer	24,9
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	De Beer	19,4
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	De Beer	21,6
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	De Beer	26,8
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	De Beer	27,1
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	De Beer	25,4
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	De Beer	21,1
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	De Beer	19,4

Modulo di Young

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	ISOPT-1 1988 Ey(50)	108,6
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	160,6
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	562,4
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	739,0
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	ISOPT-1 1988 Ey(50)	775,2
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	ISOPT-1 1988 Ey(50)	878,2
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	952,9
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1013,0
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	864,6
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	841,3
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	749,6
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	616,0
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	727,6
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	356,2

Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	500,2
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	ISOPT-1 1988 Ey(50)	957,1
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1010,5
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	880,9
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	540,8
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	430,5

Modulo Edometrico

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Buisman - Sanglerat	135,7
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	120,4
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Buisman - Sanglerat	210,9
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Buisman - Sanglerat	277,1
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Buisman - Sanglerat	172,8
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Buisman - Sanglerat	235,0
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Buisman - Sanglerat	319,0
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Buisman - Sanglerat	332,7
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Buisman - Sanglerat	166,2
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Buisman - Sanglerat	152,7
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Buisman - Sanglerat	119,7
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Buisman - Sanglerat	84,0
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Buisman - Sanglerat	111,0
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Buisman - Sanglerat	119,8
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Buisman - Sanglerat	117,1
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Buisman - Sanglerat	179,4
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Buisman - Sanglerat	198,2
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Buisman - Sanglerat	143,9
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Buisman - Sanglerat	124,1
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Buisman - Sanglerat	146,9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	§ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Rix & Stokoe (1991)	152,9
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Rix & Stokoe (1991)	286,3
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Rix & Stokoe (1991)	661,0
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Rix & Stokoe (1991)	948,1
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Rix & Stokoe (1991)	934,5
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Rix & Stokoe (1991)	1036,1
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Rix & Stokoe (1991)	1146,9
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Rix & Stokoe (1991)	1196,2
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Rix & Stokoe (1991)	1027,8
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Rix & Stokoe (1991)	1016,7
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Rix & Stokoe (1991)	963,3
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Rix & Stokoe (1991)	887,2
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Rix & Stokoe (1991)	957,3
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Rix & Stokoe (1991)	728,6
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Rix & Stokoe (1991)	832,3
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Rix & Stokoe (1991)	1114,8
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Rix & Stokoe (1991)	1154,0
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Rix & Stokoe (1991)	1081,2
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Rix & Stokoe (1991)	896,2
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Rix & Stokoe (1991)	830,1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	§ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Piacentini Righi 1978	>9

Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Piacentini Righi 1978	6,2
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Piacentini Righi 1978	8,2
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Piacentini Righi 1978	8,8
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Piacentini Righi 1978	6,4

Modulo di reazione Ko

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	1,12
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,69
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,80
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,93

Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,91
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,56
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,52
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,44
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,34
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,41
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,26
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,53
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,55
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,44
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,24
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	0,11601	0,01508
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	0,11174	0,01453
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	0,09472	0,01231
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	0,1044	0,01357
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	0,09389	0,01221
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	0,09662	0,01256
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	0,12954	0,01684
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	0,15278	0,01986
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	0,09398	0,01222
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	0,09437	0,01227
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	0,09678	0,01258
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	0,10305	0,0134
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	0,09787	0,01272
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	0,1225	0,01592

Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	0,11259	0,01464
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	0,09387	0,0122
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	0,09418	0,01224
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	0,0948	0,01232
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	0,11082	0,01441
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	0,11227	0,01459

Peso unità di volume

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	̢ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Meyerhof	0,0
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Meyerhof	1,8
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Meyerhof	1,9
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Meyerhof	1,8
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Meyerhof	1,9
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Meyerhof	1,9
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Meyerhof	1,9
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Meyerhof	1,8
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	̢ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Meyerhof	0,0
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Meyerhof	2,2
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Meyerhof	2,1
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Meyerhof	2,2
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Meyerhof	2,2
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Meyerhof	2,1

Liquefazione - **Accderazione** sismica massima (g)=0,25

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ſ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Robertson & Wride 1997	0
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Robertson & Wride 1997	36,282
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Robertson & Wride 1997	44,977
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Robertson & Wride 1997	28,357
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Robertson & Wride 1997	93,612
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Robertson & Wride 1997	74,369
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Robertson & Wride 1997	20,41
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Robertson & Wride 1997	12,61
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Robertson & Wride 1997	12,97
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Robertson & Wride 1997	4,33
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Robertson & Wride 1997	4,993
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Robertson & Wride 1997	0,671
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Robertson & Wride 1997	1,324
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Robertson & Wride 1997	21,958
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Robertson & Wride 1997	17,306
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Robertson & Wride 1997	11,781
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Robertson & Wride 1997	1,455
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Robertson & Wride 1997	0,692

Velocità onde di taglio.

