

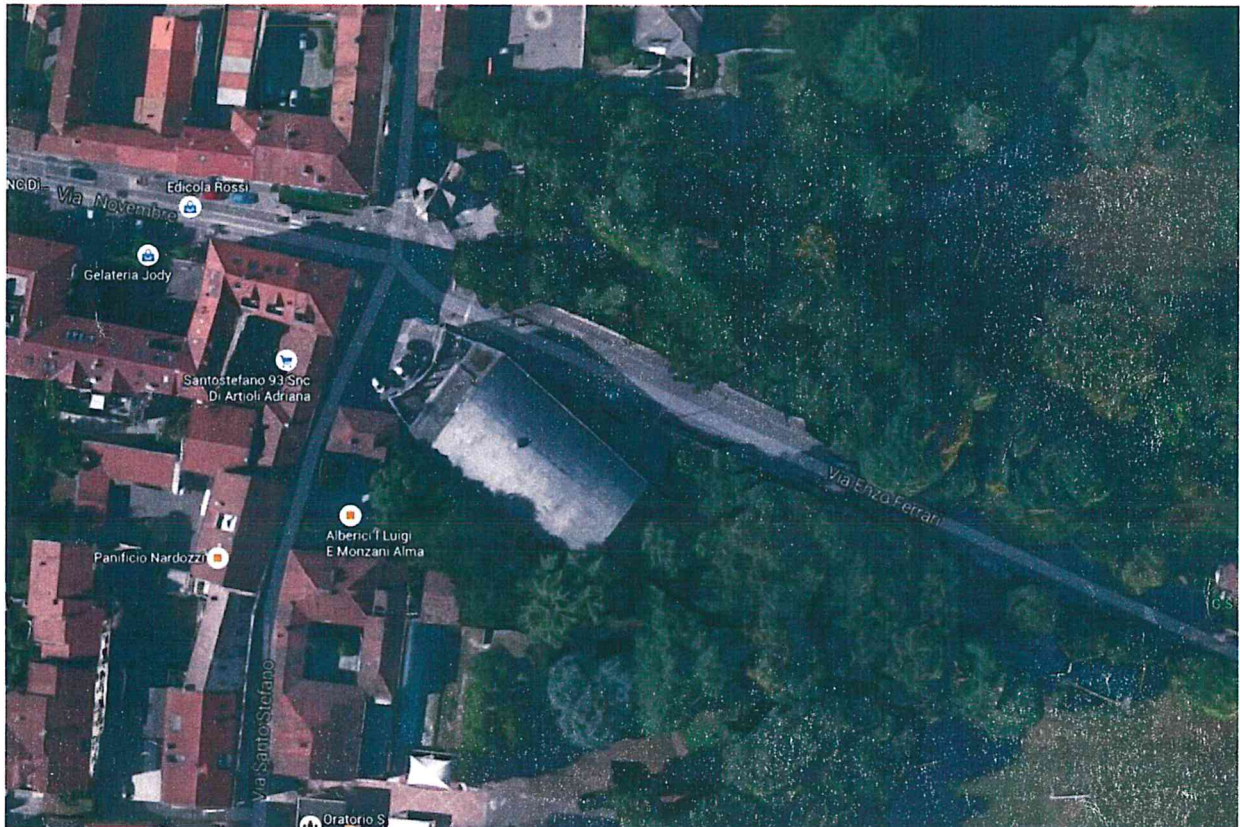
geotecno srl

Via Liguria 1 – 20900 Monza
Telefono e fax 039 837656
geotecnoindagini@pec.it

Dott. Geol. Riccardo Cortiana
r.cortiana@geotecnoindagini.it

Dott. Geol. Filippo Valentini
f.valentini@geotecnoindagini.it

Comune di Vedano al Lambro



CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA DI UN'AREA POSTA IN VIA ENZO FERRARI NEL COMUNE DI VEDANO AL LAMBRO (MB) IN PREVISIONE DELLA REALIZZAZIONE DELLA NUOVA STRUTTURA POLIFUNZIONALE COMUNALE

Monza, settembre 2015

A cura di: Dott. Geol. R. Cortiana
Dott. Geol. F. Valentini

INDICE

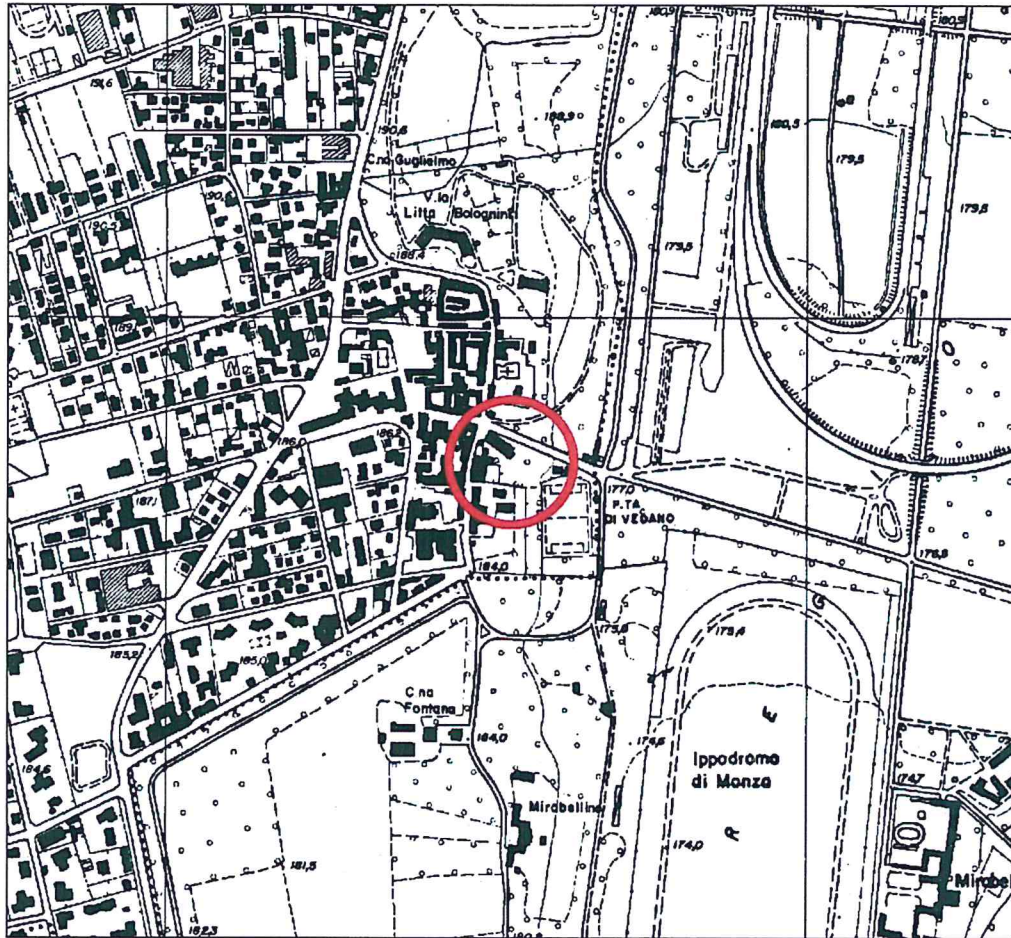
1	PREMESSA	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO	4
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	6
4	CLASSIFICAZIONE SISMICA	7
4.1	OPCM 28 aprile 2006	7
4.2	Normativa regionale D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129	8
4.3	D.M. 14 Gennaio 2008	8
4.4	Categorie di sottosuolo	9
4.5	Condizioni topografiche	10
5	INDAGINE SISMICA	11
5.1	Prova MASW	11
5.2	Indagine in sito	11
5.3	Elaborazione dei dati	12
6	INDAGINE GEOGNOSTICA	13
7	PARAMETRI GEOTECNICI	14
8	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE	16
9	CONCLUSIONI	18

ALLEGATI

- UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE
- GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE
- PROFILO SISMICO MASW

1 PREMESSA

La presente relazione, redatta per conto del Comune di Vedano al Lambro con sede in Largo Repubblica 3 illustra i risultati di una campagna di indagini geognostiche realizzata presso un'area situata in via Enzo Ferrari nel comune di Vedano al Lambro (MB) in previsione della realizzazione di un nuovo intervento edilizio.



