

## GEOPLANET

Geologia Applicata, Geotecnica, Idrogeologia, Geologia Ambientale,  
Pianificazione Territoriale, Percorsi geologico-storico naturalistici



Via Edison 18/a; 23875 Osnago (Lc)

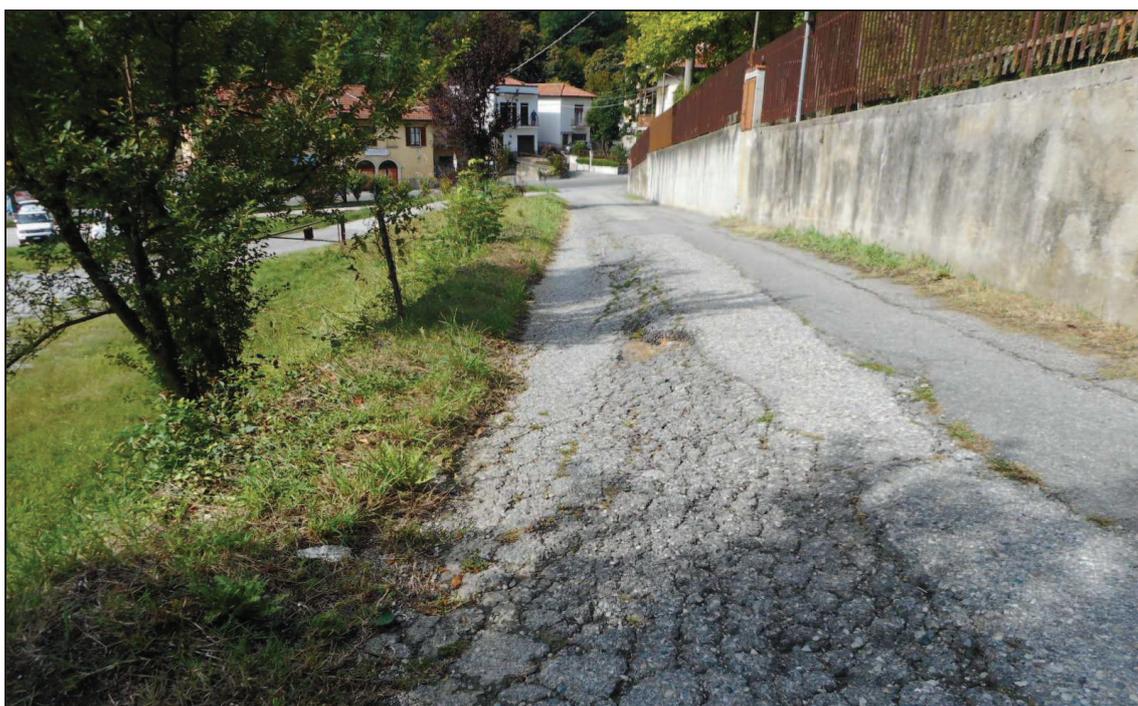
Via Olgiasca n. 8 23823 – Colico (LC) tel/fax 0341/931962

tel cell 338-2195909 E – Mail [studiogeoplanet@libero.it](mailto:studiogeoplanet@libero.it)

PEC. [studiogeoplanet@epap.sicurezzaapostale.it](mailto:studiogeoplanet@epap.sicurezzaapostale.it)

C.F. e P.IVA: 02594240133

**INDAGINE GEOLOGICO TECNICA AI SENSI DEL D.  
M. 17.1.2018, DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 E  
DELLA D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001 PER LAVORI DI  
REALIZZAZIONE MARCIAPIEDE 2018  
ALLARGAMENTO STRADALE E OPERE DI  
REGIMAZIONE AQCUE METEORICHE  
VIA LEONARDO DA VINCI - VIA SAN FERMO,  
NEL COMUNE DI MISSAGLIA (LC)**



**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'  
RELAZIONE GEOLOGICA  
RELAZIONE GEOTECNICA**

NOVEMBRE 2018

Dott. Geologo Maurizio Penati

Dott.ssa Geologo Marialuisa Todeschini



## INDICE

1. PREMESSA _____	2
<b>RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA' _____</b>	<b>7</b>
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO AI SENSI DELLA L.R. 11.3.2005 N.12 E D.G.R. IX/2616 DEL 30/11/2011 _____	9
<b>RELAZIONE GEOLOGICA _____</b>	<b>15</b>
3. CRITERI IN ZONE SISMICHE _____	17
<b>3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO _____</b>	<b>19</b>
<b>3.2 PROCEDURE 1° LIVELLO _____</b>	<b>21</b>
<b>3.3 PROCEDURE 2° LIVELLO _____</b>	<b>24</b>
Il metodo MASW _____	24
Risultati _____	29
3.4 – LIQUEFAZIONE DEI TERRENI _____	36
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO IDROGEOLOGICO _____	53
5. INDAGINI ESEGUITE _____	64
5.1 Prove penetrometriche _____	64
6. STRATIGRAFIA _____	67
<b>RELAZIONE GEOTECNICA _____</b>	<b>69</b>
7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE _____	71
8. CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI _____	71
9. PROPOSTE PROGETTUALI _____	75
10. STABILITÀ FRONTI DI SCAVO _____	89
11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE _____	89

*Allegati al testo*

ALLEGATO 1 : Prove penetrometriche dinamiche pesanti Sept: grafici e tabelle

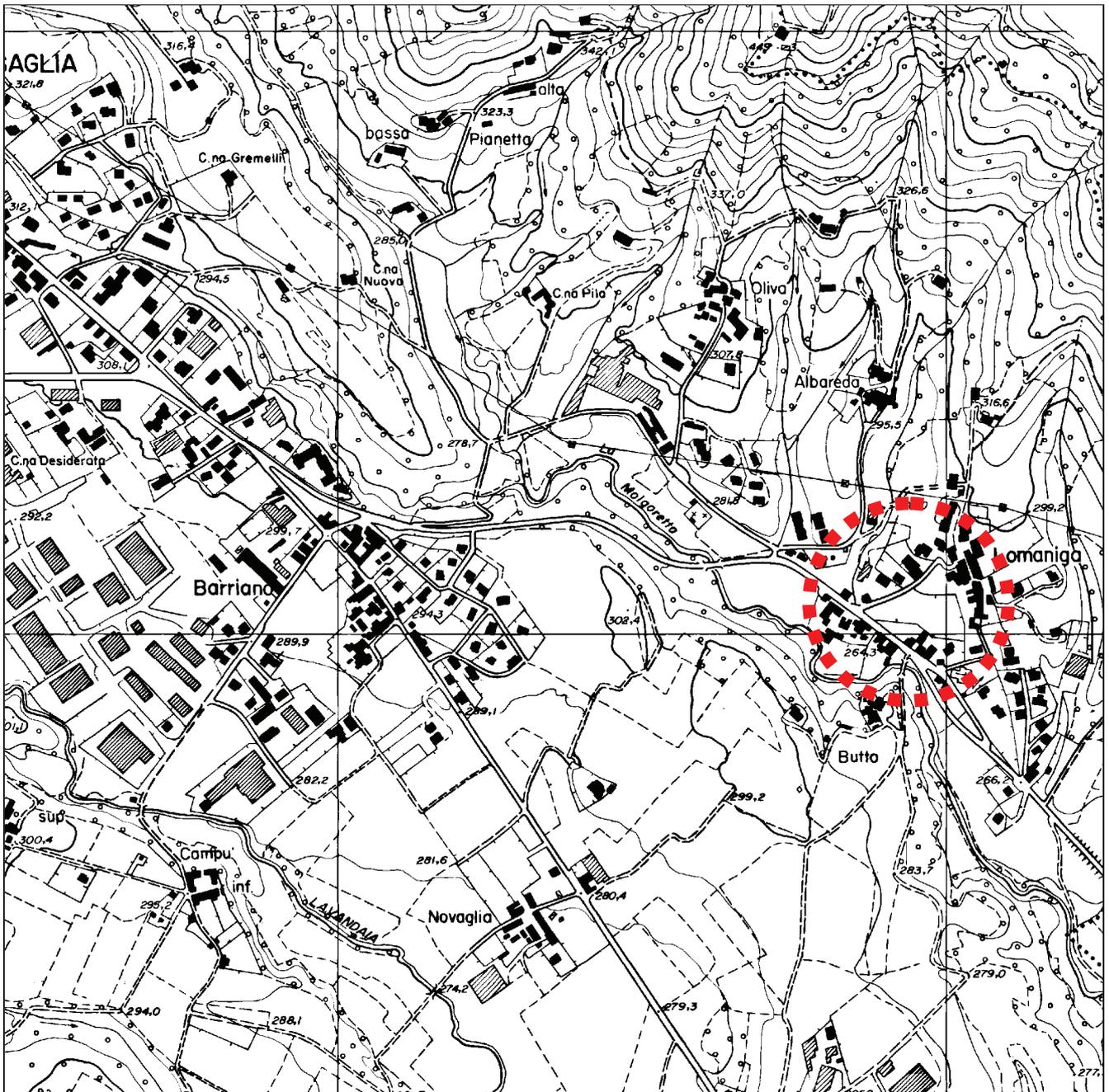
ALLEGATO 2 : Verifiche rilevato in terra armata

*Allegati fuori testo*

TAVOLA UNICA – Carta geologica generale – Carta geomorfologica di dettaglio – Planimetria di progetto con ubicazione indagini – Sezioni stratigrafiche

## 1. PREMESSA

Con incarico dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI MISSAGLIA, è stata eseguita nel Comune di Missaglia (Lc), un'indagine geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, per lavori di realizzazione marciapiede, allargamento stradale e opere di regimazione acque meteoriche in Via Leonardo da Vinci - Via San Fermo a Missaglia (LC). L'area in esame si trova in Località Lomaniga (cfr. fig. 1), alla quota media di 275 m s.l.m.

