



## COMUNE DI RESCALDINA

*Provincia di Milano*

### DEFINIZIONE DELLA COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA A SUPPORTO DEL PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e s.m.i.

### VARIANTE AREA AUCHAN

## Allegato A - Indagine sismica di II Livello

Adeguamento alle osservazioni istruttorie Città Metropolitana di Milano  
Decreto Dirigenziale n. 5871 del 07/07/2017.

Luglio 2017



STUDIO TECNICO ASSOCIATO DI GEOLOGIA  
Via Dante Alighieri, 27 - 21045 Gazzada Schianno (VA)  
Tel: 0332 464105 - fax: 0332 870234  
E. mail: tecnico@gedageo.it

Dr. Geol. Roberto Carimati

Dr. Geol. Giovanni Zaro

## INDICE

|  |   |
|--|---|
| 1. PREMESSA.....                       | 3 |
| 1.1 Riferimenti normativi .....        | 3 |
| 2. INDAGINE SISMICA.....               | 5 |
| 2.1 Elaborazione dati e risultati..... | 6 |
| 3. CATEGORIA DI SUOLO .....            | 8 |
| 4. ANALISI SISMICA DI II LIVELLO ..... | 9 |

## 1. PREMESSA

A seguito della avvenuta presentazione della documentazione finale di "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica" redatta in ottemperanza alla L.R. n. 12/2005 attinente la redazione dei Piani di Governo del Territorio e loro varianti, occorsa in data 28 gennaio 2017, è stata eseguita l'indagine sismica di II livello con oggetto le aree interessate dal complesso commerciale Auchan localizzato in prossimità del confine meridionale del territorio comunale di Rescaldina.

La presente relazione è redatta in conformità a quanto stabilito dal "Testo unico Norme tecniche per le costruzioni" - D.M. 14.01.2008.

### 1.1 Riferimenti normativi

Il seguente documento è stato elaborato sulla base delle indicazioni tecniche e direttive regolamentate dai seguenti indirizzi normativi:

- Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e relativi Allegati;
- Ordinanza n. 3316 del 2 Ottobre 2003: "Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003";
- Ordinanza n. 3431 del 3 Maggio 2005: "Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003";
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006): "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone (G.U. n.108 del 11/05/2006)";
- D.G.R. 22.12.2005 n. VIII/1566 "Criteri e 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", in particolare l'Allegato 5 - "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio";
- D.G.R. 28.05.2008 n. VIII/7374 Aggiornamento dei "Criteri e 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", in particolare l'Allegato 5 - "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio";

- D.G.R. 15.12.2011 n. VIII/2616 inerente all'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";
- "Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008;
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Ministero delle Infrastrutture e Trasporti: "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (GU n. 47 del 26-2-2009 - Suppl. Ordinario -n.27);
- L. n. 77 del 24 giugno 2009: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 aprile 2009, n. 39, recante interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici nella regione Abruzzo nel mese di aprile 2009 e ulteriori interventi urgenti di protezione civile" –entrata in vigore definitiva delle NTC (01/07/2009)
- D.G.R. n.2616/2011: "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT";
- D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129 "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia";
- L.R. 33/2015: "Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche";
- D.G.R. del 30 marzo 2016, n. X/5001: "Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica

## 2. INDAGINE SISMICA

La prova MASW permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh, che rappresentano più di due terzi dell'energia sismica generata nel corso di una prova.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

1. acquisizione dei dati di campo rappresentati dalle onde superficiali;
2. costruzione della curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale che descrive la variazione di  $v_s$  con la profondità.

Per ottenere un profilo della velocità delle onde sismiche di taglio ( $v_s$ ) bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Le onde di superficie sono state generate tramite una mazza di 8 Kg battente su piattello metallico posta ad una distanza compresa tra m 6 e 12 dai geofoni esterni dello stendimento effettuando più energizzazioni; per la registrazione sono stati utilizzati geofoni da 4,5 Hz collegati ad un sismografo ECHO12-24/2010 a 24 canali della AMBRO-GEO.

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 24 geofoni con spaziatura pari a 2 m.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Per ottenere il profilo verticale della  $v_s$  dalla curva di dispersione viene stimato un valore di densità del terreno sulla base della tipologia dei materiali attraversati.

## 2.1 Elaborazione dati e risultati

|  |        |
|--|--------|
| <b>N. tracce</b>                       | 24     |
| <b>Durata acquisizione [msec]</b>      | 1000,0 |
| <b>Interdistanza geofoni [m]</b>       | 2,0    |
| <b>Periodo di campionamento [msec]</b> | 0,131  |

Le tracce acquisite sono state inizialmente sommate e analizzate e quindi è stata calcolata la curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza-velocità di fase con appropriata scala cromatica dell'ampiezza ( figura 1).