Corografia area d'indagine (estratta da Carta Tecnica Regionale)

Nell'area in esame è in progetto la demolizione delle strutture esistenti e la successiva realizzazione di un nuovo edificio polifunzionale (cinema, teatro, biblioteca).

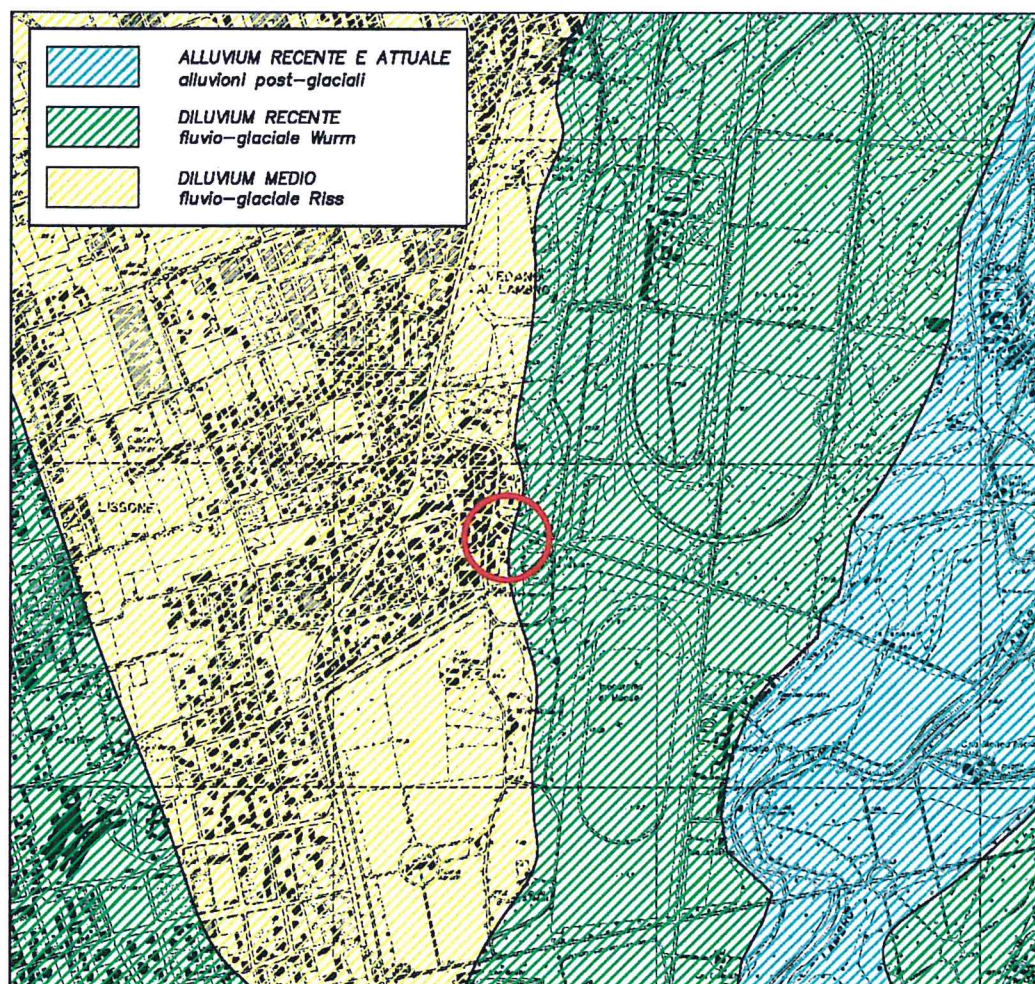
Nel mese di settembre 2015 è stata condotta un'indagine geognostica dell'area con esecuzione di 5 prove penetrometriche di tipo dinamico (S.C.P.T.).

Sulla base dei risultati delle suddette indagini si sono individuati i parametri geotecnici dei terreni, secondo le nuove Norme Tecniche Costruzioni (D.M. 14/01/2008) e alla Circ. 617/09.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO – GEOMORFOLOGICO

L'area in esame è situata presso il margine inferiore della "alta pianura terrazzata" lombarda che, a grandi linee, è compresa tra la pianura Padana vera e propria a sud e l'anfiteatro morenico a nord. Questa zona è costituita da sedimenti quaternari dovuti al deposito di materiale glaciale e fluvioglaciale avvenuto nei periodi glaciali ed interglaciali delle caratteristiche glaciazioni del Pleistocene (Mindel, Riss e Würm).

Dal punto di vista litologico questi depositi sono costituiti prevalentemente da sedimenti ghiaiosi, sabbiosi e ghiaioso-sabbiosi a matrice limosa spesso subordinata; a questi s'intercalano orizzonti argillosi e limoso-argillosi. Localmente si osserva la presenza di cavità (note come "occhi pollini") e di livelli conglomeratici, più o meno cementati, aventi talvolta spessori anche notevoli (costituiscono il ben noto "CEPPO").



Il territorio del comune di Vedano al Lambro, come si osserva dalla Carta Geologica d'Italia (Foglio 45 Milano) in scala 1:100.000, dalla Carta Geologica della Lombardia in scala 1:250.000 e da pubblicazioni specifiche (in allegato si riporta uno stralcio della Carta Geolitologica della Brianza tra il T. Seveso e il T. Molgora), è caratterizzato dalla presenza di depositi fluvioglaciali appartenenti alle due alluvioni fluvioglaciali più recenti. In particolare i sedimenti del DILUVIUM RECENTE (Fluvioglaciale Würm) occupano la parte occidentale del territorio comunale mentre sul lato orientale, si riconoscono i sedimenti appartenenti al cosiddetto DILUVIUM MEDIO (Fluvioglaciale Riss).

In particolare il sito in oggetto si trova in un'area di affioramento di sedimenti del cosiddetto DILUVIUM MEDIO (Fluvioglaciale Riss), mentre immediatamente ad est si osserva la presenza di sedimenti wurmiani.

DILUVIUM RECENTE

Il fluvioglaciale Wurm costituisce il livello fondamentale della pianura. Si tratta di depositi alluvionali derivanti dagli scaricatori glaciali, connessi con l'ultima fase glaciale quaternaria, quindi con clasti poligenici, arrotondati, eteromorfi.

Litologicamente si trovano in superficie, al di sotto del primo strato di terreno agrario o di riporto, terreni ghiaiosi in genere sabbiosi e limosi, caratterizzati dalla presenza di strati o lenti di materiale più fine (limo o sabbia); al di sotto di queste ghiaie di età würmiana si rinvengono formazioni di ghiaia molto compatta passante localmente a conglomerato.