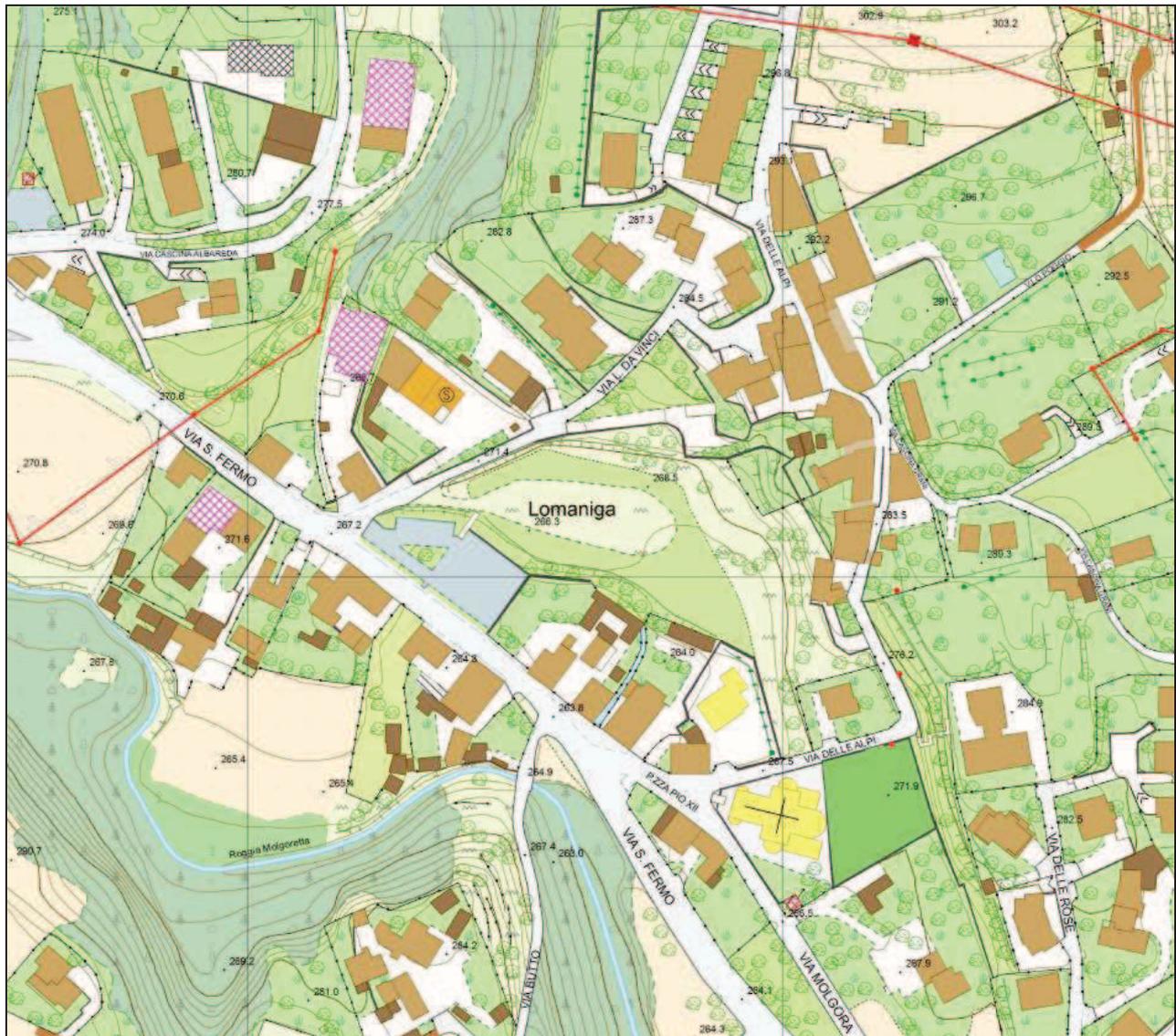


**FIG.1** Estratto Carta Tecnica Regionale - Scala 1: .10.000

Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

Il progetto prevede la realizzazione di un marciapiede, l'allargamento stradale e le opere di regimazione acque meteoriche. Il piano posa fondazioni è previsto ad una profondità di -0.6 m da p.c. esistente. Pertanto gli scavi avranno un'altezza massima di 0.6 m.

Di seguito si riporta l'estratto dell'aerofotogrammetrico comunale:



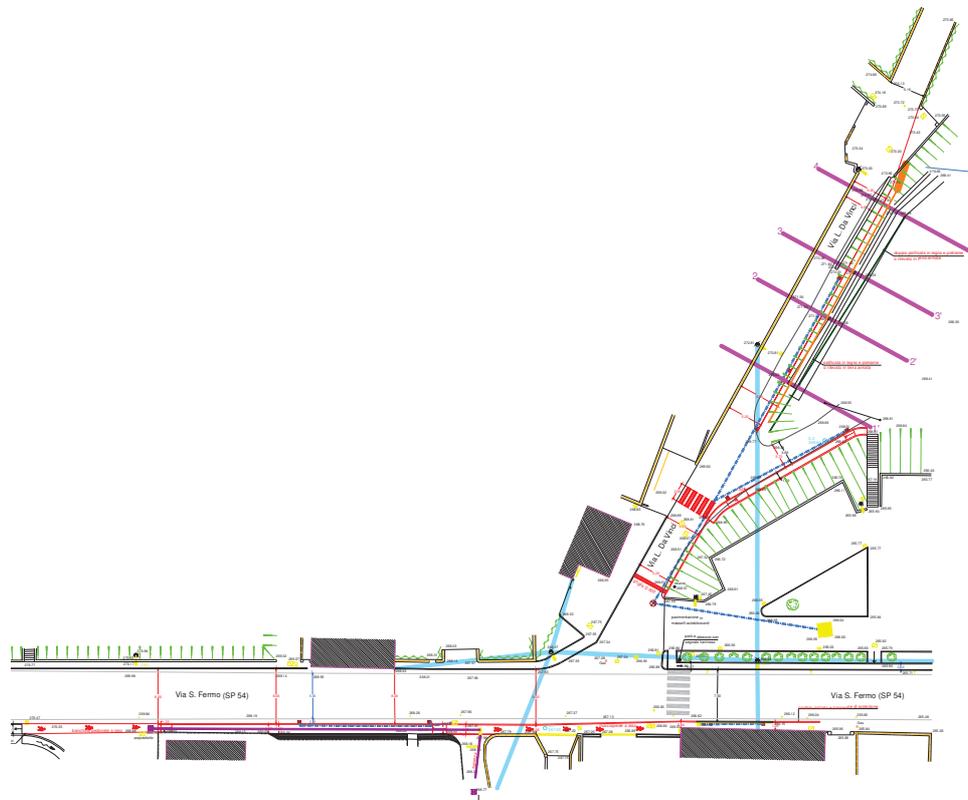
**FIG. 2** Estratto aerofotogrammetrico comunale

Di seguito si riporta l'estratto mappa catastale:



**FIG. 3** Estratto mappa catastale FG.

Di seguito si riporta la planimetria di progetto:



**FIG. 4** Planimetria di progetto

L'indagine si è articolata nelle seguenti fasi:

- raccolta ed analisi critica dei dati esistenti in bibliografia;
- esecuzione di **3 prove penetrometriche dinamiche continue Scpt** spinte sino a rifiuto alla penetrazione avvenuto ad una profondità compresa tra **-2.6 m e -4.8 m dal p.c attuale**;
- esecuzione di **uno stendimento sismico MASW**;
- rilievo geologico-morfologico dell'area di edificazione e circostanti;
- interpretazione dei dati raccolti;
- elaborazione e restituzione ai sensi DEL D. M. 17.1.2018, DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 E DELLA D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001.

L'indagine, ai sensi DEL D. M. 17.1.2018, DELLA D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 E DELLA D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, si prefigge i seguenti obiettivi:

- ✓ valutare la situazione geologico-morfologica locale per verificare la stabilità dell'area;
- ✓ definire la natura e la stratigrafia dei terreni interessati dall'intervento;
- ✓ definire il livello della superficie piezometrica locale;
- ✓ indicare la capacità portante e i relativi assestamenti per le opere di fondazione in progetto;
- ✓ indicare le modalità di apertura degli scavi.
- ✓ Indicare proposte progettuali

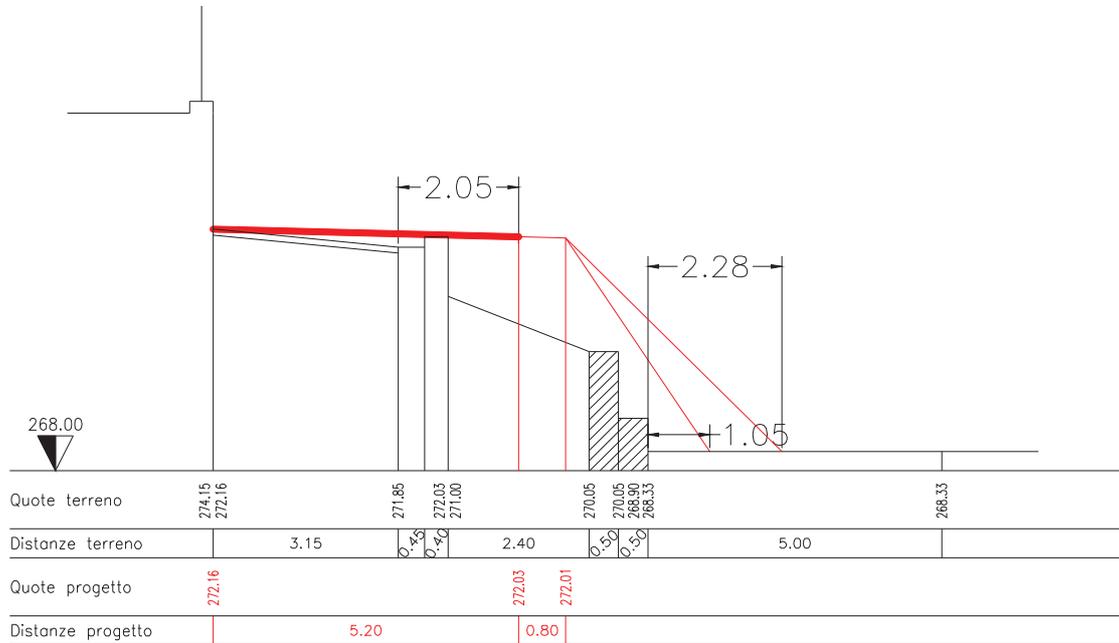
Di seguito si riporta la fotografia aerea interessante l'area di progetto:



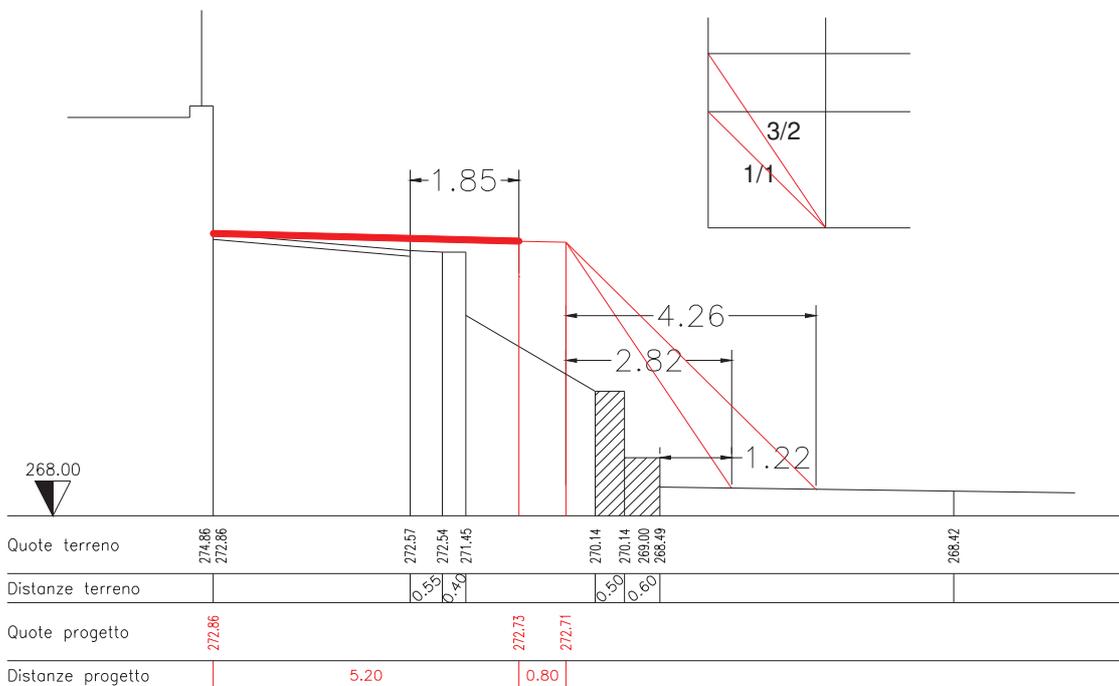
**FIG. 5** Fotografia aerea

Di seguito si riportano due sezioni dello stato di fatto con sovrapposto allargamento in progetto:

