



COMUNE DI ORNAGO

Provincia di Monza Brianza



DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005 – N. 8/1566:

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

DETERMINAZIONE GIUNTA REGIONALE 30 NOVEMBRE 2011 – N. IX/2616:

Aggiornamento 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

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Rapporto Tecnico



C. Claudio

Sommario

1	PREMESSA	5
2	STRUTTURA DELLO STUDIO	6
3	CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED ELEMENTI DI PEDOLOGIA (All. 1).....	8
3.1	A - Unità del Pianalto	9
3.1.1	Litologia	9
3.1.2	Caratteri pedologici	9
3.1.3	Morfologia.....	11
3.1.4	Aspetti applicativi.....	12
3.2	B - Unità del terrazzo intermedio	13
3.2.1	Litologia	13
3.2.2	Caratteri pedologici	13
3.2.3	Morfologia.....	14
3.2.4	Aspetti applicativi.....	15
3.3	C - Unità di Pianura	15
3.3.1	Litologia	15
3.3.2	Caratteri pedologici	16
3.3.3	Morfologia.....	16
3.3.4	Aspetti applicativi.....	16
3.4	D - Unità delle Valli	17
3.4.1	Litologia	17
3.4.2	Caratteri pedologici	17
3.4.3	Morfologia.....	18
3.4.4	Aspetti applicativi.....	18
4	ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA (ALL. 2).....	19
4.1	Punti di captazione idrica	19
4.2	Idrogeologia.....	20
4.3	Sezione idrogeologica	22
4.4	Variazioni e oscillazioni periodiche di livelli di falda	23
4.5	Andamento della falda e piezometria	24
4.6	Soggiacenza	24
4.7	Le acque di superficie.....	25

ALLEGATI – Dati pozzi	27
Schede tecniche pozzi pubblici	27
Stratigrafie dei pozzi.....	27
5 ATTIVITA' SISMICA ED ELEMENTI NEOTETTONICI E STRUTTURALI, CON CENNI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE E DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ALL. A)	41
5.1 Definizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) – ALL. A	59
5.1.1 Premessa.....	59
5.1.2 Nuova normativa antisismica (Decreto 14 gennaio 2008 in G.U. 4/02/2008 n.29)	60
5.2 Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (D.R.G. 30 Novembre 2011 n.9/2616)	63
5.2.1 Generalità.....	63
5.2.2 Procedure per l'analisi della sismicità del territorio e la redazione della carta della pericolosità sismica locale	66
5.2.3 Sintesi delle procedure.....	69
5.3 Valutazione della pericolosità sismica locale del Comune di Ornago (D.g.r. 30 Novembre 2011 - n.9/2616) .70	
5.3.1 Carta della pericolosità sismica locale del Comune di Ornago (1° Livello).....	70
5.3.2 Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) – (2° Livello)	71
5.4 Stima del fattore di amplificazione	73
6 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO (Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008)	75
6.1 Categorie di suolo e condizioni topografiche	76
6.1.1 Categorie di suolo	76
6.1.2 Condizioni topografiche	78
6.2 Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito	79
6.3 Indagine sismica con metodologia ReMi per la determinazione della V_{S30} e la caratterizzazione del sito	83
6.4 Valutazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione in alcuni siti "Campione" – analisi di 2° livello .93	
7 ANALISI COMPATIBILITA' PTCP – PROVINCIA DI MONZA BRIANZA	97
8 CARTA DEI VINCOLI (All.B)	103
8.1 Allegati – Carta dei vincoli.....	105
9 SINTESI DELLE PROBLEMATICHE GEOAMBIENTALI (All.C)	161

10	VALUTAZIONE DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA DELLE AZIONI DI PIANO (All.D)	164
10.1	Rapporti con la normativa sismica	164
10.2	Indicazioni sulla fattibilità geologica per le azioni di piano	165
10.3	Definizione classi fattibilità geologica	167
10.4	Ulteriori vincoli e limitazioni	173
10.5	Sintesi delle classi di fattibilità geologica (All. D)	174
11	NORME GEOLOGICHE DI PIANO	176
11.1	Definizioni	176
11.2	Indagini ed approfondimenti geologici	182

1 PREMESSA

Il presente studio, sviluppato sull'intero territorio comunale di Ornago, è stato redatto a supporto della variante del Piano di Governo del Territorio in ottemperanza a quanto previsto dall'art. 57 (lettera a, comma 1) della L.R. n. 12/2005 e secondo i criteri definiti dalla D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e successiva D.G.R. n.9/2616 del 30/11/2011.

L'attuale documento analizza inoltre la compatibilità con PTCP della Provincia di Monza Brianza approvato nell'Ottobre 2013.

Prende atto infine della D.G.R. 11 Luglio 2014 – n.10/2129 sull'aggiornamento delle zone sismiche e della D.G.R. 10 Ottobre 2014 – n.10/2489 per l'entrata in vigore delle norme d'applicazione relative.

2 STRUTTURA DELLO STUDIO

Lo studio geologico nel suo complesso è articolato in tre distinte consequenziali fasi di lavoro. Tali fasi sono state eseguite preliminarmente allo sviluppo del progetto urbanistico ed hanno avuto come finalità quella di offrire il processo progettuale di pianificazione urbanistica del territorio comunale gli elementi conoscitivi indispensabili all'individuazione delle potenzialità, vocazioni e vulnerabilità del territorio sotto il punto di vista geologico, con specifico riferimento alla prevenzione del rischio ed alla mitigazione del dissesto idrogeologico ed ambientale.

Gli specifici aspetti presi in esame hanno riguardato la geologia, litologia, stratigrafia, geomorfologia, pedologia, idrografia, idrogeologia, idraulica, sismica, geotecnica e geologia ambientale.

Facendo riferimento alle fasi di studio contemplate nelle norme regionali, il presente studio è stato quindi articolato nelle seguente tre successive fasi di lavoro: analisi preliminare, fase di sintesi/valutazione e fase di proposta.

1. Fase di analisi preliminare: è stata inizialmente basata sulla raccolta, analisi, interpretazione critica ed omogeneizzazione dei dati esistenti, integrata da analisi fotointerpretativa e controlli sul terreno.

L'indagine bibliografica preliminare ha consentito la raccolta dei dati geologici, geognostici, geotecnici, idraulici ed idrogeologici puntuali. Tutti i dati acquisiti sono stati localizzati nelle apposite cartografie e raccolti negli allegati tematici;

2. Fase di sintesi/valutazione: in questa fase, attraverso una valutazione incrociata degli elementi analitici raccolti, il territorio è stato interpretato in funzione degli attuali e prevedibili livelli di integrità, rischio e vulnerabilità.

Tali informazioni sono riportate cartograficamente nella **Tav. B – Carta dei vincoli** e **Tav. C – Carta di sintesi**;

3. Fase di proposta: in questa fase, le unità idro-geo-morfologiche individuate nella fase precedente sono state distinte in classi omogenee di fattibilità geologica delle azioni di piano in conformità delle disposizioni regionali vigenti.

È stata quindi prodotta la definitiva **Carta di fattibilità geologica per le azioni di piano (Tav.D)**.

In tale tavola, l'intero territorio comunale viene suddiviso nella classi (e sottoclassi od unità contraddistinte dalle stesse condizioni idro-geo-morfologiche, geotecniche ed idrauliche) di fattibilità geologica per le azioni di piano previste dalle direttive regionali, fornendo gli input per la formulazione delle nuove previsioni urbanistiche di PGT

3 CARATTERIZZAZIONE GEOMORFOLOGICA ED ELEMENTI DI PEDOLOGIA (All. 1)

Il territorio in esame appartiene alla fascia dell'alta pianura terrazzata.

Si tratta di un'area a morfogenesi fluviale/fluvioglaciale, caratterizzata da due principali ordini di terrazzi che rappresentano antichi livelli della pianura, connessi, secondo la nomenclatura geologica classica, alle glaciazioni Mindel e Riss.

Trattandosi di un'area di pianura nella redazione delle carte geologica e morfologica si è ricorsi, oltre alla consueta analisi aereofotointerpretativa integrata da un dettagliato rilevamento di terreno, all'acquisizione di ulteriori conoscenze attraverso materiale relativo ad indagini geognostiche (stratigrafie di pozzi per acqua, sondaggi meccanici) e mediante scavi superficiali e prove penetrometriche dinamiche.

Il rilevamento, effettuato utilizzando come base topografica la carta comunale alla scala 1:5.000 ha portato alla identificazione di quattro principali unità, differenti per litologia, morfologia e caratteri pedologici:

A - Unità del Pianalto

B - Unità del Terrazzo intermedio

C - Unità di Pianura

D - Unità delle Valli

3.1 A - Unità del Pianalto

L'Unità del Pianalto, che costituisce circa il 35% del territorio comunale, corrisponde al "Mindel" o "Diluvium Antico" della letteratura geologica.

3.1.1 Litologia

L'unità è composta da:

- **depositi eolici:** limi argillosi e argille limose a scheletro raro o assente, con spessore massimo osservato di 1,8 m. Si possono distinguere almeno due episodi deposizionali, con caratteri pedologici molto differenti. Formano una copertura continua che giace, con limite netto, su ghiaie alterate.
- **depositi fluvioglaciali/fluviati:** ghiaie prevalentemente immerse in matrice argilloso-sabbiosa; ciottoli centimetrici prevalenti, arrotondati. La composizione petrografica delle ghiaie è poligenica, con prevalenza di rocce endogeno-metamorfiche (metamorfiti, rocce intrusive) e di rocce sedimentarie terrigene (arenarie e siltiti). Tutte le litologie, ad eccezione di quelle interamente silicee (quarzo e quarziti) sono profondamente alterate e mostrano un marcato o completo decadimento delle proprietà meccaniche.

Secondo i dati di sondaggio, in accordo con la situazione regionale, le ghiaie passano verso il basso ad un conglomerato fortemente cementato (Ceppo auct.).

3.1.2 Caratteri pedologici

I suoli presenti alla sommità dell'Unità del Pianalto costituiscono una sequenza policiclica complessa, sviluppata sia nelle ghiaie che nei sovrastanti limi argillosi.

Nell'ambito dei sedimenti fini è possibile distinguere due sequenze, cioè due serie di orizzonti che si sono evoluti in modi e periodi diversi.

a) **La sequenza superiore è costituita, a partire dalla superficie, da:**

- un orizzonte Ap di spessore decimetrico (orizzonte "agrario");
- un orizzonte Bt (più argilloso, per presenza di argilla illuviale) a tessitura franco limosa ed in subordine franca e franca argillosa, che può passare, nelle porzioni basali, ad un orizzonte più giallastro per l'esistenza di condizioni idromorfe legate a ristagno dell'acqua (detto Btg o Bg). Il colore varia tra 10YR e 7,5YR delle Munsell Soil Color Charts. Gli orizzonti B sottosuperficiali, possono anche essere quasi del tutto obliterati e, in tal caso, l'orizzonte agrario interessa direttamente la sequenza sottostante. Lo spessore totale misurato è sempre superiore al metro e raggiunge il valore massimo di 183 cm.

Tutta la sequenza sommitale risulta interessata dalla pedogenesi attuale, caratterizzata da fenomeni di brunificazione (per alterazione del materiale originario) e trasporto di argilla in profondità con arricchimento degli antichi orizzonti più chiari (eluviali) sottostanti.

b) **La sequenza inferiore è definita dalla presenza di:**

- un orizzonte detto a "pseudogley", legato a fenomeni chimici di riduzione e ossidazione del ferro nella zona di ristagno temporaneo dell'acqua piovana. Qui i resti di un antico orizzonte sbiancato e impoverito della frazione argillosa (E) sono mischiati a frammenti di un altro orizzonte antico, compatto e rosso-bruno (fragipan = Bx) e conferiscono all'orizzonte un aspetto maculato;
- un orizzonte composito E/Bx, con spessore massimo osservato di 65 cm, in cui "lingue" biancastre verticali dell'orizzonte E, a limite ben definito, penetrano in profondità nel fragipan.
- un orizzonte compatto, che costituisce la parte di fragipan non raggiunta dalla degradazione pedologica e risulta, in genere, più arrossato del soprastante, a tessitura franco limosa dominante.

- un orizzonte arricchito in argilla, di granulometria argilloso-sabbiosa, compatto, color rosso mattone, senza i caratteri tipici del fragipan, può essere presente alla base di questo. In alcuni casi inoltre, la degradazione dell'orizzonte a fragipan dà origine ad un profilo caratterizzato interamente da una morfologia a "pseudogley", come sopra descritta.

I diversi orizzonti (strati) delle due sequenze possono essere non presenti contemporaneamente e raggiungono uno spessore totale di 180 cm.

La sequenza inferiore poggia su ghiaie, con i seguenti caratteri:

- matrice prevalentemente argilloso sabbiosa, arrossata (7,5YR);
- grande sviluppo delle patine di illuviazione argillosa;
- forte alterazione di tutti i tipi litologici ad eccezione dei clasti di natura quarzitica.

Complessivamente questi suoli sono caratterizzati dalla discontinuità esistente tra orizzonti limosi sovraconsolidati sommitali e il ferretto sabbioso-argilloso sottostante e dai fenomeni di ristagno d'acqua frequenti nel primo metro di spessore.

Dal punto di vista gestionale e tassonomico assumono inoltre importanza i caratteri chimici (pH acido e la scarsa saturazione in cationi di scambio) e la presenza degli orizzonti discontinui decolorati di degradazione fisica.

Si tratta di "Ultic, Aquic o Glossic Hapludalfs o Fragiudalfs o Typic Fraglossudalfs limoso-fini" (Soil Taxonomy, USDA 92) o Typic, Albic o Gleyic Alisols o Luvisols (legenda F.A.O.-UNESCO 90).

3.1.3 Morfologia

La superficie del pianalto coincide con il livello topografico più elevato dell'area; si tratta di una superficie alquanto articolata, con un gradiente medio dell' 8%. Ad est la superficie è interrotta dalla incisione del Rio Vallone, mentre ad ovest digrada, attraverso una scarpata all'Unità del Terrazzo intermedio (interessata dall'Unità di pianura – T.Cava).

L'unità in esame è interessata da marcate incisioni sede dei torrenti da Est: Vallone, Pissanegra, Cavetta e Cava.

3.1.4 Aspetti applicativi

Nella sequenza di suoli descritta assumono importanza, dal punto di vista geotecnico, tre parametri: lo spessore dei limi sommitali e, all'interno di questi, lo spessore dell'orizzonte detto "fragipan", caratterizzato da elevata densità ed indurimento, nonché la profondità del tetto dei conglomerati non alterati.

I problemi principali sono riconducibili a:

- a) funzione drenante esercitata dalle depressioni presenti sulla superficie del terrazzo, a causa dei ridotti valori di permeabilità all'infiltrazione. I paleoalvei e le strade in trincea diventano sedi di drenaggio preferenziale, concentrando i deflussi delle acque superficiali;
- b) frequenti ristagni nei campi e difficoltà di scavo del terreno, per la scarsa permeabilità ed elevata compattezza degli orizzonti sottosuperficiali;
- c) presenza di venute idriche nei primissimi metri di terreno e difficoltà di smaltimento delle acque bianche nel sottosuolo;

Tutti questi problemi sono connessi alla presenza di orizzonti pedogenizzati, in particolar modo del fragipan.

Va tuttavia ricordato che la stessa copertura pedogenizzata svolge un'importantissima funzione di protezione dell'acquifero e quindi di riduzione del rischio di vulnerabilità intrinseca.

Dal punto di vista agronomico risultano consistenti le limitazioni d'uso di queste aree. Si tratta di limitazioni fisiche dovute allo scadente drenaggio interno del suolo ed all'ostacolo all'approfondimento radicale causato dalla presenza di orizzonti compatti attorno ad 1 - 1,5 m di profondità. Per quanto riguarda la fertilità chimica, l'impoverimento del complesso di scambio e la reazione acida del suolo, costringono a intervenire perlomeno

con calcitazioni periodiche. La sostanza organica è in genere scarsa in superficie e, comunque, molto scarsa negli orizzonti sottosuperficiali.

3.2 B - Unità del terrazzo intermedio

L'Unità del Terrazzo intermedio coincide con la porzione centrale del territorio comunale, di cui costituisce circa il 30%; si identifica con il "Riss" o "Diluvium medio" degli Autori precedenti.

3.2.1 Litologia

L'unità è formata dalla seguente successione, a partire dall'alto:

- **depositi eolici:** limi, limi sabbiosi e limi argillosi a scheletro assente o raro, con spessori misurati compresi tra 65 e 140 cm. Giacciono in discontinuità su ghiaie alterate;
- **depositi fluvioglaciali:** ghiaie a prevalente supporto clastico, con matrice da limosa a limoso sabbiosa; ciottoli centimetrici da arrotondati a subspigolosi. La superficie superiore è ondulata alla scala metrica e suturata dai depositi eolici.

Le ghiaie sono poligeniche, con presenza di rocce metamorfiche e magmatiche, dominanti, rocce terrigene e, in quantità minima, rocce carbonatiche. Le litologie terrigene e carbonatiche sono alterate, mentre il grado di alterazione delle rocce endogeno-metamorfiche è variabile, in funzione del contenuto in silice e dei caratteri tessiturali.

3.2.2 Caratteri pedologici

I depositi dell'Unità del Terrazzo intermedio risultano pedogenizzati fino alle massime profondità raggiunte negli scavi o osservate in spaccati naturali (2 m); lo spessore massimo della coltre pedogenizzata dovrebbe aggirarsi sui 5-6 m.

Nell'ambito dei sedimenti eolici sommitali è identificabile un'unica sequenza, costituita, a partire dall'alto, da:

- un orizzonte Ap decimetrico (orizzonte "agrario");

- uno o più orizzonti Bt, caratterizzati dalla presenza di argilla illuviale, a tessitura variabile (da franco limosa, prevalente, a franca) moderatamente rubefatti (7,5YR). Gli orizzonti si differenziano in genere per leggere variazioni tessiturali, di colore o di consistenza.

I sedimenti fini poggiano su un substrato ghiaioso pedogenizzato con i seguenti caratteri:

- matrice con tessitura da franca a franco sabbiosa, debolmente arrossata (7,5YR ÷ 10YR);
- presenza di patine di illuviazione argillosa sulle cavità dei clasti;
- alterazione dello scheletro marcata, ma variabile in funzione della litologia.

Dal punto di vista chimico fisico si tratta di suoli con reazione da subacida a neutra e valori medi della saturazione in cationi.

Tassonomicamente i suoli sono classificabili (Soil Taxonomy USDA) come Typic o Ultic Hapludalfs.

3.2.3 Morfologia

L'unità, dal punto di vista morfologico, è articolata su due livelli topografici distinti, con identici caratteri litologici e pedologici. Si riconosce:

- un settore centrale depresso coincidente con l'area industriale di Ornago;
- un settore leggermente rilevato, situato immediatamente ad ovest del precedente.

Il limite morfologico tra i due settori è costituito da una scarpata che si annulla in corrispondenza del termine meridionale dell'abitato.

La superficie dell'unità, particolarmente nel settore rilevato, appare alquanto pianeggiante ed omogenea. Spostandosi verso le porzioni meridionali del territorio comunale si osserva un aumento delle pendenze ed il raccordo con le circostanti unità è raggiunto senza rotture di pendio.

3.2.4 Aspetti applicativi

Nell'Unità del Terrazzo intermedio il parametro litologico di interesse geoapplicativo può essere identificato nello spessore dei limi sommitali. Tali spessori, in base alle osservazioni compiute, risultano compresi tra 65 e 137 cm, con valore medio di 105 cm; la loro distribuzione areale appare omogenea.

Non si è in possesso di informazioni sufficienti per una valutazione areale della profondità del conglomerato, l'unico dato completo indica il suo raggiungimento, nel settore centrale depresso, ad una profondità di 10 m dal p.c. (ex Alcan).

Le prove penetrometriche disponibili hanno evidenziato la presenza di diffuse cavità anche a notevoli profondità (P4, P5, P3, P15), tali fenomeni richiedono una particolare attenzione nelle fasi edificative.

3.3 C - Unità di Pianura

L'Unità di pianura occupa l'intera porzione occidentale del territorio comunale, di cui costituisce il settore più depresso; si identifica con il "Livello fondamentale della Pianura" Auct. (fluvioglaciale würmiano).

3.3.1 Litologia

L'unità è composta da:

- **depositi fluvioglaciali:** ghiaie a supporto clastico, con matrice sabbiosa e sabbioso limosa; ciottoli centimetrici, prevalentemente arrotondati. Subordinati strati e lenti sabbiosi di spessore centimetrico.

Dal punto di vista sedimentologico si osservano accenni di stratificazione suborizzontale, legati ad accrezione sommitale in ambiente fluviale a canali intrecciati.

La petrografia è dominata dalle rocce endogeno-metamorfiche (dioriti, gabbri, graniti; gneiss, micascisti, serpentiniti); seguono in netto subordine le rocce sedimentarie terrigene (arenarie e siltiti a cemento carbonatico e siliceo) e le rocce carbonatiche.

3.3.2 Caratteri pedologici

I suoli dei sedimenti fluvio-glaciali della pianura presentano caratteri di evoluzione medio-alta, con sviluppo di orizzonti sotto-superficiali moderatamente arrossati, a debole arricchimento in argilla illuviale. Tali orizzonti B argillici hanno uno spessore variabile tra 20 e 55 cm, con una tessitura tendenzialmente franca o, in subordine, franco-sabbiosa. Lo scheletro (frammenti maggiori di 2 mm) è in genere superiore al 10-15% e cresce con la profondità; una discontinuità è comunemente presente in vicinanza del limite superiore dell'orizzonte C.

I suoli sono profondi da 70 a 100 cm circa, con frequenti orizzonti di transizione BC o CB all'orizzonte C che rappresenta il substrato inalterato, a matrice sabbiosa carbonata.

Dal punto di vista tassonomico si tratta di Typic Hapludalfs franco-fini o franco-grossolani e, secondariamente di Typic o Dystric Eutrochrepts franco-grossolani (Soil Taxonomy USDA).

3.3.3 Morfologia

La superficie dell'unità coincide con il principale livello topografico della pianura (noto in letteratura geologica come "livello fondamentale della pianura").

La sua morfologia di superficie è, nell'insieme, alquanto omogenea; si differenziano solo alcuni paleoalvei, di scarsissimo interesse, con direzione nord-sud, situati in prossimità del limite con l'Unità del Terrazzo intermedio.

3.3.4 Aspetti applicativi

La parte di territorio comunale interessata dall'Unità di Pianura si caratterizza rispetto alla restante per l'assenza di una copertura pedologica significativa. Questo comporta una elevata permeabilità, favorita anche dalla litologia (ghiaie a matrice sabbiosa o sabbioso limosa), con conseguente riduzione del deflusso di superficie, ma, contemporaneamente, determina una perdita nel grado di protezione agli inquinanti idroveicolati, con marcato aumento della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero.

Le limitazioni d'uso di queste aree sono legate allo spessore non elevato del suolo (1 m), alla forte pietrosità interna e di superficie e alla scarsa attitudine a trattenere acqua nel terreno a causa della granulometria piuttosto grossolana dei materiali.

Sono assenti limitazioni chimiche significative, se si esclude una possibile leggera acidificazione superficiale e frequenti carenze di sostanza organica nel primo strato di suolo.

3.4 D - Unità delle Valli

Questa unità è rappresentata dai sedimenti alluvionali delle valli con corso d'acqua naturale (Rio Vallone, Pissanegra, Cavetta), decorrenti in direzione nord - sud, che incidono significativamente i terrazzi antichi (il T. Cava è impostato sui terreni dell'unità precedente).

3.4.1 Litologia

L'unità è costituita da: ghiaie e sabbie di origine alluvionale, risultato della selezione e rideposizione dei materiali erosi dal pianalto, in particolare dal substrato ciottoloso ferrettizzato. Le ghiaie sono subarrotondate, parzialmente alterate, in matrice sabbioso-limosa, non calcaree. A volte sono presenti materiali più fini in superficie per apporto alluvionale recente in ambiente a energia non elevata o per sedimentazione colluviale dai versanti.

3.4.2 Caratteri pedologici

Alla sommità dei depositi alluvionali terrazzati si hanno suoli caratterizzati da una certa variabilità del contenuto scheletrico. I colori variano dal bruno al rossastro, per la presenza di materiali asportati dal pianalto a ferretto; si tratta di suoli tendenzialmente acidi e chimicamente sottosaturi.

I caratteri che li differenziano rispetto ai suoli della pianura sono rappresentati dalla abbondante matrice sabbioso-limosa, dalla assenza di calcare e maggiore acidità e, infine, dalla possibile presenza di materiali più fini sovrapposti a quelli più ghiaiosi.

Questi suoli potrebbero essere classificati (Soil Taxonomy - USDA) come Typic o Ultic Hapludalfs o Typic o Fluventic Dystrochrepts di famiglia granulometrica franco-fine o grossolana.

