

*GEOPLAN*

**STUDIO GEOPLAN**  
geologia applicata ed ambientale

CESARE RESNATI - LUISELLA COLOMBO  
geologi associati



Premio Mercurio d'oro 2001

**RAPP. 3358R17**



*Comune di Sovico (MB)*

## Aggiornamento della Componente Sismica dello Studio Geologico del Piano di Governo del Territorio

### RELAZIONE TECNICA

Monza, 03 agosto 2017

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>STUDI PRECEDENTI.....</b>	<b>4</b>
3.1	LINEAMENTI GEOLOGICI .....	4
3.1.1	<i>Sintema del Po (Poi).....</i>	5
3.1.2	<i>Ceppo di Inverigo (LBI).....</i>	5
3.1.3	<i>Sintema di Cascina Fontana (BOF).....</i>	5
3.1.4	<i>Sintema di Binago (BIN) .....</i>	5
3.1.5	<i>Unità di Guanzate (Bez).....</i>	5
3.1.6	<i>Sintema del Po (Poi).....</i>	5
<b>4</b>	<b>1° LIVELLO: PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE.....</b>	<b>6</b>
4.1	ZONA Z1C .....	6
4.2	ZONA Z2 .....	6
4.3	ZONA Z3A .....	6
4.4	ZONA Z4A .....	7
4.5	ZONA Z4C .....	7
<b>5</b>	<b>INDAGINE SISMICA.....</b>	<b>7</b>
5.1.1	<i>Prova MASW.....</i>	7
5.1.2	<i>Ubicazione degli stendimenti .....</i>	7
<b>6</b>	<b>ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO .....</b>	<b>11</b>
6.1	AMPLIFICAZIONI TOPOGRAFICHE .....	12
6.2	AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE .....	13
6.2.1	<i>Principi metodologici.....</i>	13
6.2.2	<i>Verifica di Vs30.....</i>	16
6.2.2.1	<i>Procedura di calcolo di VS30 .....</i>	16
6.2.3	<i>Verifica dei risultati.....</i>	16
6.2.4	<i>Verifica di Fa .....</i>	16
6.2.4.1	<i>Verifica a piano campagna.....</i>	16
6.2.4.2	<i>Verifica a -1.50 m da piano campagna.....</i>	17
6.2.4.3	<i>Verifica a -2.50 m da piano campagna.....</i>	18
6.2.4.4	<i>Verifica a -4.50 m da piano campagna.....</i>	18
6.3	VALUTAZIONI CONCLUSIVE .....	19
6.4	CARTOGRAFIA REALIZZATA.....	20
6.4.1	<i>Metodologia di analisi .....</i>	21
6.4.2	<i>Profondità di riferimento a piano campagna.....</i>	21
6.4.3	<i>Profondità di riferimento a -1.50 m da piano campagna.....</i>	21
6.4.4	<i>Profondità di riferimento a -2.50 m da piano campagna.....</i>	22
6.4.5	<i>Profondità di riferimento a -4.0 m da piano campagna.....</i>	22
6.5	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI.....	22

<b>7</b>	<b>INTEGRAZIONI ALLA NORMATIVA DI PIANO .....</b>	<b>23</b>
7.1	CLASSI DI FATTIBILITÀ .....	23
7.2	CATEGORIA DI SUOLO DA $V_{s,30}$ .....	23
7.3	FATTORE DI AMPLIFICAZIONE .....	23
7.3.1	<i>Valori di riferimento</i> .....	23
7.3.2	<i>Area di distribuzione</i> .....	24
7.4	AMBITI DI APPLICAZIONE .....	24
7.4.1	<i>Edifici pubblici e strategici e rilevanti</i> .....	24
7.4.2	<i>Tipologie di intervento previste</i> .....	24

#### **TAVOLE:**

<b>Tavola 1:</b>	Ubicazione dei punti di indagine
<b>Tavola 2:</b>	Classificazione sismica di II livello: amplificazioni topografiche
<b>Tavola 3:</b>	Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, 0.00 m da p.c.
<b>Tavola 4:</b>	Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -1.50 m da p.c.
<b>Tavola 5:</b>	Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -2.50 m da p.c.
<b>Tavola 6:</b>	Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -4.50 m da p.c.

#### **ALLEGATI:**

<b>Allegato 1:</b>	Indagini sismiche MASW
<b>Allegato 2:</b>	Approfondimento di II livello: scenario Z3a
<b>Allegato 3:</b>	Approfondimento di II livello: scenario Z4, 0.00 m da p.c.
<b>Allegato 4:</b>	Approfondimento di II livello: scenario Z4, -1.50 m da p.c.
<b>Allegato 5:</b>	Approfondimento di II livello: scenario Z4, -2.50 m da p.c.
<b>Allegato 6:</b>	Approfondimento di II livello: scenario Z4, -4.50 m da p.c.

## 1 PREMESSA

Il presente documento, redatto per conto dell'Amministrazione Comunale di Sovico a seguito di Determina n°569 del 21.12.2016 del Settore Pianificazione e Gestione del Territorio – Edilizia Privata, riguarda l'aggiornamento della componente geologica idrogeologica e sismica allegata al Piano di Governo del Territorio ai sensi dei criteri attuativi della L.R. 12/2005 (D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011: 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).

In particolare, questa integrazione si è resa necessaria a seguito della D.G.R. 10/2129 del 11 luglio 2014: Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d), nella quale viene deliberato il passaggio del territorio comunale di Sovico da zona sismica 4 a zona sismica 3. La suddetta D.G.R. precisa inoltre che i Comuni riclassificati debbano aggiornare la componente sismica degli studi geologici di supporto agli strumenti urbanistici, secondo le disposizioni di cui ai vigenti Criteri attuativi dell'art. 57 della l.r. 12/2005, in occasione della revisione periodica del Documento di Piano.

In accordo con gli obiettivi della suddetta legislazione, la presente relazione si articola nei seguenti passaggi:

- 1- verifica e raccolta dei dati geologici esistenti relativi al territorio del Comune di Sovico e del suo immediato intorno, con particolare riferimento alla Componente Geologica attualmente adottata;
- 2- identificazione, dalla carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL), delle porzioni di territorio comunale soggette ad amplificazioni di tipo litologico e/o morfologico;
- 3- svolgimento di indagini sismiche indirette (MASW) per la caratterizzazione del territorio comunale in termini di velocità delle onde S ( $V_s$ );
- 4- applicazione delle procedure di approfondimento di 2° livello previste dalla D.G.R. 11/2616 per la definizione semi-quantitativa dell'amplificazione sismica attesa in sito;
- 5- individuazione di aree con caratteristiche sismiche omogenee;
- 6- aggiornamento delle Norme Tecniche di Attuazione in riferimento agli aspetti sismici.

È parte integrante della relazione la seguente documentazione cartografica:

- Tavola 1: Ubicazione dei punti di indagine  
Tavola 2: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni topografiche  
Tavola 3: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, 0.00 m da p.c.  
Tavola 4: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -1.50 m da p.c.  
Tavola 5: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -2.50 m da p.c.  
Tavola 6: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -4.50 m da p.c.

E gli allegati:

- Allegato 1: Indagini sismiche MASW  
Allegato 2: Approfondimento di II livello: scenario Z3a  
Allegato 3: Approfondimento di II livello: scenario Z4, 0.00 m da p.c.  
Allegato 4: Approfondimento di II livello: scenario Z4, -1.50 m da p.c.  
Allegato 5: Approfondimento di II livello: scenario Z4, -2.50 m da p.c.  
Allegato 6: Approfondimento di II livello: scenario Z4, -4.50 m da p.c.



## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per la valutazione della pericolosità sismica locale è la seguente:

- OPCM 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 s.m.i.;
- D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 Disposizioni preliminari per l’attuazione della OPCM n. 3274 del 20/03/2003;
- D.M. 14 gennaio 2008 Norme tecniche per le costruzioni;
- D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011: 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;
- D.G.R. 10/2129 del 11 luglio 2014: Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d).

Secondo la suddetta normativa, il terreno di fondazione, inteso come spessore di terreno compreso fra il piano di posa delle fondazioni degli edifici di progetto ed un substrato rigido di riferimento (bedrock sismico) e/o il terreno presente fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, viene suddiviso nelle seguenti categorie:

Categoria	Definizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
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 $V_{s,30}$ 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ , $70 < c_u < 250$ kPa).
D	D Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 180$ m/s ( $\text{NSPT} < 15$ , $c_u < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di $V_{s,30}$ 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 $V_{s,30} > 800$ m/s.

Le NTC 2015 hanno eliminato le categorie S1 ed S2:

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 $V_{s,30} < 100$ m/s ( $10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Le Norme Tecniche dell'Ordinanza sopracitata forniscono inoltre un ulteriore elemento utile per la progettazione, costituito da 4 valori dell'accelerazione orizzontale di picco del suolo ( $a_g$ ) sulla base dei quali applicare le norme progettuali e costruttive fornite dalla normativa. Sulla base dei valori di accelerazione orizzontale, il territorio nazionale è stato suddiviso nelle seguenti zone sismiche:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )
1	0.35
2	0.25
3	0.15
4	0.05

Il Comune di Sovico ricade in zona sismica 3.

A livello regionale, la D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011 prevede tre distinti livelli di approfondimento per la valutazione degli effetti sismici di sito, di cui i primi due previsti in fase pianificatoria ed il terzo in fase progettuale. In particolare, seguendo un grado di approfondimento crescente, i diversi livelli sono così distinti:

- I livello: consiste in un approccio qualitativo ed osservazionale che permette l'individuazione su base geologica, geomorfologica e morfologica delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono prevedibili. Applicato in fase pianificatoria, risulta nella redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL), in cui viene riportata la perimetrazione areale e lineare dei diversi scenari di pericolosità sismica locale. Questi sono ricondotti a quanto rappresentato dalla Tabella 1 dell'Allegato 5 della D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011, riportata di seguito:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	Cedimenti
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o 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

- II livello: si applica a tutti gli scenari derivati dal I livello e suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). Consiste in un approccio di tipo semiquantitativo che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione ( $F_a$ ), facendo riferimento ad una sismicità di base caratterizzata da un periodo

di ritorno di 475 anni (probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni). Gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del fattore di amplificazione ottenuto. Il valore di  $F_a$  può essere riferito a due intervalli di periodo funzione delle tipologie edilizie prese in considerazione: l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. La procedura prevede la valutazione del valore di  $F_a$  ed il successivo confronto con apposite soglie comunali, in modo da verificare se lo spettro proposto dalla normativa risulti sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito. In caso la verifica dia responso negativo occorrerà procedere ad analisi di III livello o utilizzare uno spettro caratteristico più penalizzante. Il II livello è obbligatorio in fase pianificatoria per i comuni ricadenti in zona sismica 2 o 3, negli scenari PSL suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4), se interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica.

- III livello: consiste nella stima quantitativa degli effetti sismici di sito e si applica in fase progettuale agli scenari qualitativi suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), cedimenti e/o liquefazioni (Z2), nonché per le aree suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di  $F_a$  superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del II livello.

### 3 STUDI PRECEDENTI

Nel comune di Sovico è attualmente vigente la Componente Geologica allegata al Piano di Governo del Territorio redatta nel Luglio 2010 dal Dott. Geol. Filippo Valentini. All'interno dello studio sono riportate le principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del territorio, risultanti nella suddivisione del territorio in differenti classi di fattibilità geologica, regolate da apposite Norme Tecniche di Attuazione.

Il contenuto di tale studio è interamente recepito all'interno del presente aggiornamento, con particolare riferimento agli aspetti geologici ed al 1° livello di approfondimento sismico, consistente nella redazione della carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL). Allo stesso modo sono state recepite le indagini geotecniche, le quali sono state poi integrate con quanto contenuto nell'Archivio Geoplan (Tavola 1). Di seguito si riassumono i principali lineamenti geologici del territorio comunale.

#### 3.1 LINEAMENTI GEOLOGICI

Il comune di Sovico è localizzato in un settore di media pianura compreso tra le quote 188 m s.l.m. e 228 m s.l.m.. A causa delle diverse fasi glaciali che si sono susseguite in quest'area, il territorio è prevalentemente occupato da depositi morenici, localizzati nella porzione altimetricamente più elevata grossomodo compresa tra via Fiume e le vie De Gasperi e San Francesco, e fluvio-glaciali, ubicati nelle porzioni ribassate circostanti. Lungo la valle costituita dal fiume Lambro sono invece rinvenuti, oltre a depositi fluviali, affioramenti conglomeratici attribuiti alla formazione del "Ceppo".

In accordo con quanto contenuto nel foglio Seregno, cartografia CARG a scala 1: 50.000, all'interno del territorio comunale sono distinte le seguenti unità geologiche:

- ✓ Ceppo di Inverigo (LBI)
- ✓ Sintema di Cascina Fontana (BOF)
- ✓ Sintema di Binago (BIN)
- ✓ Unità di Guanzate (BEZ)

### **3.1.1 SINTEMA DEL PO (POI)**

### **3.1.2 CEPPO DI INVERIGO (LBI)**

Il Ceppo di Inverigo è costituito da conglomerati medio-fini poligenici a matrice carbonatica, con intercalazioni di livelli arenacei, stratificazione incrociata e gradazioni. I clasti appartengono prevalentemente a litologie carbonatiche, con subordinata componente cristallina e vulcanica, dimensioni modali pari a 2-3 cm e buona selezione. Il Ceppo di Inverigo è attribuibile al Piacenziano ed affiora in corrispondenza della valle del Labro, al confine orientale di Sovico.

### **3.1.3 SINTEMA DI CASCINA FONTANA (BOF)**

Il Sintema di Cascina Fontana è costituito da diamicton e ghiaie a supporto di matrice, talvolta con intercalazioni sabbiose e locale cementazione. I clasti, centimetrici e mal selezionati, appartengono prevalentemente a litologie carbonatiche e metamorfiche e mostrano grado di alterazione molto elevato, con decarbonatazione, arenitizzazione e presenza di cortex. Questa unità, attribuibile al Pleistocene medio, costituisce la porzione più elevata del territorio comunale.

### **3.1.4 SINTEMA DI BINAGO (BIN)**

Il Sintema di Binago è costituito da ghiaie a supporto di matrice sabbioso-limosa, subordinatamente clastico. Le litologie prevalenti sono di tipo carbonatico e metamorfico, con bassa alterazione rappresentata da debole decarbonatazione e cortex millimetrici. Le dimensioni dei clasti si attestano su valori modali centimetrici e massimi pari a 50 cm, con buon grado di selezione. Questa unità, attribuibile al Pleistocene medio, costituisce la maggior parte della porzione occidentale del territorio comunale.

### **3.1.5 UNITÀ DI GUANZATE (BEZ)**

L'unità di Guanzate, appartenente al Supersintema di Besnate, è costituita da ghiaie medio-grossolane a supporto di matrice sabbiosa e con debole isorientazione. I clasti, centimetrici da subarrondati a subangolosi, appartengono prevalentemente a litologie carbonatiche, metamorfiche e subordinatamente ignee. Il grado di alterazione non è molto elevato e consiste prevalentemente in decarbonatazione ed arenitizzazione. Questa unità, attribuita al Pleistocene medio-superiore, è rinvenuta sul terrazzo prospiciente la valle del Lambro e, in misura minore, al confine occidentale di Sovico.

### **3.1.6 SINTEMA DEL PO (POI)**

Il Sintema del Po, di origine postglaciale, è costituito da sabbie grossolane e ghiaie fini con abbondante matrice sabbiosa. Associato al trasporto del Fiume Lambro, si ritrova lungo i terrazzi

fluviali e lungo l'alveo, dove costituisce depositi privi di alterazione e con clasti da subarrotondati ad angolosi.

## **4 1° LIVELLO: PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE**

L'analisi della pericolosità sismica locale sul territorio del Comune di Sovico è stata realizzata all'interno del P.G.T. vigente sulla base di quanto contenuto nella D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, ed il particolare nell'Allegato 5 alla stessa; i risultati di quanto presente sul territorio comunale sono espressi nella "Carta della pericolosità sismica locale", riportata in Tavola 1. Nella seguente relazione viene acquisita in toto l'elaborazione e la base cartografica di quanto contenuto nella documentazione geologica a corredo del Piano, ad eccezione dell'andamento della zona Z3a, per la quale l'andamento della scarpata è stato rivisto sulla base della nuova base topografica.

All'interno del 1° livello di approfondimento il territorio comunale è stato suddiviso nei seguenti scenari di pericolosità:

- ✓ Zona Z1c
- ✓ Zona Z2
- ✓ Zona Z3a
- ✓ Zona Z4a
- ✓ Zona Z4c

### **4.1 ZONA Z1C**

Sono zone potenzialmente franose o esposte a rischio frana. Sebbene non siano stati censiti dissesti all'interno del territorio comunale, la classe include in via cautelativa tutte le porzioni con acclività superiore a 20°. Queste corrispondono a due distinte scarpate nella porzione orientale di Sovico, osservabili rispettivamente lungo via De Gasperi e via Alpini ed al limitare del territorio comunale, in corrispondenza della valle del fiume Lambro.

### **4.2 ZONA Z2**

Sono zone con presenza di terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.); sul territorio del Comune di Sovico sono identificate all'interno della zona Z2 tre settori originariamente adibiti ad aree di cava, ubicati rispettivamente in via Cava, via Prealpi e via del Donatore. Con l'eccezione del primo settore, le cave sono state riempite una volta cessata l'attività con materiali di natura ignota. Per queste aree, in occasione di eventi sismici non sono da escludere elevati cedimenti e/o fenomeni di liquefazione.

### **4.3 ZONA Z3A**

Sono identificate su base morfologica e comprendono i tratti delle scarpate principali e secondarie per le quali il dislivello fra il ciglio e il piede della scarpata è superiore a 10 m. Per queste zone in concomitanza di eventi sismici sono possibili amplificazioni topografiche. All'interno del territorio di Sovico è individuata una sola scarpata con queste caratteristiche, collocata al margine orientale del territorio, in corrispondenza della valle del fiume Lambro.

#### **4.4 ZONA Z4A**

Comprende le zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o depositi coesivi; sul territorio del Comune di Sovico comprende le aree in cui affiorano depositi ascrivibili al Sintema di Binago, all'Unità di Guanzate ed al Sintema del Po, i quali occupano la maggior parte del territorio comunale. Per queste zone in occasione dell'evento sismico sono possibili amplificazioni litologiche.