Sez. N. 3



Sez. N. 4



**FIG. 6** Sezioni stato di fatto

# RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'

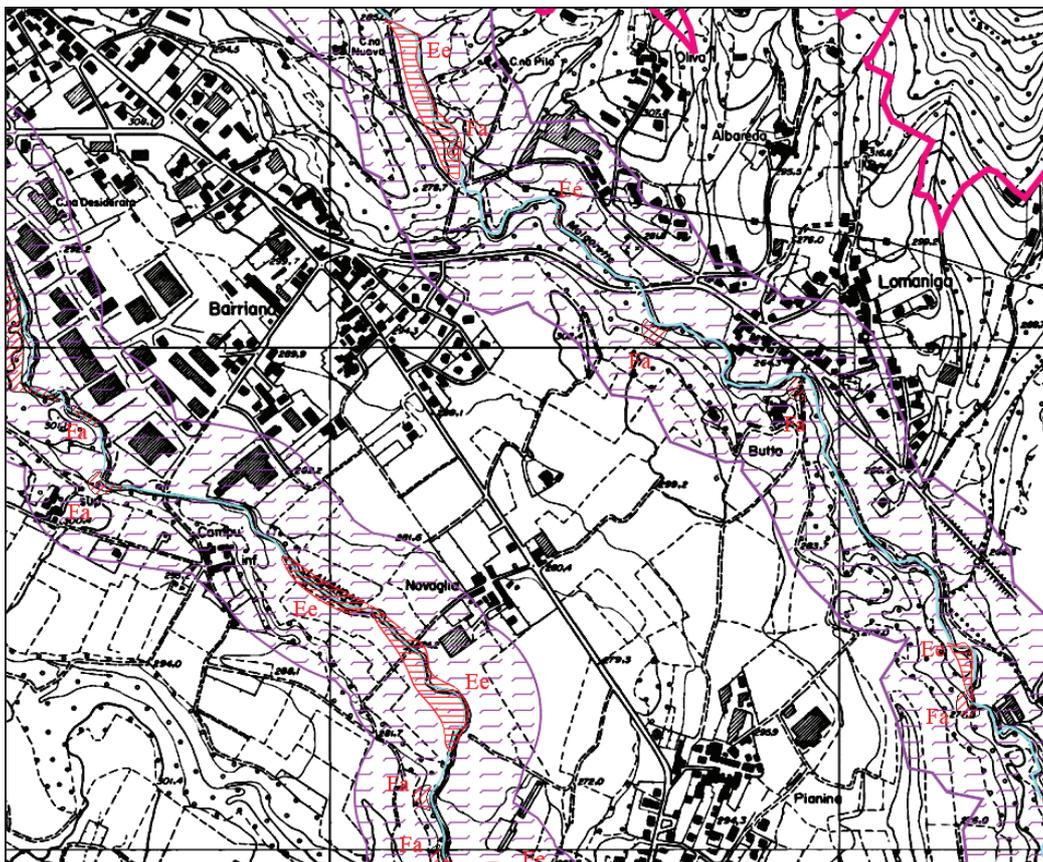
---



## 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO AI SENSI DELLA L.R. 11.3.2005 N.12 E D.G.R. IX/2616 DEL 30/11/2011

Il comune di **Missaglia** è dotato dello studio geologico ai sensi della L.R. 12/05, a firma degli scriventi datato novembre 2011.

### CARTA DEI VINCOLI



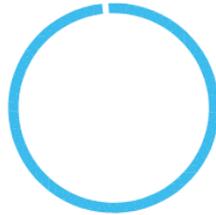
**FIG. 7** Carta dei vincoli- novembre 2011- Studio Geoplanet

#### VINCOLI DERIVANTI DALLA CARTA DEI DISSESTI PAI

LEGENDA PAI	CLASSI FATTIBILITA' DA STUDIO GEOLOGICO
<p><b>Fa</b> Area di frana attiva</p> 	IV
<p><b>Fs</b> Area di frana stabilizzata</p> 	III-IV
<p><b>Ee</b> Esondazione con pericolosità molto elevata</p> 	IV

**VINCOLI**

Fascia di rispetto T. Lavandaia e T. Molgoretta (150 m) -  
Vincolo Legge Galasso Legge 431/85

**VINCOLI DI NATURA IDROGEOLOGICA**

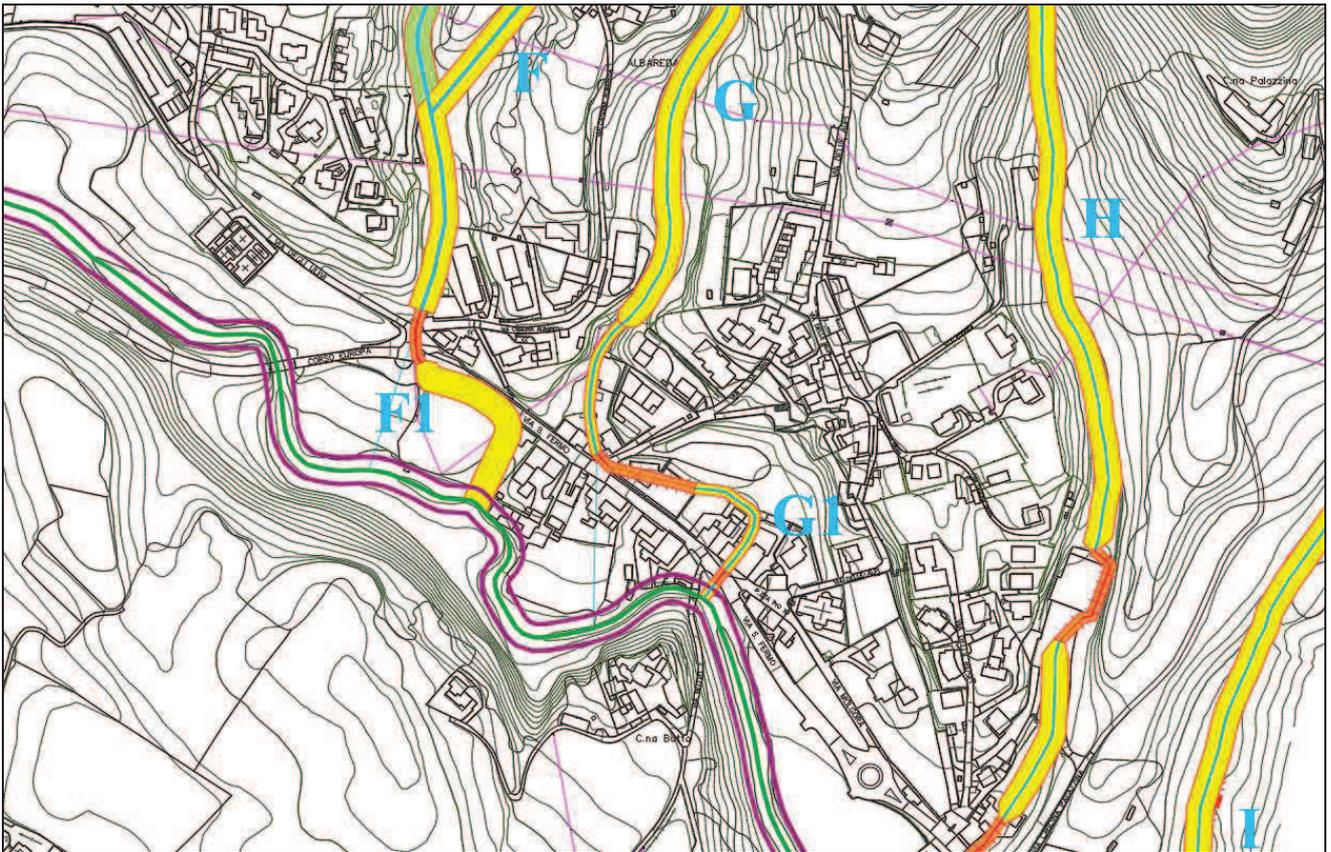
Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso  
idropotabile - Vincolo zona di rispetto (raggio 200  
m) sorgenti e pozzi D.P.R. 236/88 -



Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso  
idropotabile - Vincolo zona di tutela assoluta  
(raggio 10 m) sorgenti e pozzi D.P.R. 236/88 -



Vincolo idrogeologico



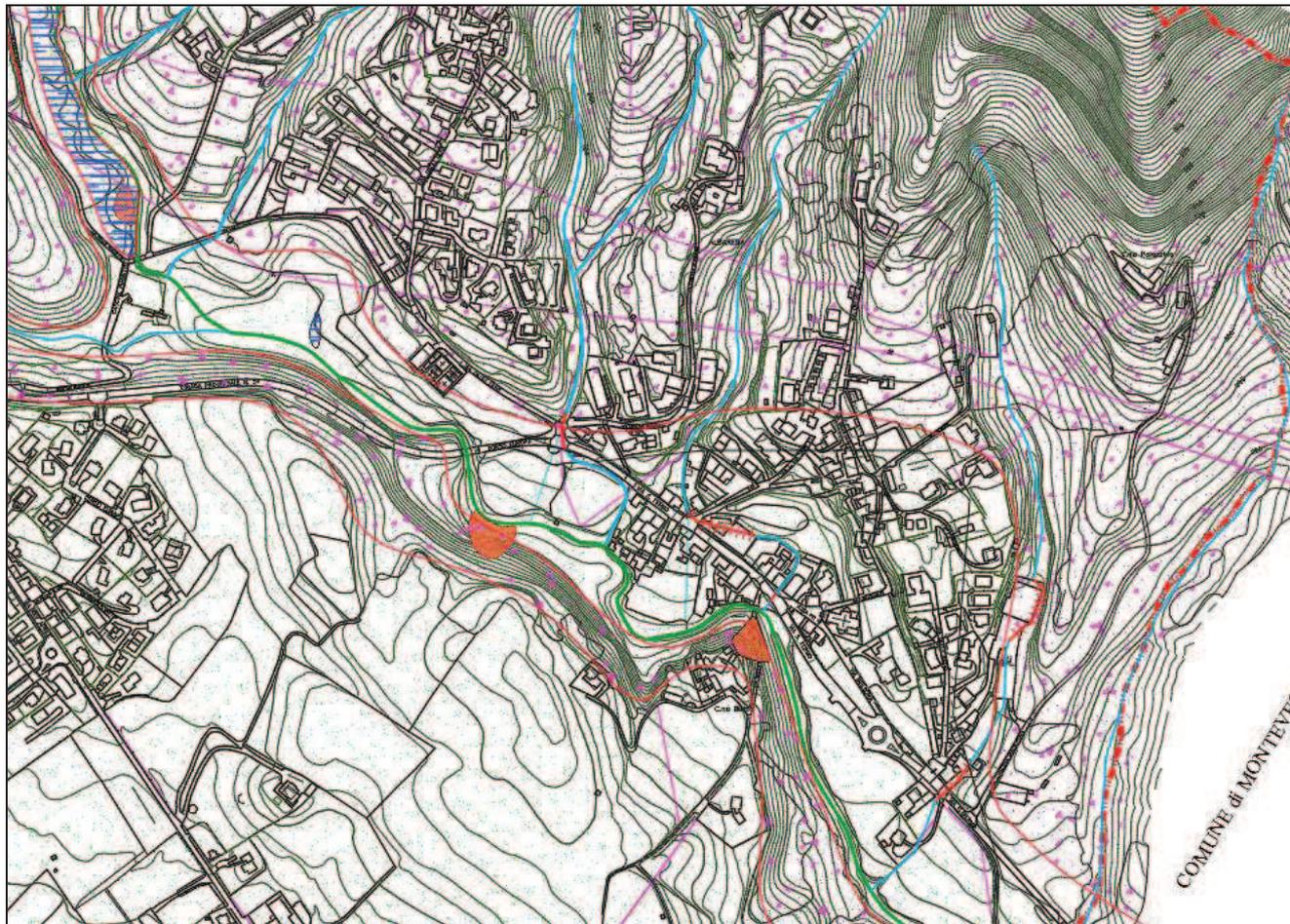
**FIG. 8** Carta dei vincoli- novembre 2011- Studio Geoplanet