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ſ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Jamiolkowski et al 1985	303,33
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	332,55
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Jamiolkowski et al 1985	446,49
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Jamiolkowski et al 1985	476,07
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Jamiolkowski et al 1985	426,05
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Jamiolkowski et al 1985	457,99

Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Jamiolkowski et al 1985	492,09
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Jamiolkowski et al 1985	496,98
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	422,20
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	413,88
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	390,87
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Jamiolkowski et al 1985	359,57
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Jamiolkowski et al 1985	383,93
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Jamiolkowski et al 1985	294,60
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Jamiolkowski et al 1985	330,38
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Jamiolkowski et al 1985	429,83
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Jamiolkowski et al 1985	439,99
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Jamiolkowski et al 1985	408,14
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Jamiolkowski et al 1985	334,94
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Jamiolkowski et al 1985	309,04

Permeabilità

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Piacentini- Righi 1988	1,62E-08
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Piacentini- Righi 1988	5,01E-05
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Piacentini- Righi 1988	2,46E-03
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Piacentini- Righi 1988	2,05E-05
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Piacentini- Righi 1988	3,64E-08
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Piacentini- Righi 1988	1,70E-05
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Piacentini- Righi 1988	1,35E-03
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Piacentini- Righi 1988	2,56E-04
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Piacentini- Righi 1988	2,80E-03
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini- Righi 1988	7,78E-05
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Piacentini- Righi 1988	2,65E-06

Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Piacentini-Righi 1988	2,63E-03
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Piacentini-Righi 1988	4,29E-09
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	3,44E-07
Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	1,99E-04
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	6,04E-03
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	7,33E-04
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	6,82E-10
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	7,97E-11
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	2,84E-10
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0,20	27,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	0,60	40,138	1,667	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	1,951508E-03
Strato 3	2,40	140,609	3,289	0,3	0,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 4	4,00	184,75	2,783	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	4,40	115,19	2,934	1,0	1,0	Piacentini-Righi 1988	7,075603
Strato 6	4,60	156,69	5,333	1,0	1,0	Piacentini-Righi 1988	1,709148E-02
Strato 7	5,00	212,69	5,167	1,1	1,1	Piacentini-Righi 1988	10,86303
Strato 8	5,40	221,828	3,6	1,2	1,2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 9	5,60	110,828	2,267	1,3	1,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 10	5,80	101,828	1,533	1,3	1,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 11	6,00	79,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 12	6,20	55,966	1,733	1,4	1,3	Piacentini-Righi 1988	0,4445645
Strato 13	6,40	73,966	1,133	1,4	1,4	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 14	6,80	23,966	1,1	1,5	1,4	Piacentini-Righi 1988	3,084247E-04
Strato 15	7,20	39,035	1,4	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	4,028433E-02

Strato 16	7,60	119,604	2,5	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 17	7,80	132,104	1,733	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 18	8,60	95,958	1,75	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 19	9,00	24,242	1,767	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	7,2726E-07
Strato 20	9,20	41,38	1,933	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	8,463298E-05
Strato 21	9,40	32,38	1,667	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	7,741211E-06
Strato 22	9,60	29,38	1,467	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	2,504617E-05
Strato 23	10,00	26,88	1,662	2,2	1,8	Piacentini-Righi 1988	8,064E-07