DILUVIUM MEDIO

Il fluvioglaciale Riss è generalmente caratterizzato da strati di limi e limi sabbiosi argillosi di colore bruno o bruno-rossastro, contenenti ciottoli arrotondati con buona selezione; il grado di alterazione di tali ciottoli è medio, nel senso che non hanno ancora perso la loro consistenza e struttura come accade per i più antichi terreni del Mindel. All'interno degli ammassi prevalentemente limoso-sabbiosi, si trovano intercalazioni sabbioso ghiaiose, generalmente per pochi decimetri o metri di spessore, al di sotto dei quali ritroviamo strati intercalati di conglomerato. In superficie è presente il caratteristico suolo bruno-rossastro, spesso 2 m o più, di natura limoso-argillosa.

I depositi rissiani sono caratterizzati dalla presenza di particolari strutture di debolezza denominate "occhi pollini" (o nespolini). Queste strutture sono date da zone con caratteristiche geotecniche non parametrabili poiché l'addensamento dei sedimenti è modestissimo o addirittura si è in presenza di vere e proprie cavità.

Le cause che hanno prodotto questo fenomeno non sono riconosciute con certezza assoluta. Secondo alcuni studiosi si tratterebbe di cavità sotterranee lasciate da blocchi di ghiaccio inglobati nei depositi e successivamente scioltisi. Secondo altri sarebbero il relitto di una rete di canali di erosione sotterranei riempiti dal crollo dei sedimenti soprastanti, i vuoti sarebbero rimasti unicamente dove si è verificata una sia pur blanda cementazione al tetto dei canali.

Da osservazioni dirette dello scrivente si è verificato che in questi depositi poco addensati l'infiltrazione di acqua lungo vie preferenziali (ad es. in corrispondenza dei pozzi perdenti) può provocare il dilavamento della frazione fine determinando il collasso della struttura.





3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Secondo i dati reperiti presso il SIF (Sistema Informativo Falda) della Provincia di Milano la soggiacenza media della falda nell'area indagata si attesta a profondità superiori a 20 m dal p.c..








Nella zona considerata quindi non si avranno problemi di interferenza tra la falda freatica e gli interventi di progetto.

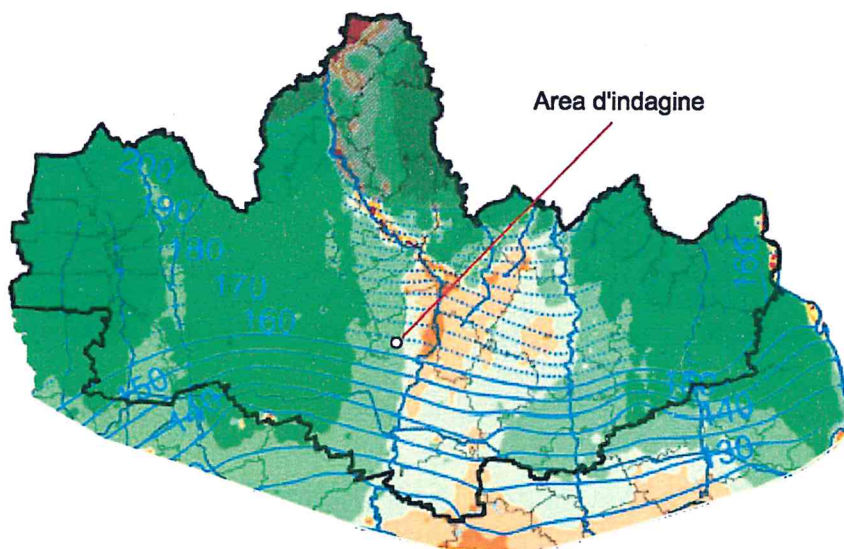
PIEZOMETRIA E SOGGIACENZA DELLA FALDA FREATICA Settembre 2009

Legenda

-  Isopiezia (m sim)
-  Isopiezia stimata (m sim)
-  lago
-  corsi d'acqua

Soggiacenza

-  Area con falda subaffiorante
-  0 - 5 m
-  5 - 10 m
-  10 - 15 m
-  15 - 20 m
-  20 - 30 m
-  30 - 40 m
-  > 40 m
-  Soggiacenza stimata



Provincia di Milano

Settore Risorse Idriche, Cave e Acque Superficiali
Servizio Acque Sotterranee e Banche Dati Idriche
Sistema Informativo Falda

Possono tuttavia verificarsi fenomeni locali di ristagno o di scorrimento ipodermico di acqua piovana legati alla sovrapposizione di terreni a differente litologia che può favorire l'instaurarsi di faldine idriche di modesta entità alimentate dalle precipitazioni meteoriche più intense.

4 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Le azioni sismiche attese in un certo sito si prevedono, su base probabilistica, tramite la pericolosità sismica che è funzione delle caratteristiche di sismicità regionali e del potenziale sismogenetico delle sorgenti sismiche; la valutazione della pericolosità sismica porta poi alla valutazione del rischio sismico di un sito in termini di danni attesi a cose e persone come prodotto degli effetti di un evento sismico.

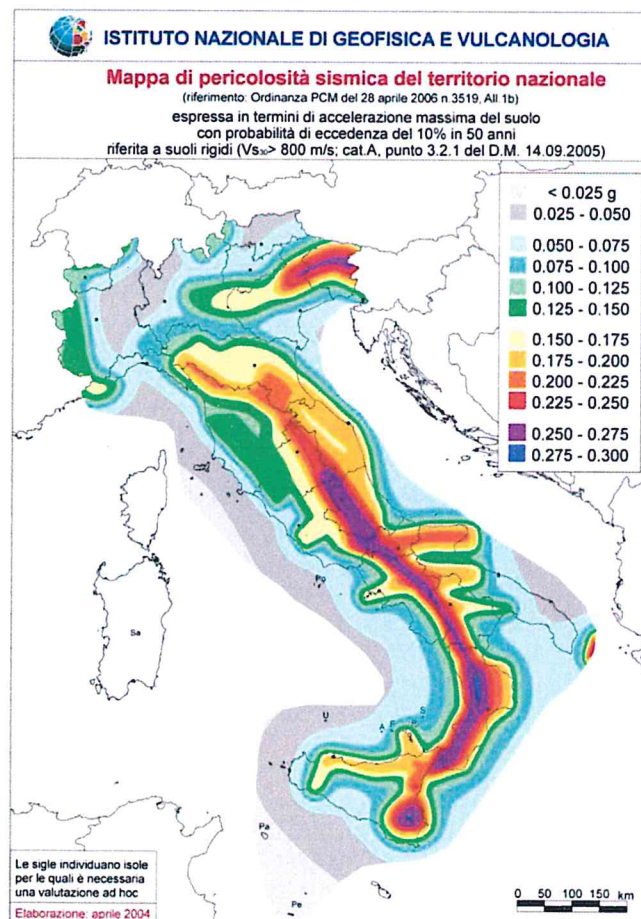
La pericolosità sismica valutata all'interno di un sito deve essere stimata come l'accelerazione orizzontale massima al suolo in un dato periodo di tempo, definendo i requisiti progettuali antisismici per le nuove costruzioni nel sito stesso.