**VINCOLI DERIVANTI DALLO STUDIO DEL RETICOLO IDRICO MINORE**

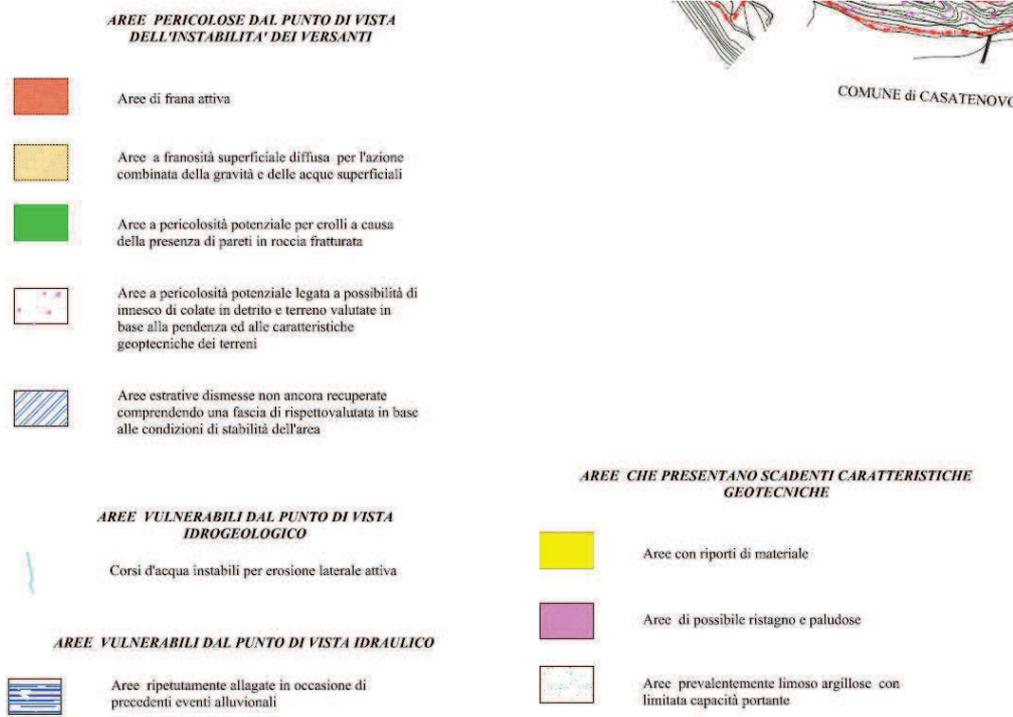
**LEGENDA:**

- |   |   |  |          |
|---|---|--|----------|
|  | Rete idrica minore mappata interrata                          |  | FASCIA A |
|  | Rete idrica minore non mappata interrata                      |  | FASCIA B |
|  | Rete idrica minore non mappata                                |  | FASCIA C |
|  | Rete idrica minore mappata                                    |  | FASCIA C |
|  | Rete idrica PRINCIPALE  |  |          |
|  | FASCIA DI RISPETTO RETE IDRICA PRINCIPALE (10 M dalle sponde) |  |          |

**CARTA DI SINTESI**



**FIG. 9** Carta di sintesi- novembre 2011- Studio Geoplanet



Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

**L'area in esame è caratterizzata dalla presenza di terreni di natura limoso argillosa con limitata capacità portante.**

**CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA**

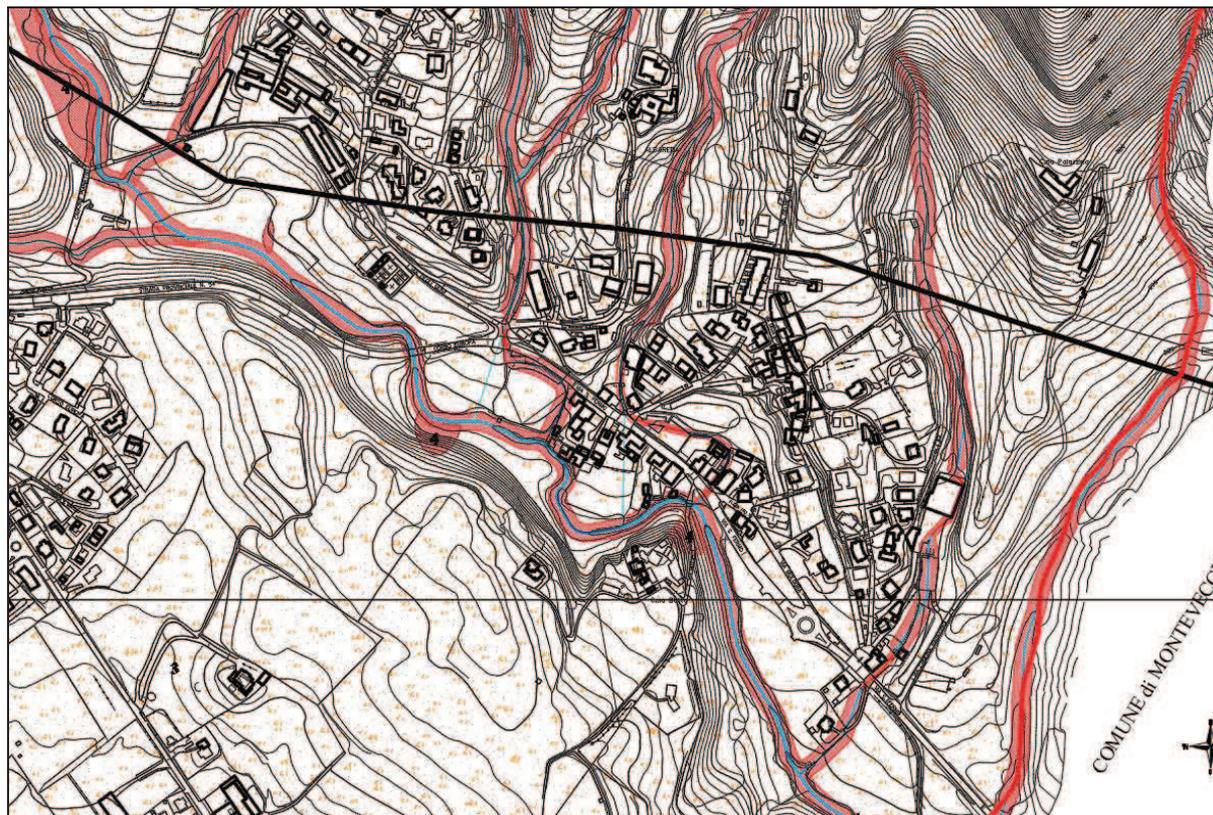
Il comune di Missaglia è dotato dello studio geologico ai sensi della L.R.12/05, a firma degli scriventi, che pone l'area in esame in **classe di fattibilità 3.**

**CLASSE DI FATTIBILITA' 3**

CLASSE III- FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI: comprende aree che presentano consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Queste aree sono generalmente caratterizzate dalla presenza di terreni acclivi o predisposti al dissesto idrogeologico e/o morfodinamico. In tale contesto sono necessari supplementi di indagini di carattere geologico-tecnico, campagne geognostiche, prove in situ ed in laboratorio. I dati raccolti attraverso queste indagini dovranno essere utilizzati per valutare e per precisare le destinazioni d'uso dei terreni, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive e soprattutto le opere di sistemazione e bonifica.

CLASSI DI FATTIBILITÀ	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	RISCHIO	LINEE GUIDA
III	Terreni pianeggianti e debolmente acclivi, scarpate di raccordo tra i terrazzi principali e l'area pianeggiante sottostante	Terreni predisposti al dissesto idrogeologico e/o morfodinamico. Terreni dotati di caratteristiche geotecniche scadenti.	L'uso di queste aree necessita di supplementi di indagine e di studi tematici per definire opere di sistemazione e bonifica. Si valuterà la stabilità dei luoghi, l'insieme struttura/terreno, struttura/roccia, la modifica del regime idraulico superficiale, il drenaggio delle acque e le opere necessarie per la messa in sicurezza dei luoghi. <b>Tipo di indagini obbligatorie:</b> <b>Prove penetrometriche dinamiche o statiche,</b> <b>Prove di permeabilità in situ, Indagine sismica.</b> <b>Verifiche idrologiche dei torrenti con calcolo di portata di massima piena. Verifiche di stabilità fronti di scavo.</b> <b>Verifiche stabilità dei versanti</b>

Di seguito si riporta lo stralcio della carta di fattibilità:



**FIG.10** Estratto Carta Fattibilità geologica - Scala 1: 2.000

#### LEGENDA CARTA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA

- 3** CLASSE 3 FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI  
Comprende aree che presentano consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni. Sono aree acclivi o predisposte al dissesto idrogeologico e morfodinamico
- 4** CLASSE 4 FATTIBILITÀ CON GRAVI LIMITAZIONI  
Comprende aree con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione

#### LEGENDA PERICOLOSITÀ SISMICA

- Z3b** Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite-arrotondate
- Z4a** Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi
- Z4b** Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio colluviale

# RELAZIONE GEOLOGICA

---



### 3. CRITERI IN ZONE SISMICHE

#### Analisi del rischio sismico

Secondo le recenti normative ed in particolare il D. M. 14/01/2008 l'intero territorio nazionale è classificato a rischio sismico. Per quanto riguarda la sismicità dell'area attualmente si devono distinguere le fasi di pianificazione rispetto a quelle di progettazione. In fase di pianificazione si fa riferimento a quanto specificato nella **D.G.R. della Regione Lombardia n.8/7374 del 28 maggio 2008 e della D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616**, mentre in fase di progettazione come nel nostro caso si fa riferimento al D. M. 14/1/2008.