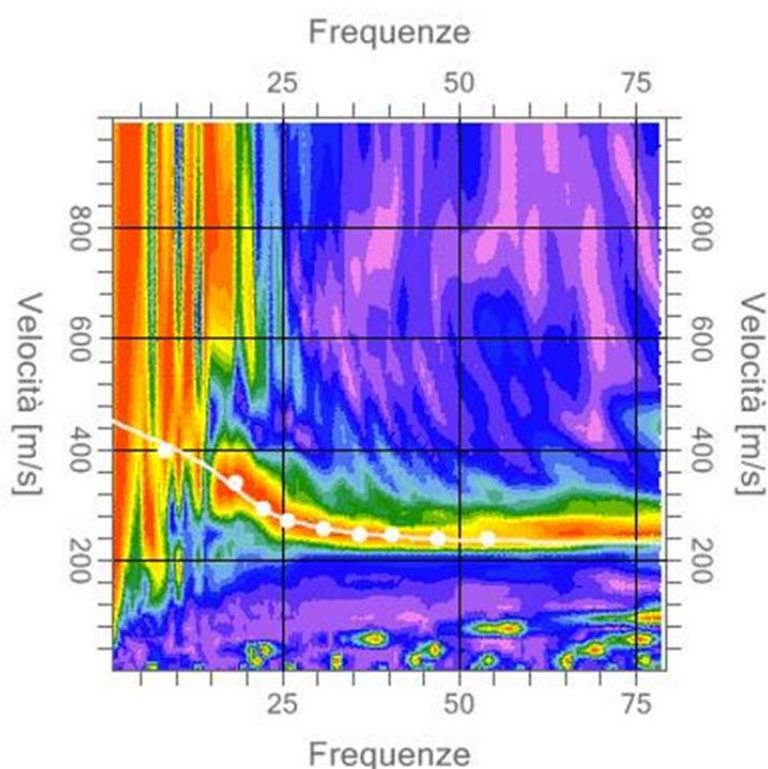


Figura 1: diagramma frequenza-velocità di fase

L'analisi sismica con metodologia MASW ha quindi permesso la costruzione di un modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità.

Dall'inversione delle curve di dispersione ricavate dallo stendimento sismico si ottiene il seguente modello medio di velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità come riportato in tabella 1 e riprodotto in Figura 2.

| Strato | Profondità [m] |      | Spessore [m] | Vs [m/s] |
|--------|----------------|------|--------------|----------|
|        | da             | a    |              |          |
| 1      | 0,0            | 1,0  | 1,0          | 246      |
| 2      | 1,0            | 2,9  | 1,9          | 248      |
| 3      | 2,9            | 5,3  | 2,4          | 292      |
| 4      | 5,3            | 7,3  | 2,0          | 377      |
| 5      | 7,3            | 9,3  | 2,0          | 470      |
| 6      | 9,3            | 12,6 | 3,2          | 480      |
| 7      | 12,6           | 15,7 | 3,2          | 481      |
| 8      | 15,7           | 18,2 | 2,5          | 491      |
| 9      | 18,2           | 20,4 | 2,2          | 499      |
| 10     | 20,4           | ∞    | ∞            | 495      |