4.1 OPCM 28 aprile 2006

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28/04/06 pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale dell'11/05/06 Serie Generale Anno 147° - n. 108 (*Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*) adotta come riferimento ufficiale una nuova mappa di pericolosità sismica e definisce i criteri generali per la classificazione delle zone sismiche. Costituiscono parte integrante dell'ordinanza:

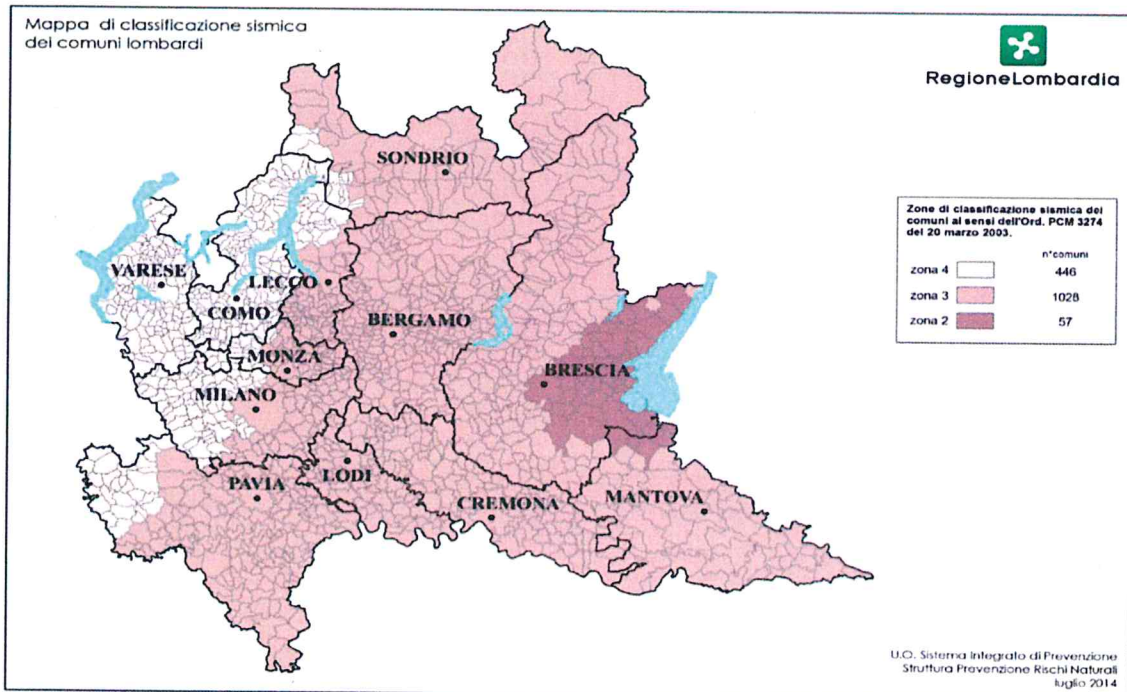
- ❖ Allegato 1A - *Criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone*
- ❖ Allegato 1B - *Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale.*

La mappa, riportata nell'Allegato 1B (vedasi figura di seguito riportata), rappresenta graficamente la pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_g), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s).



4.2 Normativa regionale D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129

La Regione Lombardia con D.G.R. 11 luglio 2014 n. X/2129 *Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia* (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d) e pubblicata sul Bollettino Ufficiale della Regione in data 16 luglio 2014 ha provveduto alla nuova classificazione sismica dei comuni della Regione Lombardia così come previsto dall'ordinanza **O.P.C.M. 3519/06** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".



La Regione Lombardia con **D.G.R. 10 ottobre 2014 – n. X/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) - ha deliberato di differire al 14 ottobre 2015 il termine dell'entrata in vigore della D.G.R. 21 luglio 2014, n.2129.

La Regione Lombardia ha inoltre deliberato 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.

Secondo la nuova classificazione che entrerà in vigore il 14 ottobre 2015 il comune di Vedano al Lambro si trova in zona 3 caratterizzata da una Ag_{Max} pari a 0,05415.

4.3 D.M. 14 Gennaio 2008

Dal 1° luglio 2009 la progettazione antisismica in Italia, per tutte le zone sismiche e per tutte le tipologie di edifici è regolata dal D.M. 14/01/08.

Il D.M. 14 gennaio 2008 (*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*), pubblicato sulla G.U. n. 29 del 04/02/08, in vigore dal 5 marzo 2008, sostituisce il precedente D.M. 14 settembre 2005, fatto salvo il periodo di monitoraggio di 18 mesi di cui al comma 1 dell'art. 20 della L. 28 febbraio 2008, n. 31.

Queste nuove Norme Tecniche per la Costruzioni definiscono i criteri definitivi per la classificazione sismica del territorio nazionale in recepimento del Voto 36 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 27 luglio

2007 (*Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale*); tali criteri prevedono la valutazione dell'azione sismica definita puntualmente al variare del sito e del periodo di ritorno considerati, in termini di accelerazione del suolo a_g e di forma dello spettro di risposta. Costituiscono parte integrante del decreto:

- Allegato A – *Pericolosità sismica*
- Allegato B – *Tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica.*

Diversamente dalla precedente normativa l'azione sismica non viene più valutata riferendosi ad una zona sismica (territorialmente coincidente con più entità amministrative), ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni ma viene valutata sito per sito e costruzione per costruzione.

Secondo l'allegato A l'azione sismica sulle costruzioni viene valutata a partire da una pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido (categoria di sottosuolo A) con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta con sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; i risultati dello studio di pericolosità devono essere forniti:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale sopra definite;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno T_R ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata in funzione delle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo e morfologiche della superficie; tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

4.4 Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo indicate nella tabella 3.2.II, di cui al punto 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*, capitolo 3 *Azioni sulle costruzioni* del D.M. 14/01/2008.

Sono state definite cinque classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. In mancanza di misure di V_s , l'identificazione della categoria di sottosuolo può essere effettuata sulla base dei valori di altre grandezze geotecniche, quali il numero dei colpi della prova penetrometrica dinamica (N_{SPT}) per depositi di terreni prevalentemente a grana grossa e la resistenza non drenata (c_u) per depositi di terreni prevalentemente a grana fine.

In base alle grandezze sopra definite si identificano le seguenti le categorie di sottosuolo di riferimento:

- A) Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
- B) Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C) Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

- 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 (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
- E) Terreni dei sottosuoli di tipo C e D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

La classificazione è effettuata sulla base del parametro $V_{S,30}$ che rappresenta la velocità delle onde di taglio S riferita a 30 m di profondità e calcolata utilizzando la seguente espressione, riportata nel D.M. 14.09.2005 e nel D.M. 14.01.2008 (NTC):

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

4.5 Condizioni topografiche

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione, di cui al punto 3.2.2 *Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche*.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante pendii e rilievi 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 $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

L'area di esame presenta configurazioni superficiali semplici, pertanto è possibile adottare la classificazione riportata in tabella 3.2.IV.

Sulla base dei dati topografici disponibili (riportati in cartografia), l'area rientra mediamente nella categoria T1 ovvero *Superficie pianeggiante, con inclinazione media $i \leq 15^\circ$* .

5 INDAGINE SISMICA

5.1 Prova MASW

L'indagine sismica è stata realizzata per determinare le proprietà fisiche del sottosuolo e le caratteristiche dinamiche del litotipo da indagare, attraverso la determinazione di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh nel sottosuolo.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh (onde Sh), che viaggiano con una velocità correlata alla rigidezza della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase.

Nel metodo di indagine MASW le onde superficiali generate in un punto della superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Attraverso questo metodo si ottiene un grafico (curva di dispersione) che descrive l'andamento delle velocità di fase in funzione delle frequenze nel range compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi si ottengono informazioni sulla parte superficiale del suolo, sui primi 30-50 m di profondità, in funzione della rigidezza del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della curva di dispersione apparente sperimentale
2. calcolo della curva di dispersione apparente numerica
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

Mediante l'analisi delle onde di Rayleigh viene determinato il parametro V_{s30} , che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 m di profondità.

5.2 Indagine in sito

L'analisi delle onde superficiali nell'area di studio è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 18 geofoni con spaziatura pari a 2.0 m.