#### **4.5 ZONA Z4C**

Sono definite come zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, che sul territorio del Comune di Sovico comprendono unicamente i depositi glaciali del Sintema di Cascina Fontana, ubicati grossomodo nella porzione centrale dell'urbanizzato. Anche per queste zone, in occasione dell'evento sismico, sono possibili amplificazioni litologiche.

### **5 INDAGINE SISMICA**

Al fine di caratterizzare il profilo di velocità sismica dei terreni ricadenti all'interno del comune di Sovico sono state effettuate indagini sismiche sito-specifiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis Surface Waves).

#### **5.1.1 PROVA MASW**

L'indagine MASW è un'indagine geofisica che permette di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali ( $V_s$ ) in funzione della profondità, ottenendo così un modello stratigrafico monodimensionale del sito investigato. Questo tipo di indagine permette di ricavare, in base alla normativa vigente, la categoria di sottosuolo ai fini sismici; questa viene infatti espressa tramite il valore  $V_{s,30}$ , inteso come il valore relativo di velocità delle onde S nei primi 30 metri da piano campagna.

La strumentazione utilizzata per le prove MASW è costituita da:

- un sismografo EEG BR24 24 canali
- 24 geofoni a 4.5Hz;
- una mazza da 6 Kg (in dotazione anche un fucile sismico in caso di risposta insufficiente).

La procedura di acquisizione ed elaborazione di un' indagine MASW è suddivisa in tre stadi:

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

#### **5.1.2 UBICAZIONE DEGLI STENDIMENTI**

Sono state eseguite n. 6 indagini sismiche MASW, collocate, compatibilmente con le condizioni logistiche, in punti litologicamente e morfologicamente rappresentativi del territorio comunale; l'ubicazione delle prove è stata infatti definita in funzione della classificazione sismica

vigente a livello comunale (I livello; carta della PSL), in modo da offrire una rappresentazione omnicomprensiva degli scenari di pericolosità presenti.

L'ubicazione delle prove è riportata nella cartografia di Tavola1 ed è riassunta nella sottostante tabella, di seguito per ogni prova MASW eseguita si trova la documentazione fotografica e l'ubicazione su foto aerea. I risultati acquisiti nel corso della campagna di indagine e l'elaborazione dei dati sono invece contenute in Allegato 1.

Prova	Ubicazione	Scenario PSL	Litologia
1	Campo sportivo di via Alpini	Z4a	BEZ
2	Viale Brianza angolo via Micca	Z4c	BOF
3	Via Matteotti	Z4a	BIN
4	Via Manzoni angolo via Puecher	Z4a	BIN
5	Campo sportivo di via Turati	Z4c	BOF
6	Vicolo Meda	Z4a	BEZ



**MASW 1**



**MASW 2****MASW 3**



**MASW 4****MASW 5**

**MASW 6**

## 6 ANALISI SISMICA DI 2° LIVELLO

In base a quanto contenuto nella carta di Pericolosità Sismica Locale sono stati distinti due possibili scenari di amplificazione:

- ✓ amplificazione topografica, ricadenti nell'intorno della classe lineare Z3a, lungo la scarpata principale delimitante la valle del Fiume Lambro
- ✓ amplificazione litologica nelle classi Z4a e Z4c individuate nella classificazione sismica di primo livello

Nei paragrafi seguenti gli effetti sul moto sismico di riferimento verranno analizzati secondo l'approccio semiquantitativo di 2° livello, così come previsto dalla D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011. Questo si basa essenzialmente sul confronto tra il fattore di amplificazione calcolato per lo specifico sito (FAS) con il corrispondente valore di soglia comunale (FAC), al fine di stabilire la sufficienza o meno dello spettro proposto dalla normativa nel tenere conto della reale amplificazione sismica del sito. Per quanto riguarda il comune di Sovico sono normati i seguenti valori di soglia, distinti in funzione dei periodi e delle categorie di sottosuolo esaminate; al fine della definizione delle categorie di suolo i valori di riferimento nella cartografia realizzata sono comprensivi della tolleranza di +0.1 rispetto ai valori di soglia comunale.

Intervallo	Categoria di sottosuolo			
	B	C	D	E
0.1 – 0.5 s	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1



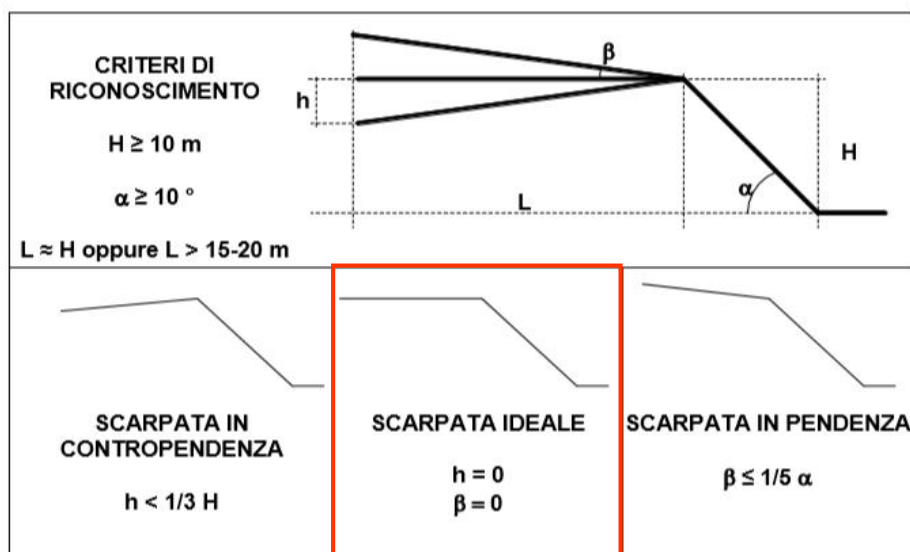
## 6.1 AMPLIFICAZIONI TOPOGRAFICHE

Per la verifica delle amplificazioni litologiche che possono verificarsi in corrispondenza della scarpata che borda la valle del Fiume Lambro al limite orientale del territorio comunale è stata adottata, come previsto dalla normativa regionale di riferimento, una procedura semplificata. Per le verifiche previste dall'approfondimento di amplificazione litologica è stata scelta, sulla base delle caratteristiche morfologiche della scarpata, l'apposita scheda riportata all'interno del paragrafo 2.2.1 dell'allegato 5 alla sopracitata D.G.R..

On funzione delle caratteristiche morfologiche riscontrate sul terreno, la scarpata è stata considerata come "scarpata ideale" ovvero con la porzione di terreno immediatamente a monte del ciglio superiore orizzontale o sub-orizzontale, L'altezza H è stata invece misurata in valori compresi tra 10 e 20 m, a seconda dei diversi settori.

Come riportato nella scheda seguente ed in allegato 3, è stato utilizzato un valore massimo del fattore di amplificazione pari ad 1.1 assegnato al ciglio del fronte principale fino alla base della scarpata e lungo l'area di influenza collocata immediatamente a tergo del ciglio, in questo caso assunta pari a 20 m. La perimetrazione così ottenuta è riportata in Tavola 2.

EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

## 6.2 AMPLIFICAZIONI LITOLOGICHE

### 6.2.1 PRINCIPI METODOLOGICI

Nelle aree soggette ad amplificazione litologica, la verifica di 2° livello consente la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi al sito e l'individuazione di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici. La procedura di verifica fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), riferito agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s dipendenti dalla tipologia di edificio di riferimento.

Nelle aree con possibili amplificazioni morfologiche la procedura richiede:

- a. definizione della litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- b. definizione della stratigrafia del sito;
- c. definizione dell'andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s (bedrock sismico);
- d. conoscenza di spessore e velocità di ciascuno strato.

La Regione Lombardia mette a disposizione una serie di schede di riferimento, riferite a differenti litologie, da adottare per la valutazione di Fa.

La possibilità di occorrenza di amplificazioni di tipo litologico sussiste su gran parte del territorio comunale di Sovico, in cui sono presenti scenari di pericolosità Z4a e Z4c. La valutazione dei fattori di ingresso definiti in precedenza è stata effettuata nel seguente modo

- a. definizione della litologia prevalente dei materiali presenti nel sito: per quanto riguarda in particolare i dati relativi agli orizzonti superficiali, si sono valutati i risultati delle verifiche geotecniche contenute nei documenti di pianificazione geologica o disponibili presso l'Archivio Geoplan; su tutto il territorio comunale gli orizzonti superficiali sono costituiti da materiali sabbioso-limoso a basso grado di compattezza
- b. definizione della stratigrafia del sito: verificata sulla base dei dati relativi ai pozzi per acqua; la situazione presente sul territorio comunale è relativamente omogenea, con presenza di depositi ghiaioso-sabbioso-limosi fino al di sopra del bedrock
- c. definizione dell'andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s (bedrock sismico): in relazione alla sostanziale omogeneità della successione stratigrafica presente, la profondità del bedrock sismico, qualora non direttamente ricavata dalle indagini effettuate, è stata definita valutando un incremento progressivo della velocità delle onde sismiche con l'aumento della profondità
- d. conoscenza di spessore e velocità di ciascuno strato, ottenuta sulla base delle verifiche di terreno che sono state effettuate

Una volta definiti i fattori di ingresso, la valutazione avviene secondo il seguente schema:

- ✓ individuazione della scheda di riferimento e verifica della validità della stessa in base all'andamento dei valori di Vs con la profondità;
- ✓ scelta, in funzione della profondità e della velocità Vs dello strato superficiale, della curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s oppure 0.5-1.5 s (di riferimento per l'edificio in progetto) in base al valore del periodo proprio del sito T.

Il valore di  $F_a$  viene quindi calcolato sulla base degli algoritmi disponibili nelle due ipotesi di verifica precedentemente descritte. La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di  $F_a$  ottenuto per il sito di riferimento con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun comune e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (classi B, C, D ed E delle Norme Tecniche per le Costruzioni) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 s e 0.5-1.5 s.

Il periodo proprio del sito  $T$  necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando tutta la stratigrafia da quota imposta fondazione fino alla profondità in cui il valore della velocità  $V_s$  è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 * \sum_{i=1}^n h_i}{\left( \frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} * h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

In cui:

$h_i$  = spessore del singolo strato

$V_{s_i}$  = velocità del singolo strato

Sulla base delle conoscenze geologiche-geotecniche raccolte all'interno della Componente Geologica attualmente adottata, ed in particolare dall'analisi delle successioni stratigrafiche superficiali, nonché a seguito del confronto ottenuto tramite le indagini MASW svolte, è stato deciso di adottare per l'intero territorio comunale la scheda per litologia limoso – sabbiosa di tipo 2, riportata nella pagina seguente. Una volta scelta la tipologia di scheda è stato possibile legittimare l'uso della stessa verificando che il profilo  $V_s$  ottenuto per le MASW svolte ricadesse all'interno del campo di validità previsto.

La normativa prevede la realizzazione di verifiche in campo libero, in relazione ad alcune situazioni tipo che si riscontrano nella progettazione delle strutture di fondazione, l'approfondimento di II livello è stato svolto ipotizzando diverse profondità del piano di posa delle opere fondazionali, ed in particolare:

- 0.00 m da p.c. (condizioni di campo libero)
- -1.50 m da p.c. (posa di piccoli plinti e/o fondazioni superficiali)
- -2.50 m da p.c. (posa plinti isolati e/o piani seminterrati)
- -4.50 m da p.c. (piani interrati)

Sono possibili altre casistiche, come interrati più profondi (2 o 3 piani, ad esempio per parcheggi interrati) e con varie tipologie di fondazione.

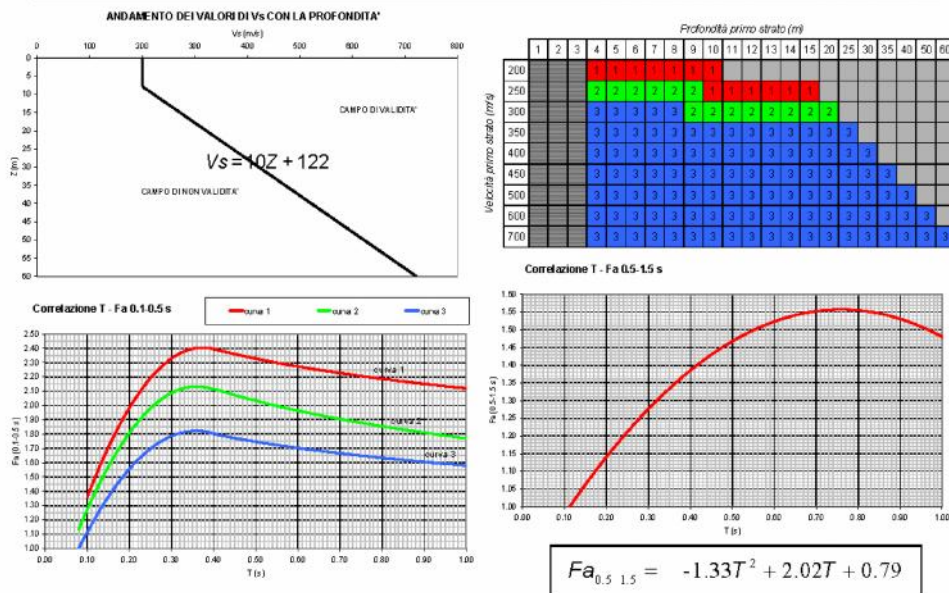
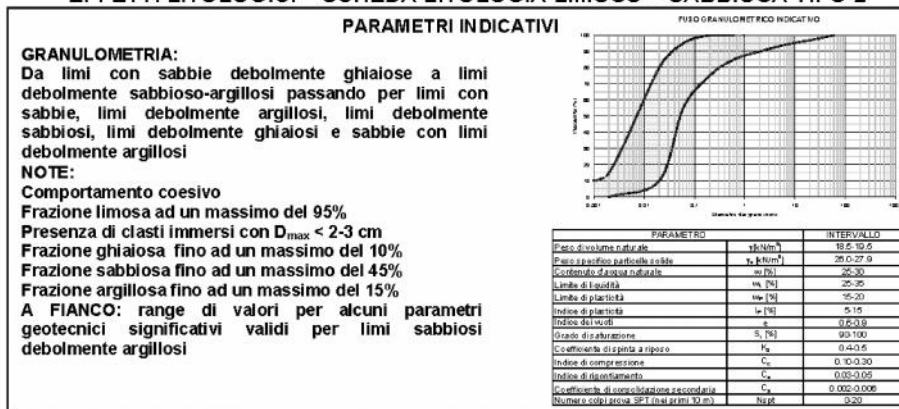
Le procedure di calcolo di  $F_a$  sono contenute negli Allegati 3-6; nello stesso sono anche riportate le verifiche di congruità con la scheda di riferimento litologica (litologia limoso-sabbiosa 2) che è stata utilizzata nel calcolo.

La variazione delle  $V_{s30}$  e dei valori di  $F_a$  sono illustrati nei capitoli successivi.



ALLEGATO 5

## EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $F_{a,0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a,0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $F_{a,0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $F_{a,0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $F_{a,0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$

## 6.2.2 VERIFICA DI VS30

### 6.2.2.1 Procedura di calcolo di VS30

Il parametro  $V_{s30}$  è stato calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n h_i / V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m immediatamente sottostanti il piano di posa delle fondazioni.

## 6.2.3 VERIFICA DEI RISULTATI

In funzione delle differenti profondità ipotizzate, sono stati calcolati i valori di  $V_{s30}$  per gli stendimenti effettuati. In tutti i casi esaminati questi sono risultati appartenere alla categoria di sottosuolo 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 VS,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).”. I valori ottenuti sono riassunti nella tabella sottostante.

MASW	PSL	Litologia	Categoria sottosuolo	$V_{s,30}$			
				0.00 m	-1.50 m	-2.50 m	-4.50 m
1	Z4a	BEZ	B	421	443	459	487
2	Z4c	BOF	B	430	483	523	610
3	Z4a	BIN	B	411	448	475	514
4	Z4a	BIN	B	379	409	424	451
5	Z4c	BOF	B	372	401	420	459
6	Z4a	BEZ	B	479	522	553	596

## 6.2.4 VERIFICA DI FA

### 6.2.4.1 Verifica a piano campagna

Assumendo il piano di posa coincidente con la quota di piano campagna, l'approfondimento di II livello per le indagini svolte è risultato nei fattori di amplificazione riportati nella seguente tabella. Le procedure relative alle singole prove sono presentate all'interno dell'Allegato 3.

MASW	PSL	Litologia	T	Fa <sub>CALC</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>CALC</sub> 0.5-1.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.5-1.5 s
1	Z4a	BEZ	0.27	1.7	1.4	1.2	1.7
2	Z4c	BOF	0.21	2.0	1.4	1.2	1.7
3	Z4a	BIN	0.26	2.0	1.4	1.2	1.7
4	Z4a	BIN	0.32	2.1	1.4	1.3	1.7
5	Z4c	BOF	0.27	2.0	1.4	1.2	1.7
6	Z4a	BEZ	0.20	1.6	1.4	1.1	1.7

Riguardo all'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 secondi, ne consegue che nessuno dei fattori di amplificazione ottenuti è compreso all'interno dei valori soglia indicati a livello comunale per la categoria di sottosuolo B. Di conseguenza, la normativa vigente è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Per quanto riguarda l'intervallo di periodo compreso tra 0.5 e 1.5 secondi, tutte e sei le indagini svolte hanno restituito valori inferiori alla soglia indicata per sottosuoli di categoria B. In questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica.

#### 6.2.4.2 Verifica a -1.50 m da piano campagna

Il piano di posa delle opere fondazionali è stato in seguito assunto pari a quota -1.50 m da piano campagna, come solitamente adottato nelle comuni pratiche costruttive per fondazioni superficiali e plinti di ridotte dimensioni. I risultati derivati dall'approfondimento di II livello sono riportati nella seguente tabella. Le procedure relative alle singole prove sono invece presentate all'interno dell'Allegato 4.