Per quanto concerne la classificazione sismica dei luoghi è definita nel capitolo 3.2.2 del D. M. 14/1/2008. In seguito all'ordinanza n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, sono stati definiti i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

In particolare sono stati approvati i Criteri per l'individuazione delle zone sismiche-individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (allegato 1 all'ordinanza), nonché le connesse Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, Norme tecniche per progetto sismico dei ponti, Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni (allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza). Ogni singola regione deve provvedere all'individuazione, formazione e aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In prima applicazione le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". Le norme tecniche indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare e pertanto il numero delle zone è fissato a 4. Sono state individuate quattro classi che identificano 4 zone a sismicità decrescente partendo da 1 a 4.

#### **Il territorio comunale di MISSAGLIA rientra in zona 3.**

Di seguito si riporta una tabella che individua le 4 zone sismiche

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% i 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme Tecniche) ( $a_g/g$ )
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale, considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima  $a_g \times S$  del terreno che caratterizza il sito, dove  $S$  è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione. I parametri  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  di seguito riportati sono periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

CATEGORIA SUOLO	$S$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B,C, E	1.25	0.154	0.50	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0

Sono previste 5 classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m e definite dai parametri indicati nell'EC8 e precisamente: velocità delle onde S; numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata. Le caratteristiche salienti delle 5 classi sono:

**A.** Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

**B.** Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NS_{pt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

**C.** Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidezza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s ( $15 < NS_{pt} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  KPa).

**D.** Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da  $V_{s30} < 180$  m/s ( $NS_{pt} < 15$ ,  $C_u < 70$  KPa).

**E.** Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido, con  $V_{s30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie per le quali vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due (S1 e S2), per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

**S1.** Depositi costituiti da uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  KPa).

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

**Nelle definizioni  $V_{s30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.**

A livello europeo è stato predisposto e già votato favorevolmente da tutti i paesi membri, un sistema integrato di norme per la progettazione antisismica di edifici, ponti, serbatoi, torri, fondazione ed opere geotecniche e per la valutazione della sicurezza e l'adeguamento di strutture esistenti (Eurocodice 8). I principi e i metodi adottati dall'EC8 sono in completa armonia con quelli contenuti nelle norme nei paesi a più alta sismicità, quali USA, America del Sud, Cina, Giappone ed Asia del Sud-est. In allegato 4 all'ordinanza vengono riportate le norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i

*Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)*

requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione e i terreni di fondazione in presenza di tali azioni. Il sito deve essere esente da pericoli di instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento in caso di terremoto, nonché di rottura di faglia in superficie. Di norma deve essere adottato un tipo unico di fondazioni per una data struttura. Le indicazioni riportate nelle norme tecniche devono essere applicate per le zone 1, 2 e 3; mentre per la zona 4 è a discrezione della Regione introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

**In seguito all'indagine geognostica (prove SCPT) i terreni in esame appartengono alla classe B.** Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NSpt > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

### **3.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

**La normativa di riferimento è: DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005- N.8/1566, della D.G.R. 28 MAGGIO 2008 N.8/7374 e della D.G.R. 30 NOVEMBRE 2011 N.9/2616. 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, n12.** Di seguito si sintetizzano i contenuti relativi a tale delibera.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in base al comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: *quelli di sito o di amplificazione sismica e quelli dovuti ad instabilità.*

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

- Gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale. tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione

topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto.

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

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

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

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

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

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

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia i cui risultati sono contenuti in uno studio pilota redatto dal Politecnico di Milano.

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

**1° LIVELLO:** riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata

la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale- PSL).

**2° LIVELLO:** caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità locale che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'amplificazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle PSL individuate attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) ed interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zone sismiche 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

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

Nella carta di pericolosità sismica locale devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

Il comune di **MISSAGLIA** rientra in **ZONA 3 con  $A_{gmax} = 0,060879$** .

### **3.2 PROCEDURE 1° LIVELLO**

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Perciò salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di primo livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologia, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia ( a scala 1: 10.000- 1: 2.000) rappresentata dalla **CARTA**

**DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE**, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	CASSE DI PERICOLOSITA' SISMICA
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento. La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari.

**L'area di studio ricade nella classe di pericolosità Z4a: ZONA DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI. In particolare come evidenziato dal paragrafo delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche i terreni in esame sono di natura granulare.**

Infatti l'indagine geognostica effettuata e unitamente al rilievo geologico-morfologico eseguito in corrispondenza dell'area in esame, ha evidenziato la presenza di depositi alluvionali costituiti in prevalenza da sabbie e limi in superficie e sabbie e ghiaie in profondità.

Si esclude pertanto in questa fase la presenza di zone a rischio caratterizzate da sabbie molto sciolti soggette a possibili fenomeni di liquefazione.

Di seguito si riporta la carta della pericolosità sismica tratta dallo studio geologico comunale:

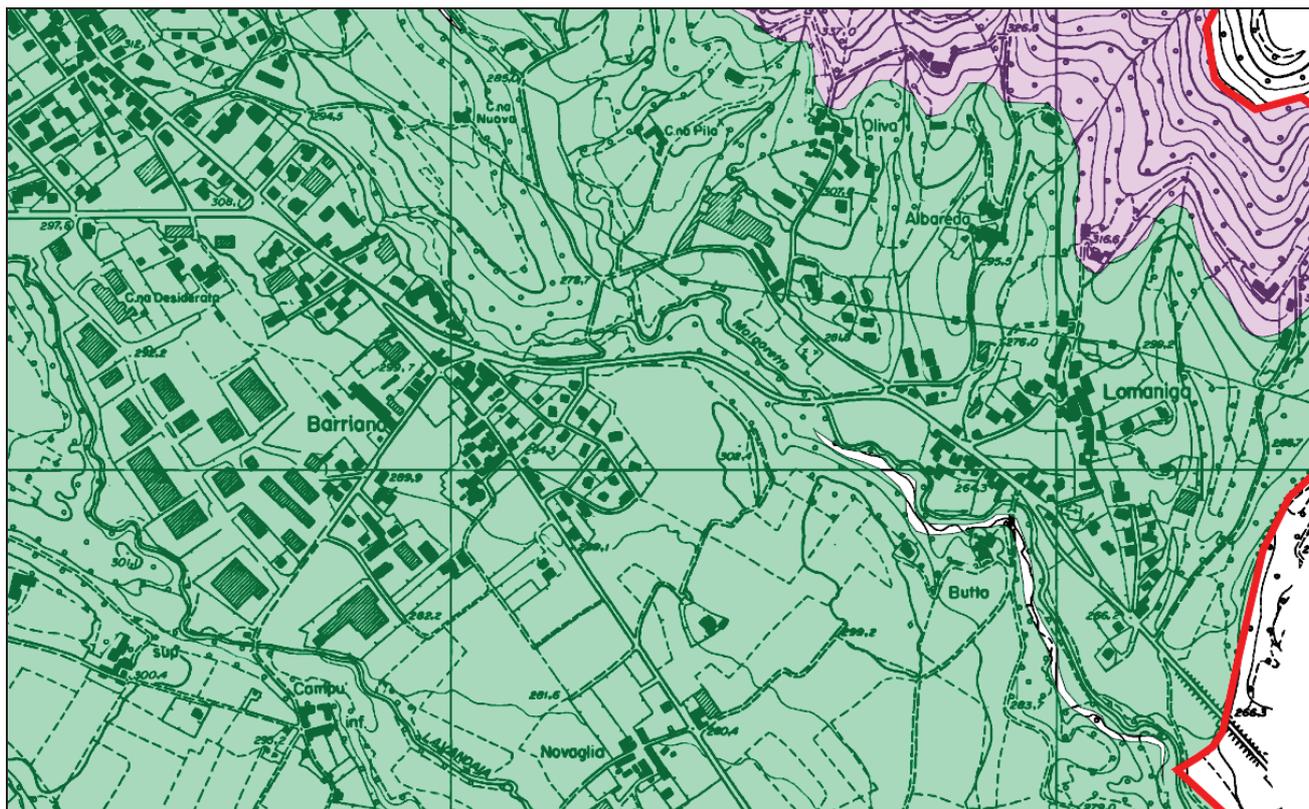


FIG. 11 Carta della pericolosità sismica locale- novembre 2011 – Studio Geoplanet

### LEGENDA

-  Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite-arrotondate
-  Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi
-  Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio colluviale

### **3.3 PROCEDURE 2° LIVELLO**

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, e nelle aree a pericolosità sismica locale individuate attraverso il 1° livello suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle aree a pericolosità sismica locale z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione  $F_a$ . Il valore di  $F_a$  si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore  $F_a$  sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

### **Il metodo MASW**

La nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni, la normativa tecnica europea gli Eurocodici EC 7 e EC 8 e le più avanzate normative internazionali attribuiscono la giusta importanza alla caratterizzazione geotecnica sismica del terreno su cui dovranno essere realizzate opere di qualunque natura (edifici residenziali e industriali, opere di sostegno e di stabilizzazione di versanti, rilevati stradali, opere infrastrutturali, argini, dighe e opere idrauliche, gallerie, ponti e opere strutturali di grandi dimensioni, etc.). La caratterizzazione del terreno dal punto di vista sismico in particolare e dinamico in generale, richiede come elemento indispensabile la conoscenza del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  degli strati di terreno presenti nel sito, fino alla profondità di almeno 30 m dal piano campagna, secondo quanto richiesto dalle sopraccitate normative. Il profilo delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

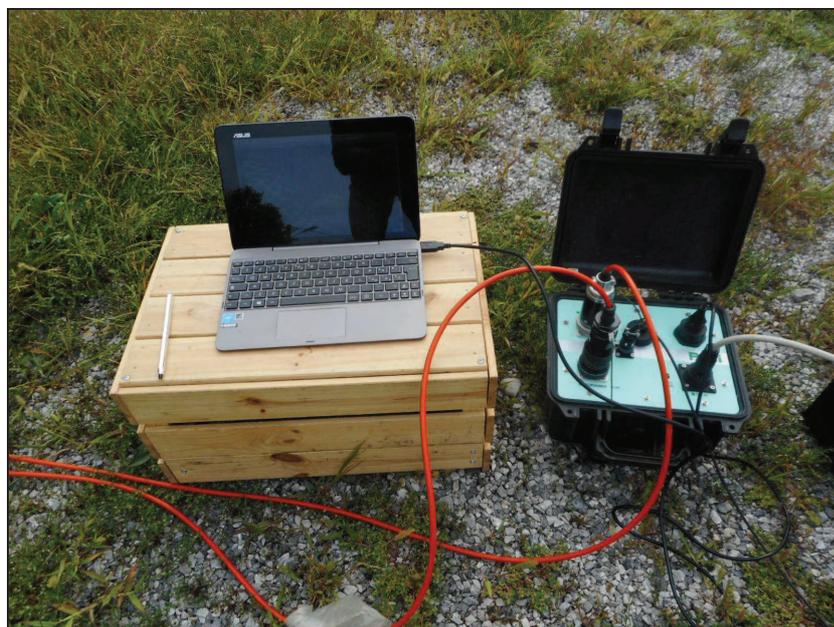
- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità è possibile

*Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)*

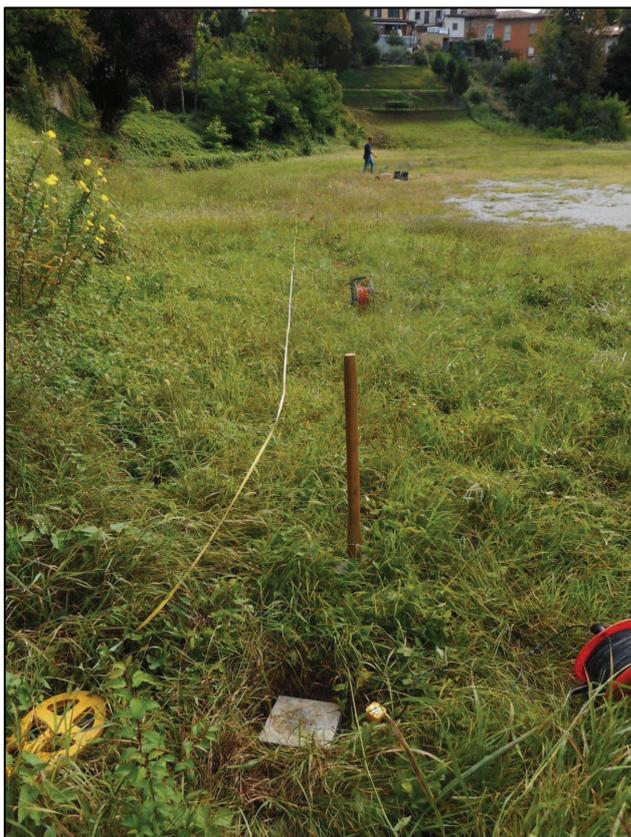
determinare una velocità equivalente  $V_{s30}$  rappresentativa del sito in esame, che consente di classificare il sito come suolo di tipo A, B, C, D, E, S1, S2 secondo la nuova normativa sismica italiana o secondo la normativa europea Eurocodice 8. Classificazione del tipo di suolo secondo la nuova normativa sismica italiana O.P.C.M. n. 3274/2003

Suolo	Descrizione geotecnica	$V_{s30}(m/s)$
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30} > 800 m/s$ , comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5m	>800
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s	360-800
C	Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ compresi tra 180m/s e 360m/s	180-360
D	Depositi di granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180 m/s$	<180
E	Depositi di granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180 m/s$	
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100 m/s$	<100
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti	



**FIG. 12** Particolare strumentazione

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di



**FIG. 13** Esecuzione stendimento sismico LSI

due terzi dell'energia sismica totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Sebbene queste siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di corpo (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

Questo tipo di analisi fornisce i parametri fondamentali comunemente utilizzati per valutare la rigidità superficiale, una proprietà critica per molti studi geotecnici. L'intero processo comprende tre passi successivi: l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll), la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla

frequenza) e l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo

1-D) che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.



**FIG. 14** Particolare stendimento sismico LSI

Pertanto è possibile determinare il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$ , e quindi il tipo di suolo sismico (A, B, C, D, E, S1, S2), le azioni sismiche con cui progettare e verificare le opere di Ingegneria Civile, il modulo di rigidità del terreno, i cedimenti e gli spostamenti delle opere interagenti con il terreno: edifici, ponti, rilevati

arginali, opere di sostegno, etc..

**Le prove SASW Multicanale (MASW) forniscono il profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  oltre 30m di profondità, consentendo di individuare il tipo di suolo sismico**

A differenza della sismica a rifrazione, si usano in qualunque situazione stratigrafica pseudorizzontale, anche in presenza di falda.



*FIG. 15 Particolare strumentazione*

**Le prove sono eseguite per mezzo della strumentazione di seguito elencata:**

Acquisitore digitale multi – canale

Ricevitori (accelerometri o geofoni) capaci di misurare il campo di moto nella direzione verticale (12+12 ricevitori)

Sorgenti sismiche impulsive costituite da mazza di 5-8 kg e/o massa cadente di 30-50 kg e/o vibrodina a sorgente controllata.

Per definire la  $V_s$  è stata effettuata una linea sismica di seguito descritta:

**LS1: equidistanza tra i geofoni= 2 m, 1 punti di scoppio a 5 m**

L'impiego di un sismografo a 24 canali consente di registrare gli arrivi del treno d'onda provocato dallo scoppio tramite 24 geofoni ubicati a distanze costanti e crescenti dal punto di energizzazione.

Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni).

Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

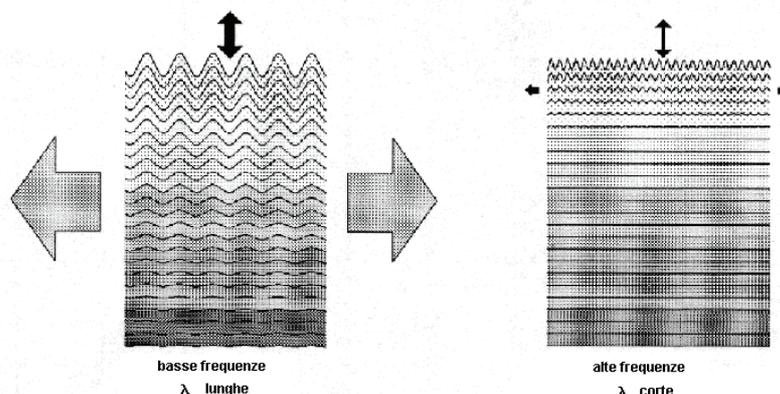
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendente dalla

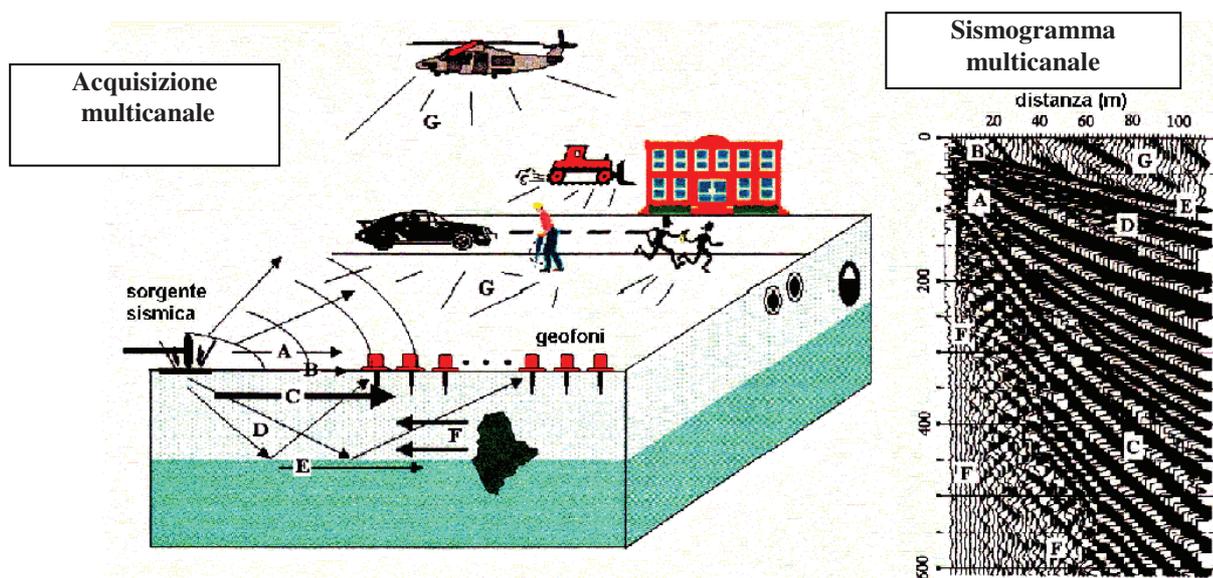
distanza dalla sorgente. La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza.

La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione.



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



A: onde in aria

B: onde dirette

C: onde di superficie

D: onde riflesse

E: onde rifratte

F: onde riverberate

G: rumore ambientale

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;
- 3- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

## Risultati

Il valore del parametro Vs30 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 superiori.

Le indagini eseguite hanno determinato un valore della  $V_{S30}$  è di **340-343 m/s**; di seguito si riporta la tabella di classificazione dei siti sulla base del valore di  $V_{S30}$ :

Grado	Classe	Velocità sismica (m/s)
Molto buono	A	$V_{S30} > 800$
<b>Buono</b>	<b>B</b>	<b><math>360 &lt; V_{S30} &lt; 800</math></b>
Discreto	C	$180 < V_{S30} < 360$
Sufficiente	D	$V_{S30} < 180$
Insufficiente	E	Strati sup. all. (5 – 20 m) tipo C e D soprastanti substrato tipo A
Molto scadente	S1	$V_{S30} < 100$
Pessimo	S2	$V_{S30} < 50$

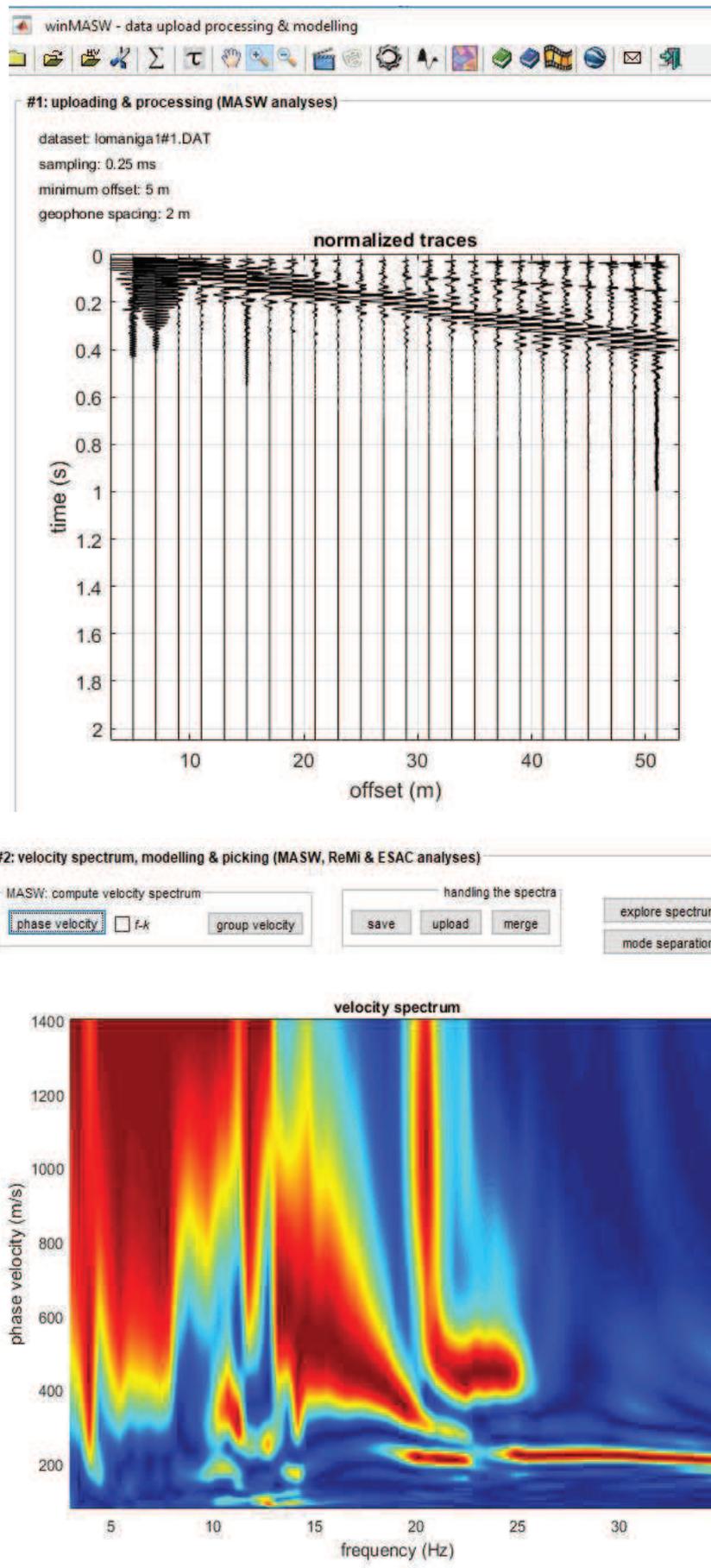
**Pertanto l'indagine sismica conferma che i terreni superficiali appartengono alla classe B.**