Ubicazione stendimento sismico

Sono stati utilizzati 18 geofoni da 4.5 Hz e un sismografo a 24 bit (EEG BR24) in modo da ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, mentre come sistema di energizzazione è stata utilizzata una mazza di 6 kg battente su un piattello metallico. La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 m dal primo geofono (Optimum Field Parameters of an MASW Survey”, Park et al., 2005; Dal Moro, 2008).



Vista dello stendimento MASW effettuato

5.3 Elaborazione dei dati

La procedura di elaborazione adottata per la classificazione dei profili del suolo di fondazione ha utilizzato la tecnica sopra descritta utilizzando un software specifico.

La prima fase consiste nell'elaborazione di tutte le registrazioni acquisite tramite l'analisi spettrale dei singoli sismogrammi allo scopo di ottenere lo spettro del segnale di velocità sismica in funzione della frequenza. Successivamente si seleziona lo spettro dal quale viene estrapolata la curva di attenuazione del segnale (curva di dispersione) dalla quale tramite una procedura di inversione si risale al modello stratigrafico in termini di velocità delle onde di taglio (V_s) da cui il valore relativo ai primi 30 m di sottosuolo ($V_{s,30}$). Per l'elaborazione del profilo sismico vedasi anche grafici allegati.

Il valore del parametro $V_{s,30}$, necessario ai fini della caratterizzazione sismica del sito, è quindi risultato:

$$V_{s,30} = 333 \text{ m/s}$$

Il valore di $V_{s,30}$ così ricavato consente di classificare l'area in esame nella *categoria di sottosuolo C*, mentre la morfologia sub-pianeggiante, facendo riferimento alla tabella riportata nei paragrafi precedenti, l'inserisce nella *categoria topografica T1*.

6 INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine geognostica di campagna è stata condotta mediante l'esecuzione di 5 prove penetrometriche dinamiche continue S.C.P.T.

Le indagini sono state eseguite con penetrometro superpesante tipo Meardi AGI avente le seguenti caratteristiche:

peso del maglio	73	kg
altezza di caduta	75	cm
angolo al vertice della punta conica	60	°
diametro del cono	50.8	mm
peso delle aste	4.6	kg/ml



Penetrometro utilizzato tipo Meardi A.G.I.

L'ubicazione delle prove eseguite, parzialmente ostacolata dalla presenza della struttura da demolire, è riportata nella planimetria schematica allegata.

Il terreno è stato indagato a partire dal piano campagna attuale fino alle seguenti profondità:

Prova	Profondità (m)
1	14.4
2	6.9
3	4.5
4	5.1
5	13.5

La quota di inizio delle prove sopra indicate coincide con la quota del piano stradale individuato all'incrocio tra Via Enzo Ferrari e Via Santo Stefano, con l'eccezione della prova n° 1 effettuata sul retro della struttura esistente ad una quota superiore di circa 1.20 m rispetto al suddetto piano stradale.

Le prove si sono interrotte alle profondità sopra riportate per la presenza di livelli particolarmente resistenti alla penetrazione dinamica.

7 PARAMETRI GEOTECNICI

Sulla base del grado di addensamento rilevato nel corso delle indagini, possono essere riconosciute le seguenti litozone:

- LITOZONA A: grado di addensamento basso con caratteristiche geotecniche scarse ($N_{scpt} < 5$)
- LITOZONA B: grado di addensamento medio-basso con caratteristiche geotecniche modeste ($5 < N_{scpt} < 10$).
- LITOZONA C: grado di addensamento medio-alto con caratteristiche geotecniche da discrete a buone/ottime ($N_{scpt} > 10$). Localmente l'addensamento è talmente elevato da determinare l'interruzione delle verticali di indagine.

Il terreno è stato suddiviso in litozone in base ai parametri geotecnici medi degli orizzonti attraversati dalle verticali penetrometriche.

S.C.P.T. 1

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	ϕ ($^\circ$)	E (kg/cm^2)	K's (kN/m^3)
B	0.0 – 0.6	5 – 7	8 – 12	1.70 – 1.75	28 – 30	155 – 225	$13.0 – 19.5 \times 10^3$
C	0.6 – 2.4	12 – 15	21 – 26	1.85	33 – 34.5	345 – 385	$41.5 – 49.5 \times 10^3$
A	2.4 – 10.2	2 – 3	4 – 5	1.65 – 1.70	25.5 – 26.5	30 – 75	$5.4 – 8.5 \times 10^3$
B	10.2 – 13.5	7 – 8	12 – 14	1.75 – 1.80	30 – 30.5	225 – 270	$19.5 – 24.0 \times 10^3$
C	13.5 – 14.4	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

S.C.P.T. 2

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	ϕ ($^\circ$)	E (kg/cm^2)	K's (kN/m^3)
B	0.0 – 2.4	5 – 6	8 – 10	1.70 – 1.75	28 – 29	155 – 195	$13.0 – 16.0 \times 10^3$
A	2.4 – 6.0	3 – 4	5 – 7	1.70	26.5 – 27	75 – 115	$8.5 – 10.5 \times 10^3$
C	6.0 – 9.6	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

S.C.P.T. 3

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	ϕ ($^\circ$)	E (kg/cm^2)	K's (kN/m^3)
A	0.0 – 3.0	4 – 5	7 – 8	1.70	27 – 28	115 – 155	$10.5 – 13.0 \times 10^3$
C	3.0 – 4.5	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

S.C.P.T. 4

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	ϕ ($^\circ$)	E (kg/cm^2)	K's (kN/m^3)
R	0.0 – 1.2						
B	1.2 – 2.4	5 – 6	8 – 10	1.70 – 1.75	28 – 29	155 – 195	$13.0 – 16.0 \times 10^3$
A	2.4 – 4.5	2 – 3	4 – 5	1.65 – 1.70	25.5 – 26.5	30 – 75	$5.4 – 8.5 \times 10^3$
C	4.5 – 5.1	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

S.C.P.T. 5

Litozona	Profondità (m)	N_{SCPT}	N_{SPT}	γ (T/m^3)	ϕ ($^\circ$)	E (kg/cm^2)	K's (kN/m^3)
R	0.0 – 1.2						
A	1.2 – 13.2	1 – 2	2 – 4	1.60 – 1.65	24 – 25.5	10 – 30	$4.0 – 5.4 \times 10^3$
C	13.2 – 13.5	> 20	> 33	> 1.90	> 36	> 445	$> 71.5 \times 10^3$

dove:

N_{SCPT} = numero di colpi necessario per ottenere un avanzamento di 30 cm in una prova SCPT

N_{SPT} = numero di colpi SPT correlato

γ = peso di volume del terreno (T/m^3)

Φ = angolo di attrito del terreno ($^\circ$)

E = modulo di deformazione (o di Young) in kg/cm^2

$K's$ = stima del modulo di reazione del sottofondo (o di Winkler) in kN/m^3

Le verticali d'indagine hanno evidenziato la presenza di un terreno di fondazione non omogeneo. Le prove penetrometriche eseguite hanno evidenziato, al di sotto di un orizzonte superficiale addensato dall'attività antropica, la presenza di sedimenti caratterizzati da un basso grado di addensamento. Lo spessore di tali sedimenti, caratterizzati da parametri geotecnici scarsi/modesti, è estremamente variabile; si osserva infatti uno spessore minimo in corrispondenza della prova 3 (circa 3 m) ed uno spessore massimo in corrispondenza della prova 1 (circa 10 m).