CPT2

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	qc/f _s Beganann	f _s /qcx100 (Schmertmann)
0,20	36,00	0,0	36,138	0,0		0,0
0,40	52,00	0,0	52,138	1,6	32,58625	3,1
0,60	63,00	87,0	63,138	2,067	30,54572	3,3
0,80	103,00	134,0	103,138	1,933	53,35644	1,9
1,00	118,00	147,0	118,138	1,867	63,27691	1,6
1,20	95,00	123,0	95,276	2,2	43,30727	2,3
1,40	65,00	98,0	65,276	1,933	33,76927	3,0
1,60	74,00	103,0	74,276	3,0	24,75867	4,0
1,80	70,00	105,0	170,276	3,4	50,08118	2,0
2,00	96,00	147,0	196,276	-0,6	-327,12667	-0,3
2,20	61,00	92,0	261,414	3,0	87,138	1,1
2,40	67,00	112,0	167,414	6,533	25,6259	3,9
2,60	93,00	121,0	223,414	6,133	36,42818	2,7
2,80	53,00	75,0	273,414	6,4	42,72094	2,3
3,00	52,00	78,0	252,414	6,8	37,11971	2,7
3,20	55,00	77,0	225,552	3,533	63,84149	1,6
3,40	92,00	115,0	192,552	3,733	51,58103	1,9
3,60	96,00	112,0	196,552	3,533	55,63317	1,8
3,80	93,00	116,0	193,552	5,733	33,76103	3,0
4,00	67,00	93,0	207,552	5,333	38,91843	2,6
4,20	75,00	105,0	235,69	5,467	43,1114	2,3
4,40	70,00	102,0	230,69	5,733	40,23897	2,5
4,60	45,00	71,0	245,69	6,0	40,94833	2,4
4,80	70,00	100,0	210,69	1,933	108,99638	0,9
5,00	63,00	92,0	113,69	2,333	48,73125	2,1
5,20	53,00	88,0	103,828	2,0	51,914	1,9
5,40	60,00	80,0	110,828	1,533	72,29485	1,4
5,60	86,00	109,0	86,828	1,867	46,5067	2,2
5,80	76,00	94,0	46,828	2,133	21,95406	4,6
6,00	87,00	109,0	57,828	2,067	27,97678	3,6
6,20	87,00	118,0	87,966	1,933	45,5075	2,2
6,40	44,00	73,0	44,966	1,067	42,14246	2,4
6,60	55,00	71,0	25,966	1,067	24,33552	4,1
6,80	64,00	90,0	24,966	1,0	24,966	4,0
7,00	85,00	100,0	35,966	1,067	33,70759	3,0
7,20	97,00	123,0	38,104	2,467	15,44548	6,5
7,40	36,00	73,0	137,104	2,6	52,73231	1,9
7,60	52,00	71,0	133,104	2,533	52,54797	1,9
7,80	55,00	73,0	136,104	2,533	53,73233	1,9
8,00	70,00	108,0	131,104	2,133	61,4646	1,6
8,20	77,00	109,0	78,242	2,333	33,53708	3,0
8,40	101,00	136,0	102,242	2,067	49,46396	2,0
8,60	67,00	98,0	38,242	1,533	24,94586	4,0
8,80	54,00	77,0	25,242	1,467	17,20654	5,8
9,00	66,00	88,0	27,242	2,067	13,17949	7,6
9,20	55,00	76,0	46,38	2,133	21,74402	4,6
9,40	26,00	48,0	37,38	1,6	23,3625	4,3
9,60	55,00	79,0	26,38	1,533	17,20809	5,8
9,80	64,00	87,0	25,38	1,467	17,30061	5,8
10,00	63,00	85,0	24,38	1,564	15,58824	6,4