3.4.3 Morfologia

- a) Il Rio Vallone, è caratterizzato da un sistema terrazzato a superfici subpianeggianti, incastrato nell'unità del Pianalto. La valle raggiunge una larghezza di 200-300 m ed è delimitata da una netta scarpata di altezza compresa tra 3 e 6 m, mentre il corso attuale del rio la incide per profondità comprese tra 1 e 4 m.
- b) Il T. Pissanegra e il T. Cavetta scorrono in vallate interamente incise nell'Unità Pianalto, il corso d'acqua attuale re incidono il fondovalle per un'altezza di circa 3 m.

3.4.4 Aspetti applicativi

Nell'ambito dell'Unità delle Valli il principale problema riscontrato riguarda la vulnerabilità idrogeologica, poiché le incisioni sul Pianalto e sul Terrazzo intermedio hanno asportato una considerevole porzione dei materiali ferrettizzati.

Lungo il Rio Vallone la profondità dell'incisione può superare i 10 m, e può giungere, data la morfologia irregolare del substrato, in prossimità del contatto con i conglomerati a cemento calcareo di tipo ceppoide, ad elevata permeabilità secondaria.

Si può, pertanto, ritenere elevata la capacità di ricarica degli acquiferi lungo le valli dei due corsi d'acqua e, conseguentemente, la vulnerabilità agli inquinamenti idroveicolati.

4 ELEMENTI DI IDROGEOLOGIA (ALL. 2)

4.1 Punti di captazione idrica

E' stato effettuato un censimento dei punti di captazione idrica presenti all'interno del Comune di Ornago, basandosi sui dati forniti dal CAP Holding S.p.A. gestore dell'Acquedotto per i pozzi ad utilizzo idropotabile, mentre per i pozzi privati si è fatto riferimento al censimento registrato presso il Sistema Informativo Falda (S.I.F.) della Provincia di Monza Brianza.

Di seguito viene riportato l'elenco dei pozzi, sia pubblici che privati aventi la stratigrafia.

ELENCO POZZI S.I.F. (Provincia di Monza Brianza) con stratigrafie

<i>N. Pozzo SIF</i>	<i>Proprietario</i>	<i>Località</i>	<i>Profondità (m dal p.c.)</i>
1080360001	CAP	Piazza Dante	71.50
1080360002	CAP	Piazza Chiesa	76.00
1080360003	CAP	Santuario	220.00
1080360011	Società F.A.R.O.	Via Faro, 15	60.00
1080360012	Hydro Alluminio	Via Cincani, 8	131.75
1080360014	O.R.T.I. Vimercate	Via Burago, 17	40.00
1080360022	Stucchi	Santuario	80.00
1080360023	Boschetto	Via Banfi	80.00
1080360024	Borella S.r.l.	Cascina Borella	75.00
1080360025	Borella S.r.l.	Cascina Borella	80.00

4.2 Idrogeologia

Per quanto riguarda il sottosuolo, nell'area esaminata, come in buona parte dell'alta pianura, si possono distinguere **due unità idrogeologiche principali**, in cui sono presenti acquiferi sfruttati dai pozzi per acqua.

Dall'alto verso il basso, si distingue dapprima **un'unità ghiaioso-sabbiosa**, caratterizzata da un'alternanza di ghiaie e sabbie, spesso cementate soprattutto nella porzione meno profonda (Ceppo), e da rare intercalazioni argillose. Si tratta del cosiddetto "acquifero tradizionale", contenente la falda libera, molto produttivo per l'elevata permeabilità dei depositi che lo costituiscono, di origine alluvionale e fluvioglaciale, sedimentato in ambienti ad alta energia.

La permeabilità di tale acquifero aumenta soprattutto dove il Ceppo lascia il posto alle ghiaie e alle sabbie sciolte.

Lo spessore di tale prima litozona tende ad aumentare da nord verso sud nella pianura milanese, variando da 20 metri nel settore settentrionale a 120 m a sud di Milano (Studio idrogeologico della pianura compresa fra Adda e Ticino - A. Cavallin., V. Francani, S. Mazzarella, 1983); nel territorio esaminato assume valori medi attorno a 50 metri.

Il limite con la sottostante litozona, a pendenza in generale più forte della superficie topografica, è caratterizzato dalla presenza di avvallamenti, spesso dovuti ad antiche incisioni fluviali. La presenza di tali incisioni (paleoalvei), in genere a debole estensione trasversale, determina un aumento della portata naturale della falda, sia per l'aumento dello spessore dell'acquifero sia per la maggior permeabilità dei depositi che hanno riempito le fasce incise. Altre irregolarità locali, nel contatto fra le due litozone rispetto all'andamento generale, potrebbero essere attribuite a movimenti differenziali del substrato, di probabile origine neotettonica.

Al contrario una netta diminuzione della trasmissività si ha quando il tetto della litozona inferiore, meno permeabile, si avvicina alla superficie: ciò avviene spesso in

corrispondenza dei terrazzi ferrettizzati sia per la possibile conservazione di alti morfologico-strutturali, sia per erosione differenziale dei depositi argillosi nelle aree circostanti.

Considerata inoltre la ridotta alimentazione diretta dell'acquifero per la presenza in superficie di materiali poco permeabili (ferretto), si può dire che in generale le zone caratterizzate dall'affioramento dei depositi fluvioglaciali più antichi, come il territorio preso in considerazione, presentano anche una minor produttività dei pozzi. Danno origine così ad aree di convergenza delle linee di flusso idrico rispetto alle zone di alimentazione, caratterizzate da elevata permeabilità alla infiltrazione delle acque meteoriche.

La seconda litozona segue in profondità, in corrispondenza dei depositi di transizione attribuiti al "Villafranchiano". E' costituita da argille e limi con livelli e lenti sabbioso e/o ghiaiose. Vi possono essere presenti anche livelli torbosi, che indicano ambienti di sedimentazioni di tipo palustre, e fossili.

I livelli permeabili all'interno di questa seconda unità sono localmente intercomunicanti e l'acquifero presente è del tipo in pressione, con produttività in genere limitata.

A volte l'acquifero profondo è collegato con l'acquifero superficiale, a causa di discontinuità e variazione in spessore dei livelli argillosi di separazione, tanto da poter essere considerati nell'insieme un unico acquifero multistrato.

D'altro canto, a scala locale, possono esistere all'interno dello stesso acquifero superficiale livelli di materiali fini capaci di creare suddivisioni dell'acquifero, con la formazione di falde sospese.

4.3 Sezione idrogeologica

E' stata eseguita una sezione idrogeologica interpretativa del sottosuolo del territorio esaminato, avente direzione Ovest-Est (All.2).

La scala utilizzata per l'elaborazione delle sezioni è stata 1:10.000 per le distanze e 1:500 per le altezze. La scala delle altezze è volutamente aberrata al fine di evidenziare meglio la struttura e i rapporti fra le diverse unità idrogeologiche.

La sezione si estende dal comune di Ornago, a ovest, al comune di Roncello, ad est, con il territorio del comune di Cambiagio posto in posizione centrale.

I terreni affioranti in superficie appartengono ai fluvioglaciali Mindel, Riss e Wurm. I primi due sono in genere caratterizzati da scarsa capacità di infiltrazione superficiale, causata dalla abbondanza della frazione fine nel suolo e dalla compattezza degli orizzonti ferrettizzati. Infatti la permeabilità all'infiltrazione delle acque meteoriche diminuisce con l'aumento del grado di alterazione dei sedimenti e dello spessore del suolo; è quindi massima nei depositi fluvioglaciali wurmiani, dotati di sottile strato di alterazione superficiale e media o bassa sulle superfici del Diluvium medio (Riss) e antico (Mindel).

L'unità sottostante gli orizzonti alterati (prima litozona di interesse idrogeologico) è caratterizzata da un'alternanza di ghiaie e sabbie, a volte cementate, e da rari livelli argillosi.

La depressione del substrato poco permeabile nella zona di Ornago, forse legata alla presenza di un paleoalveo, determina un aumento della trasmissività idraulica rispetto alle zone circostanti e di conseguenza una maggiore produttività dei pozzi (10 l/s per metro di abbassamento nel pozzo n° 1 di Ornago).

Le lenti sabbiose vanno diminuendo verso il basso sia in quantità che in spessore, mentre compaiono in tale litozona i livelli torbosi.

4.4 Variazioni e oscillazioni periodiche di livelli di falda

Allo scopo di dare indicazioni sulle variazioni della falda idrica nel tempo, per identificare lo stato quantitativo della risorsa in relazione all'uso e alle variazioni climatiche, si è ricorsi all'esame dei dati freaticometrici della rete di controllo della falda acquifera, predisposta dal 1976, quando il Comune di Ornago ricadeva sotto la competenza territoriale della Provincia di Milano.

Essa raccoglie le misurazioni mensili effettuate dal Consorzio Acqua Potabile ai Comuni della Provincia di Milano, su ben 182 pozzi, distribuiti secondo una maglia regolare sul territorio provinciale.

Non esistendo alcun pozzo appartenente alla rete in ambito comunale, è stato scelto il pozzo di Roncello situato in situazione analoga.

Il grafico allegato riporta le variazioni di quota sul livello del mare della falda nel pozzo pubblico a partire da gennaio 1990.

Inizialmente, fino al Febbraio 1993, si è avuto un significativo abbassamento con un successivo innalzamento di circa 6 metri negli anni 94, 95 e 96, di seguito un ulteriore abbassamento di circa 3 metri sino all'Aprile 2000.

POZZO RONCELLO

ANNO	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.	Dic.
1990	35.1	35.35	35.6	35.85	35.8	35.45	35	35.85	36	36.25	36.25	36.3
1991	36.45	36.5	36.8	37	37	37.2	37.3	37	37.3	37.3	37.2	37.4
1992	37.65	37.9	37.5	37.7	37.85	37.8	38	38.1	38.25		37.7	37.8
1993	37.8	38	38	38.3	38.4	37.8	37.4	37.7	37.5	37.4	36.6	35.2
1994	34.4	34	34	33.8	33.6	33.5	34			34	33.8	34
1995	33.8	33.7	34.1	34.4	34.5	33.4	33.4	33.2	33.3	33.3	33.45	34
1996	34	33.7	33.1	33	33	33.3	33.85	33.5	33.7	33.7	34.4	
1997	33.9		33.1	33.4	33.8	33.6	33.6	33.5	33.65	33.8	34.1	34
1998	33.9	34.2	34.4	34.5	34.8	34.9	35	35	35.1	35	34.15	35.4
1999	35.5	34.8	34.9	34.9	34.9	34.6		35.4	35.7	35.7	35.8	35.8
2000	35.2	35.4	35.4	35.8	35.3	35.4						

4.5 Andamento della falda e piezometria

Per la redazione della carta delle isopiezometriche si sono utilizzati i dati del Sistema Informativo Falda S.I.F. della Provincia di Milano, Piezometria Settembre 2013 (All.2).

Avendo la piezometria e le quote dal p.c. prelevate dall' aerofotogrammetrico, si è dedotto il valore di soggiacenza, di notevole importanza ai fini della valutazione della vulnerabilità dell'acquifero. La soggiacenza rappresenta lo spessore dello strato insaturo, minore è questo spessore, minore risulta il tempo necessario perché un inquinante proveniente dalla superficie raggiunga la falda e, quindi, minore è il tempo disponibile perché si svolga l'azione dei processi autodepurativi del terreno.

Dall'esame della carta delle isopiezometriche elaborata si nota come l'andamento del flusso idrico sia diretto da nord verso sud, in accordo con la distribuzione regionale, le linee isopiezometriche, in corrispondenza del territorio comunale, mostrano un'escursione tra i valori massimi di 166,00 m s.l.m. nella parte settentrionale e valori minimi di 150,00 m s.l.m. nel settore meridionale.

4.6 Soggiacenza

La carta redatta riporta le aree di ugual soggiacenza e rappresenta un'elaborazione a partire dall'interpolazione delle differenze puntuali fra quota del piano di campagna e quota piezometrica.

Vi sono rappresentate 5 classi di soggiacenza, con intervalli di 2.50 metri, da valori maggiori di 35 metri a valori inferiori a 22.50 metri.

Dall'esame della carta (All.2) appare evidente come il valore di soggiacenza tende a diminuire muovendosi da nord verso sud, a causa della diminuzione del gradiente idraulico, mentre da Est verso Ovest tale diminuzione è inoltre riscontrabile al passaggio tra il terrazzo mindeliano e quello rissiano, e fra quest'ultimo e il livello fondamentale della pianura.

Valori minori rispetto alle aree circostanti si trovano lungo i corsi d'acqua a causa dell'abbassamento della superficie topografica lungo le incisioni morfologiche, e in corrispondenza delle aree cavate, raggiungendo 6-7 metri al di sotto del piano campagna.

4.7 Le acque di superficie

Il territorio del comune di Ornago può essere suddiviso in cinque bacini idrografici principali (da ovest verso est):

A - bacino della pianura, comprendente il settore occidentale dell'area, é delimitato ad ovest dell'orlo del terrazzo intermedio. E' caratterizzato dall'assenza di corsi d'acqua; la funzione di smaltimento del surplus idrico viene pertanto assicurata dall'intero fondovalle, a buona permeabilità superficiale, della pianura wurmiana, verso la quale defluiscono le acque di ruscellamento provenienti dai circostanti terrazzi. Il corso d'acqua è stato in buona parte interrato nella parte interessata dall'edificio I problemi idrologici di quest'ambito sono pertanto legati, essenzialmente, all'ostruzione delle vie preferenziali di deflusso incanalato con espansioni urbane o con infrastrutture trasversali che riducano le superfici disponibili per l'infiltrazione delle acque o che ostacolino il loro scorrimento in superficie. Sono segnalate le aree che sono state oggetto in passato da collegamenti dovuti al sottodimensionamento dell'opera fognaria. Nell'ambito del territorio comunale, non sono comunque segnalati problemi rilevanti relativi a quest'ambito territoriale.

B - bacino del torrente Cava: interessa una porzione centrale del territorio comunale compresa tra parte del terrazzo intermedio e la parte occidentale dell'edificato e compreso in questo bacino.

C - bacino del torrente Cavetta, comprende la parte centrale e preponderante dell'intera superficie comunale posta sul terrazzo intermedio (Riss). Caratteristica dei

suoli di queste aree è una minore permeabilità e, di conseguenza, una maggiore tendenza al ristagno superficiale delle acque meteoriche ove non ne sia opportunamente agevolato il deflusso. A questo scopo sarebbe auspicabile la riattivazione e manutenzione del sistema di drenaggio superficiale (rogge, fossi e canaletti di scolo) in molti punti carente o del tutto mancante.

D - bacino Torrente Pissanegra, presenta le stesse problematiche del Cavetta.

Nella porzione meridionale del bacino è stata realizzata una vasca di laminazione a protezione delle piene del Torrente stesso.

E - bacino del Rio Vallone, interessa la porzione orientale del Pianalto. Le acque defluiscono direttamente verso il rio Vallone soltanto nella ridotta porzione di territorio prossima alla scarpata morfologica che delimita la valle, per il resto del territorio le acque scorrono lungo solchi posti lungo il bordo dei campi che si disperdono nei campi stessi.

Nel passato, i deflussi superficiali verso i principali assi vallivi e verso le incisioni minori ed i corsi d'acqua venivano assicurati da una fitta rete di fossi di scolo delle acque, prevalentemente costituita da affossature temporanee realizzate in concomitanza con le lavorazioni agricole dei suoli. Le trasformazioni subite negli ultimi anni dalle strutture aziendali, e gli elementi di frammentazione e discontinuità introdotti nel tessuto agricolo dalle espansioni urbane e da alcune nuove infrastrutture viarie, hanno determinato una situazione complessiva di disordine e di abbandono di questa rete di fossi agricoli di scolo, accrescendo i problemi di smaltimento idrico sopra ricordati. Attualmente, i deflussi superficiali avvengono in modo generalmente libero, orientandosi secondo la complessa morfologia delle superfici ondulate dei terrazzi, solcati dalle tracce di paleoalvei tuttora evidenziabili.

ALLEGATI – Dati pozzi

Schede tecniche pozzi pubblici

Stratigrafie dei pozzi

ORNAGO -MB-

CODICE_SIF

1080360001

IDENTIFICATIVO POZZO

POZZO 1

DATA RILEVO

Luglio 2011

INDIRIZZO

Piazza Dante - Via Verri

NOME IMPIANTO

Serbatoio

DATI CATASTALI

Foglio 7 Mappale 171

ACCESSO

pubblico

UBICAZIONE

Pozzo situato in un'aiuola di fronte alla Chiesa tra Piazza Dante e Via Verri

NOTE

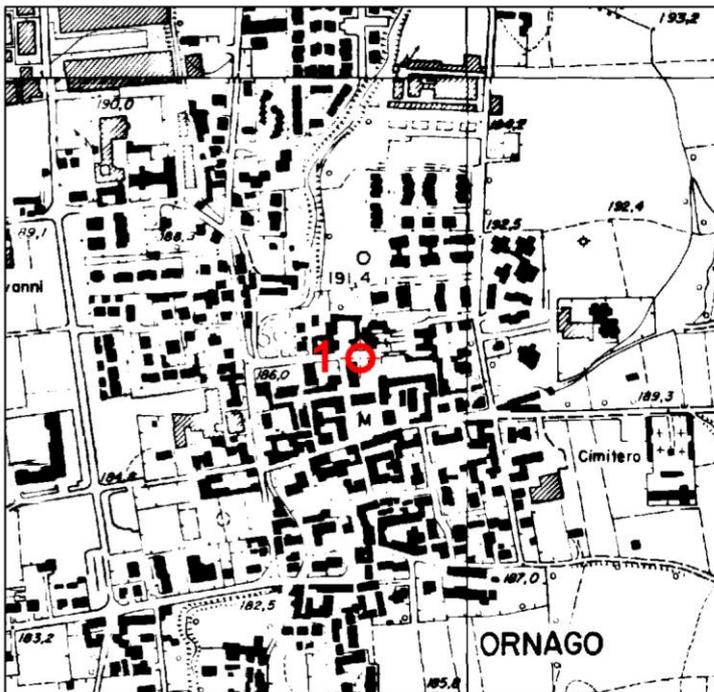
Presenza vertice GPS 295 della Provincia di Milano collocato all'entrata della Piazza della Chiesa

Quota punto rilevato: 190,33 m

Profondità testa pozzo: 2,01 m

Cartografia Tecnica Regionale 1:10000

tavola di riferimento B5E5

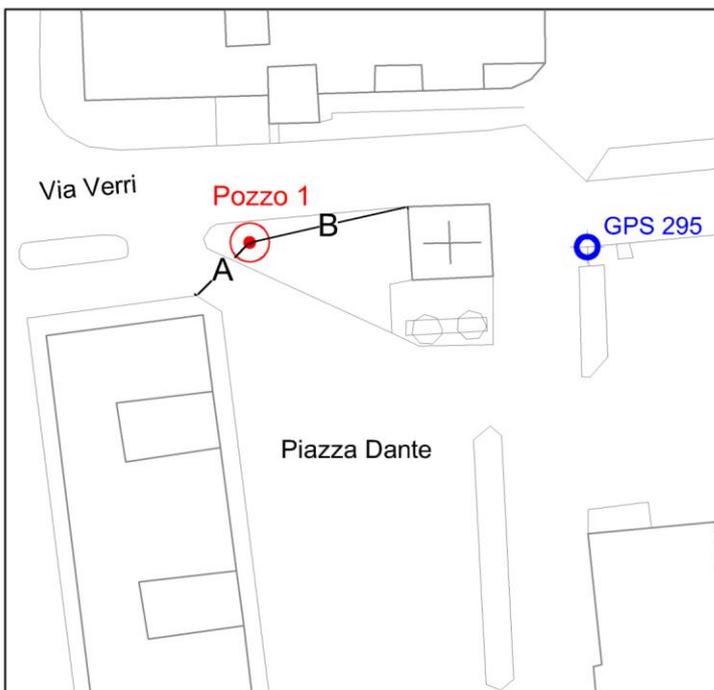


Fotografia



Schizzo monografico

Riferimenti (m): A= 6.19 B= 14.51



Coordinate Pozzo

Riferimento quote: FLANGIA

Geografiche (WGS84)

ϕ : 45° 35' 57,2857"

H_{ell.}: 232,33 m

λ : 9° 25' 15,6233"

Piane (UTM-WGS84)

N: 5049608,05 m

E: 532833,07 m

Piane (Gauss-Boaga)

N: 5049628,31 m

H: 188,32 m

E: 1532860,59 m

Targhetta s.l.m.

190,21 m.s.l.m.

ORNAGO -MB-

CODICE_SIF

1080360002

IDENTIFICATIVO POZZO

POZZO 2

DATA RILEVO

Luglio 2011

INDIRIZZO

Piazza Chiesa

NOME IMPIANTO

Chiesa

DATI CATASTALI

Foglio 7 Mappale 100

ACCESSO

pubblico

UBICAZIONE

Pozzo collocato su un'aiuola della Piazza della Chiesa

NOTE

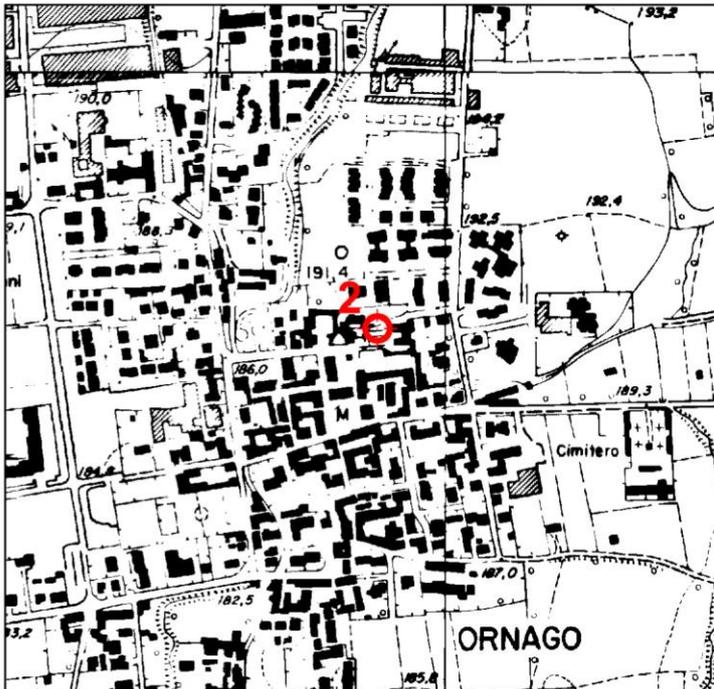
Presenza vertice GPS 295 della Provincia di Milano collocato all'entrata della Piazza della Chiesa

Quota punto rilevato: 191,42 m

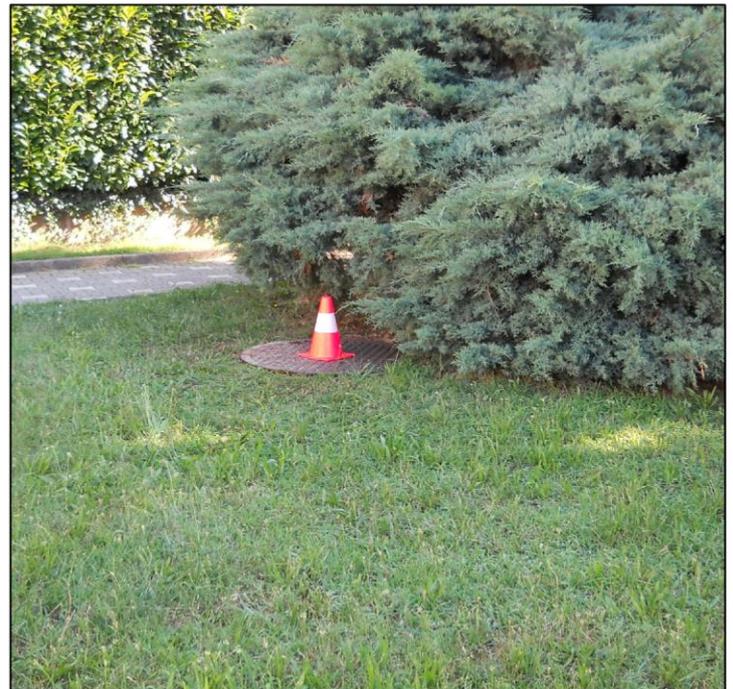
Profondità testa pozzo: 1,92 m

Cartografia Tecnica Regionale 1:10000

tavola di riferimento B5E5

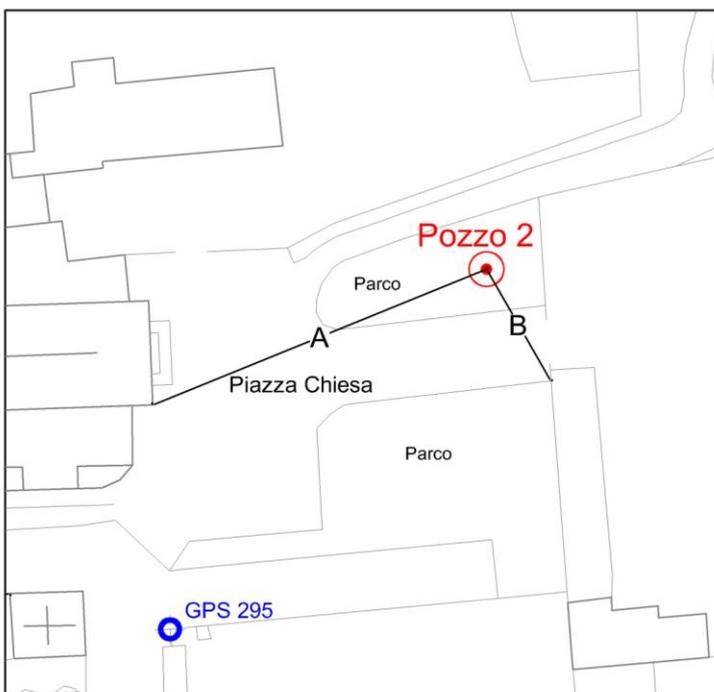


Fotografia



Schizzo monografico

Riferimenti (m): A= 33,18 B= 12,36



Coordinate Pozzo

Riferimento quote: FLANGIA

Geografiche (WGS84)