MASW	PSL	Litologia	V <sub>s,30</sub>	Fa <sub>CALC</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>CALC</sub> 0.5-1.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.5-1.5 s
1	Z4a	BEZ	443	1.6	1.4	1.2	1.7
2	Z4c	BOF	483	1.8	1.4	1.1	1.7
3	Z4a	BIN	448	1.7	1.4	1.2	1.7
4	Z4a	BIN	409	2.1	1.4	1.3	1.7
5	Z4c	BOF	401	2.0	1.4	1.2	1.7
6	Z4a	BEZ	522	1.5	1.4	1.1	1.7

Riguardo all'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 secondi, ne consegue che, con l'eccezione della prova 6, nessuno dei fattori di amplificazione ottenuti è compreso all'interno dei valori soglia indicati a livello comunale per la categoria di sottosuolo B. Di conseguenza, nel sito di prova n. 6, tenuto conto anche della variabilità insita nella procedura e pari a  $\pm 0.1$ , la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica. Per tutti gli altri punti di indagine la normativa vigente è invece insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.



Per quanto riguarda l'intervallo di periodo compreso tra 0.5 e 1.5 secondi, tutte e sei le indagini svolte hanno restituito valori inferiori alla soglia indicata per sottosuoli di categoria B. In questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica.

#### 6.2.4.3 Verifica a -2.50 m da piano campagna

Il piano di posa delle opere fondazionali è stato poi assunto pari a -2.50 m da piano campagna, coerentemente con quanto solitamente adottato in fase di progettazione per piani seminterrati e plinti isolati. I risultati derivati dall'approfondimento di II livello sono riportati nella seguente tabella. Le procedure relative alle singole prove sono invece presentate all'interno dell'Allegato 5.

MASW	PSL	Litologia	T	Fa <sub>CALC</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>CALC</sub> 0.5-1.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.5-1.5 s
1	Z4a	BEZ	0.20	1.5	1.4	1.1	1.7
2	Z4c	BOF	0.18	1.7	1.4	1.1	1.7
3	Z4a	BIN	0.23	1.6	1.4	1.2	1.7
4	Z4a	BIN	0.29	1.8	1.4	1.3	1.7
5	Z4c	BOF	0.23	1.7	1.4	1.2	1.7
6	Z4a	BEZ	0.17	1.5	1.4	1.1	1.7

Riguardo all'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 secondi, le prove 1 e 6, tenuto conto della variabilità insita nella procedura e pari a  $\pm 0.1$ , sono risultate conformi la normativa, la quale è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica. Per i punti di indagine 2, 3, 4 e 5, la normativa vigente è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Per quanto riguarda l'intervallo di periodo compreso tra 0.5 e 1.5 secondi, tutte e sei le indagini svolte hanno restituito valori inferiori alla soglia indicata per sottosuoli di categoria B. In questo caso la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica.

#### 6.2.4.4 Verifica a -4.50 m da piano campagna

Il piano di posa delle opere fondazionali è stato infine assunto pari a -4.50 m da piano campagna, coerentemente con la profondità media di progettazione per piani interrati. I risultati derivati dall'approfondimento di II livello sono riportati nella seguente tabella. Le procedure relative alle singole prove sono invece presentate all'interno dell'allegato 6.

MASW	PSL	Litologia	T	Fa <sub>CALC</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.1-0.5 s	Fa <sub>CALC</sub> 0.5-1.5 s	Fa <sub>SOGLIA</sub> 0.5-1.5 s
1	Z4a	BEZ	0.22	1.6	1.4	1.2	1.7
2	Z4c	BOF	0.16	1.6	1.4	1.1	1.7
3	Z4a	BIN	0.21	1.6	1.4	1.2	1.7
4	Z4a	BIN	0.28	1.8	1.4	1.3	1.7
5	Z4c	BOF	0.21	1.6	1.4	1.2	1.7
6	Z4a	BEZ	0.15	1.4	1.4	1.1	1.7

Riguardo all'intervallo di periodo compreso tra 0.1 e 0.5 secondi, solamente la prova 6 è risultata conforme la normativa, la quale è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica. Per tutti gli altri siti di prova la normativa vigente è invece da considerarsi insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica.

Per quanto riguarda l'intervallo di periodo compreso tra 0.5 e 1.5 secondi, anche in questo caso tutte e sei le indagini svolte hanno restituito valori inferiori alla soglia indicata per sottosuoli di categoria B. La normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica.

### 6.3 VALUTAZIONI CONCLUSIVE

I risultati delle indagini e degli approfondimenti svolti hanno permesso di ricostruire l'entità delle amplificazioni sismiche all'interno del territorio comunale.

Per quanto riguarda le amplificazioni di tipo litologico, la normativa individua due distinte casistiche:

- il valore di Fa calcolato è inferiore al valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo corrispondente: la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
- il valore di Fa calcolato è superiore al valore di soglia comunale per la categoria di sottosuolo corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° livello) o utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema:
  - o anziché lo spettro della categoria di suolo B si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
  - o anziché lo spettro della categoria di suolo C si utilizzerà quello della categoria di suolo D;

- anziché lo spettro della categoria di suolo D si utilizzerà quello della categoria di suolo E.

In base ai risultati ottenuti per i diversi punti di prova e per le diverse profondità del piano di posa ipotizzate, gli approfondimenti di II livello hanno mostrato valori spesso superiori alle soglie stabilite a livello normativo per l'intervallo di periodo 0.1-0.5 s, dimostrando l'insufficienza degli spettri di norma corrispondenti. Questo implica la necessità di ricorrere in alcuni casi ad ulteriori approfondimenti (3° livello) o di utilizzare lo spettro corrispondente alla categoria di sottosuolo C e, qualora quest'ultimo non fosse sufficiente, alla categoria di sottosuolo D, come riassunto nella tabella seguente e cartografato nelle Tavole 3, 4, 5 e 6.

MASW	Spettro di norma caratteristico da utilizzare			
	p.p. 0.00 m	p.p. -1.50 m	p.p. -2.50 m	p.p. -4.50 m
1	C	C	B	C
2	D	C	C	C
3	D	C	C	C
4	D	D	C	C
5	D	D	C	C
6	C	B	B	B

Per quanto riguarda l'intervallo di periodo 0.5-1.5 s, i fattori di amplificazione calcolati sono risultati sempre compresi all'interno delle soglie stabilite per la categoria di sottosuolo B, il cui spettro caratteristico è sufficiente a tenere in considerazione le eventuali amplificazioni litologiche e può pertanto essere utilizzato nella totalità dei casi.

Infine, per quanto riguarda l'amplificazione di tipo topografico riconosciuta lungo la valle del Lambro sono stati ricavati valori massimi del fattore di amplificazione pari a 1.1. Considerati i risultati precedentemente esposti, nelle porzioni in cui sussistono amplificazioni di tipo topografico si considereranno solamente gli effetti litologici, in quanto rappresentativi di condizioni più sfavorevoli.

## 6.4 CARTOGRAFIA REALIZZATA

Le prove MASW sono indagini di tipo puntuale, la necessità di predisporre una cartografia di secondo livello per il territorio comunale ha comportato l'esigenza di estendere i dati puntuali a porzioni di territorio omogenei dal punto di vista geologico e sismico. Come sinteticamente riassunto nella tabella successiva, è possibile osservare come in alcuni casi siano presenti, all'interno del medesimo scenario di PSL ed anche nel medesimo scenario geologico, disomogeneità nelle categorie di sottosuolo da attribuire, in particolare per gli scenari Z4a e Z4c con piano di posa a -1.50 m e per lo scenario Z4a con piano di posa a -4.50 m.

Prova	Scenario PSL	Litologia
1	Z4a	BEZ
2	Z4c	BOF
3	Z4a	BIN
4	Z4a	BIN
5	Z4c	BOF
6	Z4a	BEZ

#### 6.4.1 METODOLOGIA DI ANALISI

Per definire l'andamento delle categorie di sottosuolo è stato approfondito l'esame delle caratteristiche litologiche dei terreni presenti sul territorio comunale, ed in particolare di quelle dei terreni superficiali, che costituiscono fattore di ingresso significativo per la scelta della curva di riferimento con cui valutare il fattore di amplificazione  $F_a$ . A tale scopo si sono ritenute significative le indagini geotecniche a mezzo di prove penetrometriche SCPT distribuite sul territorio comunale, in quanto coprono una porzione abbastanza estesa dello stesso territorio e sono confrontabili tra di loro. I dati utilizzati per l'analisi sono riportati in Tavola 1:

- prove penetrometriche comprese nella carta di caratterizzazione geotecnica facente parte dello studio della componente geologica del territorio comunale
- dati integrativi dell'archivio dello studio in cui opera lo scrivente

Si sottolinea ad ogni modo la connotazione fortemente puntuale delle indagini MASW e delle prove SCPT in contesti come questo, caratterizzati da depositi con notevole eterogeneità spaziale, la quale si ripercuote sulle proprietà geotecniche associate.

#### 6.4.2 PROFONDITÀ DI RIFERIMENTO A PIANO CAMPAGNA

Per quanto riguarda la verifica eseguita a piano campagna, la verifica di  $F_a$  per la MASW 1 e per la MASW 6 fanno riferimento alla categoria di suolo di tipo C, tutte le altre NASW invece fanno riferimento a suolo di tipo D; la situazione riferita a questa profondità di riferimento costituisce la Tavola 3 della presente relazione.

#### 6.4.3 PROFONDITÀ DI RIFERIMENTO A -1.50 M DA PIANO CAMPAGNA

In questo scenario di riferimento sono state individuate due difformità fra PSL di primo livello e categoria di suolo definita mediante verifica del fattore di amplificazione litologica.

La prima è costituita dalle prove 2-5 e 3-4, che pur appartenendo alle stesse classi di PSL hanno due risposte diverse nei confronti della valutazione di  $F_a$ . Sulla base della verifica dei dati geotecnici citati in precedenza è stato possibile distinguere la presenza di depositi con scarse caratteristiche geotecniche e potenziale occorrenza di occhi pollini nel settore meridionale del territorio comunale (prove 4, 6, 16, 24, 27, 31, 32 SG1, SG2, SG3, SG7, SG8), mentre invece nella porzione settentrionale sono presenti depositi progressivamente più addensati all'aumentare della profondità (prove 3, 5, 17, 23, SG 5, SG 9 in Tavola 1). Di conseguenza, per lo scenario con piano di posa posto a -1.50 m dal p.c., è stata attribuita la categoria di sottosuolo D nel settore Sud e la categoria di sottosuolo C nel settore Nord (Tavola 4).

La seconda situazione riguarda le prove 1-5, appartenenti alla stessa formazione geologica ed alla stessa classe di PSL; la verifica di Fa attribuisce alla prova 1 una categoria di sottosuolo c ed alla prova 6 una categoria si sottosuolo B. In questo caso la classificazione geotecnica è stata effettuata in funzione della profondità del substrato roccioso. Questo è infatti potenzialmente ubicato in prossimità del p.c. a ridosso della Valle del Lambro (prova SG 10), per poi approfondirsi spostandosi verso Ovest (prove 10, 33, SG 9) .

Entrambe le situazioni descritte sono riportate nella Tavola 4 della relazione.

#### **6.4.4 PROFONDITÀ DI RIFERIMENTO A -2.50 M DA PIANO CAMPAGNA**

In questo scenario di riferimento le prove MASW 1 e 6, appartenenti alla stessa formazione ed alla medesima PSL di primo livello, hanno come riferimento rispettivamente una categoria di suolo di tipo C e di tipo B; la suddivisione fra i due areali è stata effettuata con i medesimi criteri di profondità di riferimento a -1.50 m da piano campagna, come riportato in Tavola 6.

#### **6.4.5 PROFONDITÀ DI RIFERIMENTO A -4.0 M DA PIANO CAMPAGNA**

Per quanto riguarda la porzione orientale del comune, classificata all'interno della carta di PSL come Z4a, la classificazione geotecnica è stata effettuata in funzione della profondità del substrato roccioso. Questo è infatti potenzialmente ubicato in prossimità del p.c. a ridosso della Valle del Lambro (prova SG 10 in Tavola 1), per poi approfondirsi spostandosi verso Ovest (prove 10, 33, SG 9 in Tavola 1) . All'interno dello scenario con piano di posa ubicato a -4.50 m dal p.c. è stata pertanto attribuita la categoria di sottosuolo B alla porzione prospiciente la Valle del Lambro, passante alla categoria C spostandosi verso Ovest (Tavola 6).

### **6.5 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI**

Il DM 14.01.2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico.

Tali verifiche, secondo le NTC 2008, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che **tali analisi possono essere omesse** in presenza di uno dei seguenti casi:

- eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ( $M < 5$ );
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di *free-field*) inferiori a  $0.1g$  ( $a < 1 \text{ m/sec}^2$ );
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $N_{1,60} > 30$ ;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Da quanto sopra consegue che, corrispondendo al Comune di Sovico un valore di  $a_g \text{ max}$  pari 0.0554655 g, il fenomeno di liquefazione non potrà mai avvenire.

## 7 INTEGRAZIONI ALLA NORMATIVA DI PIANO

Si riportano di seguito alcune proposte di integrazione alle Norme Geologiche di Piano contenute nella componente geologica a corredo del PGT.

### 7.1 CLASSI DI FATTIBILITÀ

La presente integrazione normativa, riferita esclusivamente agli aspetti sismici e derivata dalle indagini precedentemente descritte, è da intendersi come strumento di supporto ed integrazione alle norme di carattere geologico attualmente presenti. La suddivisione del territorio comunale in classi di fattibilità geologica e gli elaborati cartografici contenuti nel documento redatto dal Dott. Geol. Filippo Valentini nel Luglio 2010 sono pertanto da ritenersi tuttora vigenti.

### 7.2 CATEGORIA DI SUOLO DA $V_{s,30}$

Le indagini sismiche di tipo MASW svolte nel corso del presente studio sono risultate, per tutti e sei gli stendimenti effettuati, in un valore di  $V_{s,30}$  corrispondente alla categoria B di sottosuolo, “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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $c_u$  > 250 kPa)”. L’ubicazione delle prove ed i valori di  $V_{s,30}$  ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

MASW	Ubicazione	$V_{s,30}$	Categoria sottosuolo
1	Campo sportivo di via Alpini	421	B
2	Viale Brianza angolo via Micca	430	B
3	Via Matteotti	411	B
4	Via Manzoni angolo via Puecher	379	B
5	Campo sportivo di via Turati	372	B
6	Vicolo Meda	479	B

### 7.3 FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

#### 7.3.1 VALORI DI RIFERIMENTO

La normativa attualmente vigente a livello regionale (D.G.R. 11/2616 del 30/11/2011) individua per il comune di Sovico i seguenti valori di soglia del fattore di amplificazione, distinti in funzione dei periodi e delle categorie di sottosuolo esaminate:

Intervallo	Categoria di sottosuolo			
	B	C	D	E
0.1 – 0.5 s	1.4	1.8	2.2	2.0
0.5 – 1.5 s	1.7	2.4	4.2	3.1

### 7.3.2 AREA DI DISTRIBUZIONE

L'applicazione dell'approfondimento di secondo livello ha permesso di riconoscere le porzioni di territorio comunale soggette ad amplificazioni di tipo morfologico e/o litologico, tramite l'applicazione delle metodologie e dei criteri precedentemente descritti. Sulla base dei risultati ottenuti sono state redatti 5 elaborati cartografici, di cui una relativo alle amplificazioni topografiche e 4 relative alle amplificazioni litologiche, distinte ipotizzando diverse profondità del piano di posa delle opere fondazionali:

- Tavola 2: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni topografiche
- Tavola 3: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, 0.00 m da p.c.
- Tavola 4: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -1.50 m da p.c.
- Tavola 5: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -2.50 m da p.c.
- Tavola 6: Classificazione sismica di II livello: amplificazioni litologiche, -4.50 m da p.c.

All'interno delle tavole sono riportate, con apposita retinatura, le diverse categorie di sottosuolo tali da avere spettro caratteristico sufficiente a tenere in considerazione gli eventuali effetti di amplificazione.

## 7.4 AMBITI DI APPLICAZIONE

I risultati del presente studio potranno essere utilizzati in sostituzione ad indagini sismiche sito-specifiche, per interventi soggetti a deposito sismico così come definito dalla D.G.R. 10/5001 del 30/03/2016 relativamente a limitate tipologie di intervento, di seguito specificate. Considerata la natura puntuale delle indagini svolte e l'eterogeneità spaziale dei depositi presenti sul territorio comunale di Sovico, rimane tuttavia compito del professionista incaricato, per qualsiasi tipologia di intervento esaminata, verificare e motivare la rispondenza tra il modello sismo-stratigrafico di sito e le indagini MASW riportate nel presente studio.

### 7.4.1 EDIFICI PUBBLICI E STRATEGICI E RILEVANTI

Per quanto attiene gli edifici con funzioni pubbliche o strategiche importanti o il cui uso preveda affollamenti significativi, ovvero per edifici con classi d'uso III e IV, il presente studio potrà essere utilizzato limitatamente al contesto puntuale delle indagini sismiche svolte, inteso come un areale massimo di 200 m dall'ubicazione degli stendimenti.

### 7.4.2 TIPOLOGIE DI INTERVENTO PREVISTE

Il testo di riferimento riguardo la definizione degli interventi edilizi è rappresentato dal D.P.R. 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia" e s.m.i., al quale si fa riferimento nella presente integrazione. In riferimento a quanto contenuto nel predetto

decreto, i risultati del presente studio potranno essere utilizzati per interventi ricadenti nelle seguenti categorie:

- Interventi di manutenzione ordinaria, qualora sia previsto il deposito sismico
- Interventi di manutenzione straordinaria;
- Interventi di restauro e risanamento conservativo su edifici residenziali monofamiliari e bifamiliari con sviluppo uguale o inferiore a 2 piani o su edifici industriali/commerciali con modeste interazioni tra struttura e terreno che non comportino una sensibile variazione dei carichi trasmessi dalla struttura al terreno;
- Interventi di ristrutturazione edilizia su edifici residenziali monofamiliari e bifamiliari con sviluppo uguale o inferiore a 2 piani o su edifici industriali/commerciali con modeste interazioni tra struttura e terreno che non comportino una sensibile variazione dei carichi trasmessi dalla struttura al terreno;
- Interventi di nuova costruzione relativi a manufatti infissi al suolo, opere accessorie ed edifici residenziali monofamiliari/bifamiliari con sviluppo uguale o inferiore a 2 piani.