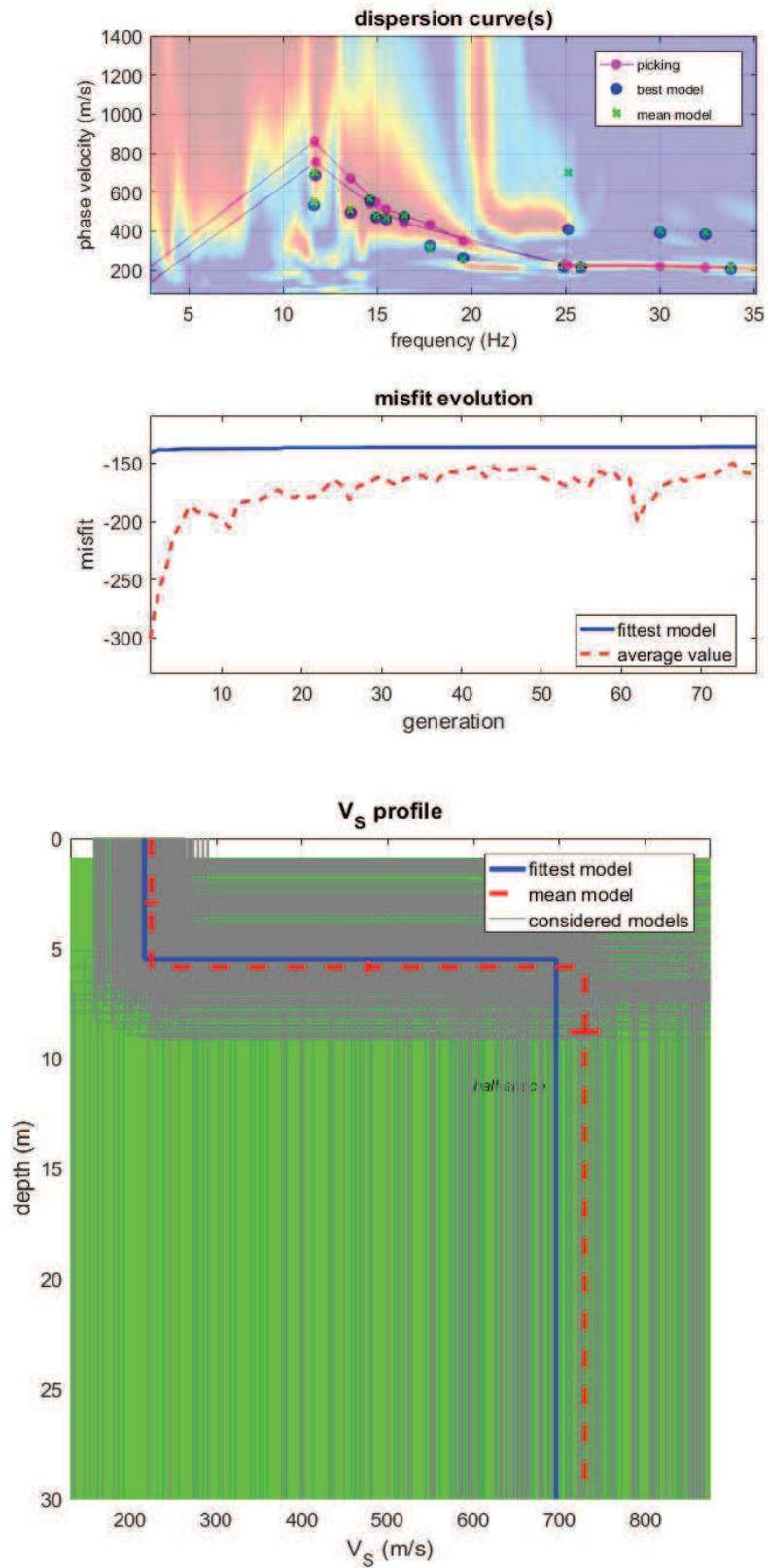
Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{S30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NS_{pt} > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).



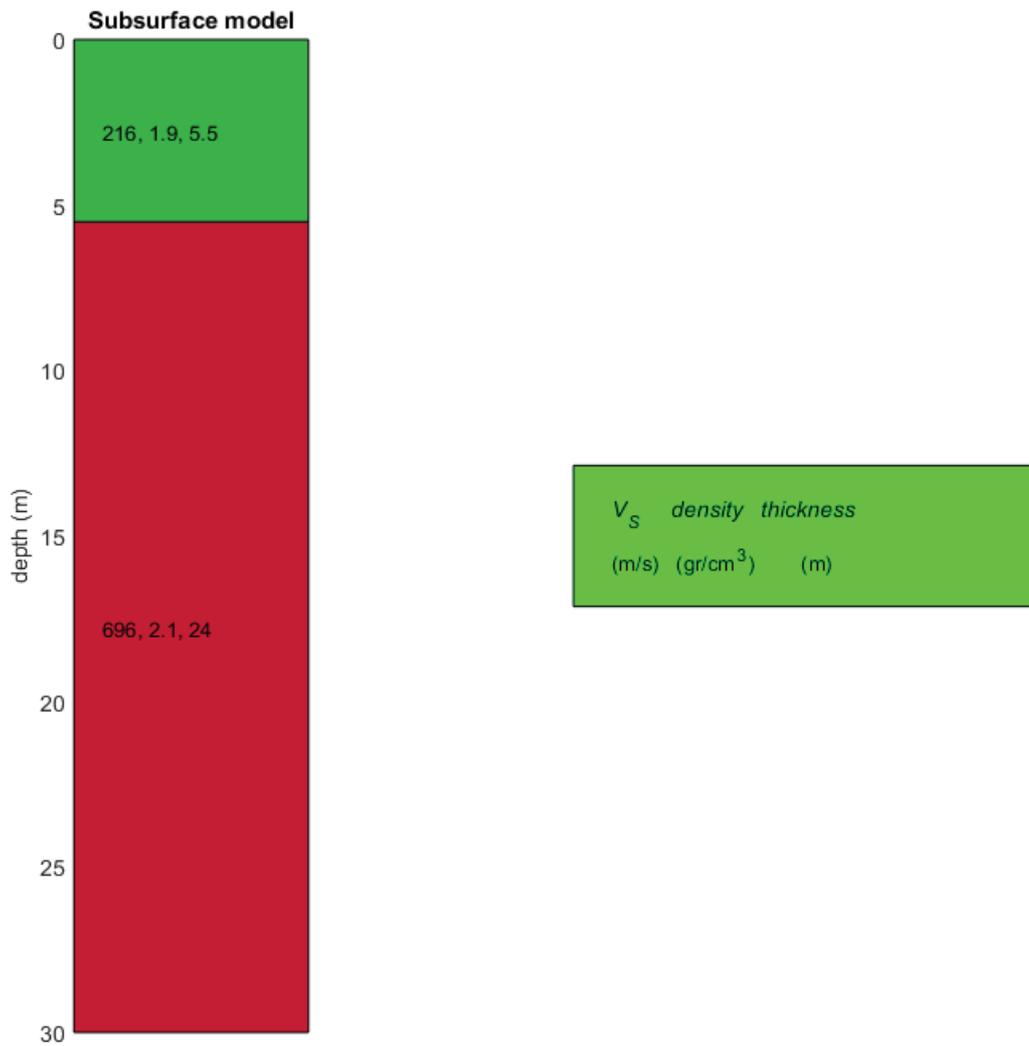
*FIG. 16 Panoramica aerea in esame*

Nelle pagine seguenti sono riportati i risultati dell'indagine.





dataset: lomaniga1#1.DAT  
 dispersion curve: lom1.cdp  
 Vs30 (best model): 494 m/s  
 Vs30 (mean model): 506 m/s



Le zone di studio ricadono all'interno della scheda di valutazione **“EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO –SABBIOSA TIPO 1.**

**EFFETTI LITOLGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 1**

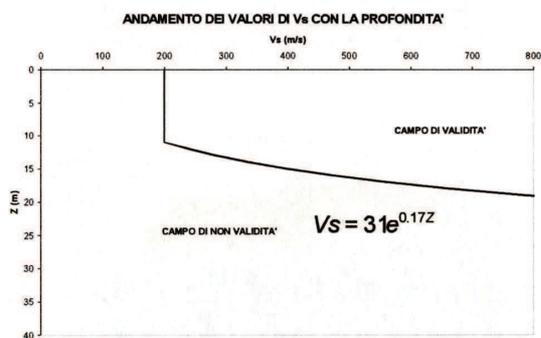
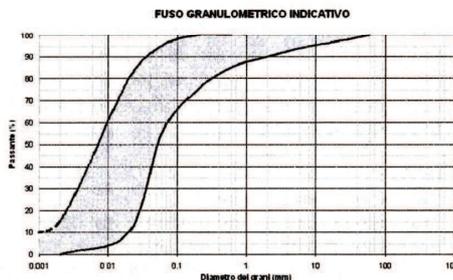
**PARAMETRI INDICATIVI**

**GRANULOMETRIA:**

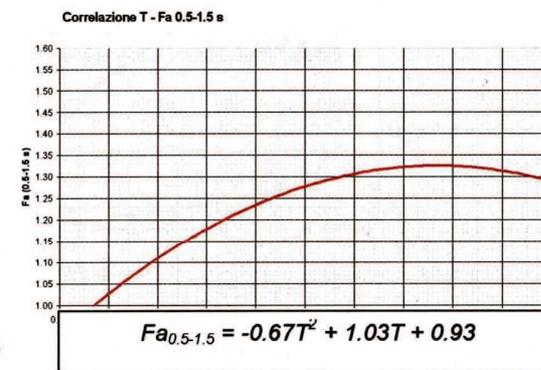
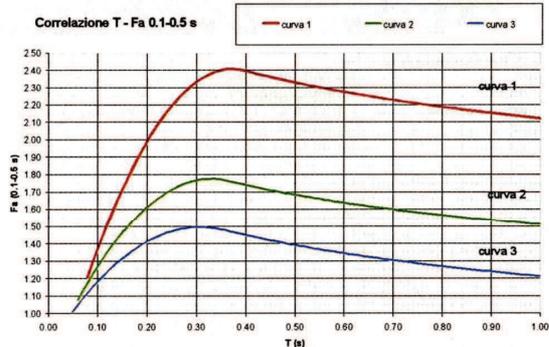
Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

**NOTE:**

- Comportamento coesivo
- Frazione limosa ad un massimo del 95%
- Presenza di clasti immersi con  $D_{max} < 2-3$  cm
- Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%
- Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%
- A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



Profondità primo strato (m)	Profondità primo strato (m)																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
200				1	1	1	1	1	1	1	1	1						
250				2	2	2	2	2	2	1	1	1						
300				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2					
350				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2				
400				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		
450				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
500				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
600				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
700				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30LnT$
2	$0.06 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -9.5T^2 + 6.3T + 0.73$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.51 - 0.25LnT$
3	$0.05 < T \leq 0.35$	$0.35 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -7.3T^2 + 4.5T + 0.80$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.21 - 0.26LnT$

Per la sequenza stratigrafica considerata è stato calcolato il periodo proprio (T) in modo pesato, considerando lo spessore e la velocità Vs di ciascun strato, mediante la seguente formula:

Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

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

ove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  sono rispettivamente lo spessore e la velocità  $V_s$  dello strato  $i$ -esimo.