ϕ : 45° 35' 58,3119"

H_{ell.}: 233,58 m

λ : 9° 25' 18,0089"

Piane (UTM-WGS84)

N: 5049640,05 m

E: 532885,06 m

Piane (Gauss-Boaga)

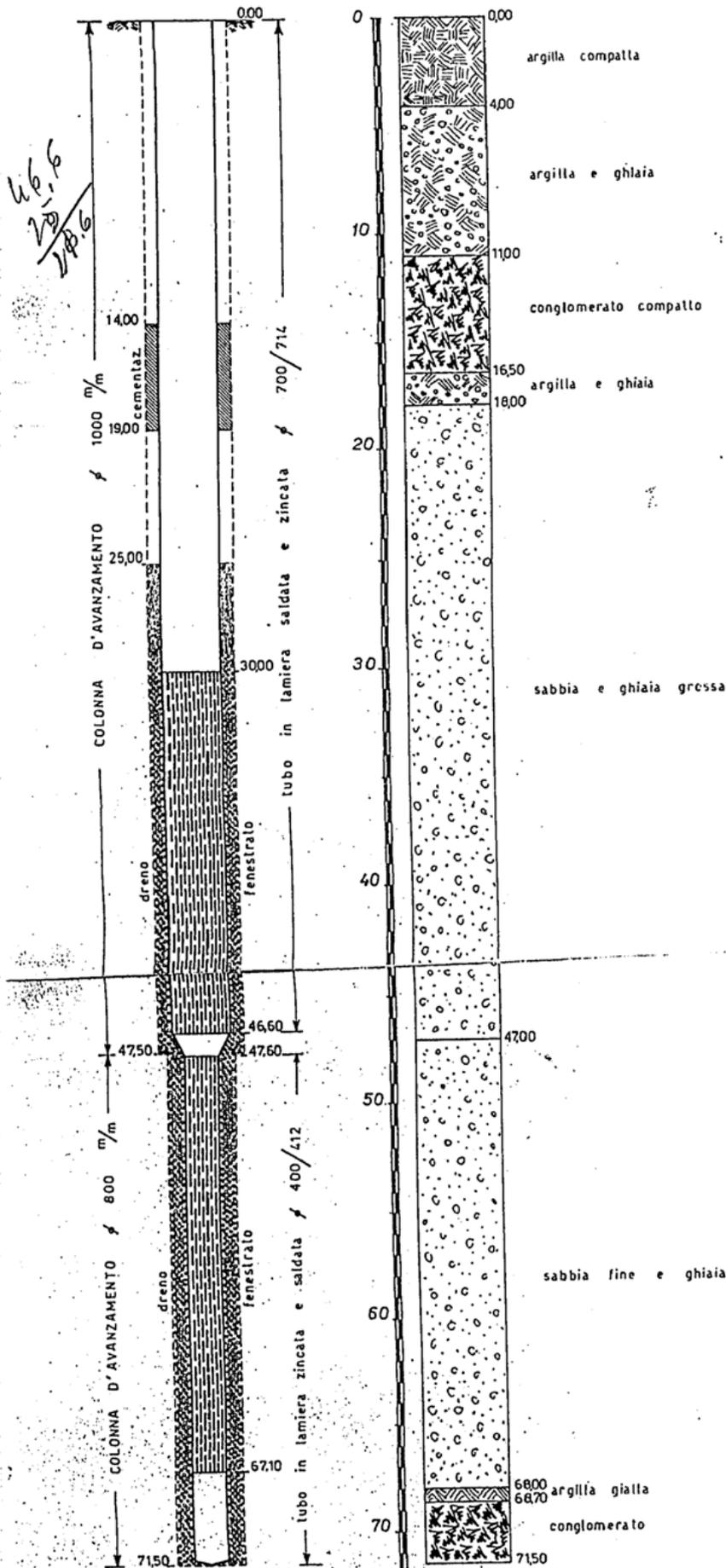
N: 5049660,48 m

H: 189,51 m

E: 1532912,10 m

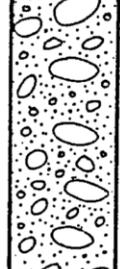
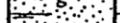
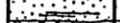
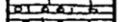
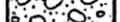
Targhetta s.l.m.

191,13 m.s.l.m.



...	24,00
...	20
...	28,00

0151610002

BACINO:F.Adda	P.zza Chiesa	N. 2
ORNAGO	C.A.P.	
0.00	 argilla e silt color rosso con elementi di ghiaia	Lat.N=45°35'127"
5.00	 ghiaia inglobata in matrice argilloso-sabbiosa rossastra	Long.O=3°1'52"
11.50	 conglomerato fessurato con lenticelle argillose	qt.m= 193
18.50	 ciottoli grossi e blocchi	data= 31/7/75
20.00	 ghiaia, sabbia argillosa con ciottoli grossi	
28.00	 ciottoli, ghiaia con poca sabbia e qualche blocco	Fenestrati: 45.00/49.50
51.00	 sabbia fine argillosa	57.00/73.00
54.50	 conglomerato fessurato	
57.00	 ghiaia e sabbia grossa	
69.00	 conglomerato compatto	
76.00		ls.= 30.10 ld.= 40.65 l/sec= 47.00 l/sec/m= 4.45
		Rovere

0151610011

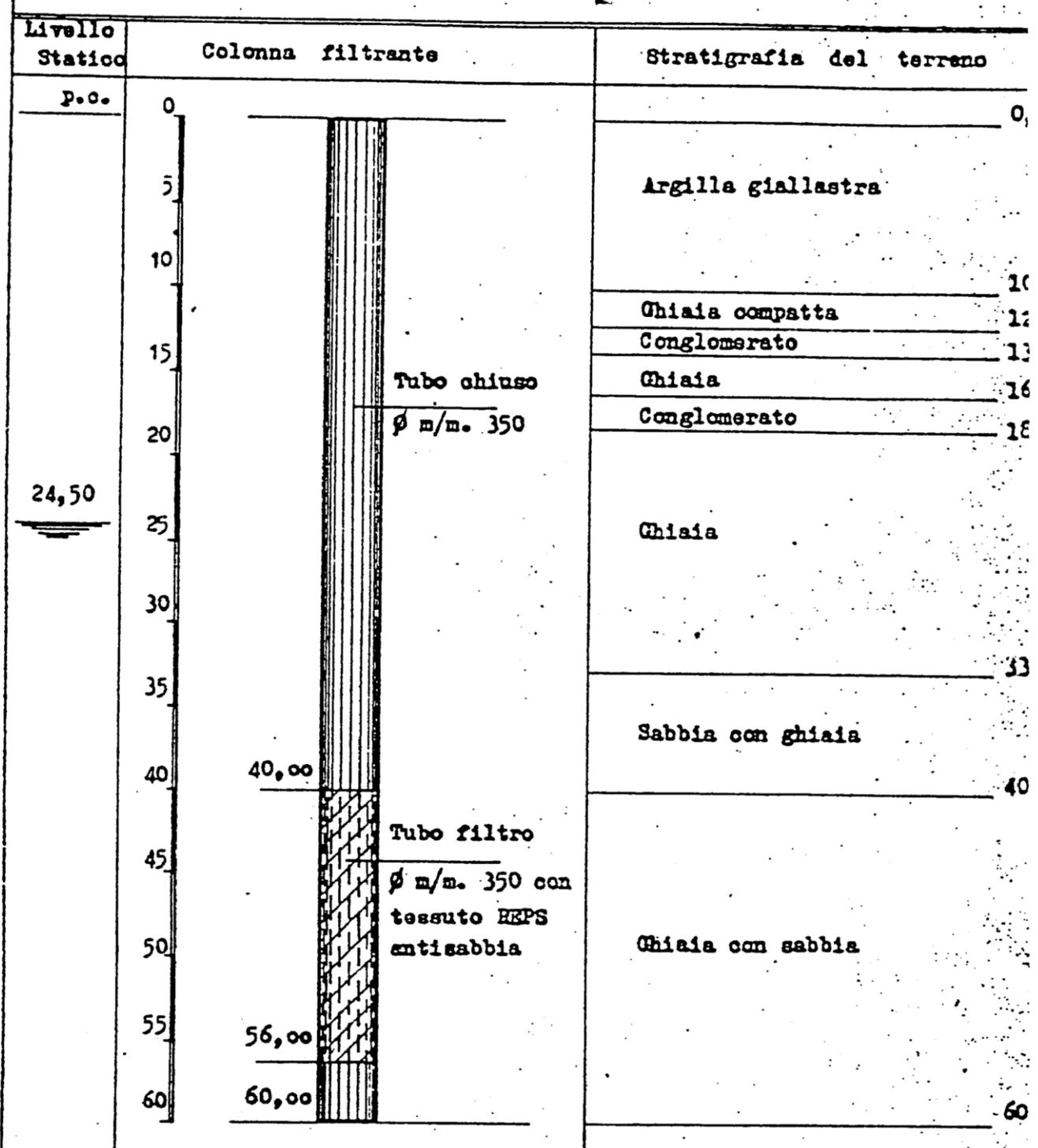
SCHEMA STRATIGRAFICO E COLONNA FILTRANTE

del pozzo tubolare trivellato eseguito ad ORNAGO (Dottor)

per conto della SOCIETA' F.A.R.O.

N° ott

11



PROVE DI PORTATA

F.A.R.O. S.p.A.
 FAB. APPAR. RAZIONALI ODONTOIATRICHE
 20060 ORNAGO (Milano)

Livello statico mt. 24,50

Portata al primo lt. 600

Livello dinamico mt. 31,00

Elettropompa installata a mt. 35

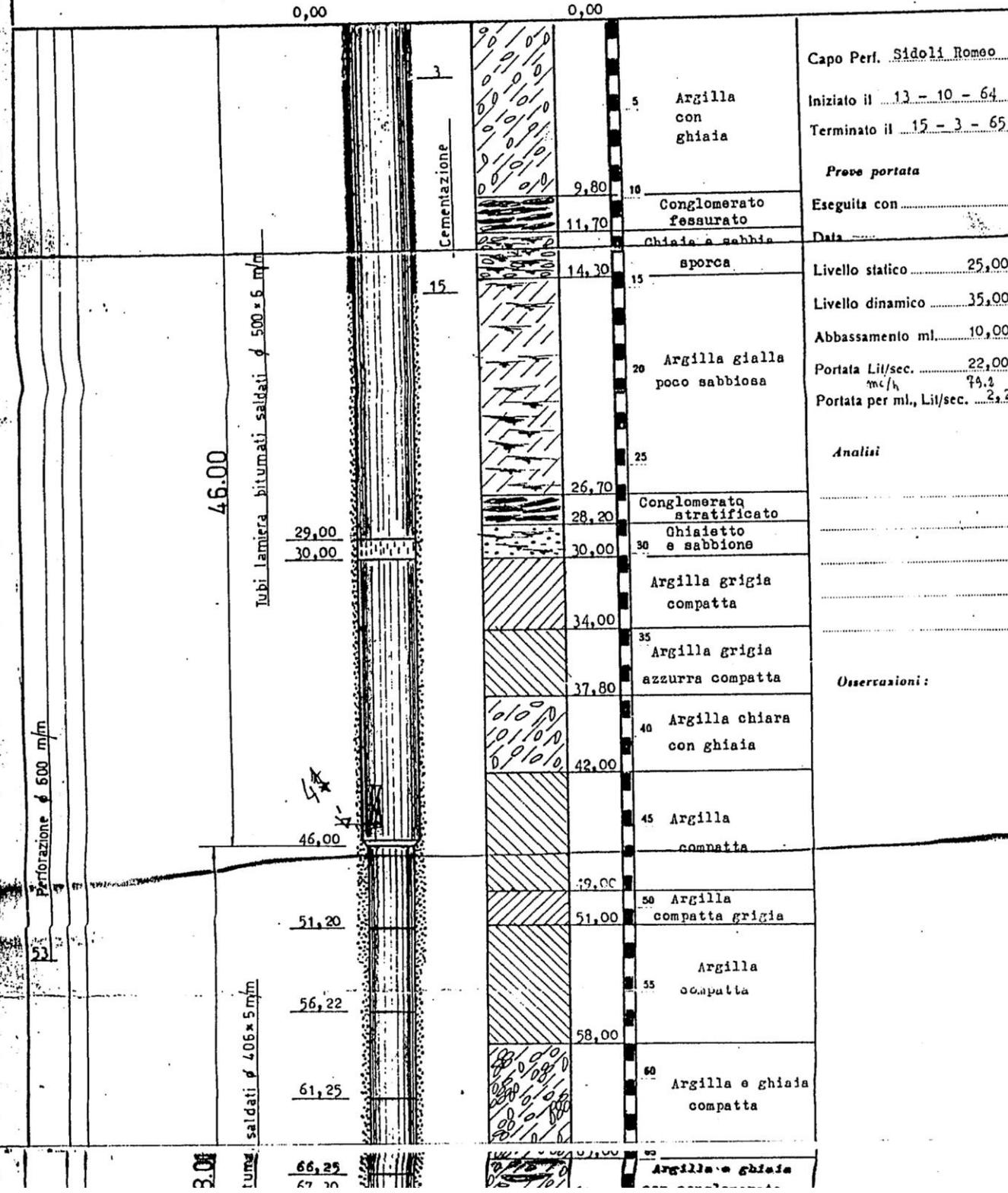
Hydro ALLUMINIO ORNAGO Spa
 ORNAGO - Via Rucani, 8^a

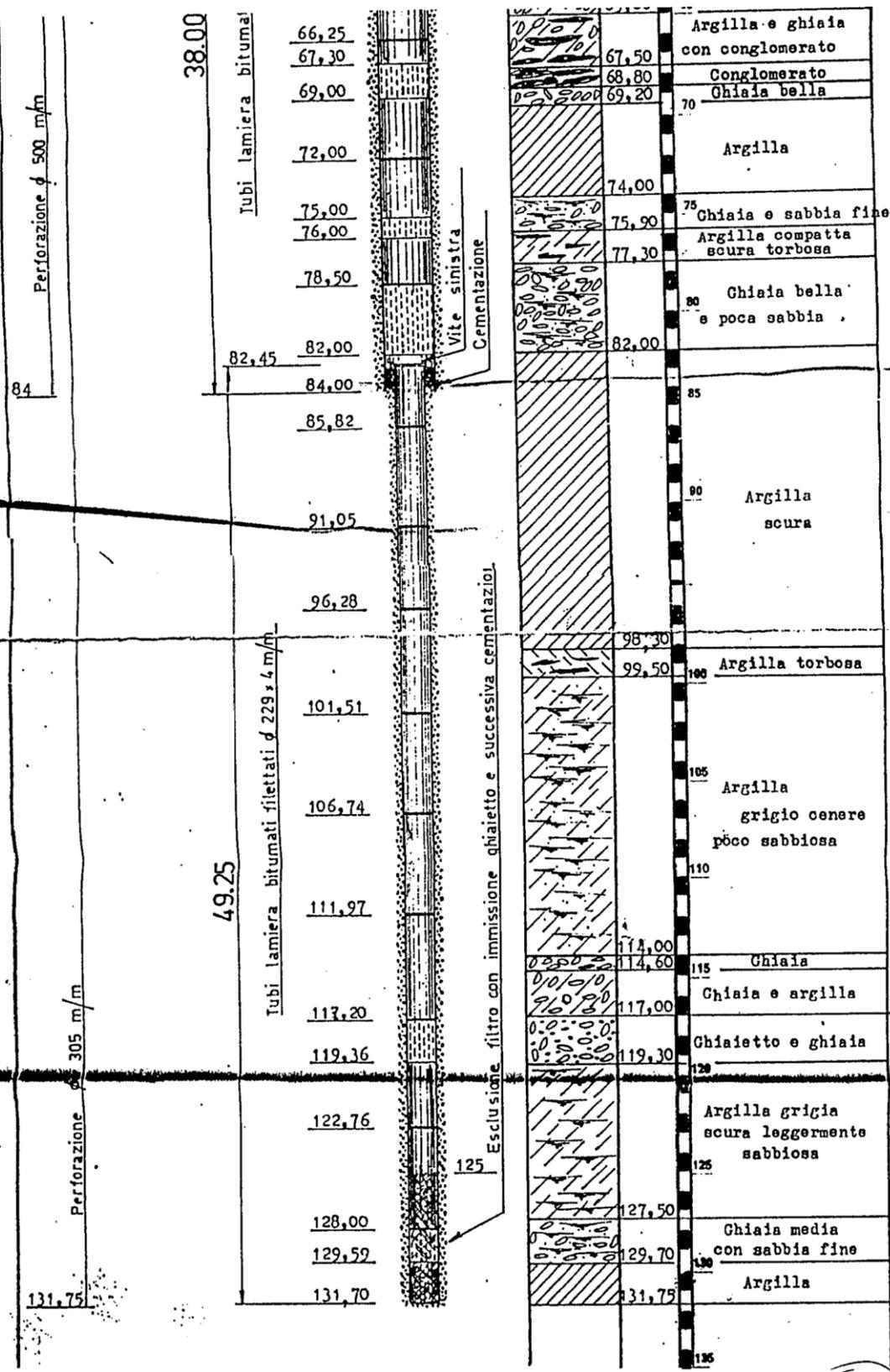
cod. (012)

ING. FRAZINI COSTA IN ERNANO FIDENZA UFFICIO TECNICO	Spett.le A. L. E. A. S. P. A. - Ornago -	N. 17 D. 1
	Perforazione pozzo tubolare ricerca acqua	Data 28-4-65
		Viso <i>[Signature]</i>

DIAMETRO TUBAZIONI DI		SEZIONE del POZZO	TERRENI ATTRAVERSATI			Osservazioni
PERFORAZIONE "/_"/_"/_	INVESTIMENTO "/_"/_"/_		STRATI	PROF. ml.	NATURA	

0151610012 a/b





ORNAGO 12

0151610012 6/6

ORNAGO

O.P.A. V. Imbricata

N° 0014
Via x BURAGO 17

220

32000 P.C.

0151610014

Chiana sabbia Sporella

8,50

9,30 Conglomerato

Chiana sabbia argilla
molto compatta

17,50

Livello Statico ml 24

Conglomerato
ed argilla

32,80

Argilla

40,00

4,50 Filtro

film da 28,30 a 32,80

1080360022

GEOLOGIA APPLICATA, GEOTECNICA, IDROGEOLOGIA

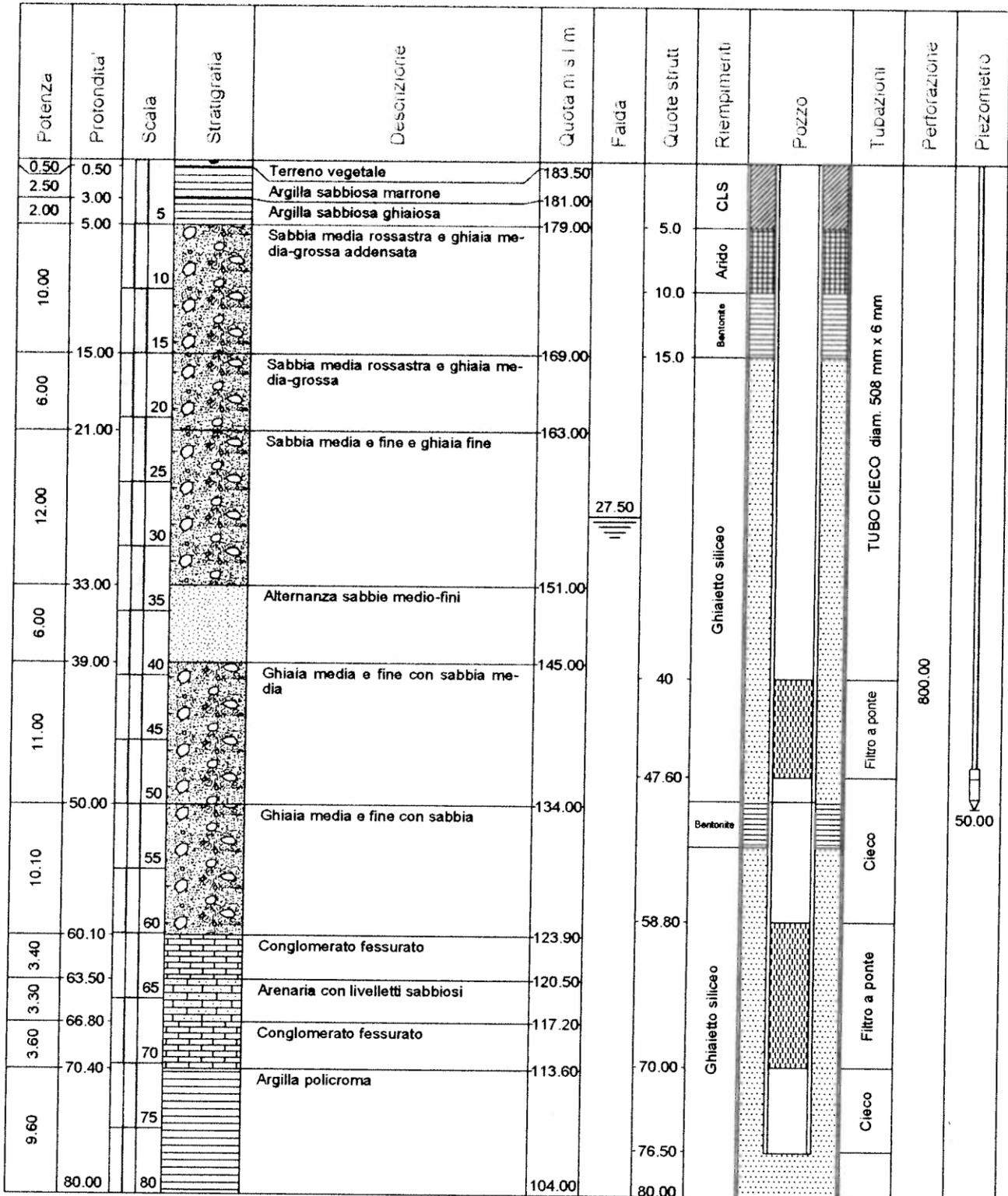
Dr. Fausto CRIPPA

20052 MONZA Via della Birona, 8 Tel. 039/367094

IPOGEO

STUDIO GEOLOGICO

Committente: Azienda Agricola STUCCHI ETTORE	Sondaggio: POZZO n° 01
Cantiere: Omago (MI) - via Santuario	Data: Luglio 2009
Tipologia: NUOVO POZZO AD USO INNAFFIAMENTO	Falda idrica: 27.5 m da p. c.



1080360023

Impresa ING. GIUSEPPE FALCIOLA S.A.S.

OPERE SPECIALIZZATE DEL SOTTOSUOLO
 20132 Milano - Via Del Pozzo Toscanelli, 6
 Tel. 02-25.93.351 (4 linee r.a.) - fax 02-25.93.354
 E-mail: impresafalcioia@beccat.it



IMPRESA
ING. GIUSEPPE FALCIOLA
 MILANO

Committente: Società Agricola "IL BOSCHETTO"

Sondaggio: POZZO n° 02

Cantiere: Omago (MI) - via Banfi

Data: Settembre 2011

Tipologia: Nuovo pozzo innaffiamento aree verdi

Falda idrica: 28.7 m da p. c.