Anche in presenza degli interventi precedentemente elencati rimane la possibilità, a discrezione del professionista incaricato, di effettuare apposita campagna di indagini sismiche al fine di ottenere una migliore definizione delle caratteristiche sismiche sito-specifiche.

Il presente studio non è applicabile ad altre tipologie di intervento non espressamente specificate, con particolare riferimento alla nuova costruzione di edifici industriali/commerciali o ampliamenti e modifiche sostanziali di fabbricati esistenti che comportino una rilevante variazione dei carichi trasmessi al terreno, per i quali andranno previste indagini così come prescritto dalla normativa vigente sia a livello comunale, che a livello regionale e nazionale (D.G.R. 2616/2011 e D.M. 14/01/2008).

---

Il tecnico incaricato: dott. geol. Cesare Resnati  
*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Lombardia col n° 346*

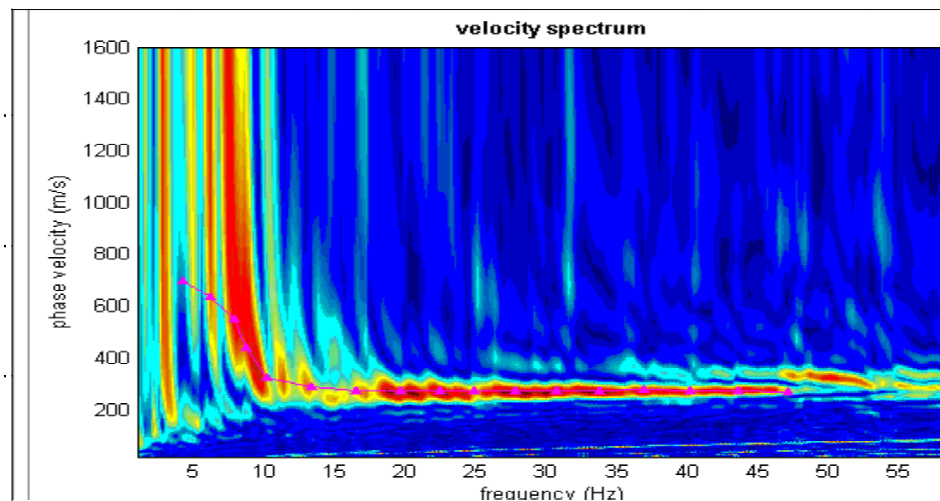


## **TAVOLE**

## **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1**

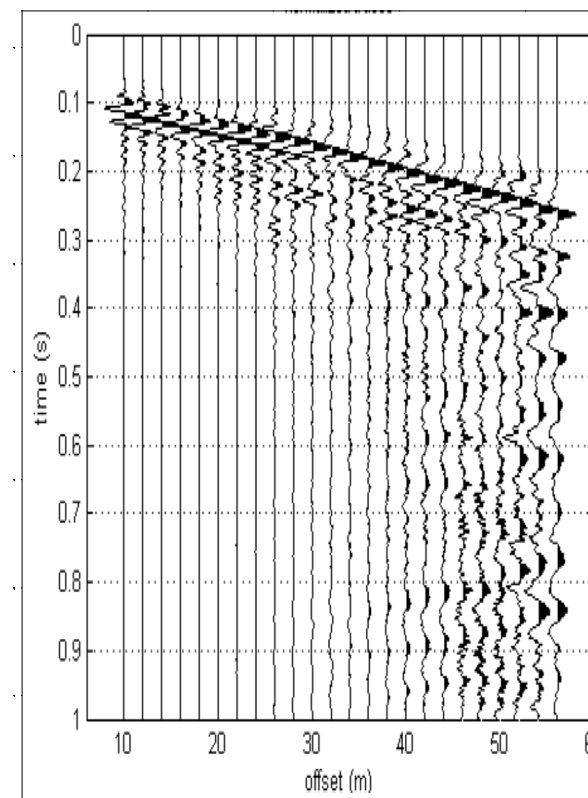
**INDAGINI SISMICHE MASW**



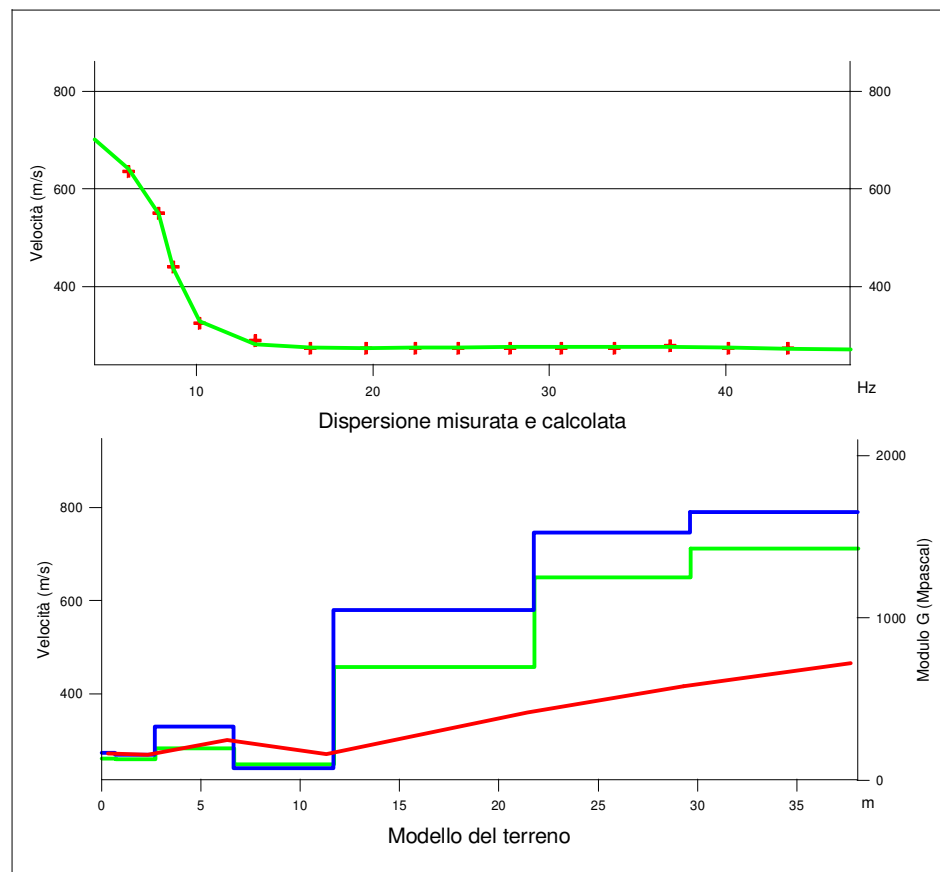
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.7	274	.0025	274	133
.7	2.7	270	.0074	271	129
2.7	6.7	330	.012	303	199
6.7	11.7	240	.0208	272	100
11.7	21.8	580	.0174	361	700
21.8	29.6	746	.0105	419	1250
29.6	38	790	.0106	467	1429

VALORE CALCOLATO VS30 = 421 m/s

## PROVA SISMICA VS30

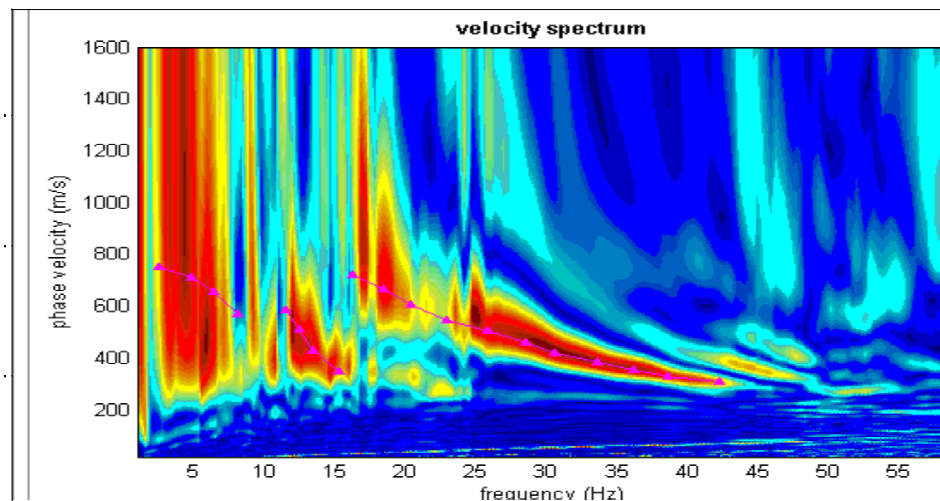
Sovico via Alpini

Studio Geoplan

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

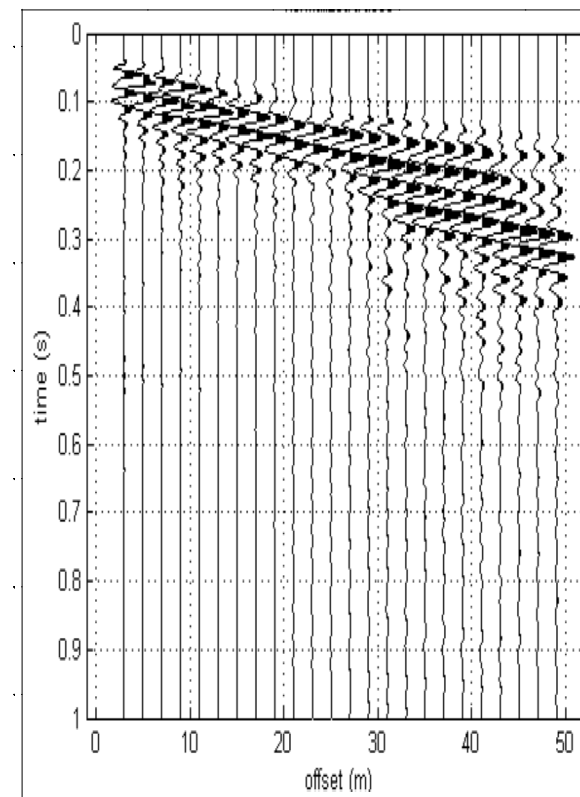
Marzo 2017



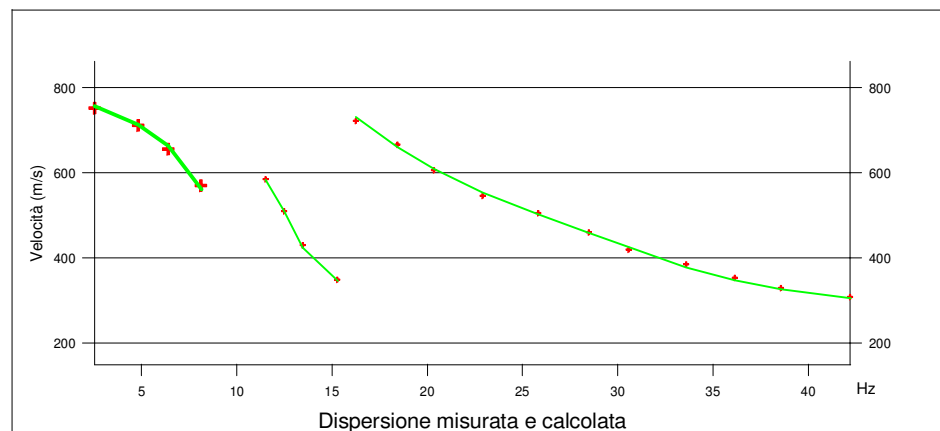
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

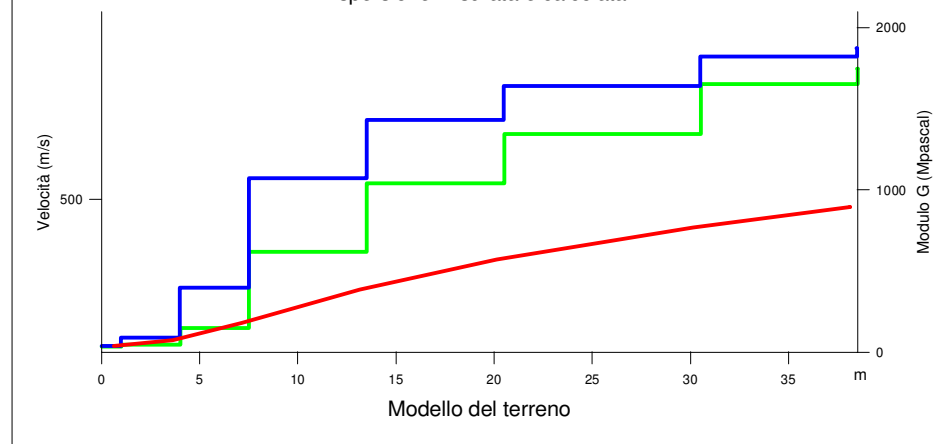
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D = 1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	1	150	.0067	150	37
1	4	170	.0176	165	48
4	7.5	290	.0121	206	151
7.5	13.5	550	.0109	285	620
13.5	20.5	690	.0101	357	1043
20.5	30.5	770	.013	433	1346
30.5	38.5	840	.0095	482	1651

VALORE CALCOLATO VS30 = 430 m/s

## PROVA SISMICA VS30

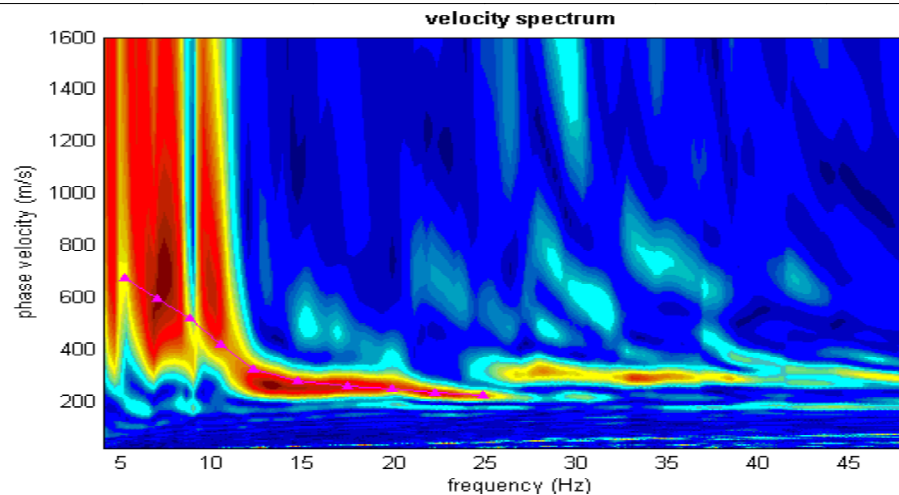
Sovico viale Brianza

Studio Geoplan

Metodologia MASW

VELOCITA' DELLE ONDE S

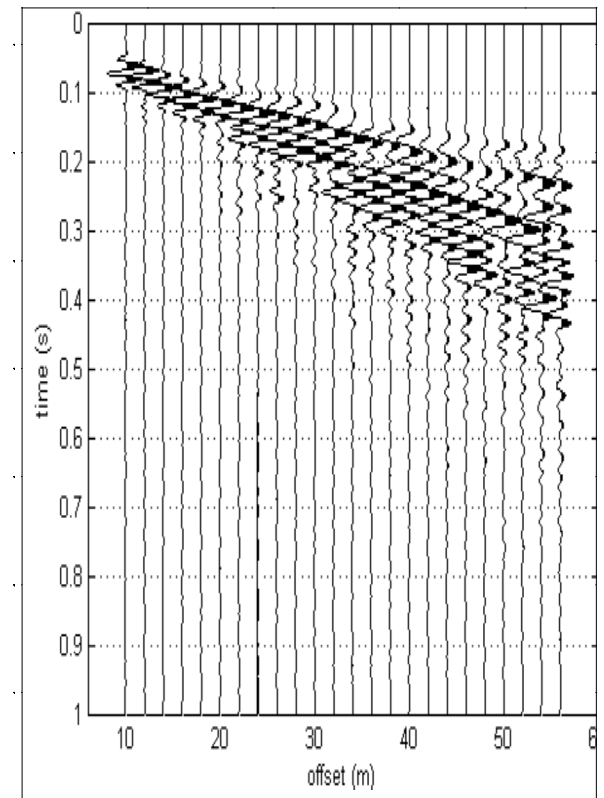
Marzo 2017



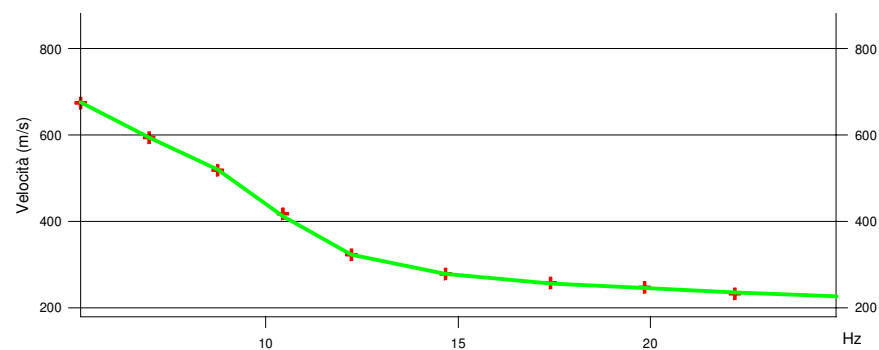
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

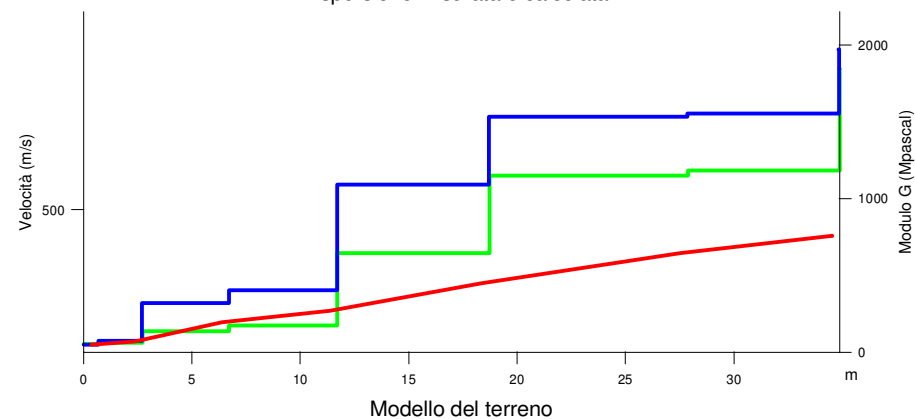
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.7	180	.0039	180	54
.7	2.7	190	.0105	187	61
2.7	6.7	280	.0143	233	140
6.7	11.7	310	.0161	261	174
11.7	18.7	560	.0125	326	646
18.7	27.9	720	.0127	398	1151
27.9	34.9	728	.0096	438	1181