Tabella 1

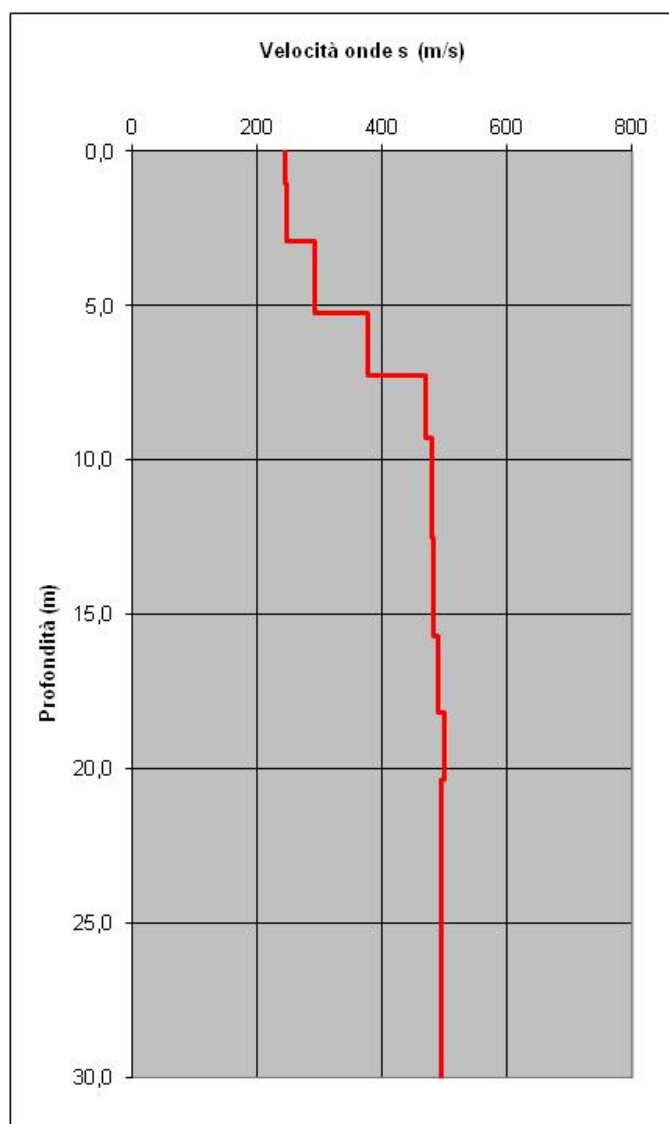


Figura 2 Modello di velocità delle onde trasversali

### 3. CATEGORIA DI SUOLO

Ai sensi dell'OPCM 3274/03 ed in base alla classificazione di cui al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008, è possibile classificare il suolo di fondazione come appartenente alla seguente categoria di suolo:

**Suolo di tipo B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

|   |     |
|---|-----|
| <b>Profondità piano di<br/>posa [m]</b> | 0,0 |
| <b>Vs30 [m/sec]</b>                     | 418 |
| <b>Categoria del suolo</b>              | B   |



#### 4. ANALISI SISMICA DI II LIVELLO

L'analisi sismica di secondo livello è stata realizzata secondo le indicazioni dell'Allegato 5 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/2011. La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione ( $F_a$ ).

Lo studio geologico vigente del comune di Rescaldina (Studio Tecnico Associato di Geologia, Marzo 2012) inserisce l'area in esame nella classe di pericolosità sismica Z4a (zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi).

E' stata eseguita una analisi sismica di secondo livello mediante la procedura indicata dalla regione per gli effetti di amplificazione litologica, costituita dalle seguenti fasi:

- confronto del profilo di velocità delle onde S in funzione della profondità con le schede di riferimento presenti nell'Allegato 5 della D.G.R. n. IX/2616/2011 al fine di scegliere la scheda più idonea per la valutazione del fattore di amplificazione (nel caso in esame è stata utilizzata la scheda per la litologia sabbiosa);
- calcolo del periodo proprio del sito ( $T$ ) in base ai risultati dell'indagine sismica condotta nell'area (nel caso in esame è stato ottenuto  $T = 0,675$  s tenendo conto del profilo di velocità delle onde S con la profondità ottenuto tramite l'indagine sismica e facendo una assunzione plausibile sulla prosecuzione del profilo a profondità maggiori di quelle indagate);
- valutazione dei fattori di amplificazione ( $F_a$ ) del sito per gli intervalli di periodo 0.1-0.5 s (riferito a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide) e 0.5-1.5 s (riferito a strutture più alte e flessibili);
- confronto dei fattori di amplificazione ottenuti con i valori soglia comunali forniti da Regione Lombardia per ogni comune e per ogni categoria di suolo.

I risultati ottenuti per i fattori di amplificazione sono riportati in rosso nella tabella seguente, mentre in azzurro sono riportati i valori soglia comunali corrispondenti per la categoria di suolo B:

|                                   | <b>Sito in esame</b> | <b>Valori soglia per il Comune di Rescaldina</b> |          |          |          |
|-----------------------------------|----------------------|--|----------|----------|----------|
| <b>Categorie di suolo</b>         | <b>B</b>             | <b>B</b>   | <b>C</b> | <b>D</b> | <b>E</b> |
| <b>Fa per periodo 0,1 – 0,5 s</b> | <b>1,2</b>           | <b>1,4</b>                                       | 1,8      | 2,2      | 1,9      |
| <b>Fa per periodo 0,5 – 1,5 s</b> | <b>2,0</b>           | <b>1,7</b>                                       | 2,4      | 4,1      | 3,0      |

Come si nota dalla tabella i risultati sono i seguenti:

- il valore di Fa del sito per l'intervallo di periodo 0,1-0,5 s è inferiore al valore soglia comunale corrispondente: la normativa nazionale è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia.
- il valore del Fa del sito per l'intervallo di periodo 0,5-1,5 s è superiore al valore soglia comunale corrispondente: la normativa nazionale (D.M. 14 gennaio 2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni") non è Sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione locale dovuti alla litologia. Si dovrà quindi procedere agli approfondimenti di 3° livello o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore (nel caso in esame si potrà utilizzare la categoria di suolo C -  $F_a(2,0) < F_{soglia}(2,4)$ ).