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	f _s Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0,20	36,138	0,0	2,1	Incoerente	Sabbie
0,60	57,638	1,834	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
0,80	103,138	1,933	2,2	Incoerente	Sabbie limose
1,00	118,138	1,867	2,3	Incoerente	Sabbie
1,20	95,276	2,2	2,2	Incoerente	Sabbie limose
1,60	69,776	2,467	2,2	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
2,20	209,322	1,933	2,4	Incoerente	Sabbie
2,40	167,414	6,533	2,3	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
2,60	223,414	6,133	2,4	Incoerente	Sabbie limose
2,80	273,414	6,4	2,4	Incoerente	Sabbie
3,00	252,414	6,8	2,4	Incoerente	Sabbie limose
3,60	204,885	3,6	2,4	Incoerente	Sabbie
4,00	200,552	5,533	2,4	Incoerente	Sabbie limose
4,20	235,69	5,467	2,4	Incoerente	Sabbie
4,60	238,19	5,867	2,4	Incoerente	Sabbie limose
4,80	210,69	1,933	2,4	Incoerente	Sabbie
5,20	108,759	2,167	2,3	Incoerente	Sabbie limose
5,40	110,828	1,533	2,3	Incoerente	Sabbie
5,60	86,828	1,867	2,2	Incoerente	Sabbie limose
5,80	46,828	2,133	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
6,00	57,828	2,067	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
6,20	87,966	1,933	2,2	Incoerente	Sabbie limose
6,40	44,966	1,067	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
6,80	25,466	1,034	2,0	Incoerente- Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
7,00	35,966	1,067	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
7,20	38,104	2,467	2,1	Coesivo	Argille
7,80	135,437	2,555	2,3	Incoerente	Sabbie limose
8,00	131,104	2,133	2,3	Incoerente	Sabbie
8,20	78,242	2,333	2,2	Incoerente- Coesivo	Limi e limi sabbiosi
8,40	102,242	2,067	2,2	Incoerente	Sabbie limose
8,60	38,242	1,533	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
9,00	26,242	1,767	2,0	Coesivo	Argille
9,40	41,88	1,867	2,1	Incoerente- Coesivo	Limi argillosi e limi sabbiosi
10,00	25,38	1,521	2,0	Coesivo	Argille

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Begemann	4,1
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Begemann	5,0
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Begemann	11,9
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Begemann	3,3
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Begemann	4,0
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Begemann	3,1
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Begemann	1,7
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Begemann	2,5
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Begemann	2,6
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Begemann	5,5
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Begemann	2,6
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Begemann	1,8
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Begemann	2,9
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Begemann	1,7

Modulo Edometrico

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Buisman Sanglerat	86,5
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Buisman Sanglerat	104,7
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Buisman Sanglerat	251,1
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Buisman Sanglerat	70,2
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Buisman Sanglerat	86,7
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Buisman Sanglerat	134,9
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Buisman Sanglerat	76,4
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Buisman Sanglerat	107,9
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Buisman Sanglerat	114,3
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Buisman Sanglerat	117,4
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Buisman Sanglerat	114,7
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Buisman Sanglerat	78,7
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Buisman Sanglerat	125,6
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Buisman Sanglerat	76,1

Modulo di deformazione non drenato E_u

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Ladd ed Altri 1977 n=30	86,4
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Ladd ed Altri 1977 n=30	104,7
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Ladd ed Altri 1977 n=30	251,1
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Ladd ed Altri 1977 n=30	70,2
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Ladd ed Altri 1977 n=30	86,7
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	67,5
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	38,1
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	54,0
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Ladd ed Altri 1977 n=30	57,3
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Ladd ed Altri 1977 n=30	117,3
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Ladd ed Altri 1977 n=30	57,3
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	39,3
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	62,7
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Ladd ed Altri 1977 n=30	38,1

Modulo di deformazione a taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Imai & Tomauchi	333,4
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Imai & Tomauchi	374,7
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Imai & Tomauchi	639,6
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Imai & Tomauchi	293,7
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Imai & Tomauchi	334,1
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Imai & Tomauchi	286,5
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Imai & Tomauchi	202,4
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Imai & Tomauchi	249,9
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Imai & Tomauchi	258,9
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Imai & Tomauchi	401,8

Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Imai & Tomauchi	259,5
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Imai & Tomauchi	206,1
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Imai & Tomauchi	274,3
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Imai & Tomauchi	202,0

Grado di sovraconsolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Schmertmann 1978	OCR > 6
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Schmertmann 1978	OCR = 6
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Schmertmann 1978	OCR = 3

Peso unità di volume

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Meyerhof	2,2
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,3
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Meyerhof	2,0
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Meyerhof	2,2
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Meyerhof	2,1

Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Meyerhof	2,0
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Meyerhof	2,0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	0,10242	0,01331
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	0,0988	0,01284
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	0,09872	0,01283
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	0,10736	0,01396
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	0,10235	0,0133
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	0,10845	0,0141
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	0,11923	0,0155
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	0,11523	0,01498
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	0,11335	0,01474
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	0,09705	0,01262
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	0,11324	0,01472
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	0,11768	0,0153
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	0,11047	0,01436
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	0,1194	0,01552

Peso unità di volume saturo

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Meyerhof	2,2
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Meyerhof	2,3
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,4
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Meyerhof	2,2
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Meyerhof	2,2
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Meyerhof	2,3
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Meyerhof	2,2
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Meyerhof	2,1
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Meyerhof	2,2
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Meyerhof	2,1