Potenza	Profondita'	Scala	Stratigrafia	Descrizione	Quota m s.l.m.	Falda	Quote strut.	Riempimenti	Pozzo	Tubazioni	Perforazione	Piezometro
0.50	0.50			Terrano di vegeto coltivo	182.50			CLS				
4.60	5.10	5		Limo argilloso sabbioso di colore marrone	177.90		5.0	Inerte arido				
4.70	9.80	10		Sabbia media e fine passante a limo sabbioso di colore rossastro	173.20		10.0	Bentonite				
1.20	11.00			Conglomerato compatto	172.00							
1.50	12.50			Arenaria	170.50							
3.80	16.30	15		Conglomerato compatto								
6.80	23.10	20		Sabbia grossolana e ghiaia di media pezzatura	166.70		16.0					
10.40	25	25		Sabbia media e fine associata a ghiaia di piccola pezzatura	159.90							
	30	30				28.70						
1.00	33.50	35		Altemanze di strati di sabbia media e fine	149.50							
0.50	34.50				148.50							
1.00	35.00				148.00							
0.50	36.00				147.00							
0.50	36.50				146.50							
1.50	38.00	40		Sabbia media associata a ghiaia di varia pezzatura in prevalenza media e fine	145.00		38.0					
14.30	45	45										
	50	50										
3.70	52.30	55		Sabbia grossolana associata a ghiaia di media pezzatura. Presenti intercalazioni centimetriche limoso-argillose	130.70							
2.30	56.00			Argilla gialla	127.00		56.0					
	58.30	60		Argilla policroma con tracce di lignite alla base	124.70							
21.70	65	65										
	70	70					68.0					
	75	75										
80.00	80	80			103.00		80.0					

30.00

TUBO CIECO diam. 508 mm x 6 mm

Filtro a ponte luce 1.5 mm

Tubazione Cieca

600.00

Dreno in ghiaietto siliceo diametro 4-6 mm

EUROGEOVia Giorgio e Guido Peglia, 21
24122 BERGAMO

108 036 0025

Committente: CASCINA BORELLA S.R.L.	Sondaggio: PR1
Riferimento: CASCINA BORELLA - ORNAGO (MB)	Data: 23-29 LUGLIO 2011
Coordinate: 1531978 5049785	Quota: 183
Perforazione: DISTRUZIONE DI NUCLEO (DIAM. 350-250 MM)	

SCALA 1:400

STRATIGRAFIA

Pagina 1/1

metri lat.	LITOLOGIA	prof. m	Spes. m	DESCRIZIONE	A	FORO	prof. m	Ø mm	POZZO	L.R. m	L.P. m	Ø mm	DATI TECNICI
1				Argilla beige con ghiaia									Avampozzo, diametro 323 mm, acciaio nero, cieco
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14								350					
15		15,0	15,0										Colonna cieca, acciaio nero, diametro 219 mm
16				Argille con sabbia e ghiaietto									
17													
18													
19													
20													
21		21,0	6,0										
22				Ghiaia con limo e argilla									
23													
24													
25							24,0						
26		26,0	5,0										
27				Ghiaietto alvato con sabbia beige									
28													
29													
30		30,0	4,0										
31				Limo con argilla e ciottoli									
32													
33													
34		34,0	4,0							65,0			
35				Sabbia limosa grigia con ghiaietto									
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45		45,0	11,0										
46				Sabbia grigia fine con pochi ciottoli									
47													
48													
49													
50		50,0	5,0										
51				Ghiaia con sabbia grigio chiaro									
52													
53								250					
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61		61,0	11,0										
62				Sabbia limosa grigia con ghiaietto									
63													
64													
65													
66								65,0					
67													
68													
69													
70		70,0	9,0										
71				Ghiaietto con sabbia grossa									
72													
73													
74													
75		75,0	5,0							15,0			
76				Ghiaia con sabbia									
77													
78													
79													
80		80,0	5,0				80,0						

5 ATTIVITA' SISMICA ED ELEMENTI NEOTETTONICI E STRUTTURALI, CON CENNI SULLA SISMICITA' DEL TERRITORIO COMUNALE E DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE (ALL. A)

Il Comune di Ornago, sulla base del D.M. del 5 marzo 1984 (“Dichiarazione di sismicità di alcune zone della Regione Lombardia”), riguardante l’aggiornamento delle zone sismiche della regione, non rientrava tra i comuni lombardi classificati come sismici e quindi assoggettati (ai sensi della L. n° 64/74) alla specifica normativa nazionale emanata in merito alle norme tecniche relative alle costruzioni sismiche (D.M. 3 marzo 1975, D.M. 3 giugno 1981, D.M. 19 giugno 1984, D.M. 29 gennaio 1985, D.M. 26 gennaio 1986 e D.M. 16 gennaio 1996).

Di seguito è stata effettuata una riclassificazione sismica dell’intero territorio italiano, a seguito degli eventi tellurici anche di una certa gravità che si sono abbattuti sul nostro paese in zone non classificate come sismiche (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, pubblicato sulla G.U. n. 105, S.O. n. 72 del 08/05/2003 “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*”).

Con D.P.C.M. 21 Ottobre 2003 sono poi state approvate le disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza citata.

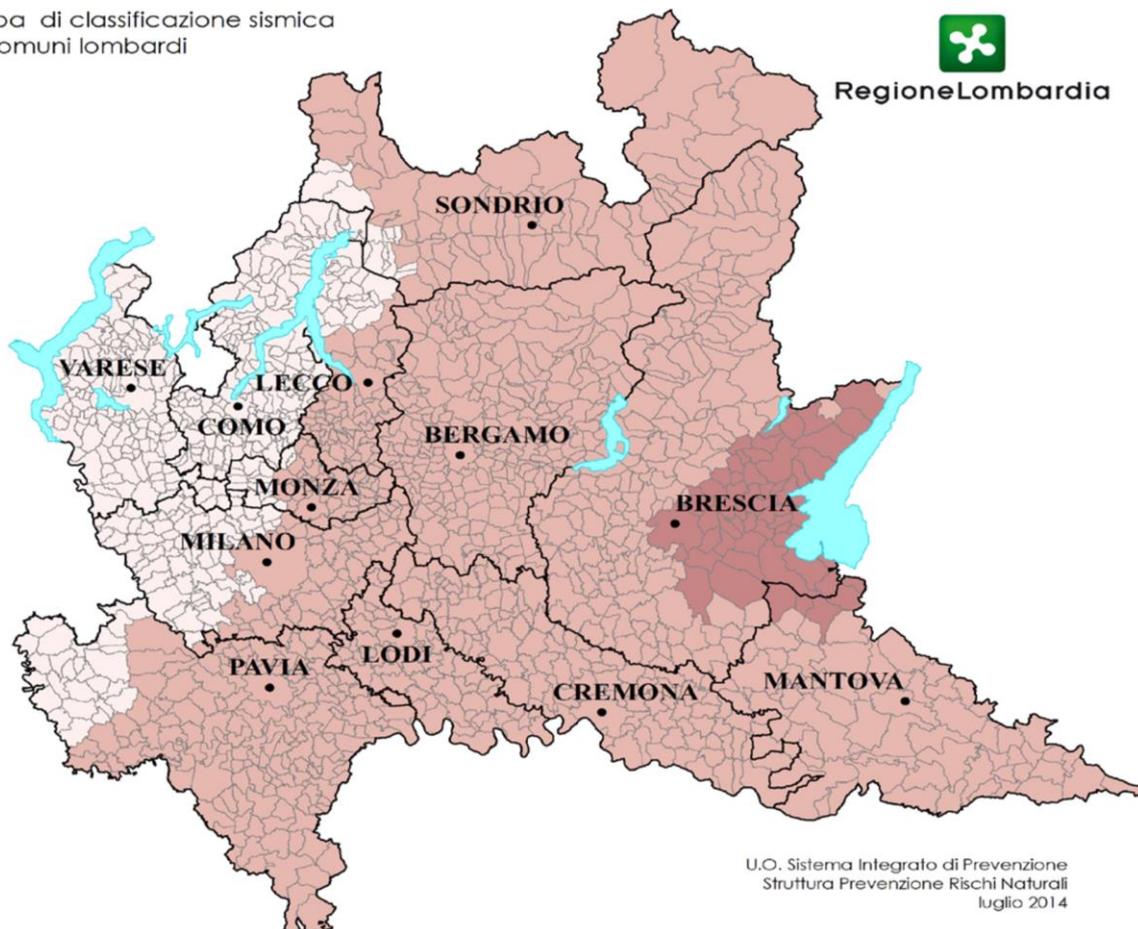
L’Ordinanza n. 3274/2003 è entrata in vigore, per gli aspetti riguardanti la classificazione sismica, dal 25 ottobre 2005, data coincidente con l’entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 che è stata sostituita dal D.M. 14 gennaio 2008 “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” – NTC attualmente in vigore.

In particolare, il Comune di Ornago secondo le disposizioni della classificazione ricadeva in zona sismica 4 (quella a minor grado di sismicità; definita come “bassa sismicità”), per cui l’assoggettamento o meno a norme antisismiche è demandato alla regione di appartenenza (in questo caso la Regione Lombardia), che a tal proposito ha emesso la

DGR 7 novembre 2003, n. 7/14964, che ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla Ordinanza 3274/2003.

Successivamente con D.G.R. 11/07/2014 – n.10/2129 la Regione Lombardia definiva una nuova classificazione sismica inserendo il comune di Ornago in zona sismica 3.

Mappa di classificazione sismica dei comuni lombardi



Zone di classificazione sismica dei comuni ai sensi dell'Ord. PCM 3274 del 20 marzo 2003.		n°comuni
zona 4		446
zona 3		1028
zona 2		57

AgMax= 0.076439g

ELENCO DEI COMUNI CON INDICAZIONE DELLE RELATIVE ZONE SISMICHE E DELL'ACCELERAZIONE MASSIMA (AGMAX) PRESENTE ALL'INTERNO DEL TERRITORIO COMUNALE (O.P.C.M. 3519/06 E DECRETO MIN. INFRASTRUTTURE 14/01/08)

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica	AgMax
03108036	MB	ORNAGO	3	0,076439

Con D.G.R. del 10/10/2014 – n.10/2489 si differiva l'entrata in vigore della nuova classificazione al 14 ottobre 2015.

Come contemplato dalla D.G.R. n.9/2616 del 30/11/2011, si è provveduto ad analizzare le problematiche inerenti la sismicità locale ed a predisporre la Carta della Pericolosità Sismica Locale (vedi ALL. A).

Da dati bibliografici, l'area comunale e quella milanese nel suo complesso risulta caratterizzata da eventi sismici piuttosto sporadici e di intensità massima rilevata dell'ordine del VI° - VII° della scala Mercalli (si vedano rispettivamente le Figure tratte da:

- *“Carta sismica d'Italia per il periodo 1893 - 1965 con le aree di massima intensità”* alla scala 1:1.000.000 a cura di E. Iaccarino per il Comitato Nazionale Energia Nucleare - Gruppo Attività Minerarie; Boschi E., Favali P., Scalera G. & Smeriglio G. (1995)

- *Massima intensità macrosismica risentita in Italia*. Carta scala 1:1.500.000, Istituto Nazionale di Geofisica.

Analisi recentemente condotte (Molin D., Stucchi M. & Valensise G., 1996 - *Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni della Regione Lombardia*. “Sicurezza - 96” - Milano Fiera, 26-30/11/96 – Fig. 4) includono il territorio comunale di Ornago tra le aree a pericolosità sismica di classe C e rappresentate da comuni in cui l'intensità massima dei sismi non ha superato in passato il VI° della scala MCS, dove gli effetti massimi attesi consistono in forti scuotimenti e possibilità di danni occasionali di lieve entità.

Come anticipato, nella riclassificazione sismica (D.G.R. 11/07/2014 – n.10/2129), il comune di Ornago ricade in **zona sismica 3 con $A_gMax = 0.076439g$** .

Si osserva infatti come i maggiori terremoti lombardi si siano sviluppati nella zona bresciana, mentre nell'area milanese gli eventi tellurici hanno sviluppato una magnitudo poco rilevante ed hanno risentito indirettamente dell'attività sismica dei comparti sismogenetici confinanti (aree appenniniche e zona bresciana in particolare).

Per quel che attiene all'aspetto sismotettonico, la zona in studio ricade in un ambito caratterizzato (M.S. Barbano et al., 1982) da uno spessore crostale dell'ordine dei 25-30 Km e da una sismicità bassa. Infatti in tale porzione della Lombardia l'attività sismica è da considerarsi ovunque scarsa.

Tutto ciò trova giustificazione, dal punto di vista geologico, nella collocazione del territorio in esame all'interno di una vasta area caratterizzata da un notevole spessore di depositi alluvionali, che è stata interessata in passato da fenomeni di sollevamento modesti e pressoché continui nel Pliocene e in parte nel Pleistocene inferiore, a cui sono succeduti deboli sollevamenti.

Va inoltre fatto notare che l'area su cui ricade il territorio comunale, pur trovandosi a distanza piuttosto modesta rispetto a strutture sepolte della pianura o del pedemonte, alcune delle quali si ritiene non abbiano ancora raggiunto un assetto tettonico definitivo, non risulta comunque direttamente interessata da alcuna di esse.

Ulteriori recenti annotazioni sui sismi dell'area vasta considerata sono riportate nelle tabelle allegate, desunte da:

- catalogo dei terremoti al di sopra della soglia del danno della zona sismogenetica 9;
- osservazioni sismiche disponibili per il Comune di MILANO estratta da «DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno» - aggiornamento luglio 1997 - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (Monachesi e Stucchi);
- osservazioni sismiche disponibili per la Provincia di MILANO estratta da «DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno» - aggiornamento luglio 1997 - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti (Monachesi e Stucchi).

**Stralcio tratto da:
"CARTA GEOMORFOLOGICA DELLA PIANURA PADANA" 1997
(Scala 1: 250.000)**

**Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica
Coordinamento: Castiglioni G.B.**

**con la collaborazione di: Bondesan A., Bondesan M., Cavallin A., Gasperi G., Persico A.
Progetto Scientifico: Castiglioni G.B., Biancotti A., Bondesan M., Castaldini D., Ciabatti M.,
Cremaschi M., Favero V., Pellegrini G.B. e contributi di: Cavallin A., Elmi C., Gasperi G.**

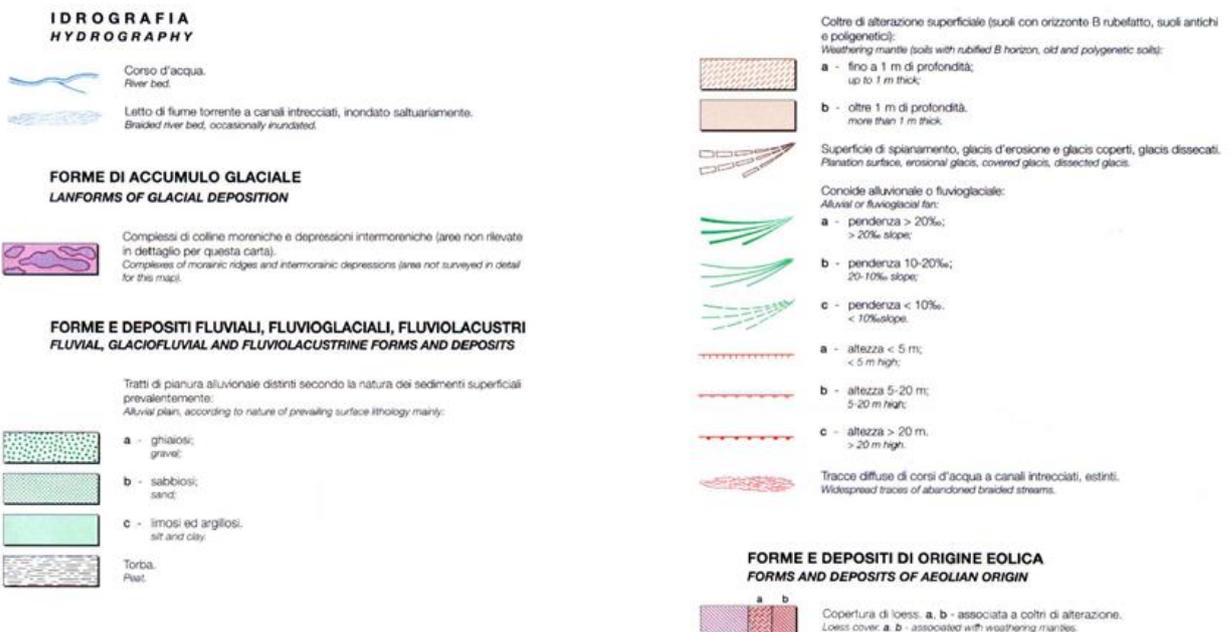
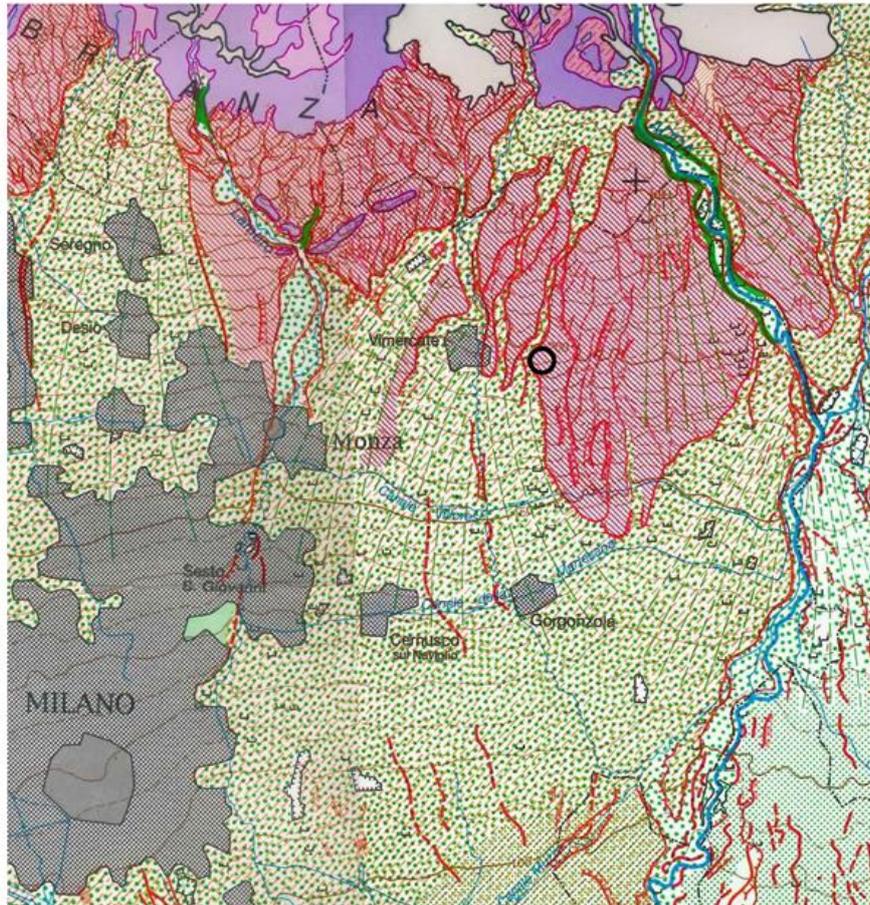
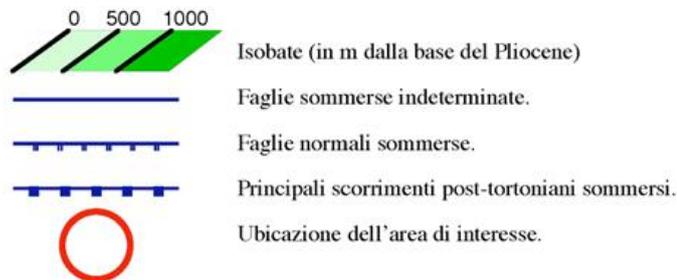
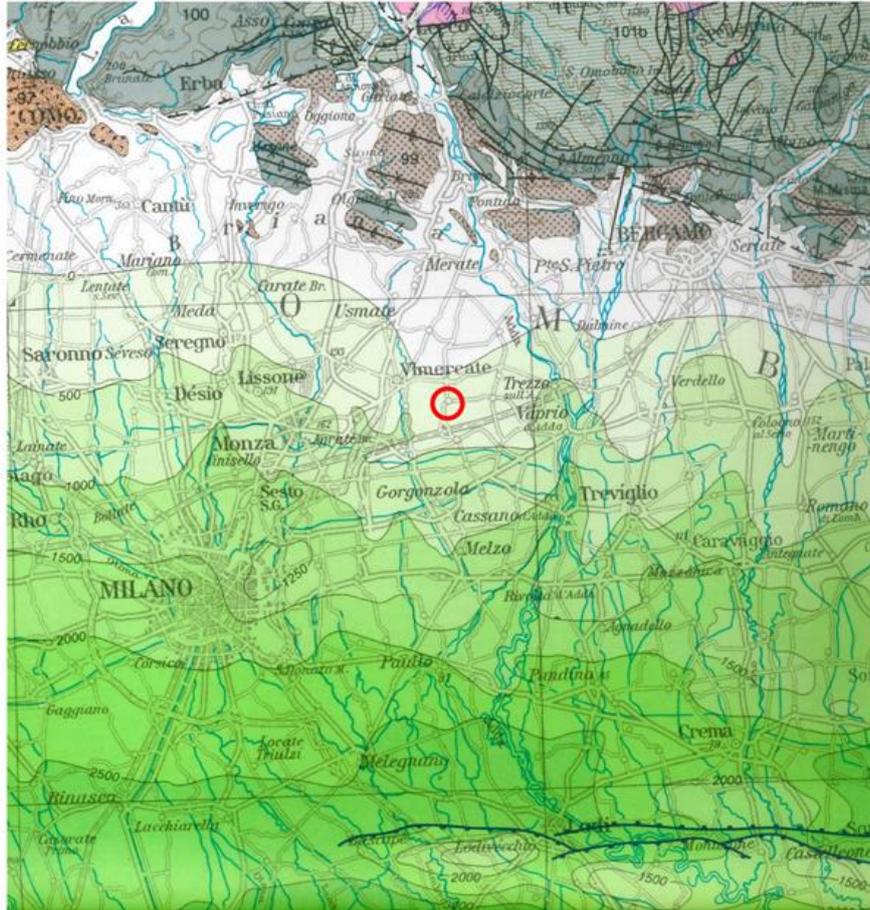
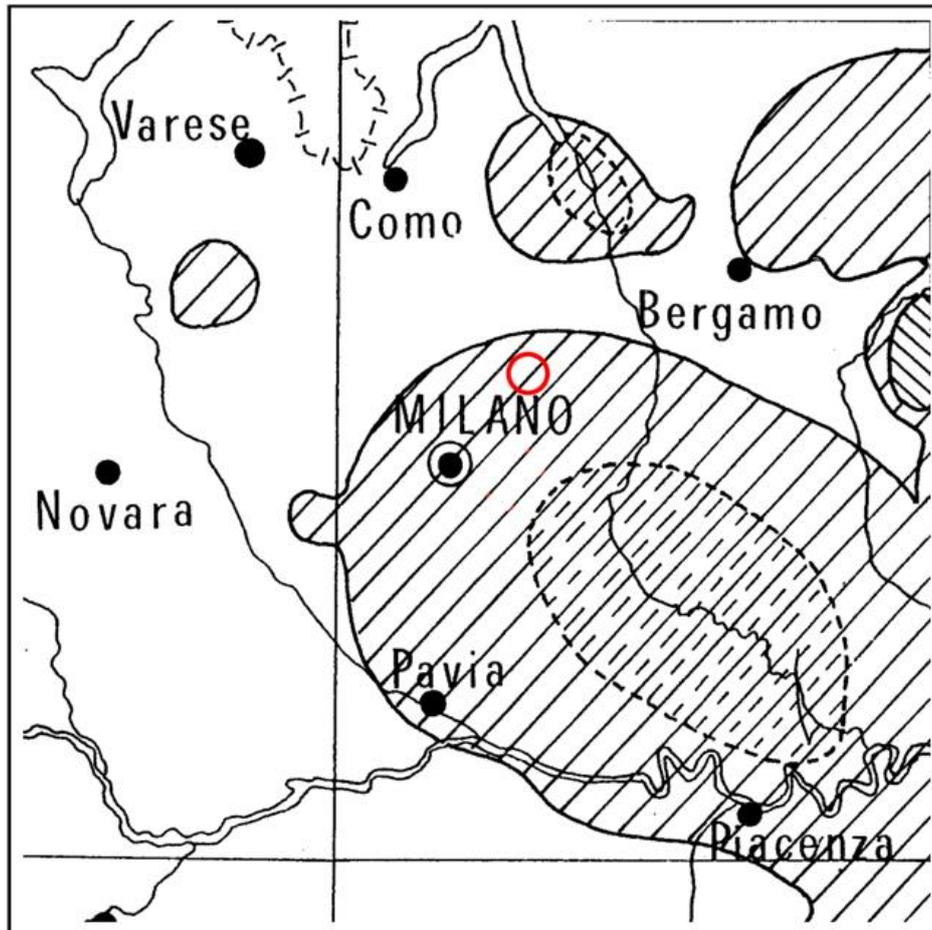


Fig. 1

**Stralcio tratto da:
“MODELLO STRUTTURALE D'ITALIA”
(Scala 1: 500.000)
C.N.R. “Progetto finalizzato geodinamica” - Dir.: Barberi F.,
“Sottoprogetto Modello strutturale tridimensionale” - Resp.: Scandone P.
Coord.: Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P.**



**Stralcio tratto da:
"CARTA SISMICA D'ITALIA PER IL PERIODO 1893-1965
CON AREE DI MASSIMA INTENSITÀ"
(Scala 1:1.000.000)
a cura di: E. Iaccarino - COMITATO NAZIONALE ENERGIA NUCLEARE
GRUPPO ATTIVITÀ MINERARIE**



LEGENDA



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° grado della Scala Mercalli.



Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VI° - VII° grado della Scala Mercalli.

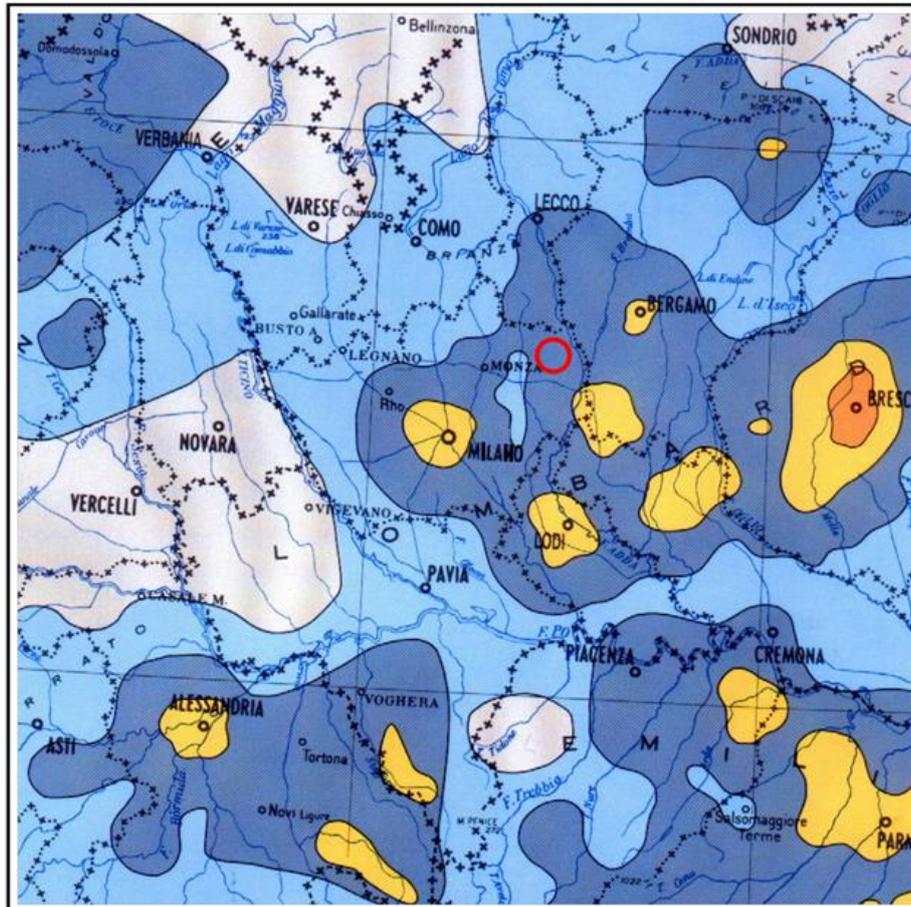


Aree che sono state interessate da eventi sismici con intensità massima rilevata pari al VII° grado della Scala Mercalli.



Ubicazione dell'area di interesse

Stralcio tratto da:
"MASSIMA INTENSITÀ RISENTITA IN ITALIA" 1995
(Scala 1:1.500.000)
a cura di: C.N.R. ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA



LEGENDA

Intensità espresse in scala M.C.S.

- | | |
|--|---|
| | Inferiore al VI grado
<i>Less than VI degree</i> |
| | VI grado
<i>VI degree</i> |
| | VII grado
<i>VII degree</i> |
| | VIII grado
<i>VIII degree</i> |
| | IX grado
<i>IX degree</i> |

**MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE
NEI COMUNI DELLA REGIONE**
valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT
e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA

Elaborato per il Dipartimento della protezione Civile (Molin, Stucchi, Valensise)

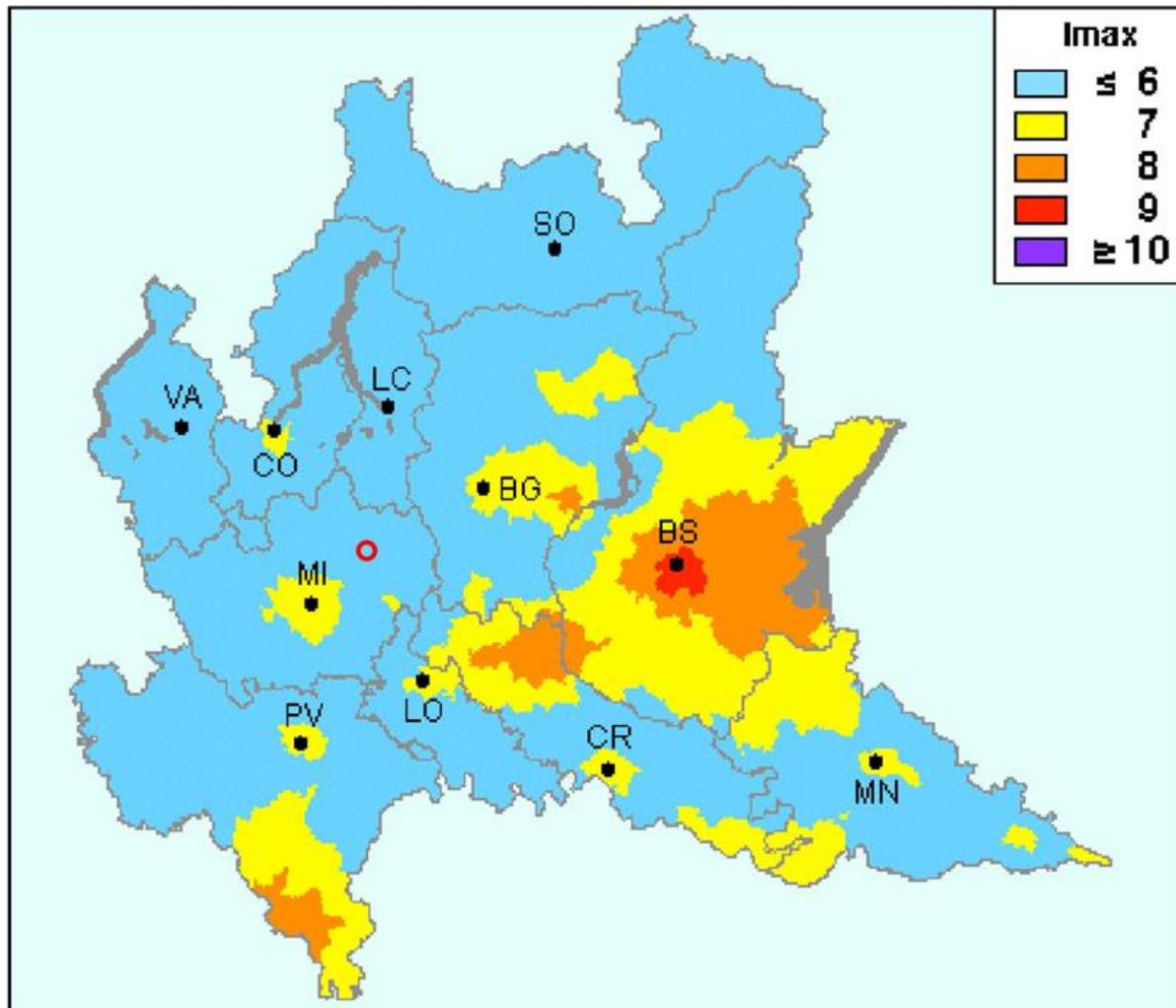
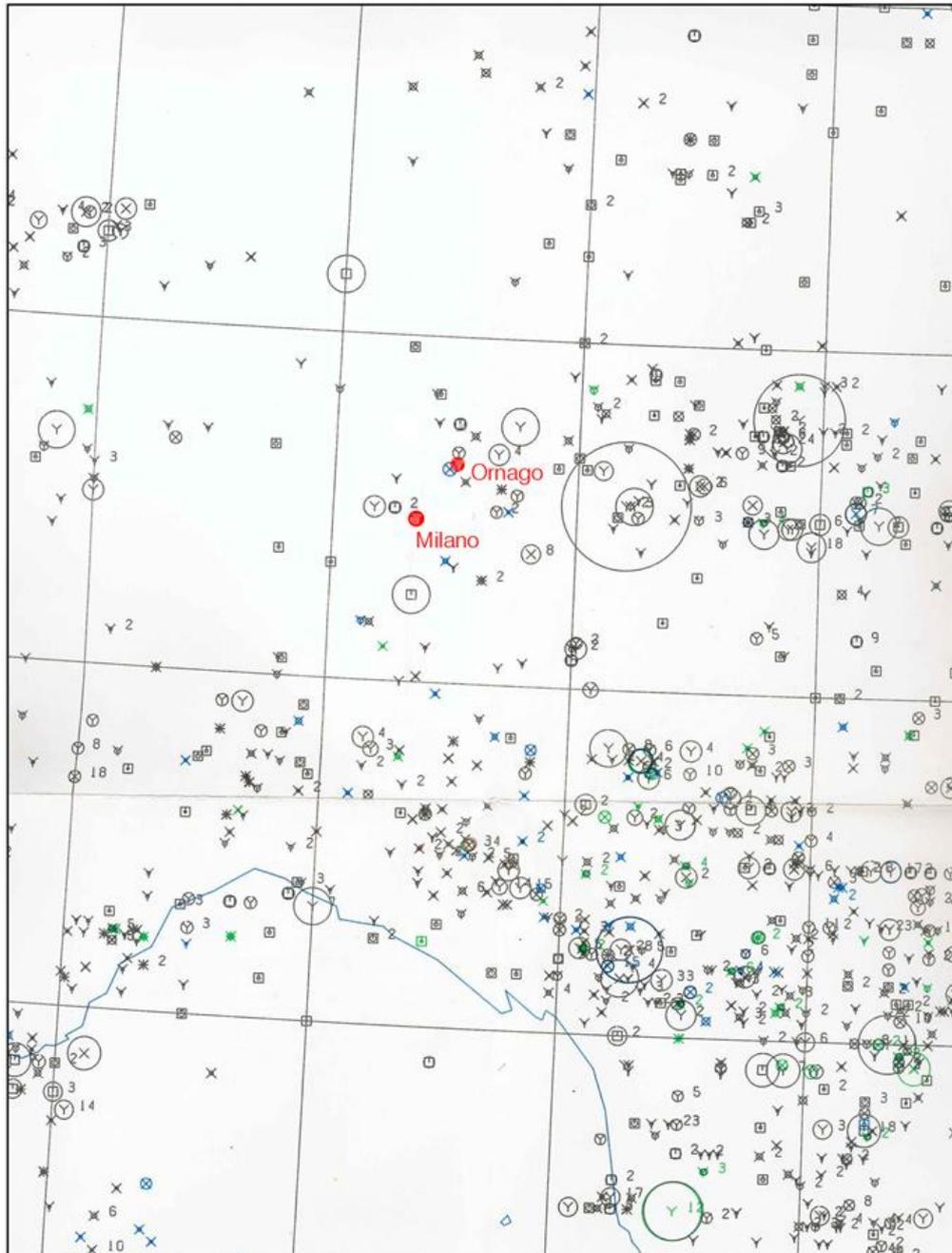


Fig. 5

EVENTI CON INTENSITÀ \geq IV-V (ML \geq 3.5)

CARTA DEGLI EPICENTRI

P. GASPERINI - M. LIGI - D. POSTPISCHL



Legenda

- Gli epicentri sono rappresentati per mezzo di cerchi il cui raggio è definito dal raggio della sfera del volume focale calcolato secondo la relazione di Bath e Duda (1964).
- La profondità (h) del fuoco è indicata per mezzo di diversi colori:

- h \leq 5 Km
- 5 \leq h \leq 25 Km e eventi per cui non si hanno informazioni
- 25 \leq h \leq 60 Km
- h \geq 60 Km

Nel caso di terremoti che si sono ripetuti nello stesso luogo in periodi di tempo diversi può capitare che i diversi periodi sismici abbiano interessato diverse classi di profondità. Per evitare ambiguità e confusioni grafiche si è stabilito di rappresentare il focolaio sismico con il colore e il raggio che competono al terremoto a cui corrisponde la massima intensità; si hanno poi cerchi concentrici con raggi che decrescono di 0,5 mm con colori corrispondenti alle altre classi di profondità interessate. Il numero totale di eventi che nel catalogo interessano lo stesso focolaio sismico viene indicato a lato del simbolo centrale.

Il colore del simbolo centrale è ancora quello che compete all'evento di massima intensità della sequenza di terremoti coincidenti, e il simbolo centrale è scelto in relazione alla classe di attendibilità della localizzazione epicentrale.

In particolare i simboli utilizzati sono i seguenti:

- * attendibilità della localizzazione inferiore a 10 Km
- X attendibilità della localizzazione inferiore a 25 Km
- Y attendibilità della localizzazione inferiore a 50 Km
- attendibilità della localizzazione superiore a 50 Km



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale

(riferimento: Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

espressa in termini di accelerazione massima del suolo
con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

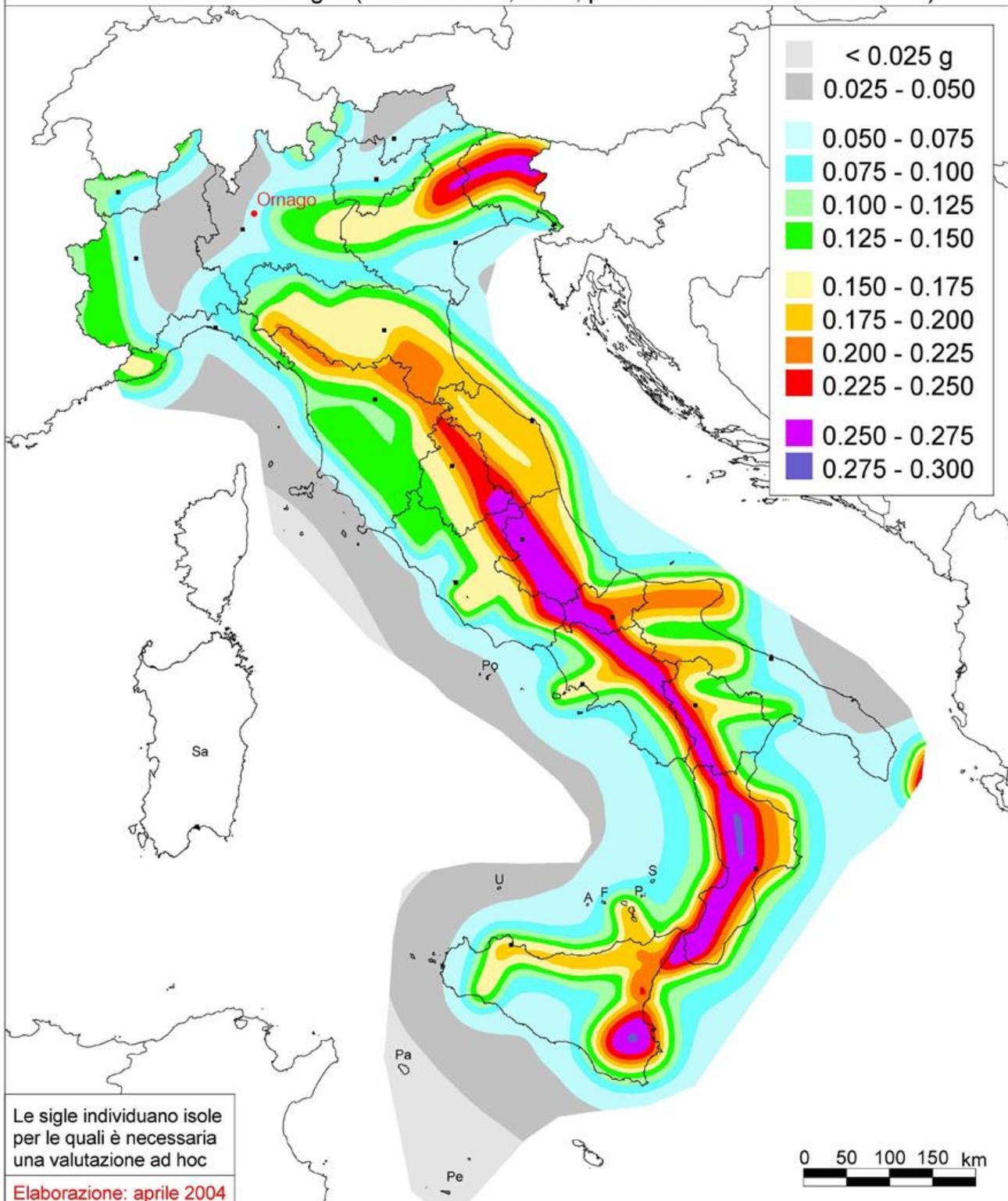
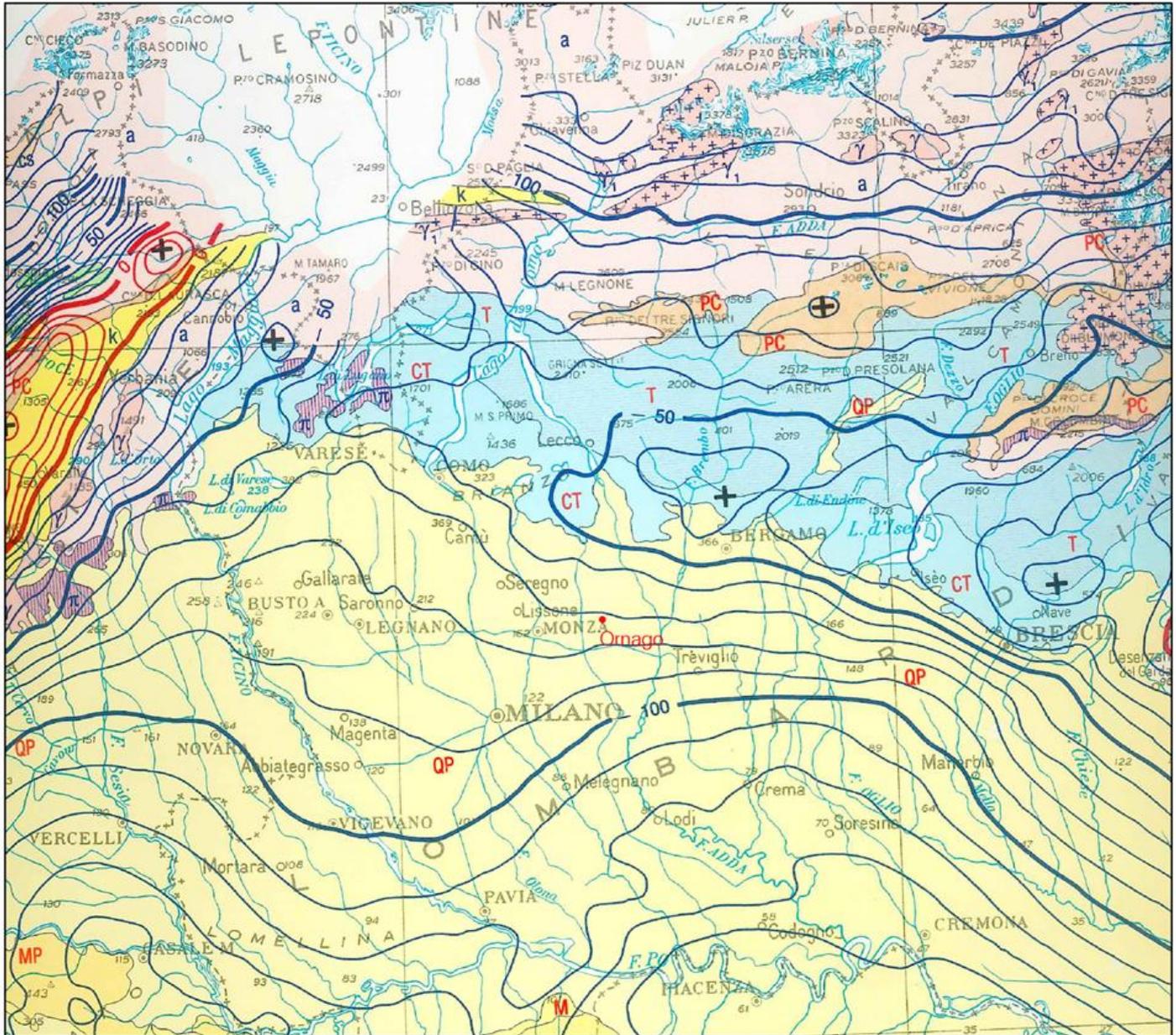


Fig. 7

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA
ORGANO CARTOGRAFICO DELLO STATO



Carta Gravimetrica

ISOANOMALE DI BOUGUER

(Equidistanza: 10 mgal)

DENSITÀ DI MISURA $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ staz./km}^2 \text{ in pianura;} \\ 0,7 \text{ staz./km}^2 \text{ in aree appenniniche e del mare Adriatico;} \\ 0,1 \text{ staz./km}^2 \text{ in aree alpine e del mare Tirreno;} \end{array} \right.$

- Anomale gravimetriche positive
- Anomale gravimetriche negative
- Massimi gravimetrici
- Minimi gravimetrici

QUOTA DI RIFERIMENTO: livello del mare.

GRAVITÀ NORMALE = $978,049 (1 + 0,0052884 \text{ sen}^2 \varphi - 0,0000059 \text{ sen}^2 2\varphi)$ mgal.