VALORE CALCOLATO VS30 = 411 m/s

## PROVA SISMICA VS30

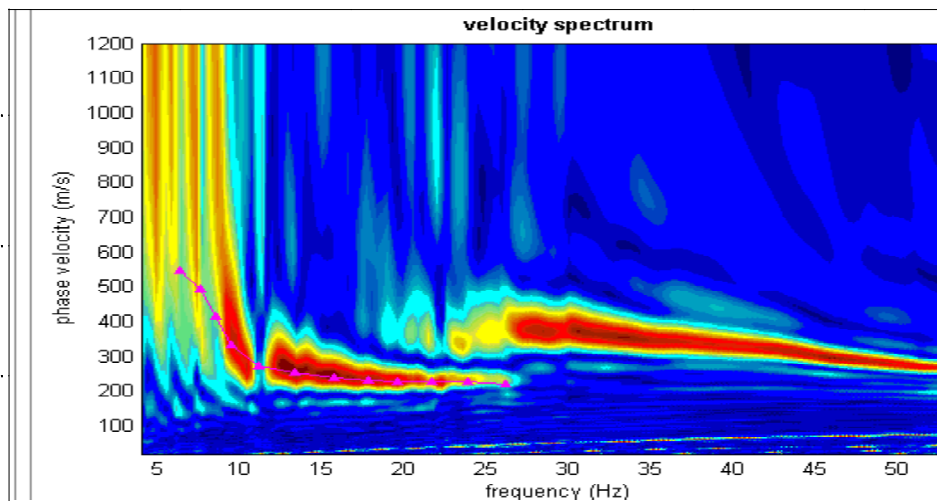
Sovico via Matteotti

Studio Geoplan

Metodologia MASW

## VELOCITA' DELLE ONDE S

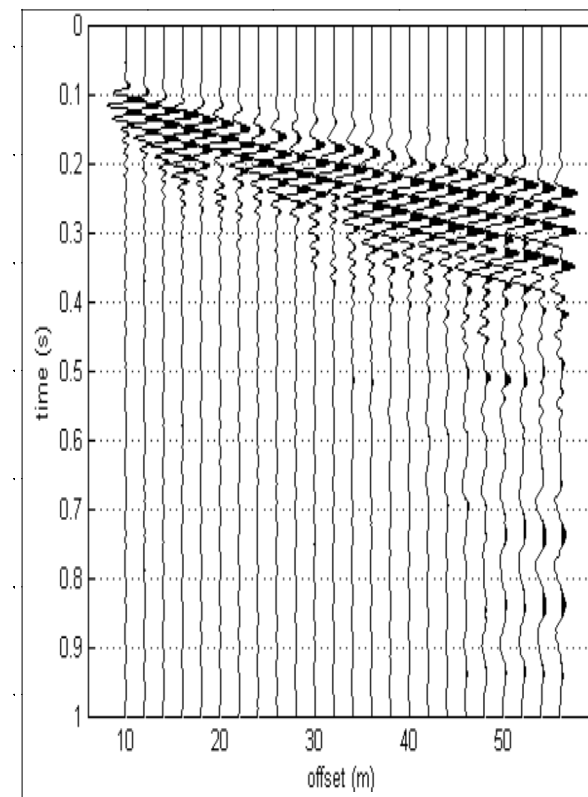
Marzo 2017



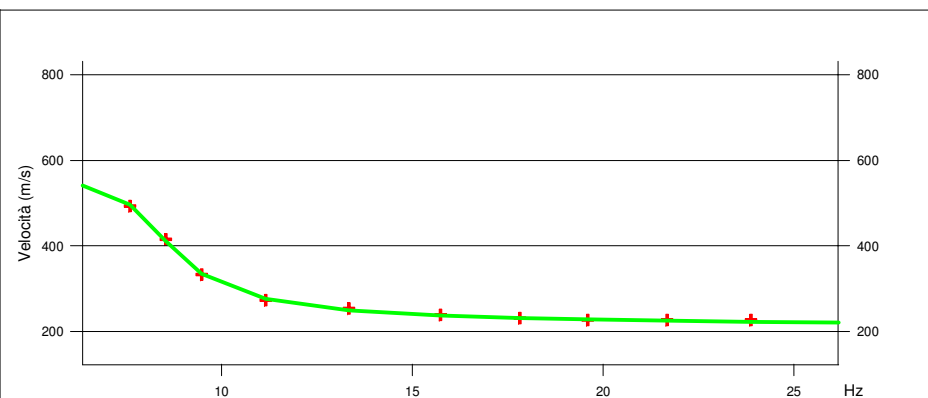
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

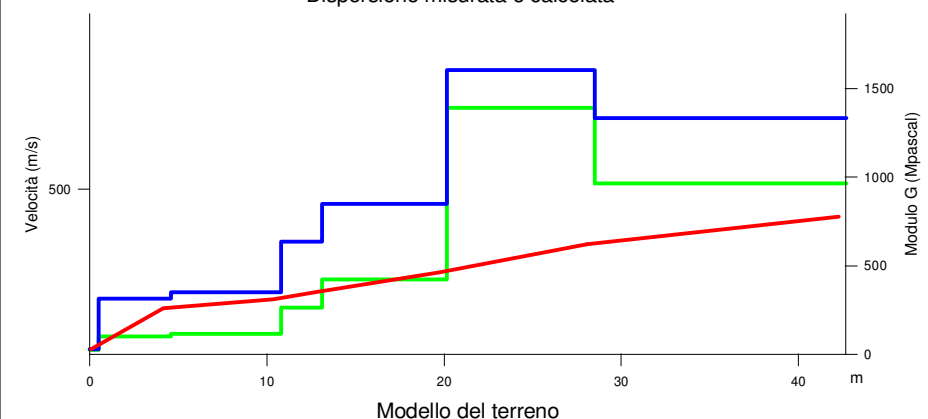
Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



Dispersione misurata e calcolata



Modello del terreno

## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	123	.0039	123	25
.5	4.6	242	.0169	220	102
4.6	10.8	258	.0241	240	117
10.8	13.1	376	.0062	257	265
13.1	20.1	465	.0151	304	425
20.1	28.5	781	.0107	371	1391
28.5	42.7	668	.0212	435	967

VALORE CALCOLATO VS30 = 379 m/s

## PROVA SISMICA VS30

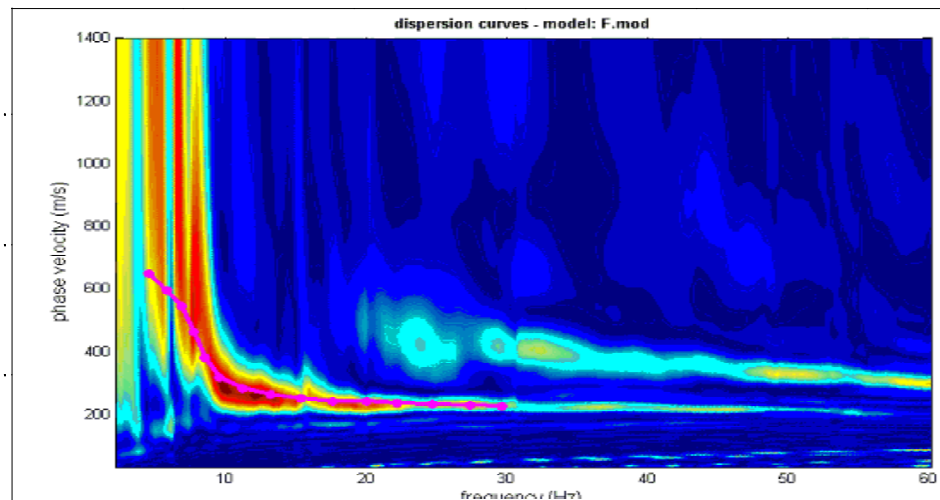
Sovico via Manzoni

Studio Geoplan

Metodologia MASW

## VELOCITA' DELLE ONDE S

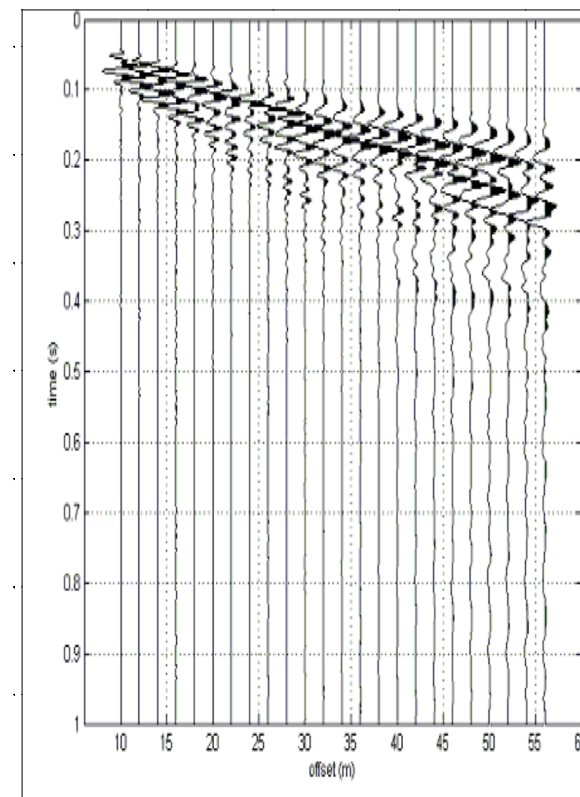
Marzo 2017



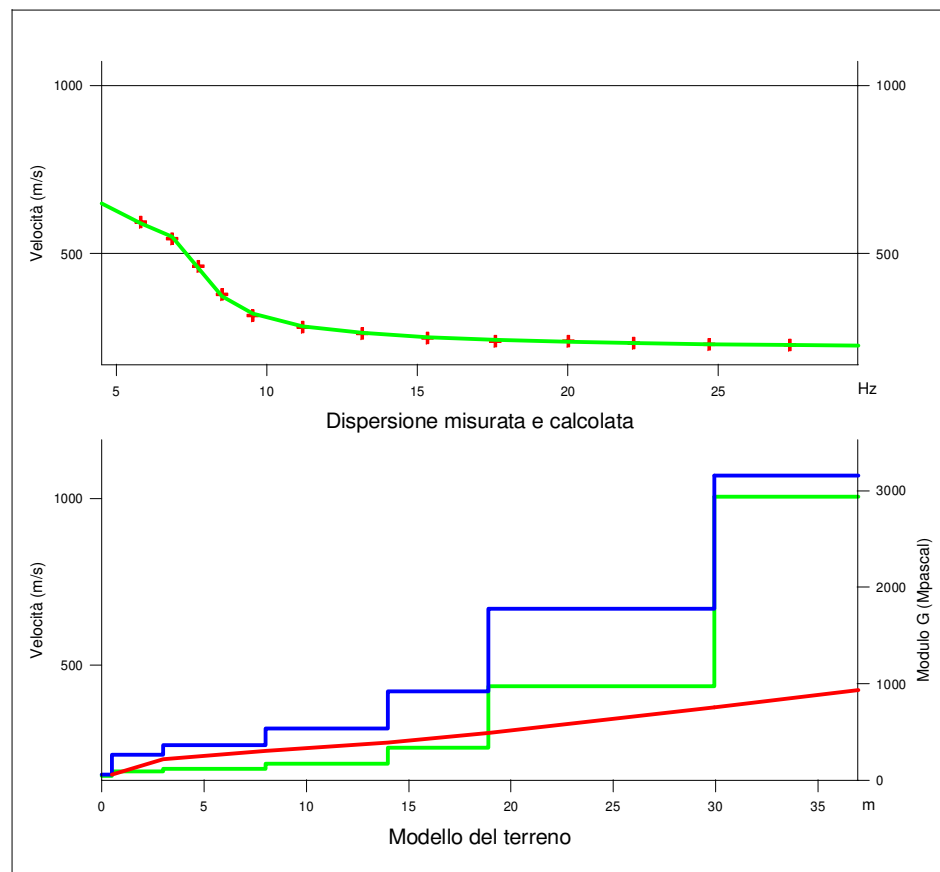
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D=1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.5	170	.0029	170	48
.5	3	230	.0108	217	92
3	8	260	.0192	242	119
8	14	310	.0194	267	174
14	18.9	420	.0116	295	339
18.9	30	670	.0165	372	974
30	37	1069	.0065	424	2936

VALORE CALCOLATO VS30 = 372 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Sovico (MB) Via Turati

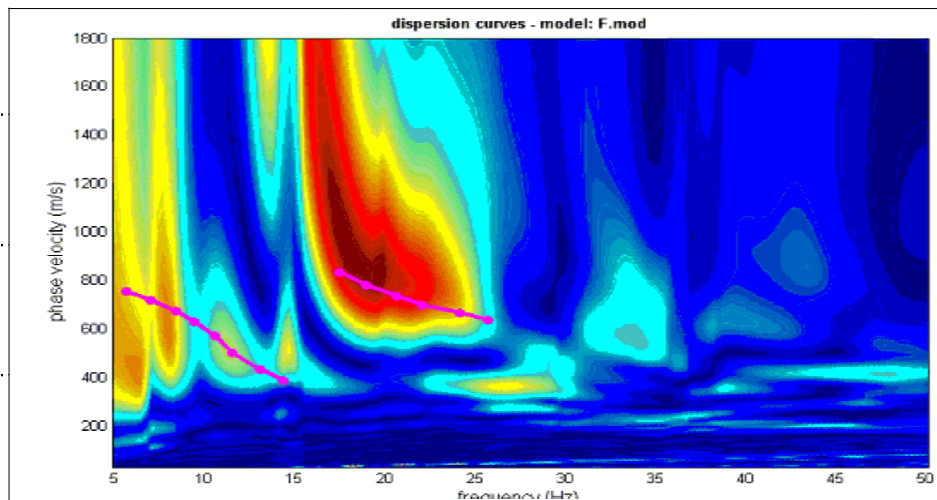
Studio Geoplan

Metodologia MASW

## VELOCITA' DELLE ONDE S

Marzo 2017

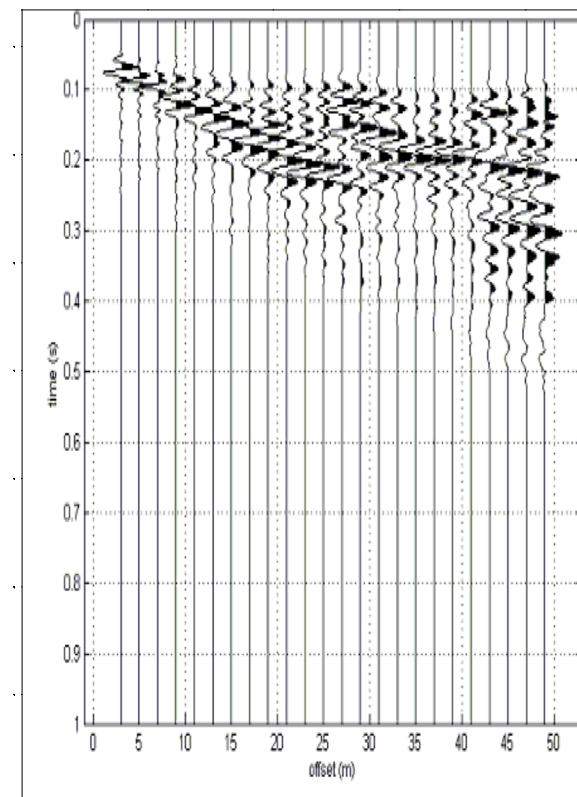




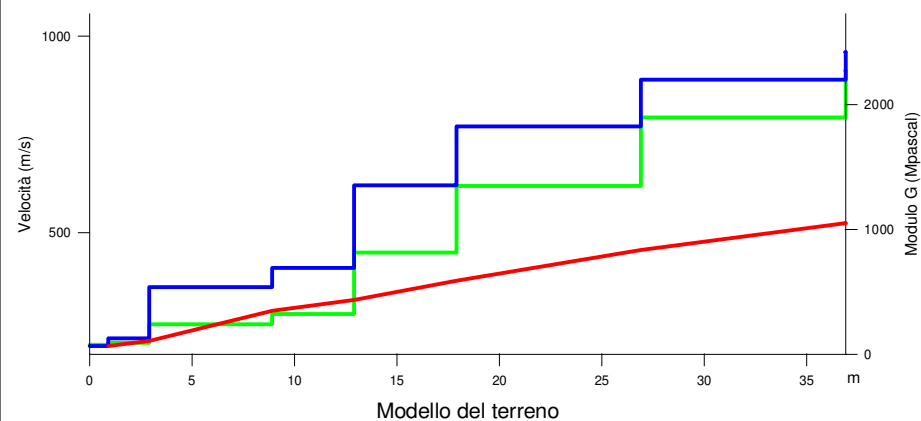
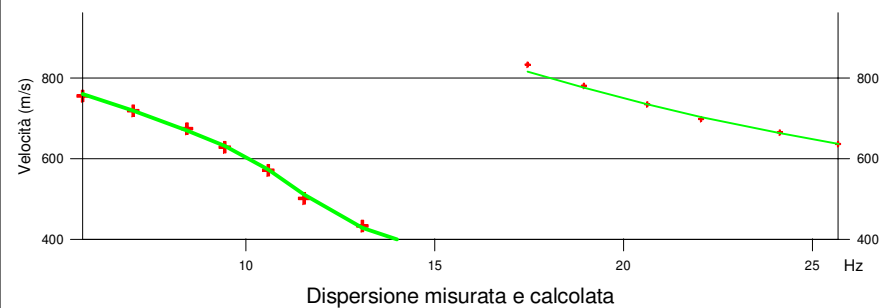
## LEGENDA