Velocità onde di taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	298,12
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Jamiolkowski et al 1985	309,67
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Jamiolkowski et al 1985	368,59
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	286,05
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Jamiolkowski et al 1985	298,31

Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Jamiolkowski et al 1985	283,75
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Jamiolkowski et al 1985	253,39
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Jamiolkowski et al 1985	271,41
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Jamiolkowski et al 1985	274,55
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Jamiolkowski et al 1985	316,81
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Jamiolkowski et al 1985	274,75
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Jamiolkowski et al 1985	254,91
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Jamiolkowski et al 1985	279,76
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Jamiolkowski et al 1985	253,22

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Larsson 1995	100,0
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Larsson 1995	89,0
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Larsson 1995	89,7
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Larsson 1995	86,0
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Larsson 1995	73,7
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Larsson 1995	57,7
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Larsson 1995	80,2
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Larsson 1995	67,9
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Larsson 1995	73,7
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Larsson 1995	77,2
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Larsson 1995	72,7
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Larsson 1995	62,8
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Larsson 1995	57,9
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Larsson 1995	60,3
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Larsson 1995	58,5
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Larsson 1995	53,0
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Larsson 1995	32,2
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Larsson 1995	31,1
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Larsson 1995	23,0
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Larsson 1995	5,0
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Larsson 1995	10,1
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Larsson 1995	21,8
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Larsson 1995	5,0
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Larsson 1995	5,0
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Larsson 1995	5,0
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Larsson 1995	31,1
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Larsson 1995	29,2
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Larsson 1995	13,8
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Larsson 1995	21,1
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Larsson 1995	5,0
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Larsson 1995	5,0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	De Beer	41,4
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	De Beer	37,0
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	De Beer	37,1
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	De Beer	36,4
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	De Beer	34,4
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	De Beer	31,8
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	De Beer	35,5
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	De Beer	33,4
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	De Beer	34,4
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	De Beer	35,0
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	De Beer	34,2
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	De Beer	32,6
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	De Beer	31,8
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	De Beer	32,2
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	De Beer	31,9
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	De Beer	31,0
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	De Beer	27,5
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	De Beer	27,3
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	De Beer	26,0
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	De Beer	23,0
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	De Beer	23,9
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	De Beer	25,8
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	De Beer	22,5
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	De Beer	19,7
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	De Beer	21,3
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	De Beer	27,3
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	De Beer	27,0
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	De Beer	24,5
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	De Beer	25,7
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	De Beer	20,9
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	De Beer	21,2

Modulo di Young

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	ISOPT-1 1988 Ey(50)	144,6
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	230,6
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	412,6
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	ISOPT-1 1988 Ey(50)	472,6
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	ISOPT-1 1988 Ey(50)	381,1
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	366,1
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	837,3
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	ISOPT-1 1988 Ey(50)	669,7

Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	893,7
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1093,7
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1009,7
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	ISOPT-1 1988 Ey(50)	819,5
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	ISOPT-1 1988 Ey(50)	806,1
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	ISOPT-1 1988 Ey(50)	942,8
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	ISOPT-1 1988 Ey(50)	952,8
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	ISOPT-1 1988 Ey(50)	951,2
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	ISOPT-1 1988 Ey(50)	828,8
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	ISOPT-1 1988 Ey(50)	856,0
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	773,8
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	547,0
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	625,1
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	ISOPT-1 1988 Ey(50)	793,7
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	540,7
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	371,7
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	ISOPT-1 1988 Ey(50)	472,9
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1013,7
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	1014,5
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	786,8
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	913,0
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	ISOPT-1 1988 Ey(50)	508,4
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	ISOPT-1 1988 Ey(50)	546,1

Modulo Edometrico

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Buisman - Sanglerat	108,4
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	86,5
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Buisman - Sanglerat	154,7

Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Buisman - Sanglerat	177,2
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Buisman - Sanglerat	142,9
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Buisman - Sanglerat	104,7
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Buisman - Sanglerat	314,0
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Buisman - Sanglerat	251,1
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Buisman - Sanglerat	335,1
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Buisman - Sanglerat	410,1
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Buisman - Sanglerat	378,6
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Buisman - Sanglerat	307,3
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Buisman - Sanglerat	300,8
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Buisman - Sanglerat	353,5
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Buisman - Sanglerat	357,3
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Buisman - Sanglerat	316,0
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Buisman - Sanglerat	163,1
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Buisman - Sanglerat	166,2
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Buisman - Sanglerat	130,2
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Buisman - Sanglerat	70,2
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Buisman - Sanglerat	86,7
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Buisman - Sanglerat	132,0
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Buisman - Sanglerat	134,9
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Buisman - Sanglerat	127,3
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Buisman - Sanglerat	107,9
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Buisman - Sanglerat	203,2
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Buisman - Sanglerat	196,7
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Buisman - Sanglerat	117,4
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Buisman - Sanglerat	153,4
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Buisman - Sanglerat	114,7
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Buisman - Sanglerat	125,6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Rix & Stokoe (1991)	167,3
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Rix & Stokoe (1991)	316,3
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Rix & Stokoe (1991)	452,3
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Rix & Stokoe (1991)	516,9
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Rix & Stokoe (1991)	529,9
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Rix & Stokoe (1991)	537,3
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Rix & Stokoe (1991)	798,3
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Rix & Stokoe (1991)	814,9
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Rix & Stokoe (1991)	905,1
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Rix & Stokoe (1991)	981,6
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Rix & Stokoe (1991)	990,0
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Rix & Stokoe (1991)	988,9
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Rix & Stokoe (1991)	1039,6
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Rix & Stokoe (1991)	1115,1
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Rix & Stokoe (1991)	1149,2
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Rix & Stokoe (1991)	1143,4
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Rix & Stokoe (1991)	992,1
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Rix & Stokoe (1991)	1018,6
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Rix & Stokoe (1991)	971,3
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Rix & Stokoe (1991)	838,0
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Rix & Stokoe (1991)	889,0
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Rix & Stokoe (1991)	993,7
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Rix & Stokoe (1991)	845,6
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Rix & Stokoe (1991)	739,7
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Rix & Stokoe (1991)	813,1
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Rix & Stokoe (1991)	1153,8
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Rix & Stokoe (1991)	1159,1

Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Rix & Stokoe (1991)	1024,9
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Rix & Stokoe (1991)	1102,1
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Rix & Stokoe (1991)	866,5
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Rix & Stokoe (1991)	901,1

Grado di sovraconsolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Piacentini Righi 1978	>9

Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Piacentini Righi 1978	7,5
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Piacentini Righi 1978	6,0
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Piacentini Righi 1978	6,7
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Piacentini Righi 1978	7,6
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Piacentini Righi 1978	8,6

Modulo di reazione Ko

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Kulhawy & Mayne (1990)	1,04
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Kulhawy & Mayne (1990)	1,30
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Kulhawy & Mayne (1990)	1,45

Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Kulhawy & Mayne (1990)	1,16
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Kulhawy & Mayne (1990)	1,04
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Kulhawy & Mayne (1990)	1,10
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Kulhawy & Mayne (1990)	1,05
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Kulhawy & Mayne (1990)	0,93
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,58
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Kulhawy & Mayne (1990)	0,57
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,47
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,31
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,35
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Kulhawy & Mayne (1990)	0,46
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,30
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,00
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Kulhawy & Mayne (1990)	0,25
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Kulhawy & Mayne (1990)	0,57
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,54
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,38
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,45
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Kulhawy & Mayne (1990)	0,24

Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Kulhawy & Mayne (1990)	0,24
-----------	------	-------	-------	-----	-----	------------------------	------

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ś (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	0,11507	0,01496
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	0,10242	0,01331
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	0,0943	0,01226
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	0,09387	0,0122
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	0,09486	0,01233
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	0,0988	0,01284
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	0,12419	0,01615
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	0,09872	0,01283
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	0,15904	0,02068
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	0,01782	0,00232
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	-0,10648	-0,01384
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	0,11862	0,01542
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	0,11434	0,01486
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	0,2985	0,03881
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	0,41209	0,05357
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	0,12623	0,01641
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	0,09404	0,01223
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	0,09398	0,01222
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	0,09576	0,01245
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	0,10736	0,01396
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	0,10235	0,0133
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	0,09562	0,01243
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	0,10845	0,0141
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	0,11923	0,0155
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	0,11523	0,01498
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	0,09436	0,01227
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	0,09413	0,01224
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	0,09705	0,01262
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	0,09435	0,01227
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	0,11324	0,01472
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	0,11047	0,01436