CATALOGO DEI TERREMOTI AL DI SOPRA DELLA SOGLIA DEL DANNO DELLA ZONA SISMOGENETICA 9

ESTRATTO DA:

NT4.1, un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno versione NT4.1.1 luglio 1997, con aggiornamenti 1981-1992 (marzo 1998).
Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti
(Camassi e Stucchi)

N	Tr	Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Se	Ax	Rt	Os	Nmo	Nip	Ix	Io	Lat	Lon	Pa	Sz	Ta	Agm	Ms	Td	Nio	Sd	Mm	H
281	DB	1396	12	26				BERGAMO	STA93 6U		1	1	70	70	45.650	9.667	PP	09	G		50	M		40	50	
282	CP	1576	09	26	06			BERGAMO	POS85 1P				60	60	45.667	9.667		09	G		44	M		35	44	
283	DB	1593	03	08				BERGAMO	GDTSP 6U		1	1	65	65	45.683	9.683		09	G		47	M		45	47	
284	DB	1606	08	22				BERGAMO	GDTSP 6U		1	1	65	65	45.667	9.667		09	G		47	M		45	47	
285	DB	1642	06	13	22			BERGAMO	GDTSP 6U		1	1	65	65	45.700	9.700		09	G		47	M		45	47	
286	DB	1661	03	11				BERGAMASCO	STA93 6U		3	2	75	75	45.700	9.850	PP	09	G		52	M		43	52	
287	CP	1771	08	15				SARNICO	POS85 1P				60	60	45.667	10.000		09	G		44	M		35	44	
288	DB	1781	09	10				CARAVAGGIO	GDTSP 6U		1	1	65	65	45.500	9.650		09	G		47	M		45	47	
289	DB	1802	05	12	09	30		SONCINO	BRA85 5P		49	49	80	80	45.383	9.833		09	G		55	M		47	55	
290	DB	1882	02	27	06	30		ROVETTA	STA88 6U		37	28	65	65	45.883	9.983		09	G		47	M		45	47	
291	DB	1884	09	12				PONTOGLIO	GDTSP 6U		24	21	60	60	45.567	9.850		09	G		44	M		35	44	
292	DB	1894	11	27				FRANCIACORTA	GDTSP 6U		168	140	65	65	45.583	10.117		09	G		47	M		45	47	
293	DB	1918	04	24	14	21		LECCESE	GDTSP 6U		34	28	60	60	45.800	9.550		09	G	MAA93	47	O	05	35	44	17
294	DB	1919	11	23	01	50		BRESCIANO	GDTSP 6U		9	9	45	40	45.617	10.133		09	G	MAA93	49	O	01	33		
295	CP	1934	03	23	01	46	50	PISOGNE	POS85 4P				55	45.800	10.100		09	G	KAR71	40	O	01	44	13		
296	CP	1947	12	25	20	42	34	GARDONE TROMPIA	POS85 4P				60	45.700	10.200		09	G	KAR71	42	O	01	44	H3		
297	CP	1948	07	17	19	34	03	BAZENA	POS85 4P				50	45.900	10.400		09	G	MAA93	47	O	02	67	39		
298	CP	1961	11	23	01	12	05	CAPRINO BERGAMASCO	POS85 1P				60	45.717	9.567		09	G		44	M		35	44	H2	
299	DB	1979	02	09	14	44		TREZZO SULL'ADDA	GDTSP 6U					45.617	9.467	PP	09	G		46	C	01	27	47	37	

Nelle pagine seguenti si riporta la descrizione sintetica della modalità di determinazione dei parametri

Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti
DOM4.1, un database di osservazioni macrosismiche
di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno

Osservazioni sismiche (71) disponibili per
MILANO [45.464, 9.189]

Data					Effetti in occasione del terremoto di:			
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1117	01	03	13		70	VERONESE	90	64
1222	12	25	11		60	BRESCIANO	80	59
1951	05	15	22	54	60	LODIGIANO	60	49
1806	02	12			55	NOVELLARA	70	50
1695	02	25	05	30	50	ASOLO	90	64
1802	05	12	09	30	50	SONCINO	80	55
1810	12	25	00	45	50	NOVELLARA	70	50
1873	06	29	03	55	50	BELLUNESE	100	64
1901	10	30	14	49	50	SALO`	80	55
1914	10	27	09	22	50	GARFAGNANA	70	58
1276	07	28			45	CREMONESE	60	47
1348	01	25			45	CARNIA	95	64
1740	03	06	05	15	45	GARFAGNANA	75	50
1828	10	09			45	VAL STAFFORA	80	52
1887	02	23			45	LIGURIA OCC.	100	64
1891	06	07			45	VERONESE	80	55
1738	11	05	00	30	40	PARMA	70	50
1873	09	17			40	LIGURIA ORIENTALE	65	47
1885	02	26	20	48	40	SCANDIANO	60	44
1972	10	25	21	56	40	PASSO CISA	50	47
1975	11	16	13	04	40	BORGO VAL DI TARO	55	45
1976	05	06	20		40	FRIULI	95	65
1703	01	14	18		35	NORCIA	100	67
1834	07	04	00	35	35	ALTA LUNIGIANA	65	47
1884	09	12			35	PONTOGLIO	60	44
1914	10	26	03	45	35	TAVERNETTE	70	49
1929	04	20	01	09	35	BOLOGNESE	75	54
1971	07	15	01	33	35	PARMENSE	80	54
1976	09	15	09	21	35	FRIULI	85	59
1065	03	27	11		F	BRESCIA	75	52
1295	09	03			F	COIRA	85	59
1661	03	11			F	BERGAMASCO	75	52
1780	02	05	22		F	BOLOGNA	65	47
1811	07	15	22	44	F	SASSUOLO	70	50
1826	06	24	12	15	F	SALO`	55	42
1831	09	11	18	15	F	PARMENSE	75	50
1886	09	05			F	VAL DI SUSÀ	70	47
1915	01	13	06	52	F	AVEZZANO	110	70
1786	04	07			30	PIACENZA	70	47
1818	12	09	18	52	30	LANGHIRANO	75	52
1832	03	13	03	20	30	REGGIANO	75	52
1834	02	14	13	15	30	ALTA LUNIGIANA	85	59
1836	06	12	02	30	30	BASSANO	80	52
1846	08	14	12		30	ORCIANO PISANO	90	59
1851	08	03			30	GIUDICARIE	60	44
1854	12	29	01	45	30	MAR LIGURE	75	55
1857	02	01			30	PARMENSE	65	47
1879	02	14			30	GARGNANO	55	42
1892	01	05			30	GARDA OCC.	75	47
1909	01	13	00	45	30	BASSA PADANA	65	54

CASSANO D'ADDA	3	15	59	45.52374	9.51584	<= 6
CASSINA DE' PECCHI	3	15	60	45.51938	9.36113	<= 6
CASSINETTA DI LUGAGNANO	3	15	61	45.42368	8.90560	<= 6
CASTANO PRIMO	3	15	62	45.55112	8.77769	<= 6
CAVENAGO DI BRIANZA	3	15	68	45.58517	9.41593	<= 6
CERIANO LAGHETTO	3	15	69	45.62859	9.07904	<= 6
CERNUSCO SUL NAVIGLIO	3	15	70	45.52365	9.33003	<= 6
CERRO AL LAMBRO	3	15	71	45.33080	9.34234	<= 6
CERRO MAGGIORE	3	15	72	45.59292	8.94990	<= 6
CESANO BOSCOE	3	15	74	45.44579	9.09423	<= 6
CESANO MADERNO	3	15	75	45.62961	9.14543	<= 6
CESATE	3	15	76	45.59423	9.07619	<= 6
CINISELLO BALSAMO	3	15	77	45.55546	9.21444	<= 6
CISLIANO	3	15	78	45.44457	8.98683	<= 6
COGLIATE	3	15	80	45.64364	9.08111	<= 6
COLOGNO MONZESE	3	15	81	45.53139	9.27753	<= 6
COLTURANO	3	15	82	45.38056	9.34844	<= 6
CONCOREZZO	3	15	84	45.59067	9.33533	<= 6
CORBETTA	3	15	85	45.46800	8.91984	<= 6
CORMANO	3	15	86	45.54335	9.17095	<= 6
CORNAREDO	3	15	87	45.49296	9.02680	<= 6
CORNATE D'ADDA	3	15	88	45.64792	9.46574	<= 6
CORREZZANA	3	15	92	45.66381	9.30027	<= 6
CORSICO	3	15	93	45.43242	9.10846	<= 6
CUGGIONO	3	15	96	45.50577	8.81576	<= 6
CUSAGO	3	15	97	45.44630	9.03227	<= 6
CUSANO MILANINO	3	15	98	45.55052	9.18519	<= 6
DAIRAGO	3	15	99	45.56529	8.86377	<= 6
DESIO	3	15	100	45.61843	9.20596	<= 6
DRESANO	3	15	101	45.37161	9.36069	<= 6
GAGGIANO	3	15	103	45.40616	9.03161	<= 6
GARBAGNATE MILANESE	3	15	105	45.57675	9.07996	<= 6
GESSATE	3	15	106	45.55333	9.43456	<= 6
GIUSSANO	3	15	107	45.69423	9.20936	<= 6
GORGONZOLA	3	15	108	45.53086	9.40381	<= 6
GREZZAGO	3	15	110	45.59113	9.49591	<= 6
GUDO VISCONTI	3	15	112	45.37463	8.99969	<= 6
INVERUNO	3	15	113	45.51387	8.85211	<= 6
INZAGO	3	15	114	45.54008	9.48175	<= 6
LACCHIARELLA	3	15	115	45.32047	9.13684	<= 6
LAINATE	3	15	116	45.57047	9.02737	<= 6
LAZZATE	3	15	117	45.67142	9.08535	<= 6
LEGNANO	3	15	118	45.59425	8.91786	<= 6
LENTATE SUL SEVESO	3	15	119	45.67830	9.12177	<= 6
LESMO	3	15	120	45.64817	9.30572	<= 6
LIMBIATE	3	15	121	45.60089	9.12219	<= 6
LISCATE	3	15	122	45.48128	9.40723	7
LISSONE	3	15	123	45.61060	9.23948	<= 6
LOCATE DI TRIULZI	3	15	125	45.35737	9.22220	<= 6
MACHERIO	3	15	129	45.63974	9.26754	<= 6
MAGENTA	3	15	130	45.46494	8.88451	<= 6
MAGNAGO	3	15	131	45.57891	8.80301	<= 6
MARCALLO CON CASONE	3	15	134	45.48489	8.87011	<= 6
MASATE	3	15	136	45.56708	9.46363	<= 6
MEDA	3	15	138	45.66314	9.15474	<= 6
MEDIGLIA	3	15	139	45.40077	9.32083	<= 6
MELEGNANO	3	15	140	45.35774	9.32294	<= 6
MELZO	3	15	142	45.49883	9.42290	<= 6
MESERO	3	15	144	45.49962	8.85282	<= 6
MEZZAGO	3	15	145	45.62882	9.44369	<= 6
MILANO	3	15	146	45.46447	9.18951	7
MISINTO	3	15	147	45.66309	9.08478	<= 6
MONZA	3	15	149	45.58438	9.27394	<= 6
MORIMONDO	3	15	150	45.35215	8.95352	<= 6

Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani
valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT
e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA

Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile

a cura di
D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise
con la collaborazione di
C. Meletti, S. Mirena, G. Monachesi, G.
Morelli, L. Peruzza, A. Zerga
aprile 1996

Massime intensità macrosismiche
osservate nella provincia di Milano

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
ABBIATEGRASSO	3	15	2	45.39754	8.91573	<= 6
AGRATE BRIANZA	3	15	3	45.57594	9.35128	<= 6
AICURZIO	3	15	4	45.64004	9.41387	<= 6
ALBAIRATE	3	15	5	45.42094	8.93788	<= 6
ALBIATE	3	15	6	45.65658	9.25326	<= 6
ARCONATE	3	15	7	45.54043	8.84841	<= 6
ARCORE	3	15	8	45.62690	9.32303	<= 6
ARESE	3	15	9	45.54728	9.07919	<= 6
ARLUNO	3	15	10	45.50475	8.94172	<= 6
ASSAGO	3	15	11	45.40500	9.13001	<= 6
BAREGGIO	3	15	12	45.48316	8.99992	<= 6
BARLASSINA	3	15	13	45.65594	9.12939	<= 6
BASIANO	3	15	14	45.57316	9.46923	<= 6
BASIGLIO	3	15	15	45.34898	9.16264	<= 6
BELLINZAGO LOMBARDO	3	15	16	45.53782	9.44704	<= 6
BELLUSCO	3	15	17	45.61734	9.41819	<= 6
BERNAREGGIO	3	15	18	45.64739	9.40617	<= 6
BERNATE TICINO	3	15	19	45.47764	8.81821	<= 6
BESANA IN BRIANZA	3	15	21	45.70111	9.28754	<= 6
BESATE	3	15	22	45.31211	8.96836	<= 6
BIASSONO	3	15	23	45.63051	9.27315	<= 6
BINASCO	3	15	24	45.33157	9.09812	<= 6
BOFFALORA SOPRA TICINO	3	15	26	45.46654	8.83093	<= 6
BOLLATE	3	15	27	45.54369	9.11731	<= 6
BOVISIO-MASCIAGO	3	15	30	45.61161	9.14639	<= 6
BRESSO	3	15	32	45.53611	9.18999	<= 6
BRIOSCO	3	15	33	45.70833	9.23777	<= 6
BRUGHERIO	3	15	34	45.55043	9.30092	<= 6
BUBBIANO	3	15	35	45.32692	9.01346	<= 6
BUCCINASCO	3	15	36	45.42184	9.11406	<= 6
BURAGO DI MOLGORA	3	15	37	45.59653	9.37731	<= 6
BUSCATE	3	15	38	45.54379	8.81227	<= 6
BUSNAGO	3	15	39	45.61610	9.46496	<= 6
BUSSERO	3	15	40	45.53761	9.37099	<= 6
BUSTO GAROLFO	3	15	41	45.54560	8.88332	<= 6
CALVIGNASCO	3	15	42	45.33176	9.01974	<= 6
CAMBIAGO	3	15	44	45.57260	9.42608	<= 6
CAMPARADA	3	15	45	45.65401	9.32224	<= 6
CANEGRATE	3	15	46	45.56849	8.92912	<= 6
CAPONAGO	3	15	47	45.56616	9.37547	<= 6
CARATE BRIANZA	3	15	48	45.67567	9.23891	<= 6
CARNATE	3	15	49	45.65073	9.37858	<= 6
CARPIANO	3	15	50	45.34112	9.27004	<= 6
CARUGATE	3	15	51	45.55063	9.34137	<= 6
CASARILE	3	15	55	45.31662	9.10400	<= 6
CASOREZZO	3	15	58	45.52288	8.90235	<= 6

MOTTA VISCONTI	3	15	151	45.28713	8.99262	<= 6
MUGGIO	3	15	152	45.59327	9.22715	<= 6
NERVIANO	3	15	154	45.55221	8.97308	<= 6
NOSATE	3	15	155	45.55122	8.72532	<= 6
NOVA MILANESE	3	15	156	45.59101	9.19573	<= 6
NOVATE MILANESE	3	15	157	45.53120	9.14084	<= 6
NOVIGLIO	3	15	158	45.35751	9.06895	<= 6
OPERA	3	15	159	45.37571	9.21185	<= 6
ORNAGO	3	15	161	45.59845	9.41978	<= 6
OSSONA	3	15	164	45.50623	8.90156	<= 6
OZZERO	3	15	165	45.36510	8.92393	<= 6
PADERNO DUGNANO	3	15	166	45.56875	9.15942	<= 6
PANTIGLIATE	3	15	167	45.43918	9.35265	<= 6
PARABIAGO	3	15	168	45.55774	8.94785	<= 6
PAULLO	3	15	169	45.41691	9.39756	<= 6
PERO	3	15	170	45.50791	9.08852	<= 6
PESCHIERA BORROMEO	3	15	171	45.43081	9.31171	<= 6
PESSANO CON BORNAGO	3	15	172	45.55179	9.38332	<= 6
PIEVE EMANUELE	3	15	173	45.35606	9.20040	<= 6
PIOLTELLO	3	15	175	45.50404	9.33100	<= 6
POGLIANO MILANESE	3	15	176	45.54130	8.99390	<= 6
POZZO D`ADDA	3	15	177	45.57553	9.50111	<= 6
POZZUOLO MARTESANA	3	15	178	45.51270	9.45375	<= 6
PREGNANA MILANESE	3	15	179	45.51781	9.00608	<= 6
RENATE	3	15	180	45.72398	9.28001	<= 6
RESCALDINA	3	15	181	45.62136	8.94448	<= 6
RHO	3	15	182	45.52883	9.04017	<= 6
ROBECCHETTO CON INDUNO	3	15	183	45.53233	8.76552	<= 6
ROBECCO SUL NAVIGLIO	3	15	184	45.43783	8.88722	<= 6
RODANO	3	15	185	45.47352	9.35654	<= 6
RONCELLO	3	15	186	45.60192	9.45776	<= 6
RONCO BRIANTINO	3	15	187	45.66595	9.40281	<= 6
ROSATE	3	15	188	45.34963	9.01592	<= 6
ROZZANO	3	15	189	45.37575	9.14592	<= 6
SAN COLOMBANO AL LAMBRO	3	15	191	45.18196	9.48674	<= 6
SAN DONATO MILANESE	3	15	192	45.41427	9.26611	<= 6
SAN GIORGIO SU LEGNANO	3	15	194	45.57463	8.91294	<= 6
SAN GIULIANO MILANESE	3	15	195	45.39927	9.28288	<= 6
SANTO STEFANO TICINO	3	15	200	45.48792	8.91985	<= 6
SAN VITTORE OLONA	3	15	201	45.58513	8.94412	<= 6
SAN ZENONE AL LAMBRO	3	15	202	45.32487	9.35551	<= 6
SEDRIANO	3	15	204	45.48915	8.96840	<= 6
SEGRATE	3	15	205	45.49633	9.29485	<= 6
SENAGO	3	15	206	45.57719	9.12433	<= 6
SEREGNO	3	15	208	45.64926	9.20497	<= 6
SESTO SAN GIOVANNI	3	15	209	45.53378	9.23047	<= 6
SETTALA	3	15	210	45.45513	9.39034	<= 6
SETTIMO MILANESE	3	15	211	45.48428	9.05238	<= 6
SEVESO	3	15	212	45.64510	9.13901	<= 6
SOLARO	3	15	213	45.61618	9.08531	<= 6
SOVICO	3	15	216	45.64649	9.26434	<= 6
SULBIATE	3	15	217	45.63209	9.41852	<= 6
TREZZANO ROSA	3	15	219	45.58194	9.48700	<= 6
TREZZANO SUL NAVIGLIO	3	15	220	45.42274	9.06416	<= 6
TREZZO SULL`ADDA	3	15	221	45.61023	9.51499	<= 6
TRIBIANO	3	15	222	45.41278	9.37868	<= 6
TRIUGGIO	3	15	223	45.66112	9.26738	<= 6
TRUCCAZZANO	3	15	224	45.48319	9.46761	<= 6
TURBIGO	3	15	226	45.53007	8.73878	<= 6
USMATE VELATE	3	15	227	45.65087	9.36174	<= 6
VANZAGO	3	15	229	45.52727	8.99518	<= 6
VAPRIO D`ADDA	3	15	230	45.57629	9.52834	<= 6
VAREDO	3	15	231	45.59807	9.15905	<= 6
VEDANO AL LAMBRO	3	15	232	45.61181	9.27074	<= 6

VEDUGGIO CON COLZANO	3	15	233	45.73339	9.26973	<= 6
VERANO BRIANZA	3	15	234	45.68752	9.22911	<= 6
VERMEZZO	3	15	235	45.39403	8.97902	<= 6
VERNATE	3	15	236	45.31556	9.06004	<= 6
VIGNATE	3	15	237	45.49535	9.37540	<= 6
VILLASANTA	3	15	239	45.60673	9.30488	<= 6
VIMERCATE	3	15	241	45.61375	9.36993	<= 6
VIMODRONE	3	15	242	45.51486	9.28714	<= 6
VITTUONE	3	15	243	45.48679	8.95305	<= 6
VIZZOLO PREDABISSI	3	15	244	45.35595	9.34852	<= 6
ZELO SURRIGONE	3	15	246	45.38779	8.98260	<= 6
ZIBIDO SAN GIACOMO	3	15	247	45.36709	9.11241	<= 6
VILLA CORTESE	3	15	248	45.56529	8.88891	<= 6
VANZAGHELLO	3	15	249	45.57924	8.78234	<= 6

5.1 Definizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) – ALL. A

5.1.1 Premessa

Il rapporto illustra e commenta la procedura seguita per realizzare l'adeguamento della componente sismica del P.G.T. del Comune di Ornago in base al **D.g.r 22 Dicembre 2005 – n. 8/1566 e successiva D.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616** (criteri per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio).

La direttiva **D.g.r. 30 novembre 2011 – n.9/2616**, è stata redatta in conformità al **D.M. D.M. 14 Gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni”** di cui vengono riprese le indicazioni relative all'azione sismica. La direttiva tiene conto delle recenti normative in materia di rischio sismico e ne specifica alcuni profili propri del livello comunale (microzonazione), sulla base della attuale classificazione dei Comuni.

In base all'attuale normativa, tutto il territorio nazionale risulta classificato come sismico. Le classi di sismicità sono 4, con grado di rischio decrescente dalla zona 1 alla zona 4.

A seguito dell'aggiornamento della Regione Lombardia del 11/07/2014, **il territorio Comunale di Ornago è stato inserito nella zona 3.**

La D.G.R. 10/10/2014 – n.10/2489 – *Differimento del termine di entrata in vigore della nuova classificazione sismica del territorio approvata con d.g.r. 21 Luglio 2014, n. 2129 “Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia” (l.r. 1/2000, art.3, comma 108, lett.d)* delibera di:

2. di differire al 14 ottobre 2015 il termine dell'entrata in vigore della d.g.r. 21 luglio 2014, n.2129;
3. di disporre che nelle more dell'entrata in vigore della nuova classificazione sismica, nei Comuni che saranno riclassificati dalla Zona 4 alla Zona 3 e dalla Zona 3 alla Zona 2, tutti i progetti delle strutture riguardanti nuove costruzioni – pubbliche e private – siano redatti in linea con le norme tecniche vigenti, rispettivamente, nelle Zone 3 e 2.

5.1.2 Nuova normativa antisismica (Decreto 14 gennaio 2008 in G.U. 4/02/2008 n.29)

L'attuale normativa D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" riprende la classificazione del territorio nazionale contenuta nell'OPCM 3274/03.

In base alla nuova normativa tutto il territorio nazionale risulta classificato come sismico. Le classi di sismicità sono 4, con grado di rischio decrescente dalla zona 1 alla zona 4.

I valori di riferimento di accelerazione massima orizzontale, su substrato rigido ($V_s > 800$ m/s), per le quattro zone sono:

Zona	Valore di a_g
1	0.35 g
2	0.25 g
3	0.15 g
4	0.05 g

Il territorio Comunale di Ornago sulla base della nuova classificazione sismica regionale è stato inserito nella classe 3 con $A_g = 0.076439g$.

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale.

In mancanza di tali studi si può utilizzare la classificazione dei terreni descritta di seguito. La classificazione deve riguardare i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera.

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_{s30} oppure sul numero medio di colpi **NSPT** ottenuti in una prova penetrometrica dinamica oppure sulla coesione non drenata media **cu**. In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A – Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi** caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 5m.
- B – Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti**, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NSPT > 50$, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).
- C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza**, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).
- D – Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati** oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $C_u < 70$ kPa).
- E – Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali**, con valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.

A queste cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

- S1** - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).
- S2** - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

La classificazione viene effettuata sulla base del parametro V_{s30} che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $g < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30m superiori. Il sito deve essere classificato sulla base del valore di V_{s30} , se disponibile, altrimenti sulla base del valore di NSPT e/o cu sempre riferito ai primi 30 m di profondità.

Per definire il valore dell'accelerazione orizzontale di progetto, il valore dell'accelerazione orizzontale massima di riferimento per ogni "zona sismica" andrà moltiplicato per un coefficiente S in base alla tipologia del suolo di fondazione. I valori di S e degli altri parametri (T_b , T_c e T_d) dello spettro di risposta elastico del terreno, riferito alla componente orizzontale sono riportati nella seguente tabella:

Categoria di suolo	S	T _b	T _c	T _d
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Mentre i parametri dello spettro di risposta elastico del terreno, riferito alla componente verticale sono riportati nella seguente tabella:

Categoria di suolo	S	T _b	T _c	T _d
A, B, C, E	1,0	0,05	0,15	1,0

L'area d'interesse, è classificata a basso rischio sismico (**zona 3**). L'accelerazione orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s) prevista è di $A_g = 0.076439g$. Per la definizione dell'accelerazione sismica di progetto si deve moltiplicare il valore di riferimento per un coefficiente S che dipende dalla categoria di suolo.

5.2 Analisi e valutazione degli effetti di sito finalizzati alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio (D.R.G. 30 Novembre 2011 n.9/2616)

5.2.1 Generalità

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area.

Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione, quindi, delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

Effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **gli effetti di amplificazione topografica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello

diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio e la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico;

- **gli effetti di amplificazione litologica** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innescio del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioranti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

5.2.2 Procedure per l'analisi della sismicità del territorio e la redazione della carta della pericolosità sismica locale

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia, i cui risultati sono contenuti in uno «Studio-Pilota» redatto dal Politecnico di Milano - Dip. di Ingegneria Strutturale, reso disponibile sul SIT regionale.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° Livello: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche (cartografia di inquadramento), sia di dati esistenti. Questo livello, obbligatorio per tutti i Comuni, prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le 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	H2– livello di approfondimento 3°

2° Livello: caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità sismica locale, che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (F_a).

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.1-0,5 s				
		Valori soglia		
Comune	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Ornago	3	0,8	1,0	1,1

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.5-1,5 s				
		Valori soglia		
Comune	Classificazione	Suolo tipo A	Suolo tipo B-C-E	Suolo tipo D
Ornago	3	1,1	1,7	2,7

L'applicazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (F_a calcolato superiore a F_a di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano).

Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore (ad es. i Comuni in zona 3 utilizzeranno i valori previsti per la zona 2).

Il secondo livello é obbligatorio, per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle aree PSL, individuate attraverso il 1°livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5) e interferenti con l'urbanizzato c/o con le aree di espansione urbanistica.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSI-Z3 e Z4, nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei Comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Per le aree a pericolosità sismica locale caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e per le zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z1, Z2 e Z5 della Tabella 1 dell'Allegato 5) non è prevista l'applicazione degli studi di 2° livello, ma il passaggio diretto a quelli di 3° livello, come specificato al punto successivo.

3° Livello: definizione degli effetti di amplificazioni tramite indagini e analisi più approfondite. A fine di poter effettuare le analisi di 3° livello la Regione Lombardia ha predisposto due banche dati, rese disponibili sul SIT regionale.

Tale livello si applica in fase progettuale nei seguenti casi:

- quando, a seguito dell'applicazione del 2° livello, si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale all'interno degli scenari PSL caratterizzati da effetti di amplificazioni morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4 della Tabella 1 dell'Allegato 5);
- in presenza di aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti c/o liquefazione e zone di contatto tra litotipi con caratteristiche fisico meccaniche molto diverse (zone Z 1, Z2 e Z5).

Il 3° livello è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di classe di fattibilità ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14 gennaio 2008, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° livello, fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

5.2.3 Sintesi delle procedure

Le tabelle sotto riportate illustrano in modo sintetico e esemplificativo, i percorsi da seguire, gli adempimenti e le tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza:

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione			
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 2-3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5.