- + Curva di dispersione misurata
- Curva di dispersione calcolata
- Velocità sismica delle onde S
- Modulo di taglio (Mpascal)
- VsX

Il valore approssimato del peso di volume per il calcolo del parametro G è dato dalla formula  $D = 1.5 + V_s/1000$



Sismogramma



## TABELLA DI CALCOLO

Da Prof.	a Prof.	Vs	Hi/Vi	VsX	G
0	.9	210	.0043	210	75
.9	2.9	230	.0087	223	92
2.9	8.9	360	.0167	300	241
8.9	12.9	410	.0098	327	321
12.9	17.9	620	.0081	377	815
17.9	26.9	770	.0117	455	1346
26.9	36.9	890	.0112	524	1893

VALORE CALCOLATO VS30 = 479 m/s

## PROVA SISMICA VS30

Sovico (MB) Vicolo Meda

Studio Geoplan

Metodologia MASW

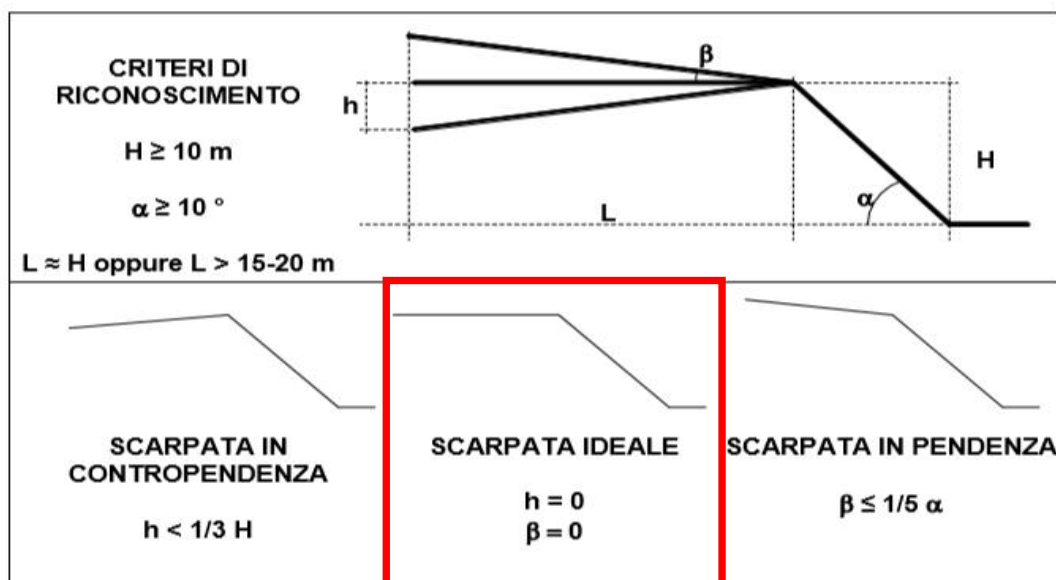
## VELOCITA' DELLE ONDE S

Marzo 2017

**ALLEGATO 2**

**APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO:**  
**Scenario Z3a**

## EFFETTI MORFOLOGICI – SCARPATA - SCENARIO Z3a



Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Valore di $Fa_{0.1-0.5}$	Area di influenza
$10 \text{ m} \leq H \leq 20 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.1	$A_i = H$
$20 \text{ m} < H \leq 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	1.2	$A_i = \frac{3}{4} H$
$H > 40 \text{ m}$	$10^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$	1.1	$A_i = \frac{2}{3} H$
	$20^\circ < \alpha \leq 40^\circ$	1.2	
	$40^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	1.3	
	$60^\circ < \alpha \leq 70^\circ$	1.2	
	$\alpha > 70^\circ$	1.1	

## **ALLEGATO 3**

### **APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO: Scenario Z4, 0.00 m da p.c.**

MASW 1

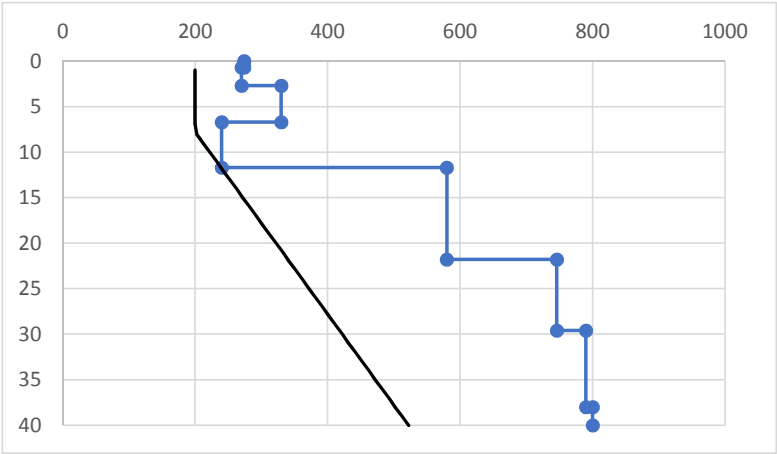
Committente:Comune di Sovico

Localita':Via Alpini

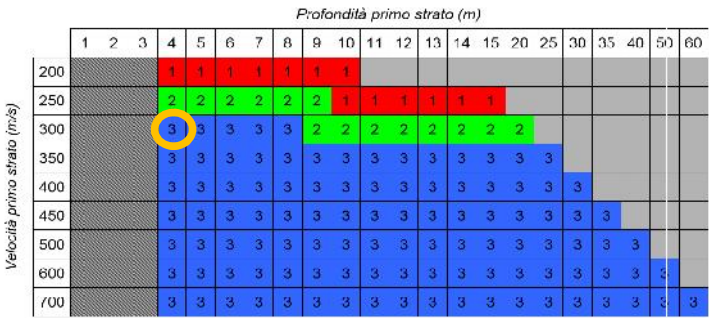
PSL:

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,7	0,7	274
2	2	2,7	270
3	4	6,7	330
4	5	11,7	240
5	10,1	21,8	580
6	7,8	29,6	746
7	8,4	38	790
8	6	40	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO **T= 0,267846**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS	
Fa <sub>0,1-0,5</sub>	1,7	1,4	NON SUFFICIENTE
Fa <sub>0,5-1,5</sub>	1,2	1,7	SUFFICIENTE

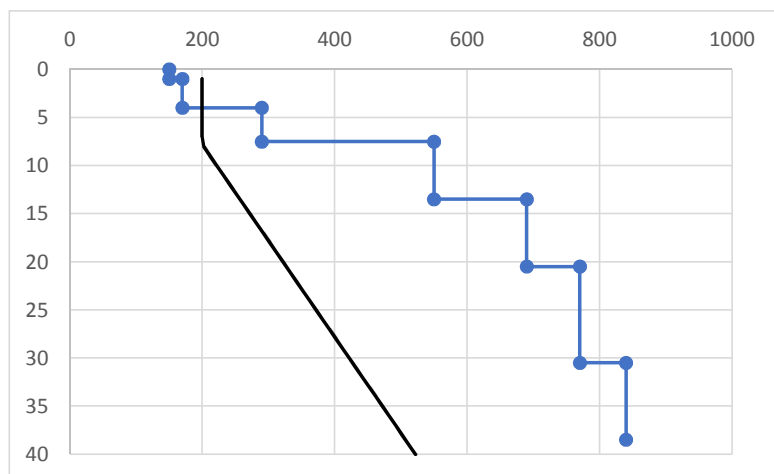
**MASW 2**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Viale Brianza

**PSL:**

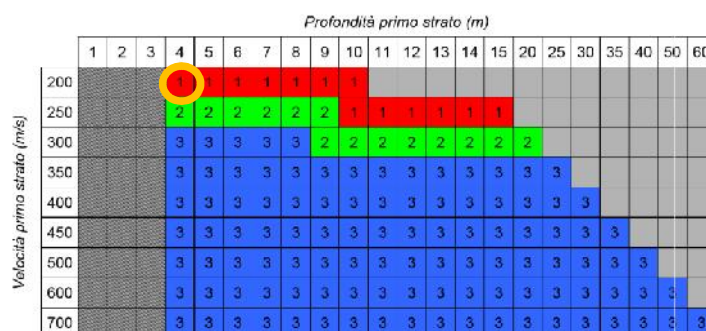
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1	1	150
2	3	4	170
3	3,5	7,5	290
4	6	13,5	550
5	7	20,5	690
6	10	30,5	770
7	8	38,5	840

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,212568**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	2,0	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 3****Committente:**

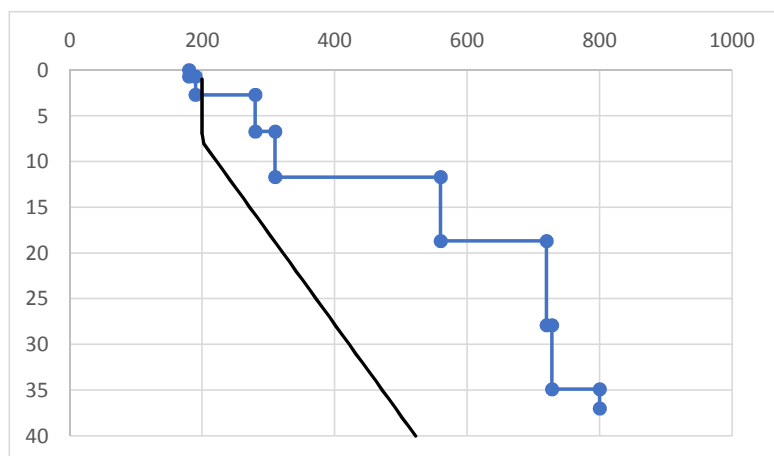
Comune di Sovico

**PSL:****Località:**

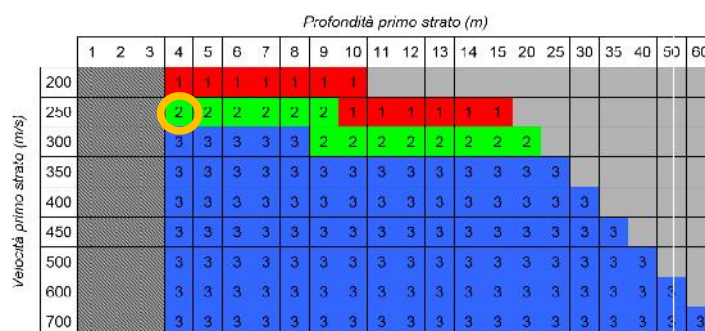
Strada consortile delle Roncole

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,7	0,7	180
2	2	2,7	190
3	4	6,7	280
4	5	11,7	310
5	7	18,7	560
6	9,2	27,9	720
7	7	34,9	728
8	6	37	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,258931****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	2,0	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 4****Committente:**

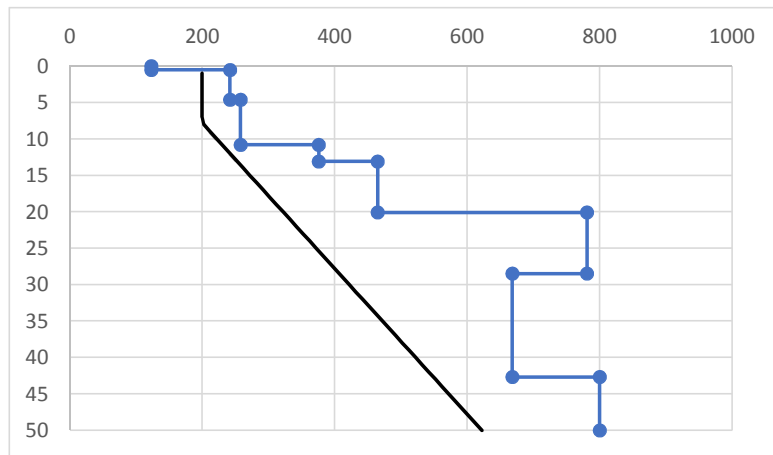
Comune di Sovico

**PSL:****Localita':**

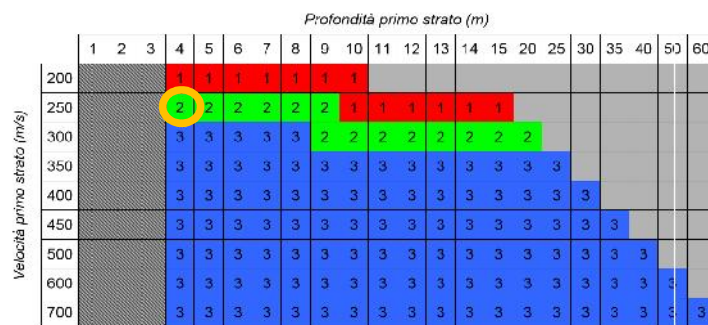
Via Manzoni angolo via Puecher

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,5	0,5	123
2	4,1	4,6	242
3	6,2	10,8	258
4	2,3	13,1	376
5	7	20,1	465
6	8,4	28,5	781
7	14,2	42,7	668
8	6	50	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,319608****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	2,1	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,3	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE



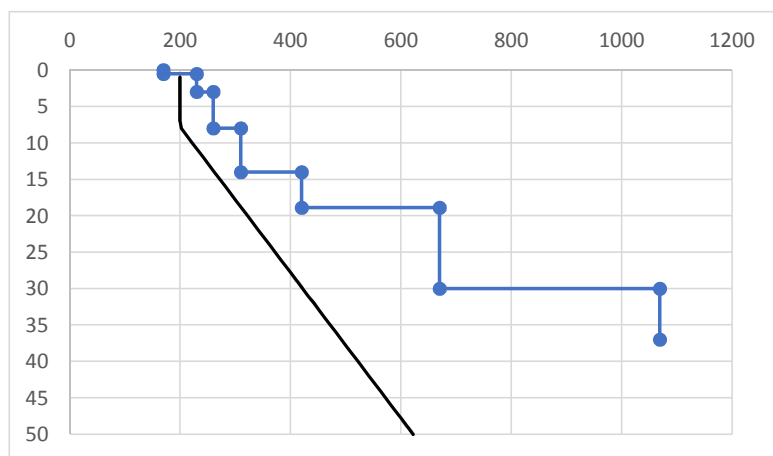
**MASW 5**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Campo sportivo di via Turati

**PSL:**

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,5	0,5	170
2	2,5	3	230
3	5	8	260
4	6	14	310
5	4,9	18,9	420
6	11,1	30	670
7	7	37	1069

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,270372**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0,1-0,5</sub>	2,0	1,4
Fa <sub>0,5-1,5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**  
**SUFFICIENTE**

MASW 6

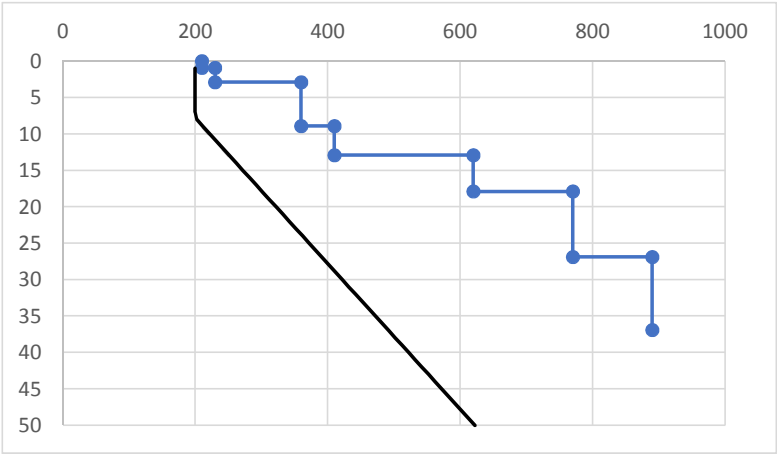
Committente:Comune di Sovico

Localita':Vicolo Meda

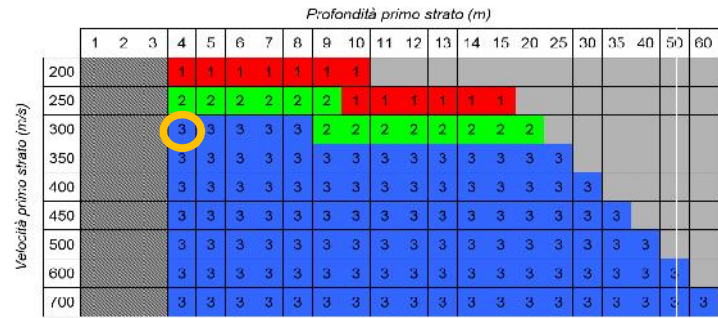
PSL:

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,9	0,9	210
2	2	2,9	230
3	6	8,9	360
4	4	12,9	410
5	5	17,9	620
6	9	26,9	770
7	10	36,9	890

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO **T= 0,199906**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS	
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4	NON SUFFICIENTE
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,1	1,7	SUFFICIENTE

## **ALLEGATO 4**

### **APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO: Scenario Z4, -1.50 m da p.c.**

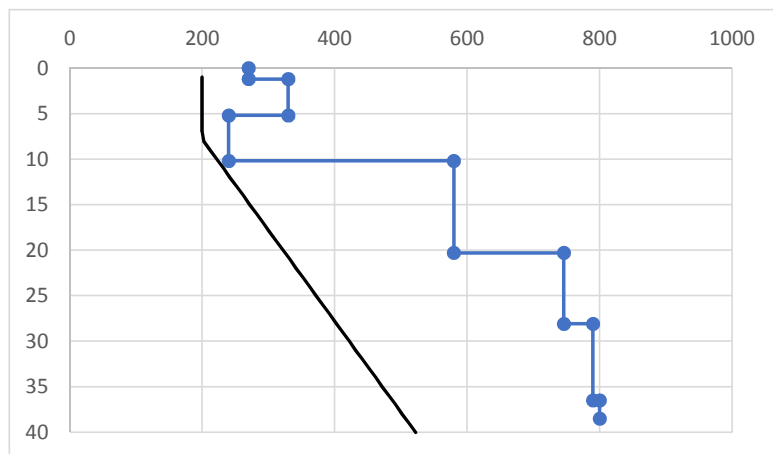
**MASW 1**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Via Alpini