Peso unità di volume

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	ś (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Meyerhof	0,0
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Meyerhof	1,8
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Meyerhof	1,9
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Meyerhof	1,8
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Meyerhof	1,8
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Meyerhof	1,9
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Meyerhof	1,8
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Meyerhof	1,8
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Meyerhof	1,8
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Meyerhof	1,8
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Meyerhof	1,8

Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Meyerhof	1,8
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Meyerhof	1,8
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Meyerhof	1,9
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Meyerhof	1,8
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Meyerhof	1,9
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Meyerhof	1,8
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Meyerhof	1,8
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Meyerhof	1,8
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Meyerhof	1,9
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Meyerhof	1,8
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Meyerhof	1,8

Peso unità di volume saturo

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Meyerhof	0,0
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Meyerhof	2,1
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Meyerhof	2,2
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Meyerhof	2,1
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Meyerhof	2,1
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Meyerhof	2,2
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Meyerhof	2,1
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Meyerhof	2,1
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Meyerhof	2,1
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Meyerhof	2,1
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Meyerhof	2,1
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Meyerhof	2,1
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Meyerhof	2,2
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Meyerhof	2,1
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Meyerhof	2,2
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Meyerhof	2,1
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Meyerhof	2,1
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Meyerhof	2,1
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Meyerhof	2,2
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Meyerhof	2,1
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Meyerhof	2,1

Liquefazione - **Accderazione** sismica massima (g)=0,25

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	σ _v (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Fattore di sicurezza a liquefazione
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Robertson & Wride 1997	0
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Robertson & Wride 1997	15,441
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Robertson & Wride 1997	16,942
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Robertson & Wride 1997	17,381
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Robertson & Wride 1997	43,924
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Robertson & Wride 1997	116,275
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Robertson & Wride 1997	160,173
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Robertson & Wride 1997	151,234
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Robertson & Wride 1997	64,028
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Robertson & Wride 1997	93,322
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Robertson & Wride 1997	112,774
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Robertson & Wride 1997	122,673
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Robertson & Wride 1997	45,417
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Robertson & Wride 1997	19,054
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Robertson & Wride 1997	13,86
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Robertson & Wride 1997	14,317
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Robertson & Wride 1997	4,374
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Robertson & Wride 1997	6,404
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Robertson & Wride 1997	14,498
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Robertson & Wride 1997	1,421
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Robertson & Wride 1997	0,678
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Robertson & Wride 1997	0,929
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Robertson & Wride 1997	24,898
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Robertson & Wride 1997	19,954
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Robertson & Wride 1997	9,403
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Robertson & Wride 1997	15,308
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Robertson & Wride 1997	1,078

Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Robertson & Wride 1997	1,405
-----------	------	-------	-------	-----	-----	------------------------	-------

Velocità onde di taglio.

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	δ (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Jamiolkowski et al 1985	324,45
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	362,07
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Jamiolkowski et al 1985	415,12
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Jamiolkowski et al 1985	428,58
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Jamiolkowski et al 1985	407,46
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Jamiolkowski et al 1985	378,70
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Jamiolkowski et al 1985	490,25
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Jamiolkowski et al 1985	465,17
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Jamiolkowski et al 1985	497,81
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Jamiolkowski et al 1985	522,01
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Jamiolkowski et al 1985	512,30
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Jamiolkowski et al 1985	487,79
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Jamiolkowski et al 1985	485,34
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Jamiolkowski et al 1985	504,11
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Jamiolkowski et al 1985	505,36
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Jamiolkowski et al 1985	491,00
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Jamiolkowski et al 1985	420,33
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Jamiolkowski et al 1985	422,20
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	398,67
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Jamiolkowski et al 1985	344,82
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Jamiolkowski et al 1985	362,35
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Jamiolkowski et al 1985	399,89
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Jamiolkowski et al 1985	341,55
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Jamiolkowski et al 1985	298,83
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Jamiolkowski et al 1985	324,09
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Jamiolkowski et al 1985	442,57

Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Jamiolkowski et al 1985	439,20
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Jamiolkowski et al 1985	389,03
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Jamiolkowski et al 1985	414,27
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Jamiolkowski et al 1985	328,79
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Jamiolkowski et al 1985	335,89