8 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

Secondo il D.M. 14/01/2008 (articolo 7.11.3.4.2 "Esclusione della verifica a liquefazione") è possibile non effettuare la verifica alla liquefazione quando si manifesta almeno una delle seguenti condizioni:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

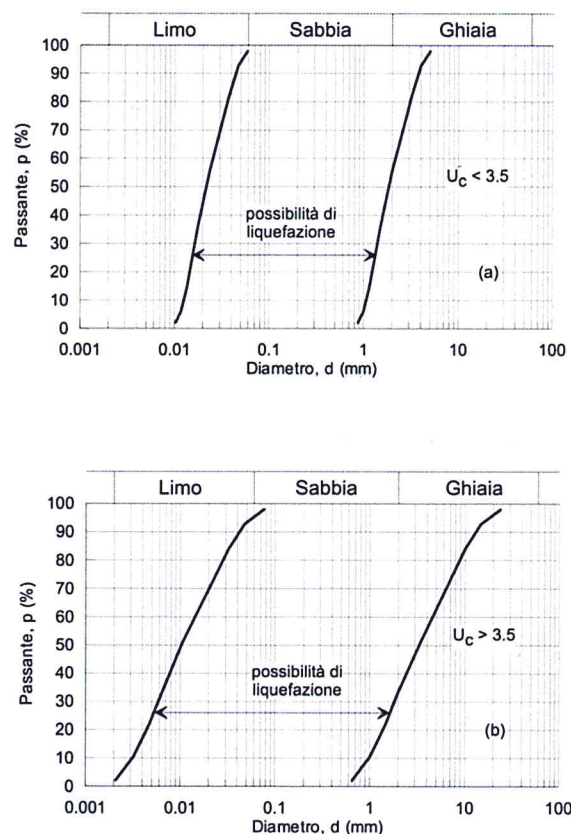
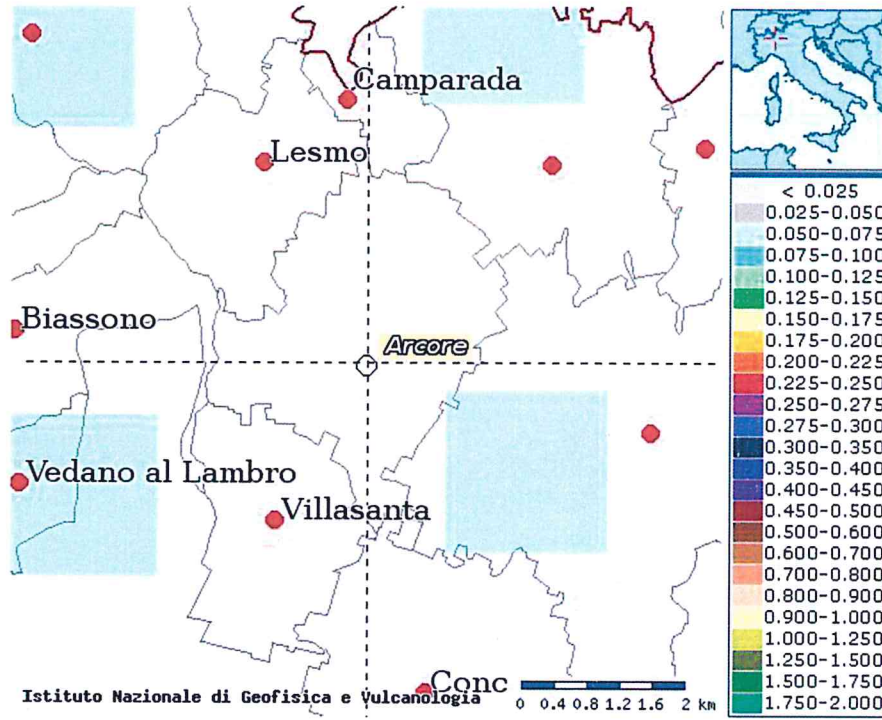


Figura 7.11.1 – Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nell'area in esame le accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta minore di $0,1g$.



Il manifestarsi di tale condizione esclude, per l'area oggetto di studio, la verifica alla liquefazione.

9 CONCLUSIONI

Nell'area situata in via Enzo Ferrari nel comune di Vedano al Lambro (MB) è in progetto la demolizione delle strutture esistenti e la successiva realizzazione di una nuova struttura polifunzionale (cinema, teatro, biblioteca) comunale.

Dal punto di vista geologico, l'area in esame è caratterizzata dalla presenza, in affioramento, di depositi appartenenti al Diluvium Medio (fluvioglaciale Riss), generalmente caratterizzato da strati di limi e limi sabbiosi argillosi di colore bruno o bruno-rossastro, contenenti ciottoli arrotondati con buona selezione.

I depositi rissiani sono caratterizzati dalla presenza di particolari strutture di debolezza denominate "occhi pollini" (o nespolini). Queste strutture sono date da zone con caratteristiche geotecniche non parametrabili poiché l'addensamento dei sedimenti è modestissimo o addirittura si è in presenza di vere e proprie cavità.

Le verticali d'indagine hanno evidenziato la presenza di un terreno di fondazione non omogeneo. Le prove penetrometriche eseguite hanno evidenziato, al di sotto di un orizzonte superficiale addensato dall'attività antropica, la presenza di sedimenti caratterizzati da un basso grado di addensamento. Lo spessore di tali sedimenti, caratterizzati da parametri geotecnici scarsi/modesti, è estremamente variabile; si osserva infatti uno spessore minimo in corrispondenza della prova 3 (circa 3 m) ed uno spessore massimo in corrispondenza della prova 1 (circa 10 m).