Livelli di approfondimento e fasi di applicazione			
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando F_a calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.

5.3 Valutazione della pericolosità sismica locale del Comune di Ornago (D.g.r. 30 Novembre 2011 - n.9/2616)

5.3.1 Carta della pericolosità sismica locale del Comune di Ornago (1° Livello)

La normativa regionale, prevede per tutti i Comuni, la redazione della Carta della pericolosità sismica locale. Nella carta deve essere riportata la perimetrazione areale degli scenari di pericolosità secondo quanto stabilito dalla normativa regionale.

Dal punto di vista geologico il territorio comunale di Ornago è caratterizzato dalla presenza di depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi di origine fluvio-glaciale. La successione ghiaioso-sabbiosa è ricoperta al tetto, da una spessa (circa 10m) coltre di depositi sabbiosi. Dall'esame dell'elaborato (All. A) si possono evidenziare i seguenti aspetti:

- Con la sigla **Z4a** "Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi", sono classificati i settori occidentali del territorio comunale;
- Le aree centro-orientali sono definite come zona **Z4d** "Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine fluvio-colluviale".
- Le aree oggetto di riempimenti (ex cave) sono cartografate come zone **Z2** "zone di riporto"

Come si può osservare dalla tabella sotto riportata, i possibili effetti per la categoria **Z4a** e **Z4d**, sono essenzialmente limitati a possibili amplificazioni litologiche, mentre per la zona **Z2** i possibili effetti sono legati a fenomeni di cedimenti dei terreni riportati.

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	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le 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

5.3.2 Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi (Fa) - (2° Livello)

L'analisi di 2° livello prevede un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce una stima del valore del **Fattore di amplificazione (Fa)** dell'area. Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore di Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare:

- l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari a piuttosto rigide;
- l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte più flessibili.

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento della V_s con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato.

Sulla base di intervalli indicativi di alcuni parametri geotecnici, quali curva granulometrica, parametri indice, numero di colpi delle prove SPT, si individua la litologia prevalente presente nel sito e per questa si sceglie la relativa scheda di valutazione di riferimento.

Attualmente sono disponibili:

- una scheda per le litologie prevalentemente ghiaiose;
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-argillose (tipo 1 e tipo 2);
- due schede per le litologie prevalentemente limoso-sabbiose (tipo 1 e tipo 2);
- una scheda per le litologie sabbiose.

Una volta individuata la scheda di riferimento a necessario verificarne la validità in base all'andamento dei valori di V_s con la profondità; in particolare si dovrà verificare l'andamento della V_s con la profondità partendo dalla scheda tipo 1, nel caso in cui non fosse verificata la validità per valori di V_s inferiori ai 800 m/s si passerà all'utilizzo della scheda tipo 2. Nel caso di presenza di alternanze litologiche, che non presentano inversioni di velocità con la profondità, si potranno utilizzare le schede a disposizione solo se l'andamento dei valori di V_s con la profondità, nel caso da esaminare, risulta compatibile con le schede proposte. All'interno della scheda di valutazione si sceglie, in funzione della profondità e della velocità V_s dello strato superficiale, la curva più appropriata (indicate con il numero e il colore di riferimento) per la valutazione del valore di F_a nell'intervallo 0.1-0.5 s (curva 1, curva 2 e curva 3 e relative formule) e nell'intervallo 0.5-1.5 s (unica curva e relativa formula), in base al valore del periodo proprio del sito T .

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s.

5.4 Stima del fattore di amplificazione

Per una valutazione delle tipologie dei terreni di fondazione come definito dal D.M 14/01/2014 “*Norme Tecniche per le costruzioni 2008*” è stata realizzata una serie di misure di microtremori (Re.Mi) la cui ubicazione è evidenziata in **ALL. A** ed i risultati dei rilievi riassunti in Appendice 1.

L’area d’interesse è classificata:

- **a rischio sismico (zona 3);**
- **l’accelerazione orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s) prevista è per il comune di Ornago di 0.076439g.**

Per la definizione dell’accelerazione sismica di progetto si deve moltiplicare il valore di riferimento per un coefficiente S che dipende dalla categoria di suolo; nel caso in esame trattandosi di **suolo di fondazione di tipo “B”**, l’azione sismica di progetto risulta così determinata:

- **$a_g = 0.076439 \times 1.25$ pari da un valore di 0.09555g.**

Per valutare il fattore di amplificazione in base alla normativa regionale il profilo di velocità delle onde “S” ottenuto è stato confrontato con quelli relativi alle singole schede litologiche di riferimento.

In base sia a criteri litologici che al profilo di velocità delle onde “S”, per il calcolo dell’amplificazione, è stata scelta la scheda limosa-sabbiosa di tipo 1.

Il periodo proprio del sito, con il bedrok ($V_s > 800$ m/s) a –15.00m dal p.c., è stato valutato sia attraverso il profilo delle velocità V_s ricostruito, sia tramite specifiche indagini con la tecnica proposta da NAKAMURA (1989), che consiste nel calcolo del rapporto spettrale H/V (o HVSr). Dalle indagini eseguite, mediando i risultati ottenuti nelle singole prove (con valori variabili da 0.17 a 0.24 s), il periodo proprio è stato stimato di **0.148 e 0.20 s.**

All'interno della scheda di valutazione, in base alla velocità dello strato superficiale, è stata scelta la curva 1 e in seguito sono stati calcolati i fattori di amplificazione.

I fattori di amplificazione ottenuti sono stati confrontati con i valori soglia calcolati per ciascun Comune dalla Regione Lombardia.

Dai risultati delle elaborazioni si può evidenziare che, per il periodo compreso fra 0.1-0.5 s, il valore del fattore di amplificazione calcolato e $F_a = 1.47-1.57$ è sensibilmente superiore al valore di soglia $F_a = 1.0$, pertanto poco cautelativo per il territorio di Ornago; mentre per il periodo 0.5-1.5 s, il valore calcolato $F_a = 1.10-1.15$ è inferiore al valore soglia di **1.60**.

6 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO (Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 gennaio 2008)

L'azione sismica di progetto si definisce a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito d'interesse che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche in base alle quali sarà valutato il rispetto dei diversi stati limite considerati (Tab.3.2.1).

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{V_R} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

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 (di categoria **A**, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente e $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{v_g} , nel periodo di riferimento V_r . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica de sito.

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

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- **F0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **T*C** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri, necessari per la determinazione delle azioni sismiche, sono forniti per tutto il territorio nazionale, secondo un reticolo di riferimento (10 x 10Km) e un intervallo di riferimento (T_R), nell'allegato **B** delle “*Norme tecniche per le costruzioni D.M. 14 gennaio 2008*”.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle **NTC**, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche definiscono la risposta sismica locale.

6.1 Categorie di suolo e condizioni topografiche

6.1.1 Categorie di suolo

La classificazione riguarda i terreni compresi tra il piano di imposta delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido di riferimento, (bedrock) ovvero quelli presenti ad una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera. La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio V_s ovvero sul numero medio di colpi **NSPT** ottenuti in una prova penetrometrica dinamica ovvero sulla coesione non drenata media **Cu**.

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie del suolo di fondazione:

- A** – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali livelli di alterazione superficiale con spessore massimo pari a 3m.*
- B** – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NSPT > 50$, o coesione non drenata $Cu > 250$ kPa).*

C – *Depositi di terreni grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < Cu < 250kPa$).*

D – *Depositi di terreni grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($NSPT < 15$, $Cu < 70kPa$).*

E – *Terreni costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $VS30$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.*

A queste cinque categorie principali si aggiungono altre due categorie per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1 - *Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 8 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s ($10 < cu < 20kPa$) o comprendenti livelli di almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.*

S2 - *Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.*

La classificazione è effettuata sulla base del parametro $VS30$ che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata con l'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

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

Il calcolo dell'amplificazione stratigrafica viene effettuato in base alle formule riportate nella seguente tabella.

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_C^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_S e di C_C

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

6.1.2 Condizioni topografiche

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

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

6.2 Azione sismica di progetto e spettro di risposta del sito

In base alle norme più recenti, l'azione sismica può essere descritta mediante una delle seguenti rappresentazioni:

- Accelerazione massima in superficie,
- Accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie,
- Accelerogrammi.

Nel presente lavoro l'azione sismica è descritta in termini di “accelerazione massima e relativo spettro di risposta atteso in superficie”.

Una volta determinati i parametri del sito (accelerazione massima in superficie, suolo di fondazione e categoria topografica) è possibile calcolare con appositi programmi di calcolo, lo spettro di risposta del sito d'interesse.

Per il calcolo dell'azione sismica e degli spettri di risposta del sito, è stato utilizzato il programma di calcolo fornito dal Ministero dei Lavori Pubblici “Spettri di Risposta”.

La prova “Re.Mi.” realizzata ha consentito di classificare il suolo di fondazione di categoria “**B**”.

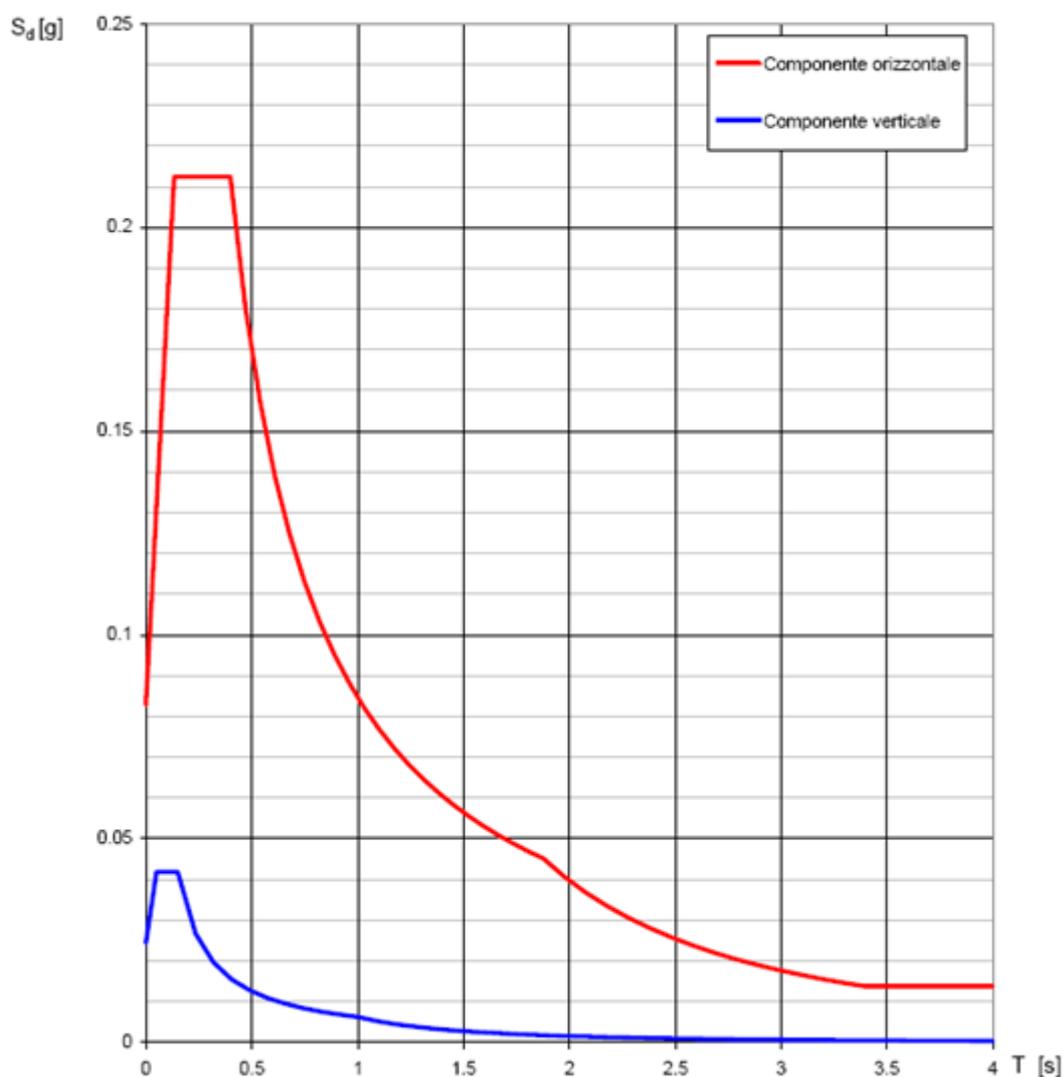
I parametri relativi all' area in cui è stata realizzata la prova sono:

- *Accelerazione massima in superficie*=**0.076439g**,
- *F0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale* = **2.564**,
- *Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale* = **0.281s**,
- *Categoria di suolo di tipo* “**B**”;
- *Coefficiente di amplificazione litologica Ss*=**1.200**;
- *Coefficiente di amplificazione litologica Cc*=**1.418**;

- *Categoria topografica “T1”;*
- *Coefficiente di amplificazione topografica $St=1.000$.*

I risultati delle elaborazioni, riferiti, come prevede la normativa, allo “*Stato Limite di salvaguardia della Vita*”, sono riportati nei grafici e nelle tabelle sottoriportate.

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.069 g
F_o	2.564
T_c	0.281 s
S_s	1.200
C_c	1.418
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.133 s
T_C	0.399 s
T_D	1.876 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{l|l}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

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

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.083
T_B ←	0.133	0.212
T_C ←	0.399	0.212
	0.469	0.181
	0.539	0.157
	0.610	0.139
	0.680	0.125
	0.751	0.113
	0.821	0.103
	0.891	0.095
	0.962	0.088
	1.032	0.082
	1.102	0.077
	1.173	0.072
	1.243	0.068
	1.313	0.065
	1.384	0.061
	1.454	0.058
	1.524	0.056
	1.595	0.053
	1.665	0.051
	1.736	0.049
	1.806	0.047
T_D ←	1.876	0.045
	1.977	0.041
	2.079	0.037
	2.180	0.033
	2.281	0.031
	2.382	0.028
	2.483	0.026
	2.584	0.024
	2.685	0.022
	2.786	0.020
	2.888	0.019
	2.989	0.018
	3.090	0.017
	3.191	0.016
	3.292	0.015
	3.393	0.014
	3.494	0.014
	3.595	0.014
	3.697	0.014
	3.798	0.014
	3.899	0.014
	4.000	0.014

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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.025 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.910
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

$$\begin{array}{l}
 0 \leq T < T_B \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \right. \\
 T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \right. \\
 T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right. \\
 T_D \leq T \quad \left| \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \right.
 \end{array}$$

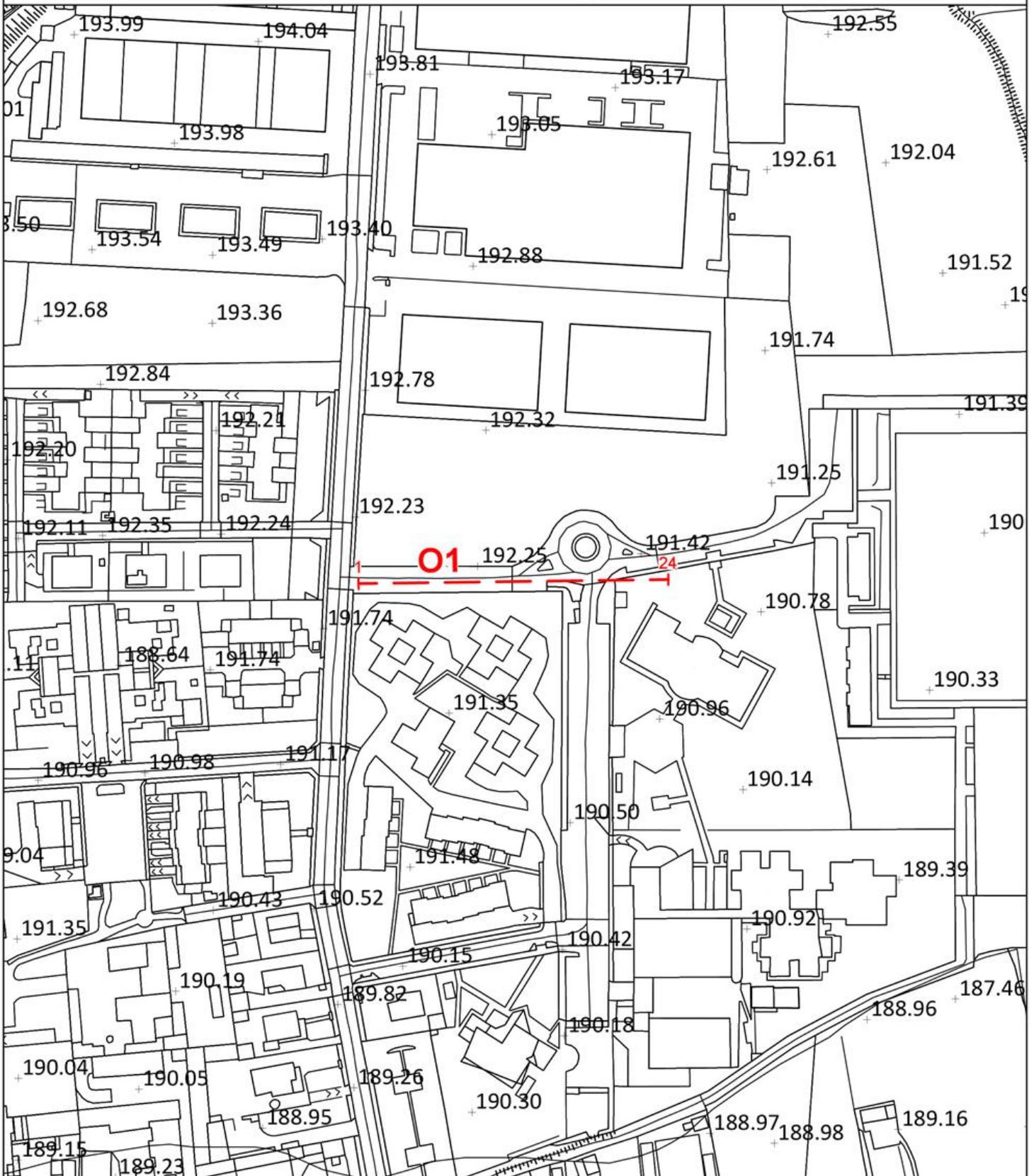
Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.025
T_B ←	0.050	0.042
T_C ←	0.150	0.042
	0.235	0.027
	0.320	0.020
	0.405	0.016
	0.490	0.013
	0.575	0.011
	0.660	0.010
	0.745	0.008
	0.830	0.008
	0.915	0.007
T_D ←	1.000	0.006
	1.094	0.005
	1.188	0.004
	1.281	0.004
	1.375	0.003
	1.469	0.003
	1.563	0.003
	1.656	0.002
	1.750	0.002
	1.844	0.002
	1.938	0.002
	2.031	0.002
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.001
	2.781	0.001
	2.875	0.001
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000



6.3 Indagine sismica con metodologia ReMi per la determinazione della V_{s30} e la caratterizzazione del sito

Re.Mi. Ubicazione prova O1



Stendimento
Re.Mi.