Permeabilità

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Piacentini- Righi 1988	1,66E-06
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Piacentini- Righi 1988	5,74E-04
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Piacentini- Righi 1988	1,99E-03
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Piacentini- Righi 1988	8,03E-05
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Piacentini- Righi 1988	1,73E-07
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Piacentini- Righi 1988	2,61E-10
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Piacentini- Righi 1988	1,76E-06
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Piacentini- Righi 1988	1,90E-05
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Piacentini- Righi 1988	1,82E-06
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Piacentini- Righi 1988	7,33E-04
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Piacentini- Righi 1988	2,13E-06
Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Piacentini- Righi 1988	2,86E-05
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Piacentini- Righi 1988	1,10E-05
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Piacentini- Righi 1988	1,00E-03
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Piacentini- Righi 1988	3,30E-04
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Piacentini- Righi 1988	4,60E-03
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini- Righi 1988	1,78E-04
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Piacentini- Righi 1988	9,40E-10
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Piacentini- Righi 1988	2,01E-07

Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Piacentini-Righi 1988	1,42E-04
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Piacentini-Righi 1988	8,64E-05
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Piacentini-Righi 1988	5,63E-08
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	7,02E-06
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	4,87E-04
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	1,59E-03
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	3,21E-06
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Piacentini-Righi 1988	2,97E-04
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Piacentini-Righi 1988	3,95E-08
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	2,46E-09
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Piacentini-Righi 1988	1,00E-11

Coefficiente di consolidazione

	Prof Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	f _s (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0,20	36,138	0,0	0,0	0,0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	0,60	57,638	1,834	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	0,28687
Strato 3	0,80	103,138	1,933	0,1	0,1	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 4	1,00	118,138	1,867	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 5	1,20	95,276	2,2	0,2	0,2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 6	1,60	69,776	2,467	0,3	0,3	Piacentini-Righi 1988	3,624965E-02
Strato 7	2,20	209,322	1,933	0,4	0,4	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 8	2,40	167,414	6,533	0,5	0,5	Piacentini-Righi 1988	1,311404E-04
Strato 9	2,60	223,414	6,133	0,6	0,6	Piacentini-Righi 1988	1,179213
Strato 10	2,80	273,414	6,4	0,6	0,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 11	3,00	252,414	6,8	0,7	0,7	Piacentini-Righi 1988	1,374418
Strato 12	3,60	204,885	3,6	0,8	0,8	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 13	4,00	200,552	5,533	0,9	0,9	Piacentini-Righi 1988	1,282239

Strato 14	4,20	235,69	5,467	0,9	0,9	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 15	4,60	238,19	5,867	1,0	1,0	Piacentini-Righi 1988	7,870018
Strato 16	4,80	210,69	1,933	1,1	1,1	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 17	5,20	108,759	2,167	1,2	1,2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 18	5,40	110,828	1,533	1,2	1,2	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 19	5,60	86,828	1,867	1,3	1,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 20	5,80	46,828	2,133	1,3	1,3	Piacentini-Righi 1988	1,320458E-04
Strato 21	6,00	57,828	2,067	1,4	1,3	Piacentini-Righi 1988	3,488664E-02
Strato 22	6,20	87,966	1,933	1,4	1,3	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 23	6,40	44,966	1,067	1,4	1,4	Piacentini-Righi 1988	11,65836
Strato 24	6,80	25,466	1,034	1,5	1,4	Piacentini-Righi 1988	4,304961E-03
Strato 25	7,00	35,966	1,067	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	0,7571337
Strato 26	7,20	38,104	2,467	1,6	1,4	Piacentini-Righi 1988	1,14312E-06
Strato 27	7,80	135,437	2,555	1,7	1,5	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 28	8,00	131,104	2,133	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 29	8,20	78,242	2,333	1,8	1,6	Piacentini-Righi 1988	0,7543005
Strato 30	8,40	102,242	2,067	1,9	1,6	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 31	8,60	38,242	1,533	1,9	1,6	Piacentini-Righi 1988	4,530807E-03
Strato 32	9,00	26,242	1,767	2,0	1,7	Piacentini-Righi 1988	7,8726E-07
Strato 33	9,40	41,88	1,867	2,1	1,7	Piacentini-Righi 1988	3,090403E-04
Strato 34	10,00	25,38	1,521	2,2	1,7	Piacentini-Righi 1988	7,614E-07