**PSL:**

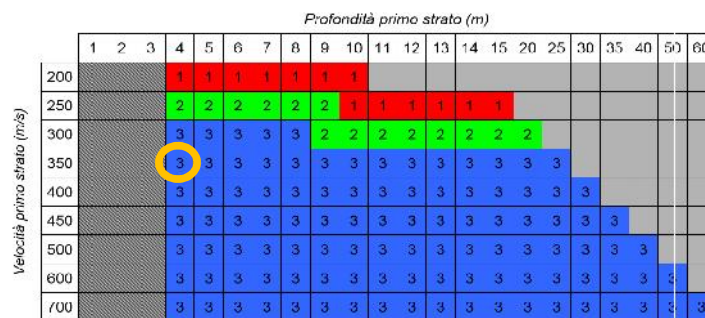
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1,2	1,2	270
2	4	5,2	330
3	5	10,2	240
4	10,1	20,3	580
5	7,8	28,1	746
6	8,4	36,5	790
7	6	38,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,205303**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

**SUFFICIENTE**

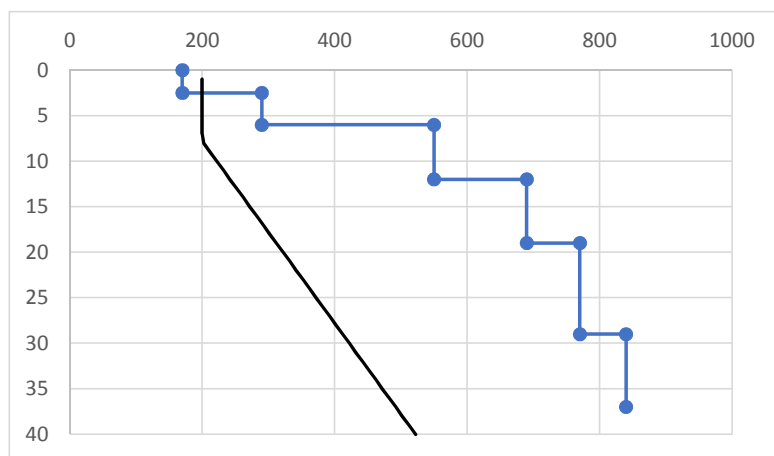
**MASW 2**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Viale Brianza

**PSL:**

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	2,5	2,5	170
2	3,5	6	290
3	6	12	550
4	7	19	690
5	10	29	770
6	8	37	840

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,194789**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0,1-0,5</sub>	1,8	1,4
Fa <sub>0,5-1,5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 3****Committente:**

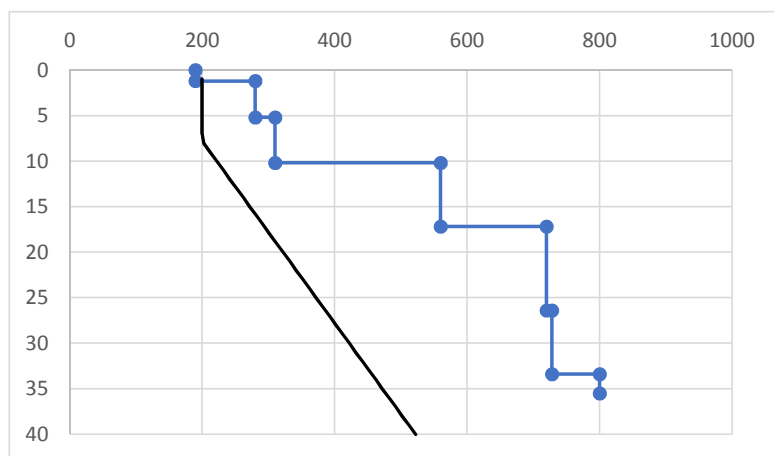
Comune di Sovico

**PSL:****Località:**

Strada consortile delle Roncole

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1,2	1,2	190
2	4	5,2	280
3	5	10,2	310
4	7	17,2	560
5	9,2	26,4	720
6	7	33,4	728
7	2,1	35,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,240708****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,7	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 4****Committente:**

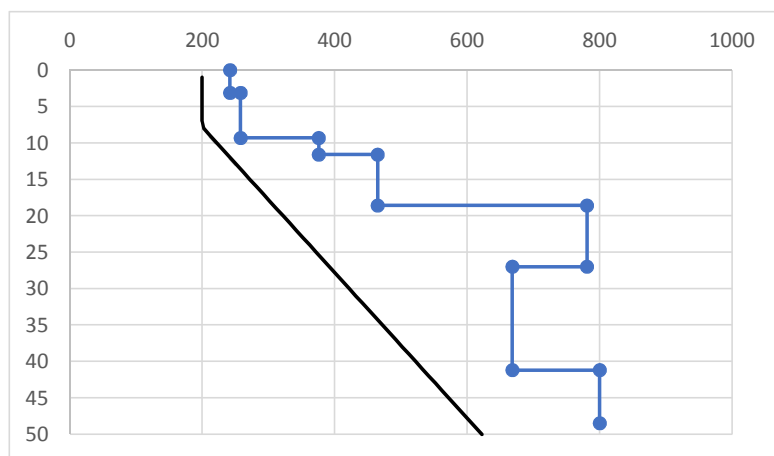
Comune di Sovico

**PSL:****Localita':**

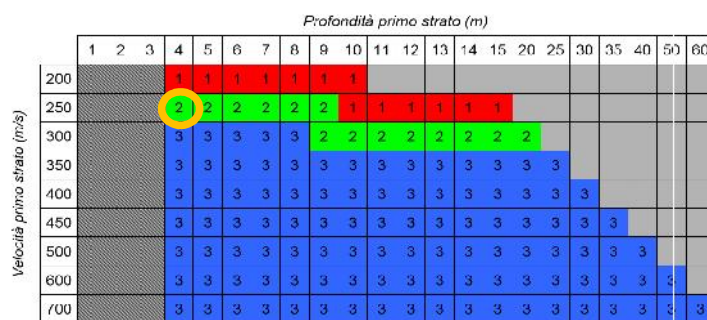
Via Manzoni angolo via Puecher

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	3,1	3,1	242
2	6,2	9,3	258
3	2,3	11,6	376
4	7	18,6	465
5	8,4	27	781
6	14,2	41,2	668
7	6	48,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,301558****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	2,1	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,3	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE



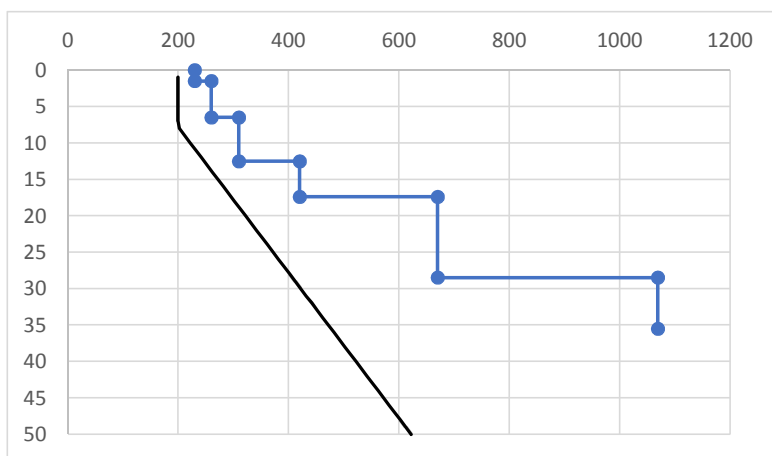
**MASW 5**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Campo sportivo di via Turati

**PSL:**

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1,5	1,5	230
2	5	6,5	260
3	6	12,5	310
4	4,9	17,4	420
5	11,1	28,5	670
6	7	35,5	1069

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,249923**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	2,0	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

**SUFFICIENTE**

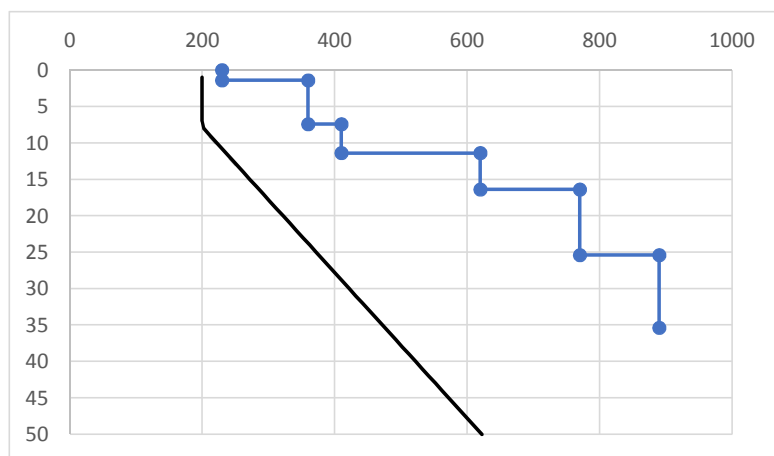
**MASW 6**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Vicolo Meda

**PSL:**

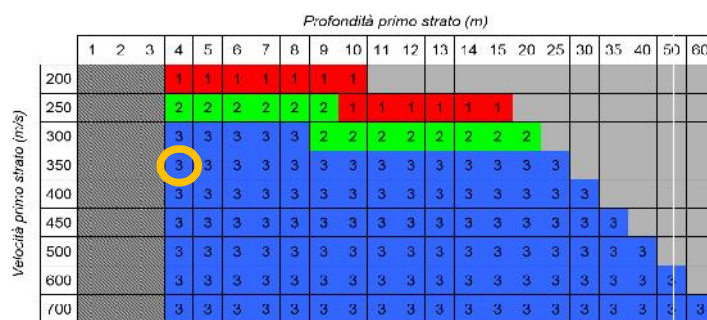
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1,4	1,4	230
2	6	7,4	360
3	4	11,4	410
4	5	16,4	620
5	9	25,4	770
6	10	35,4	890

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,182352**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,5	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**  
**SUFFICIENTE**

## **ALLEGATO 5**

### **APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO: Scenario Z4, -2.50 m da p.c.**

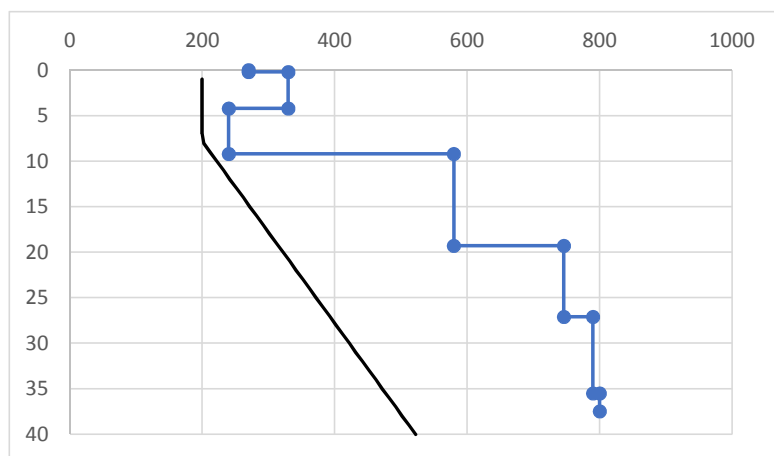
**MASW 1**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Via Alpini

**PSL:**

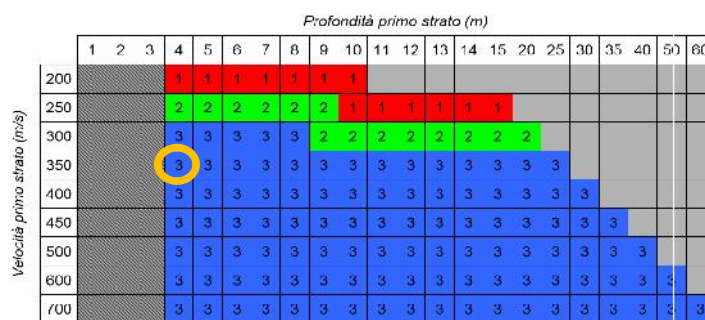
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,2	0,2	270
2	4	4,2	330
3	5	9,2	240
4	10,1	19,3	580
5	7,8	27,1	746
6	8,4	35,5	790
7	6	37,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,196249**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,5	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

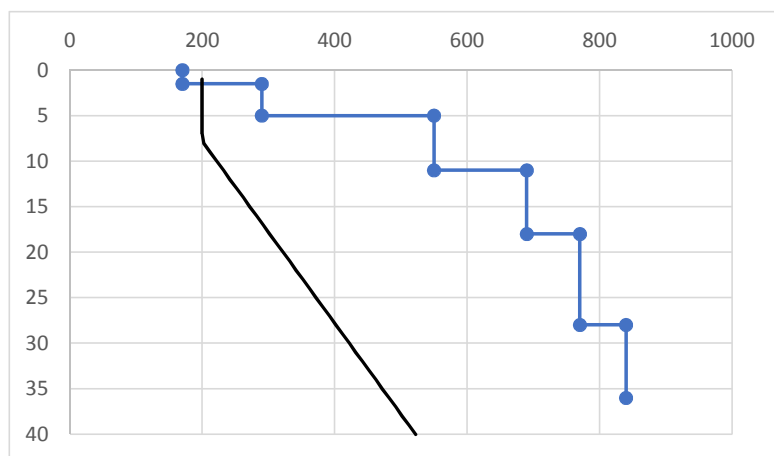
**MASW 2**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Viale Brianza

**PSL:**

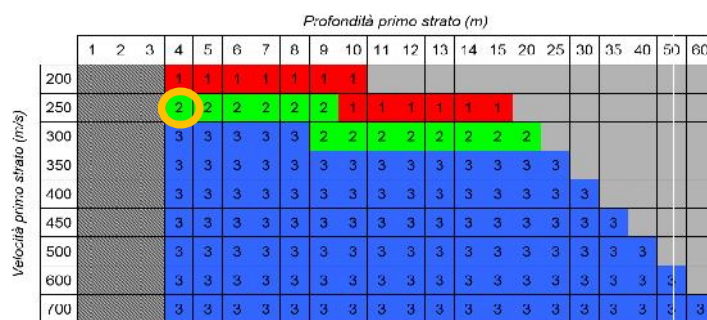
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	1,5	1,5	170
2	3,5	5	290
3	6	11	550
4	7	18	690
5	10	28	770
6	8	36	840

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,183392**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
$Fa_{0.1-0.5}$	1,7	1,4
$Fa_{0.5-1.5}$	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**  
**SUFFICIENTE**

**MASW 3****Committente:**

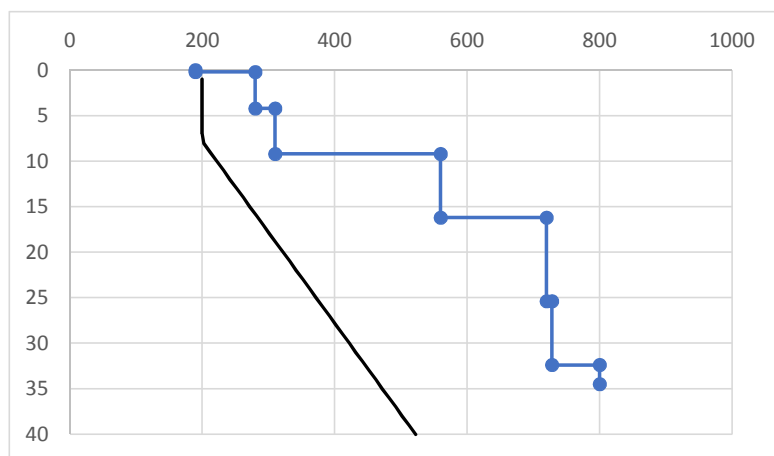
Comune di Sovico

**PSL:****Località:**

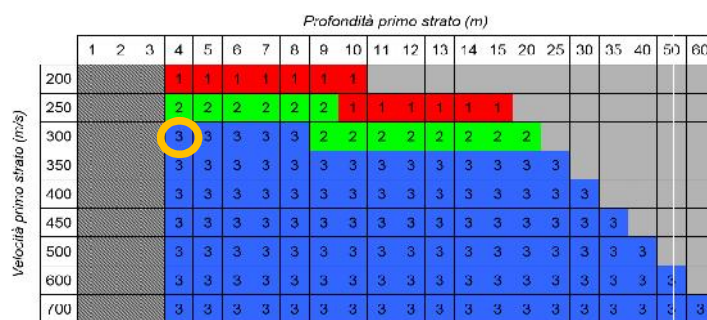
Strada consortile delle Roncole

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,2	0,2	190
2	4	4,2	280
3	5	9,2	310
4	7	16,2	560
5	9,2	25,4	720
6	7	32,4	728
7	2,1	34,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,228855**

VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 4****Committente:**

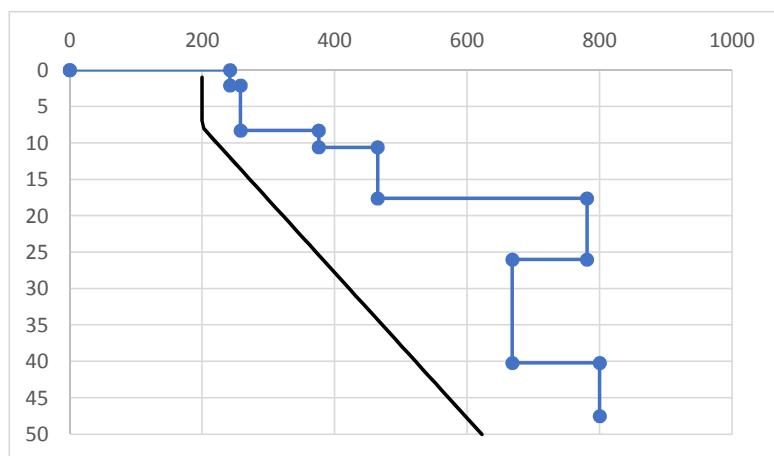
Comune di Sovico

**PSL:****Localita':**

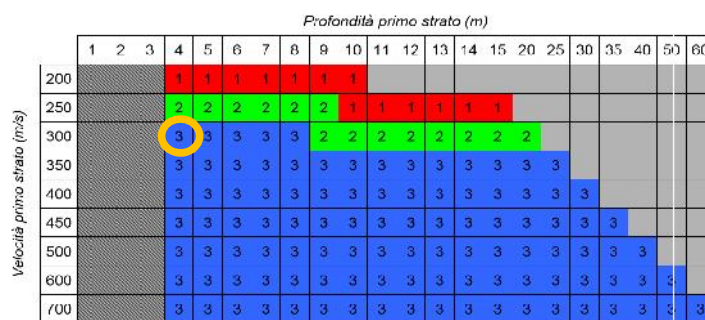
Via Manzoni angolo via Puecher

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	2,1	2,1	242
2	6,2	8,3	258
3	2,3	10,6	376
4	7	17,6	465
5	8,4	26	781
6	14,2	40,2	668
7	6	47,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,290216****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,8	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,3	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE



MASW 5

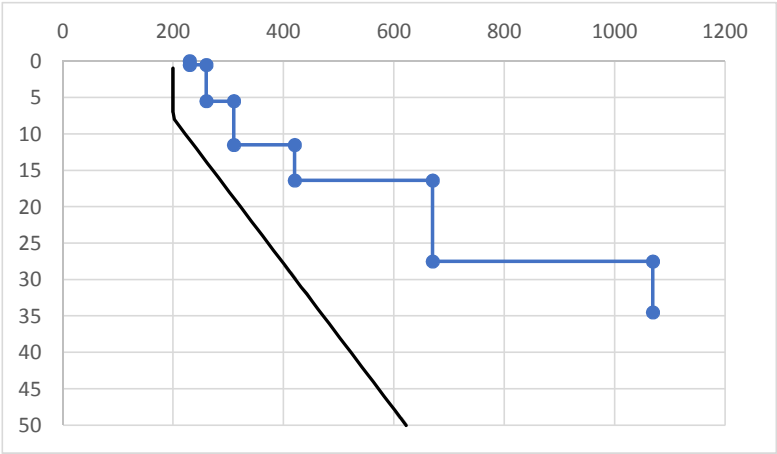
Committente:Comune di Sovico

Localita':Campo sportivo di via Turati

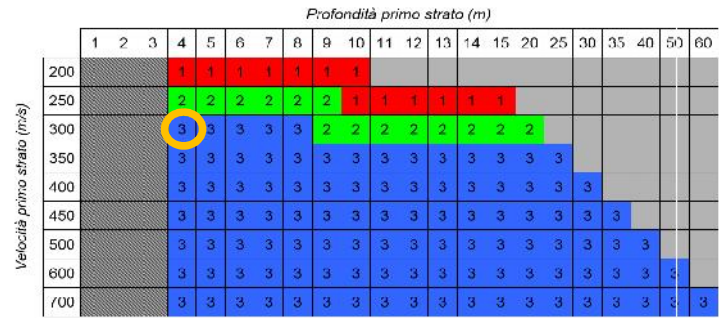
PSL:

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,5	0,5	230
2	5	5,5	260
3	6	11,5	310
4	4,9	16,4	420
5	11,1	27,5	670
6	7	34,5	1069

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO **T= 0,236883**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS	
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,7	1,4	NON SUFFICIENTE
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7	SUFFICIENTE

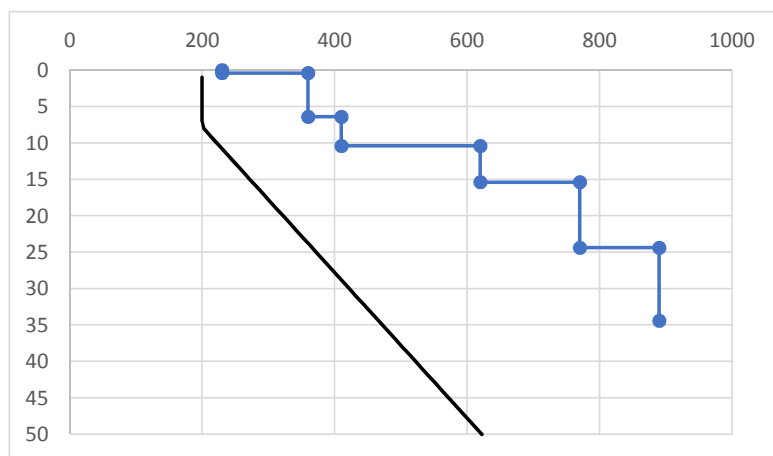
**MASW 6**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Vicolo Meda

**PSL:**

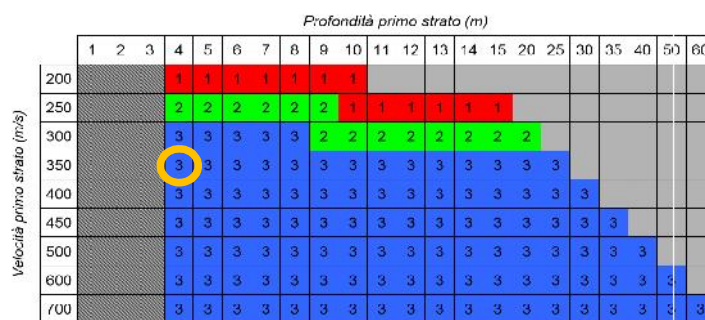
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,4	0,4	230
2	6	6,4	360
3	4	10,4	410
4	5	15,4	620
5	9	24,4	770
6	10	34,4	890

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,171056**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,5	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**  
**SUFFICIENTE**

## **ALLEGATO 6**

### **APPROFONDIMENTO DI II LIVELLO: Scenario Z4, -4.50 m da p.c.**

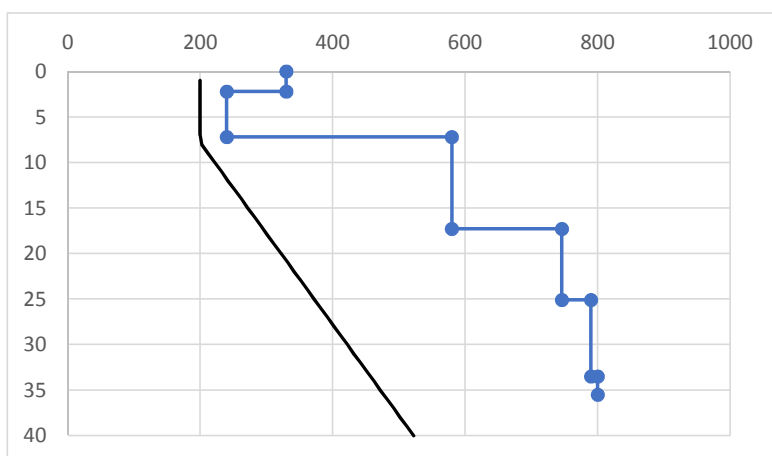
**MASW 1**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Via Alpini

**PSL:**

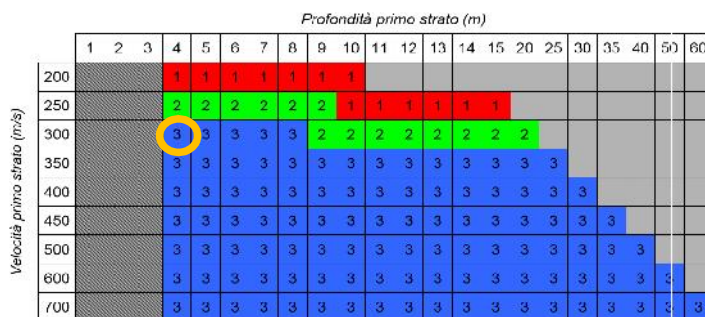
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	2,2	2,2	330
2	5	7,2	240
3	10,1	17,3	580
4	7,8	25,1	746
5	8,4	33,5	790
6	6	35,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,221802**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

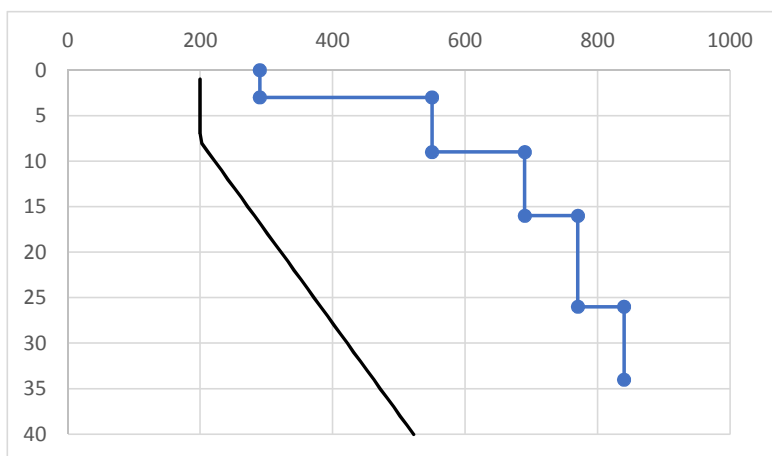
**MASW 2**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Viale Brianza

**PSL:**

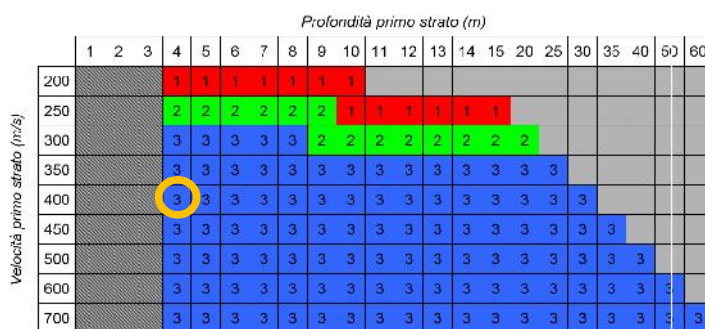
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	3	3	290
2	6	9	550
3	7	16	690
4	10	26	770
5	8	34	840

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,161916**

**VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0,1-0,5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0,5-1,5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 3****Committente:**

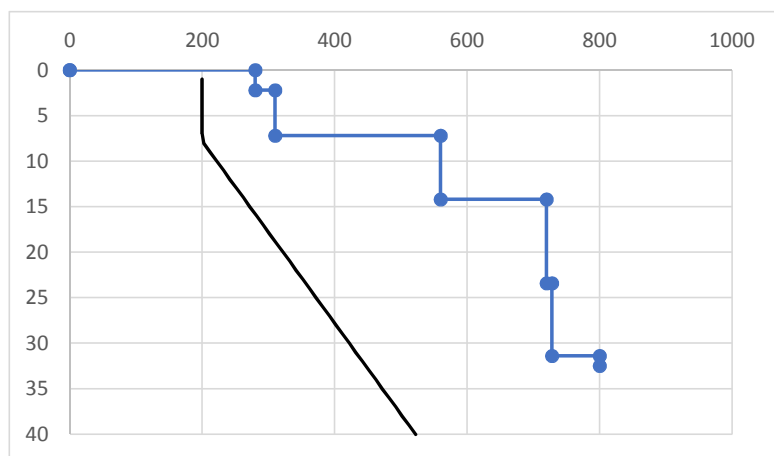
Comune di Sovico

**PSL:****Localita':**

Strada consortile delle Roncole

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	2,2	2,2	280
2	5	7,2	310
3	7	14,2	560
4	9,2	23,4	720
5	8	31,4	728
6	1,1	32,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,212789****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

**MASW 4****Committente:**

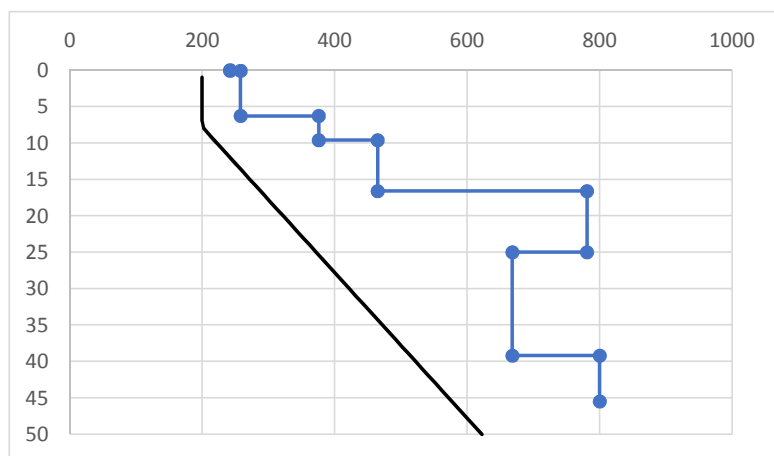
Comune di Sovico

**PSL:****Localita':**

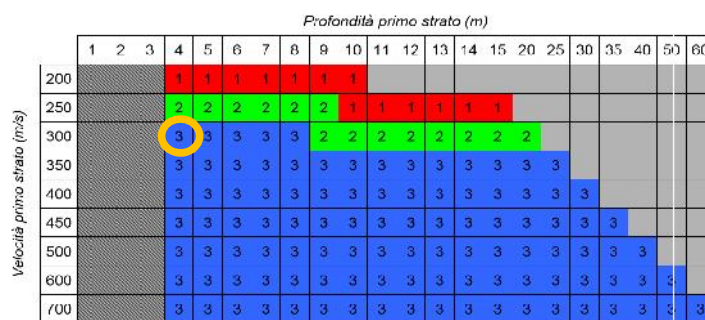
Via Manzoni angolo via Puecher

n. strato	h(s)	z	V(s)
1	0,1	0,1	242
2	6,2	6,3	258
3	3,3	9,6	376
4	7	16,6	465
5	8,4	25	781
6	14,2	39,2	668
7	6	45,5	800

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,277302****VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE**

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,8	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,3	1,7

**NON SUFFICIENTE**

SUFFICIENTE

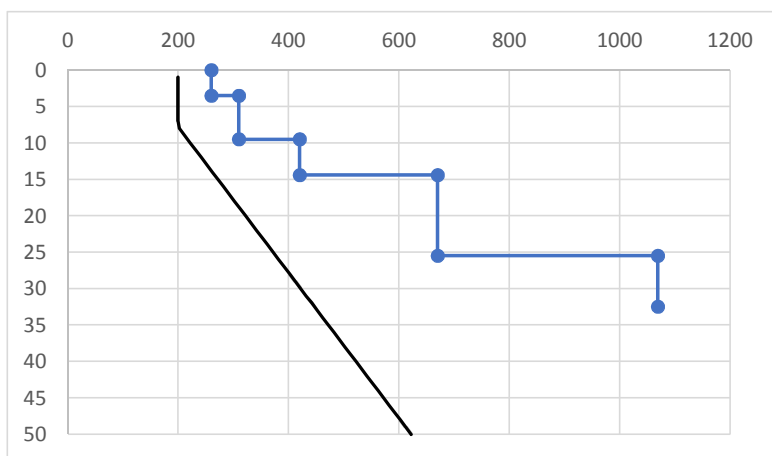
**MASW 5**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Campo sportivo di via Turati

**PSL:**

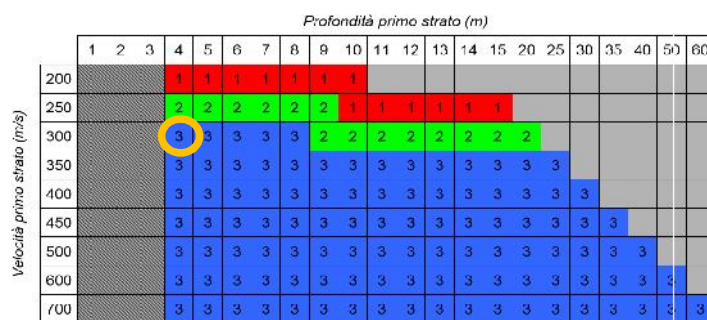
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	3,5	3,5	260
2	6	9,5	310
3	4,9	14,4	420
4	11,1	25,5	670
5	7	32,5	1069

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,212067**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,6	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,2	1,7

**NON SUFFICIENTE**

**SUFFICIENTE**



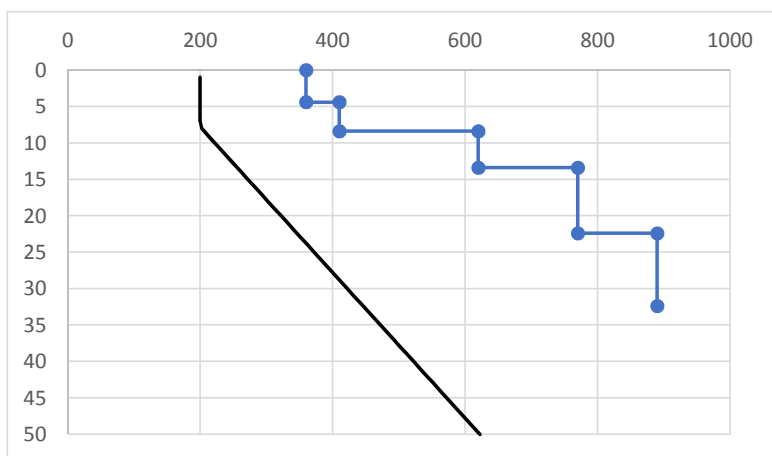
**MASW 6**

**Committente:** Comune di Sovico  
**Località:** Vicolo Meda

**PSL:**

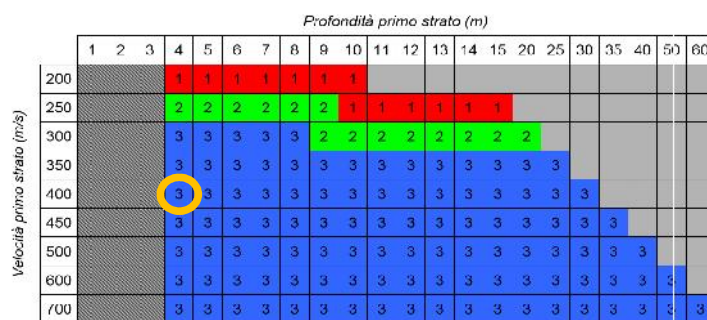
n. strato	h(s)	z	V(s)
1	4,4	4,4	360
2	4	8,4	410
3	5	13,4	620
4	9	22,4	770
5	10	32,4	890

VERIFICA DELLA CURVA DI RIFERIMENTO: Litologia limoso - sabbiosa tipo 2



PERIODO PROPRIO DEL SITO

**T= 0,151429**



VERIFICA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

	FAC	FAS
Fa <sub>0.1-0.5</sub>	1,4	1,4
Fa <sub>0.5-1.5</sub>	1,1	1,7

**NON SUFFICIENTE**

**SUFFICIENTE**