Scala:
1:2.000

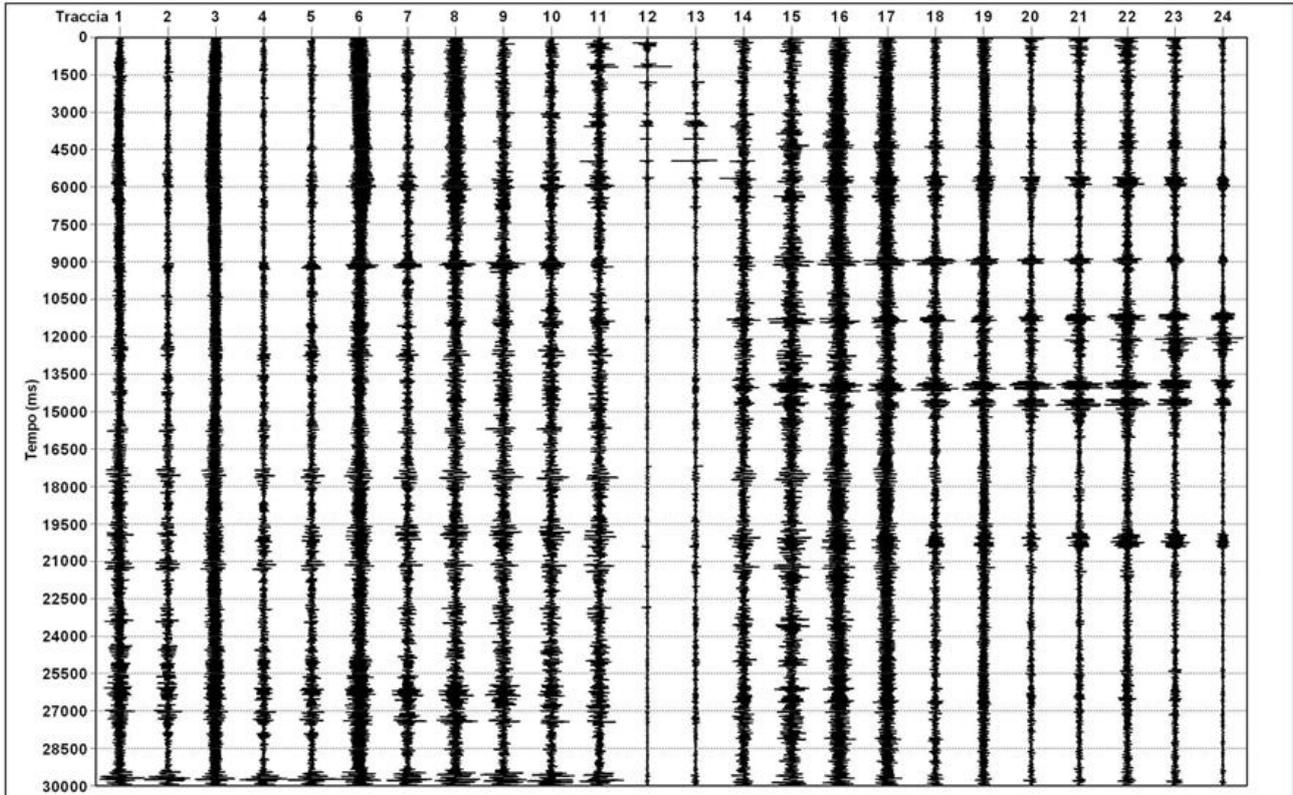


Fig. A.1

REFRACTION MICROTREMOR ReMi

01

REGISTRAZIONE SISMICA



ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE

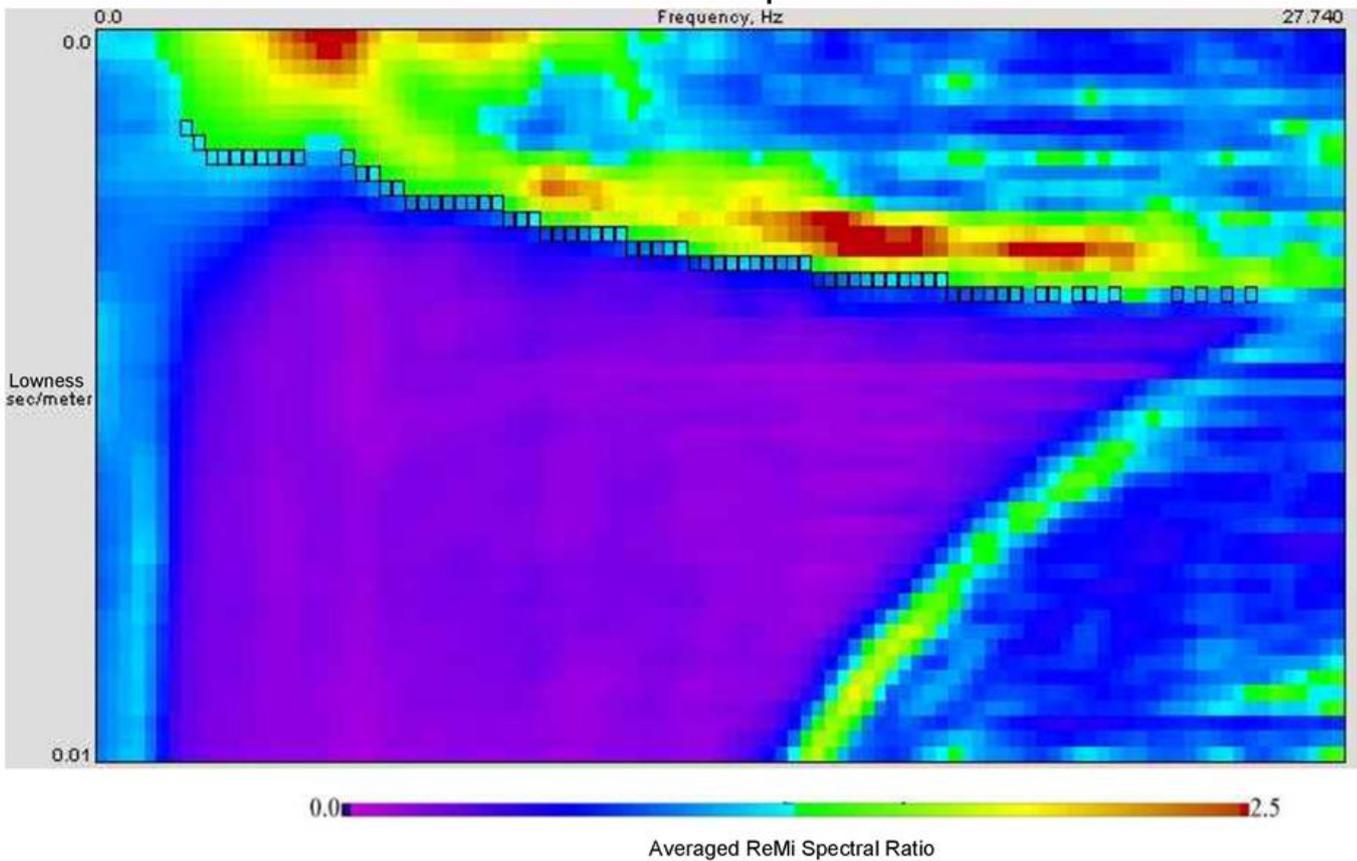


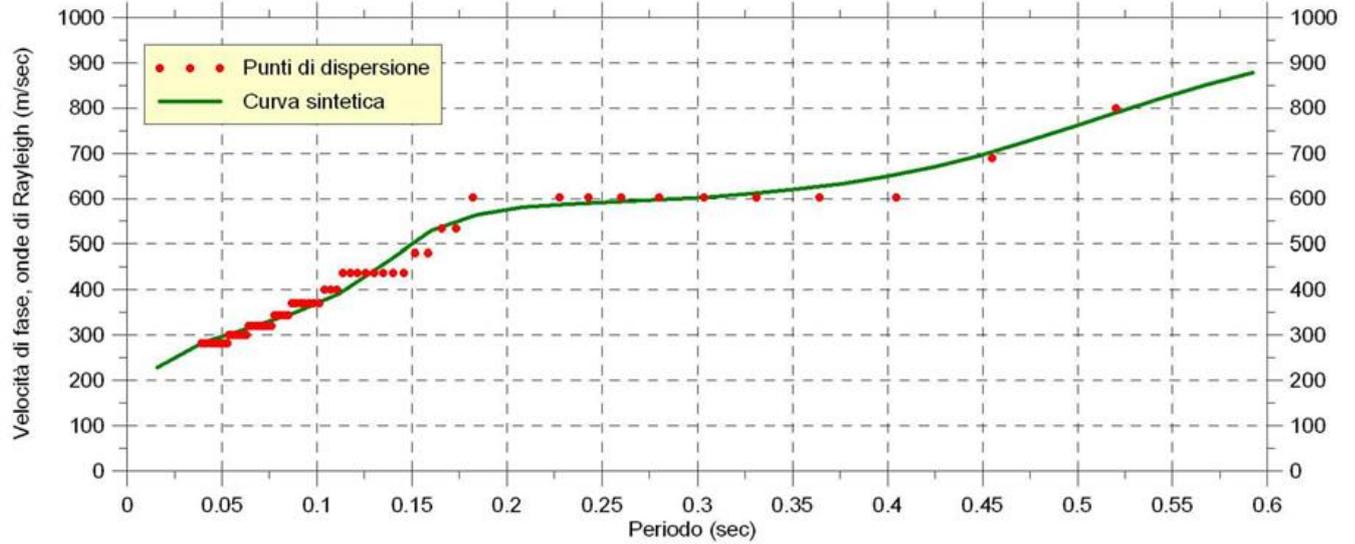
Fig. A.2.1



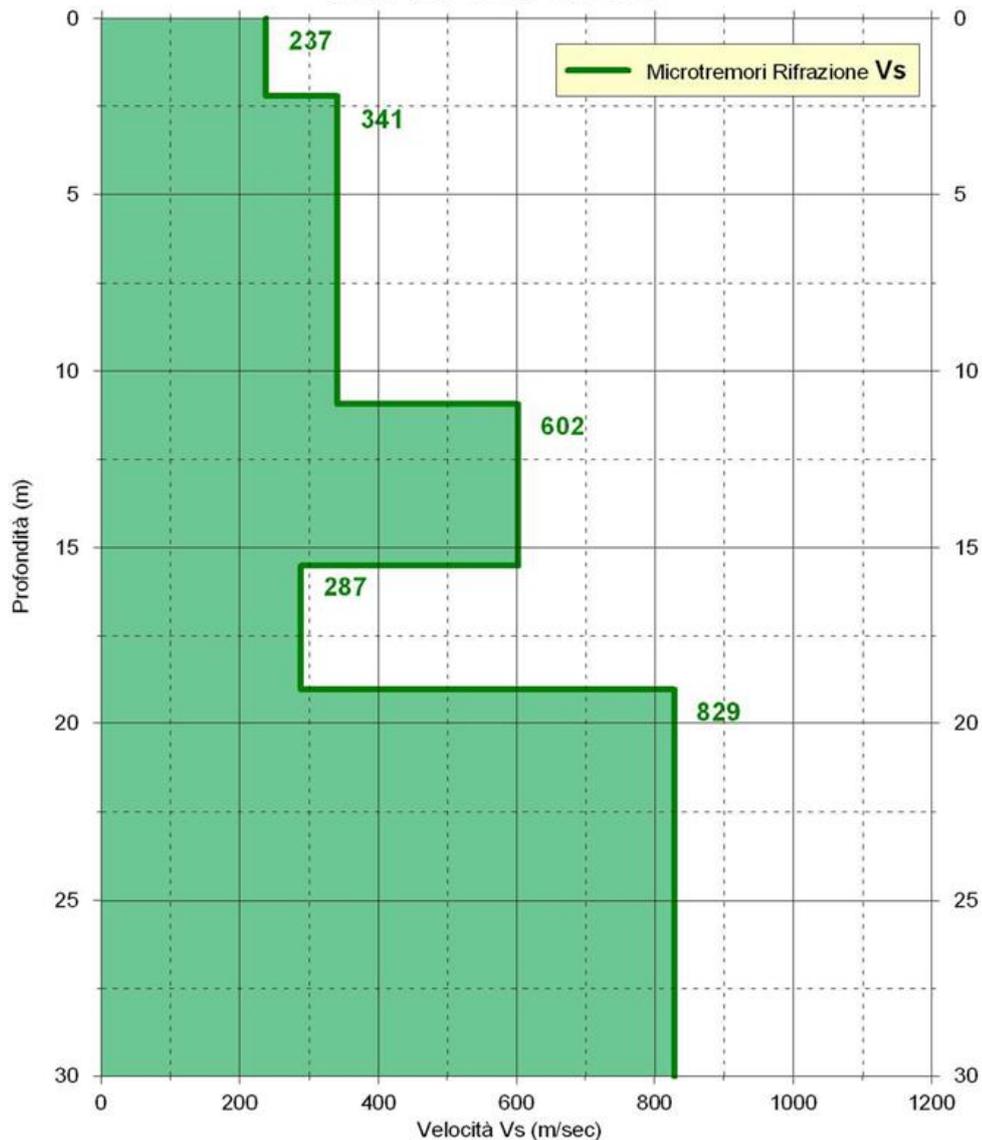
REFRACTION MICROTREMOR ReMi

01

CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



Vs30 = 440 m/sec

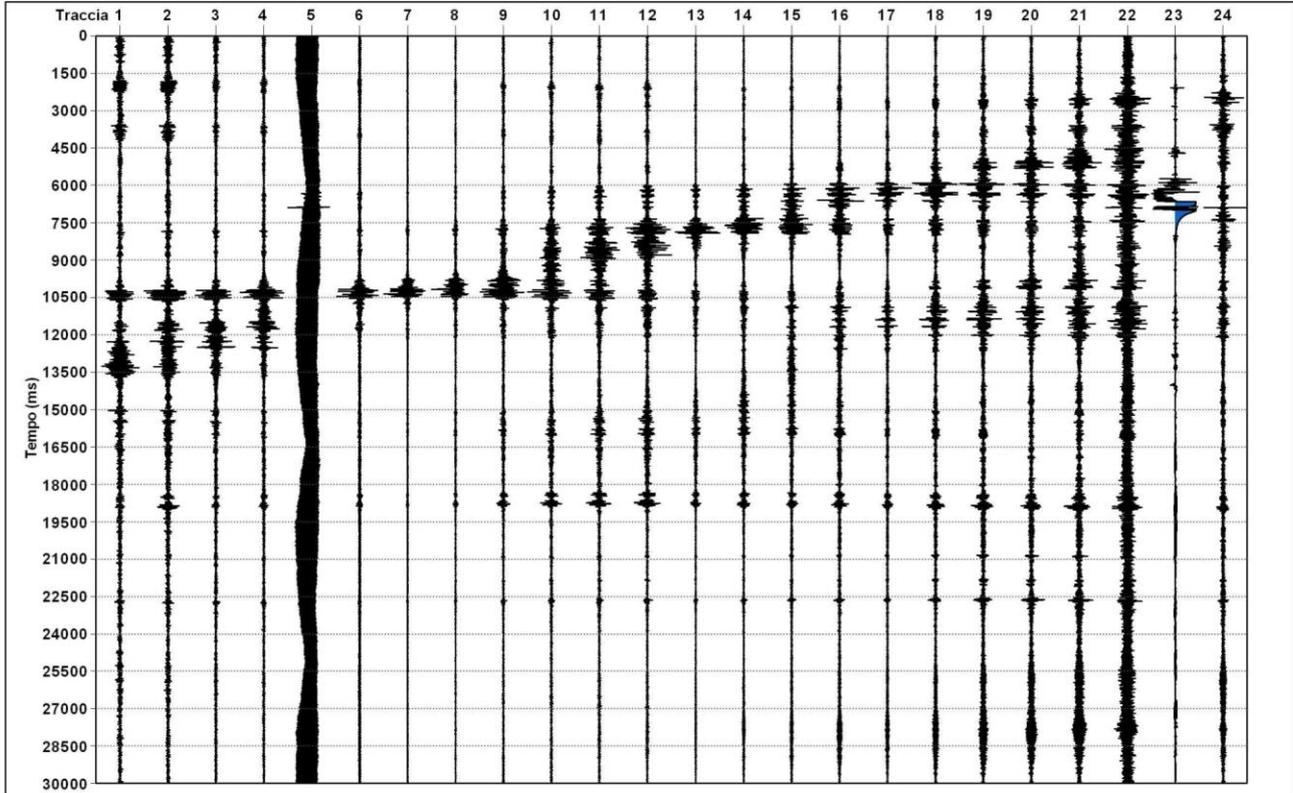
Profilo stratigrafico del suolo di fondazione: **CATEGORIA B**

Fig. A.2.2

REFRACTION MICROTREMOR ReMi

02

REGISTRAZIONE SISMICA



ELABORAZIONE p-f IMMAGINE CON I PUNTI DI DISPERSIONE

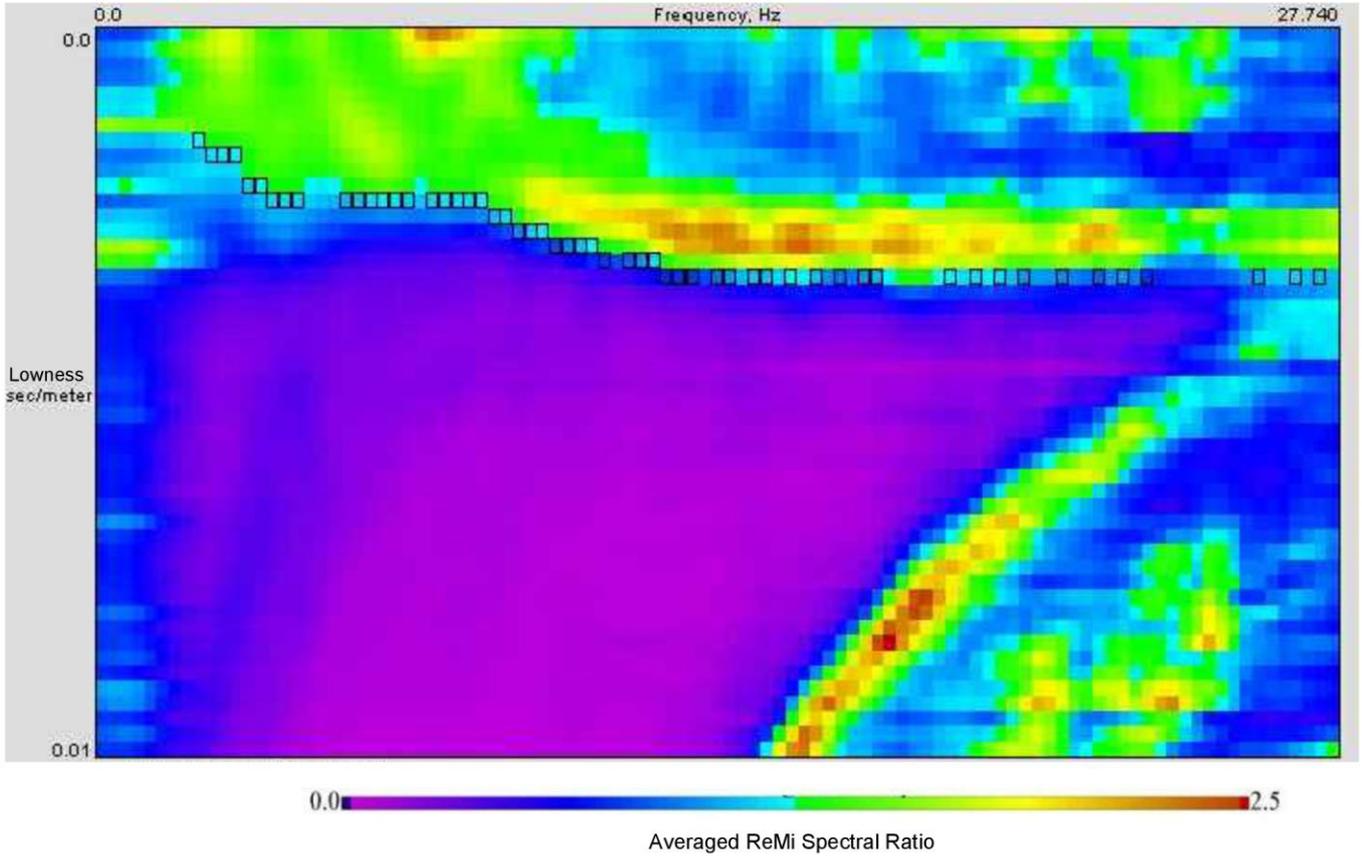


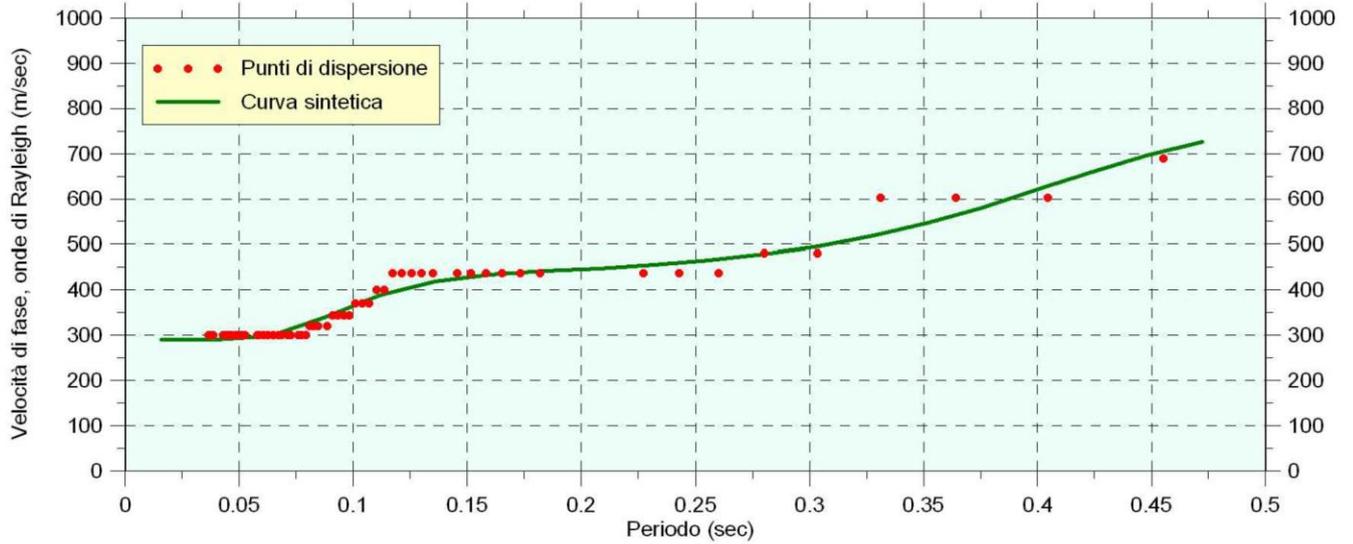
Fig. B.2.1



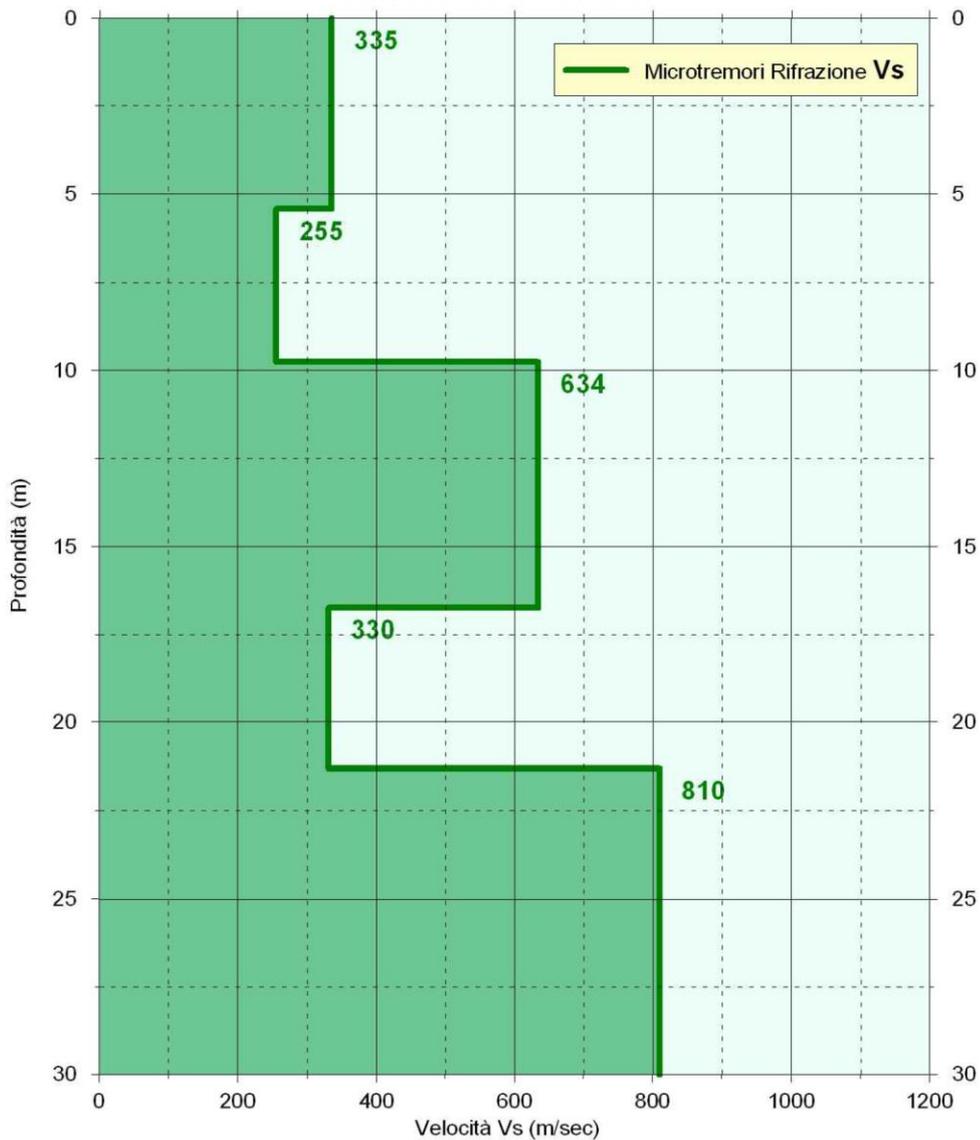
REFRACTION MICROTREMOR ReMi

02

CURVA DI DISPERSIONE



PROFILO VELOCITÀ Vs



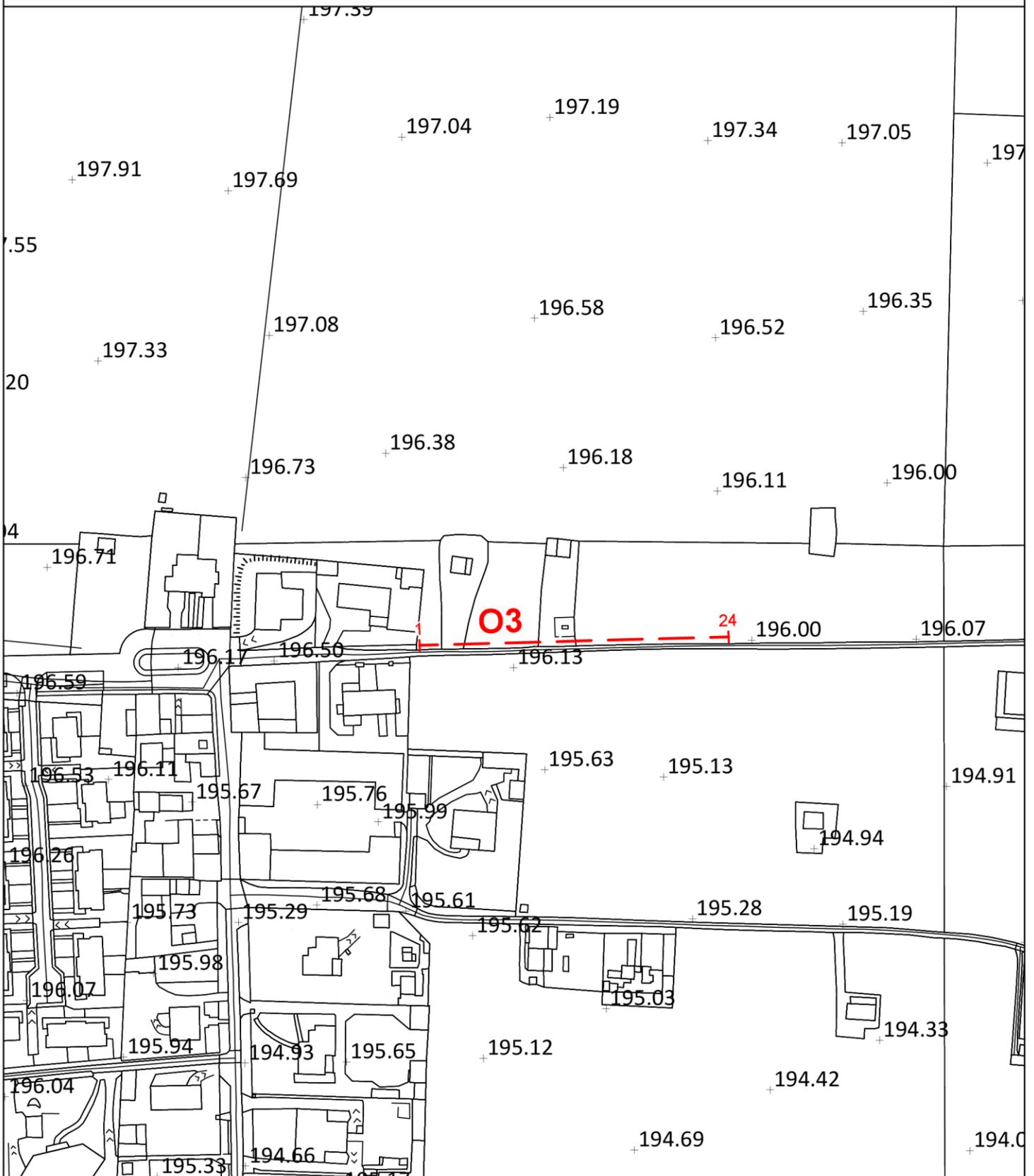
Vs30 = 436 m/sec

Profilo stratigrafico del suolo di fondazione: **CATEGORIA B**

Fig. B.2.2



Re.Mi. Ubicazione prova O3



Stendimento
Re.Mi.

Scala:
1:2.000



Fig. C.1