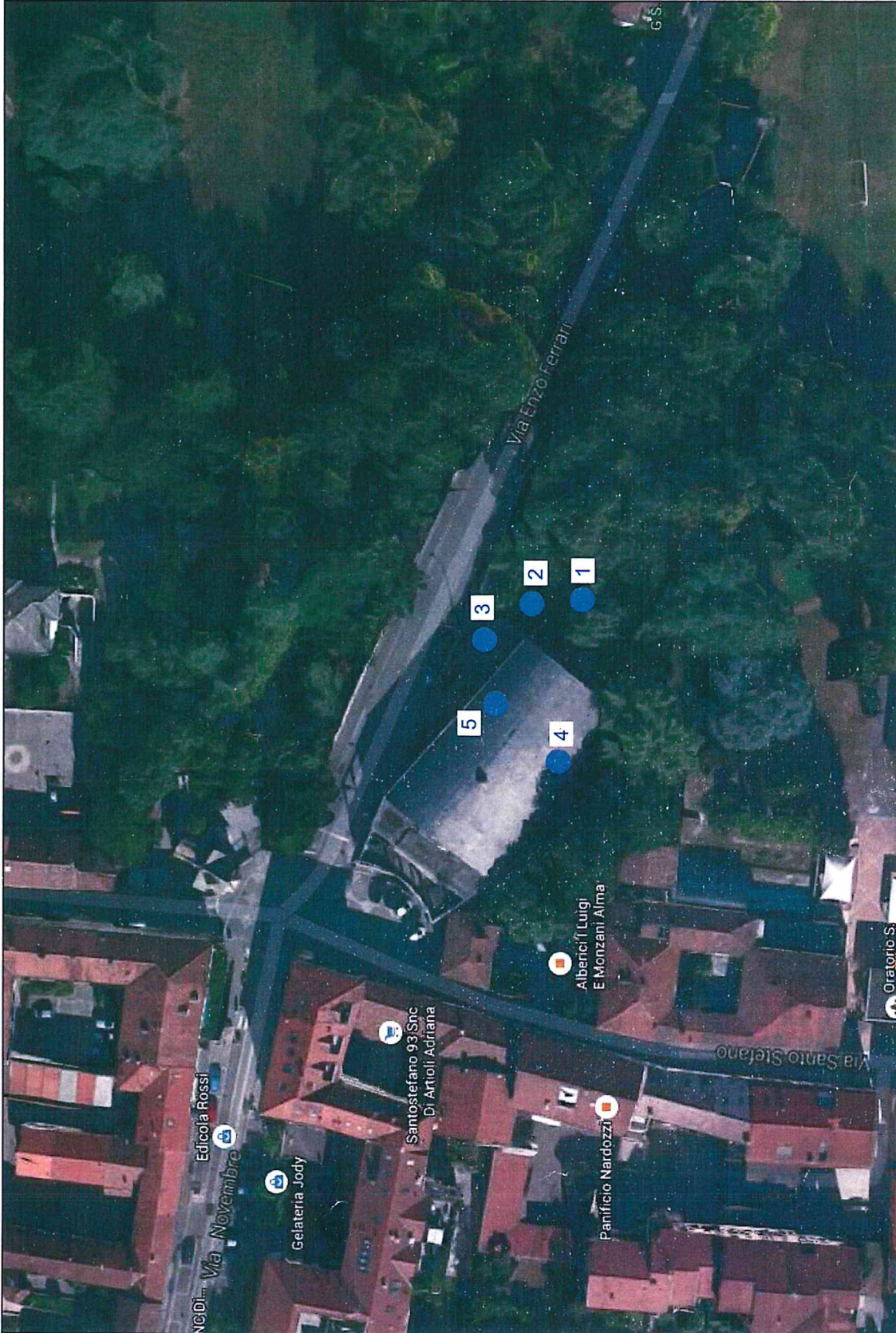
Nel mese di settembre 2015 è stato inoltre eseguito un profilo sismico di tipo MASW (utilizzando 18 geofoni con interdistanza pari a 2.0 m) per la determinazione di un modello di distribuzione di velocità di propagazione delle onde Sh nel sottosuolo. La V_{s30} stimata è risultata pari a 333 m/s, il sottosuolo dell'area ricade pertanto all'interno della categoria C. Sulla base delle caratteristiche topografiche del territorio, l'area rientra mediamente nella categoria T1 (*Superficie pianeggiante, con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

L'intervento in progetto non interferirà con la falda che in quest'area si trova ad una profondità superiore a 20 m da p.c.



Il tecnico incaricato
Dott. Geol. Filippo Valentini

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



● S.C.P.T. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

COMMITTENTE: Comune di Veduggio al Lambro

CANTIERE: Veduggio al Lambro (MB), via Enzo Ferrari

DATA: Sett. '15

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

COMMITTENTE: **Comune di Vedano al Lambro**

CANTIERE: **Vedano al Lambro (MB) - via Enzo Ferrari**

QUOTA DI RIFERIMENTO: **piano campagna**

DATA: **settembre-15**

Profondità (m)	S.C.P.T. 1	S.C.P.T. 2	S.C.P.T. 3	S.C.P.T. 4	S.C.P.T. 5
0.3	4	5	5	8	18
0.6	8	6	4	0	0
0.9	10	8	4	0	0
1.2	21	5	3	0	0
1.5	18	5	5	5	11
1.8	17	5	4	8	8
2.1	13	4	4	8	3
2.4	8	7	4	10	3
2.7	5	4	4	5	2
3.0	3	4	4	3	2
3.3	3	4	7	3	2
3.6	2	4	18	2	1
3.9	2	3	25	2	1
4.2	2	3	71	2	1
4.5	2	3	100	4	1
4.8	2	2		86	1
5.1	3	3		100	1
5.4	2	2			1
5.7	1	2			2
6.0	1	5			1
6.3	2	14			1
6.6	2	37			1
6.9	1	100			1
7.2	3				1
7.5	7				4
7.8	6				2
8.1	6				4
8.4	3				2
8.7	4				2
9.0	1				2
9.3	1				1
9.6	1				4
9.9	5				2
10.2	3				2
10.5	7				1
10.8	8				2
11.1	8				2
11.4	3				2
11.7	3				1
12.0	5				2
12.3	8				3
12.6	10				1
12.9	17				1
13.2	5				2
13.5	8				100
13.8	41				
14.1	59				
14.4	100				
14.7					
15.0					

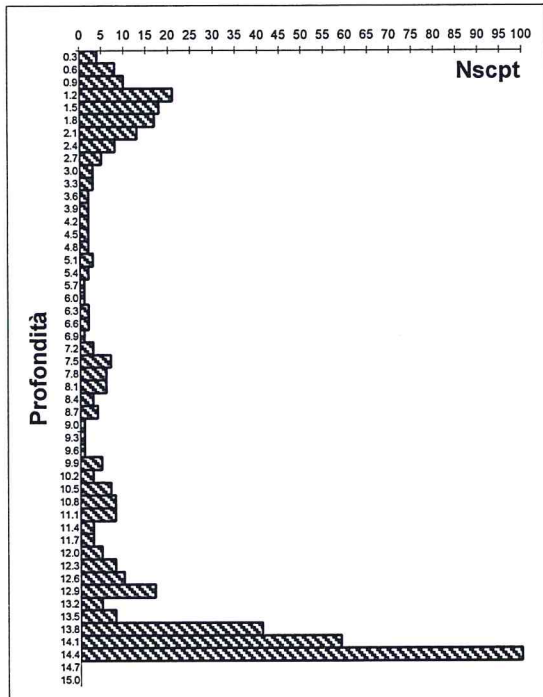
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

(Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

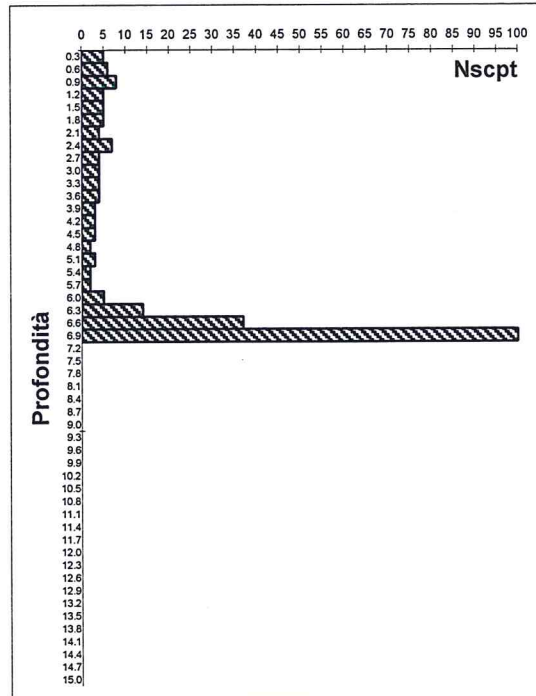
COMMITTENTE: Comune di Vedano al Lambro

LOCALITA': Vedano al Lambro (MB) - via Enzo FeDATA: set-15

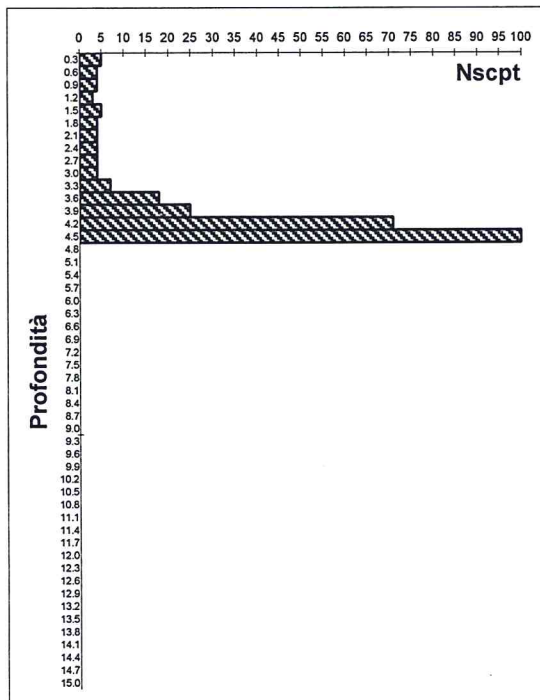
S.C.P.T. 1



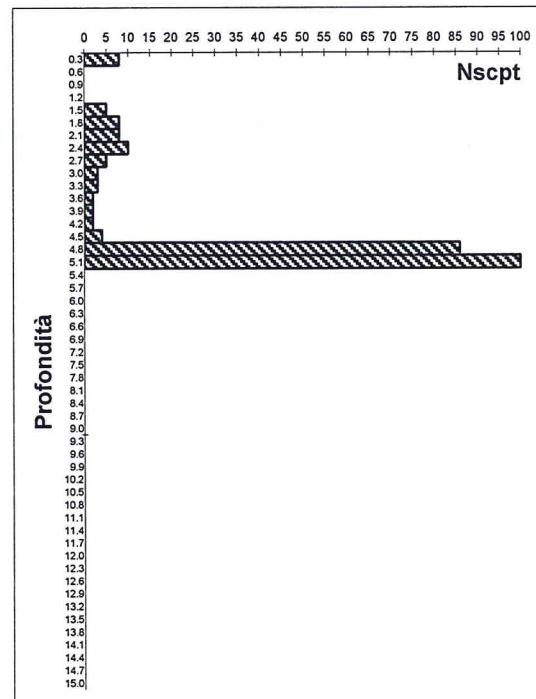
S.C.P.T. 2



S.C.P.T. 3



S.C.P.T. 4



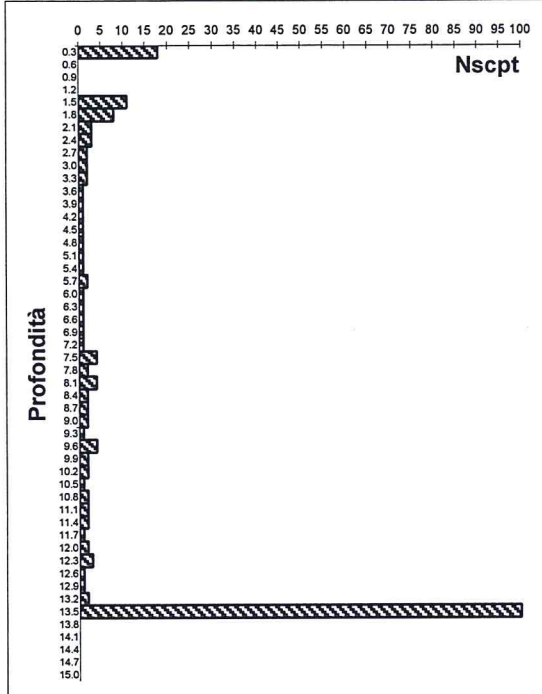
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

(Penetrometro super pesante tipo Meardi - A.G.I.)

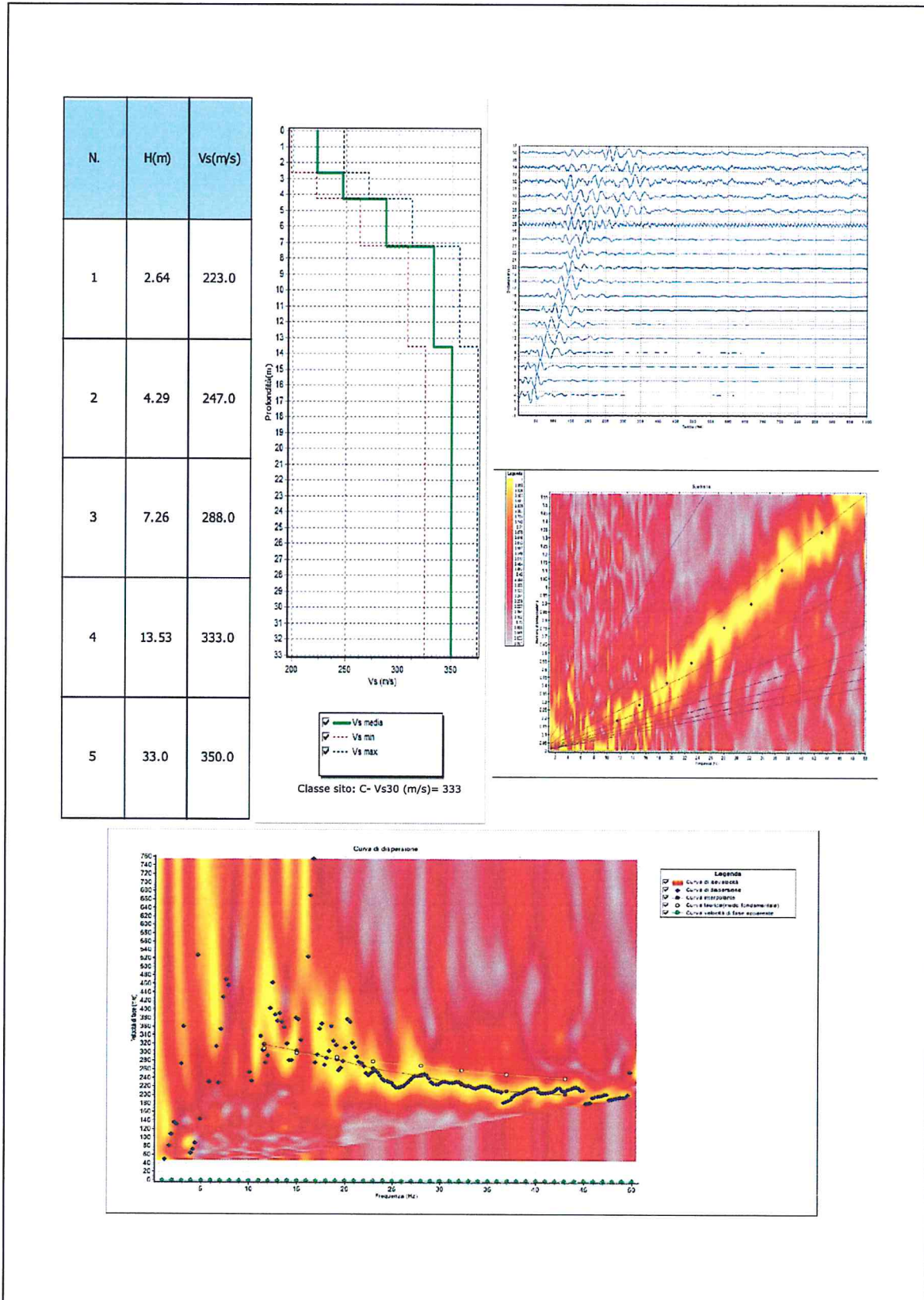
COMMITTENTE: Comune di Vedano al Lambro

LOCALITA': Vedano al Lambro (MB) - via Enzo Fe DATA: set-15

S.C.P.T. 5



INDAGINE SISMICA MASW



COMMITTENTE: Comune di Vedano al Lambro

CANTIERE: Vedano Al Lambro (MB), via E. Ferrari

DATA: Sett. '15