$T=0.2$

Per il Grafico  $T/Fa$  valido nell'intervallo 0.5-1.5 s è stata utilizzata una regressione polinomiale di 2° ordine, la cui formula è:

$$Fa_{0.5-1.5} = -0.67 T^2 + 1.03 T^2 + 0.93 = 1.1$$

$$Fa_{0.1-0.5} = -13.9 T^2 + 10.4T + 0.46 = 1.984$$

Il parametro di riferimento per il comune di **MISSAGLIA** ricavato dalla banca dati della Regione Lombardia per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta essere di **1.4** mentre per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta essere di **1.7**.

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.1-0.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
MISSAGLIA	3	1.4	1.8	2.2	2.0

VALORI DI SOGLIA PER IL PERIODO COMPRESO TRA 0.5-1.5 s					
		Valori soglia			
COMUNE	Classificazione	Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
MISSAGLIA	3	1.7	2.4	4.2	3.1

Dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di  $Fa$  ottenuto per l'intervallo 0.1-0.5 risulta superiore alla soglia mentre per l'intervallo 0.5-1.5 è inferiore al valore di soglia corrispondente.

Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente solo per l'intervallo 0.5-1.5 a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

Per l'intervallo 0.1-0.5 sarà necessario utilizzare i parametri relativi alla CLASSE SISMICA C. I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati in questa procedura di 2° livello presentano la seguente attendibilità:

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
Litologici	bassa	Da dati di zone limitrofe
	alta	Da prove in sito
Stratigrafici	media	Da prove penetrometriche
Geofisici	bassa	Sismica in zone limitrofe con stesse caratteristiche litologiche

### 3.4 – LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Durante un potenziale evento sismico, nei terreni di natura prevalentemente granulare parzialmente saturi (sabbiosi), si possono generare fenomeni di liquefazione quando le pressioni interstiziali compensano quelle intergranulari. Le probabilità che un terreno raggiunga la liquefazione dipendono dallo stato d'addensamento del terreno stesso, dalla composizione granulometrica, dalla presenza della falda e dalla storia tensionale del deposito litologico. Per liquefazione del terreno, s'intende il quasi annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

La suscettibilità alla liquefazione viene valutata sulla base di osservazioni effettuate durante i terremoti passati e sulla base di informazioni geologiche e geotecniche derivate da prove indici e di tipo corrente secondo i seguenti criteri:

- 1) criterio 'storico'
- 2) criterio 'geologico'
- 3) criterio di 'composizione'
- 4) criterio di 'stato fisico'.

La valutazione del rischio di liquefazioni ha tenuto conto dei criteri geologico, di composizione e di stato fisico.

#### ***Criterio geologico***

- ✓ età e origine del deposito
- ✓ profondità della falda
- ✓ morfologia
- ✓ spessore degli strati sovrastanti non liquefacibili

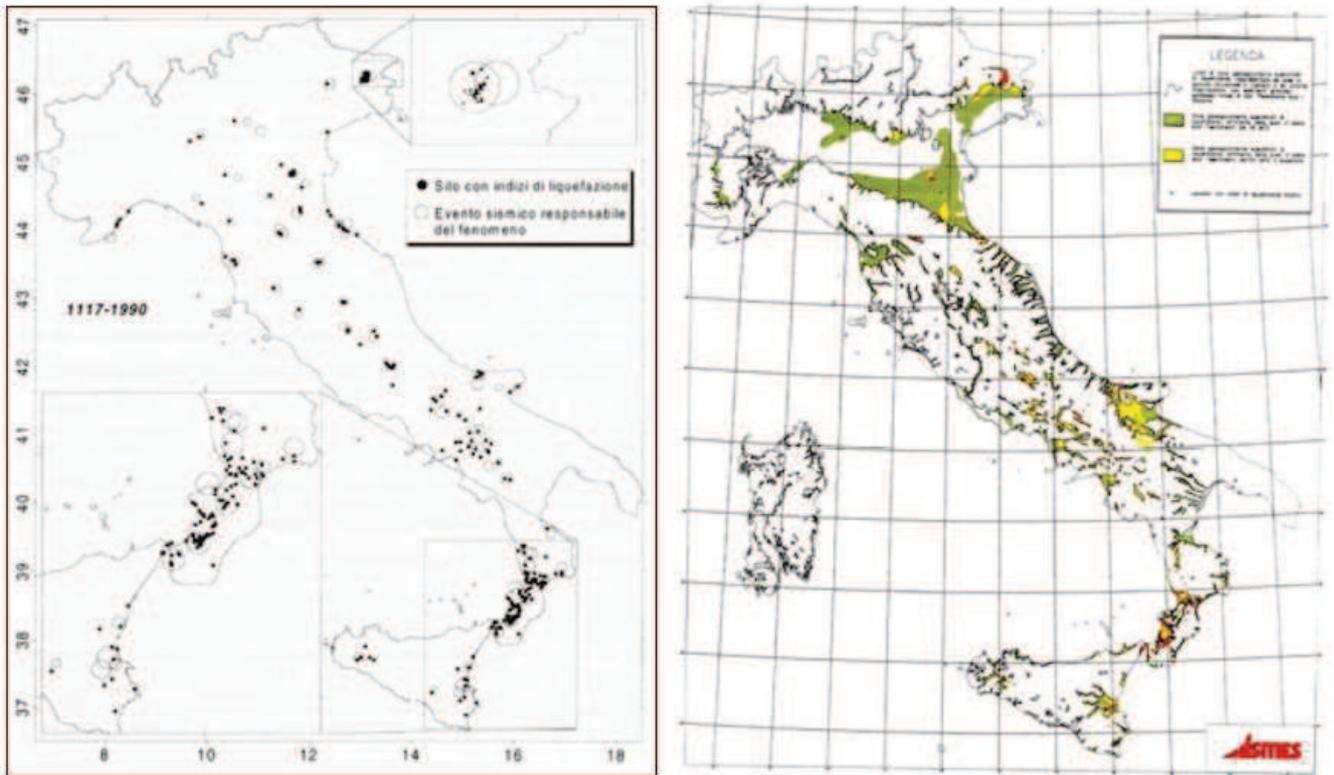
#### ***Criterio di composizione***

- ✓ distribuzione granulometrica
- ✓ forma delle particelle
- ✓ diametro medio determinante
- ✓ percentuale di frazione argillosa
- ✓ plasticità della frazione argillosa

#### ***Criterio di 'stato fisico'***

- ✓ densità relativa
- ✓ pressione di confinamento media
- ✓ altri parametri indicativi del comportamento contrattivo e dilatante

**Criterio storico:** la liquefazione tende a ripetersi nei siti dove si è già verificata

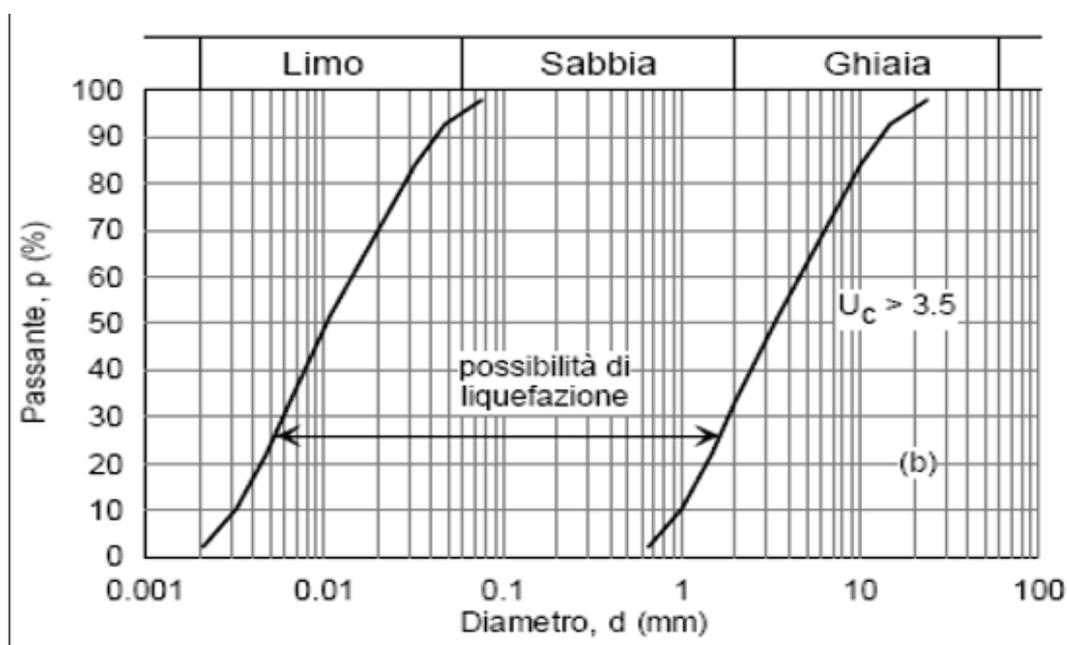


**Criterio geologico**

<b><i>Età del deposito</i></b>	<b><i>Profondità della falda</i></b>		
	<b><i>&lt; 9 m</i></b>	<b><i>9 ÷ 15 m</i></b>	<b><i>&gt; 15 m</i></b>
Olocene recente	Elevata	Bassa	Molto bassa
Alto Olocene	Moderata	Bassa	Molto bassa
Pleistocene recente	Bassa	Bassa	Molto bassa
Pleistocene antico e depositi anteriori	Molto bassa	Molto bassa	Molto bassa

<b>Categoria</b>	<b>Morfologia</b>	<b>Liquefazione</b>
A	Letti di fiume, antichi e recenti, paludi, terreni di bonifica, zone interdunari	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune, pianure di esondazione, spiagge	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne	Improbabile

### Criterio di composizione



### Criterio stato fisico

La suscettibilità alla liquefazione è influenzata:

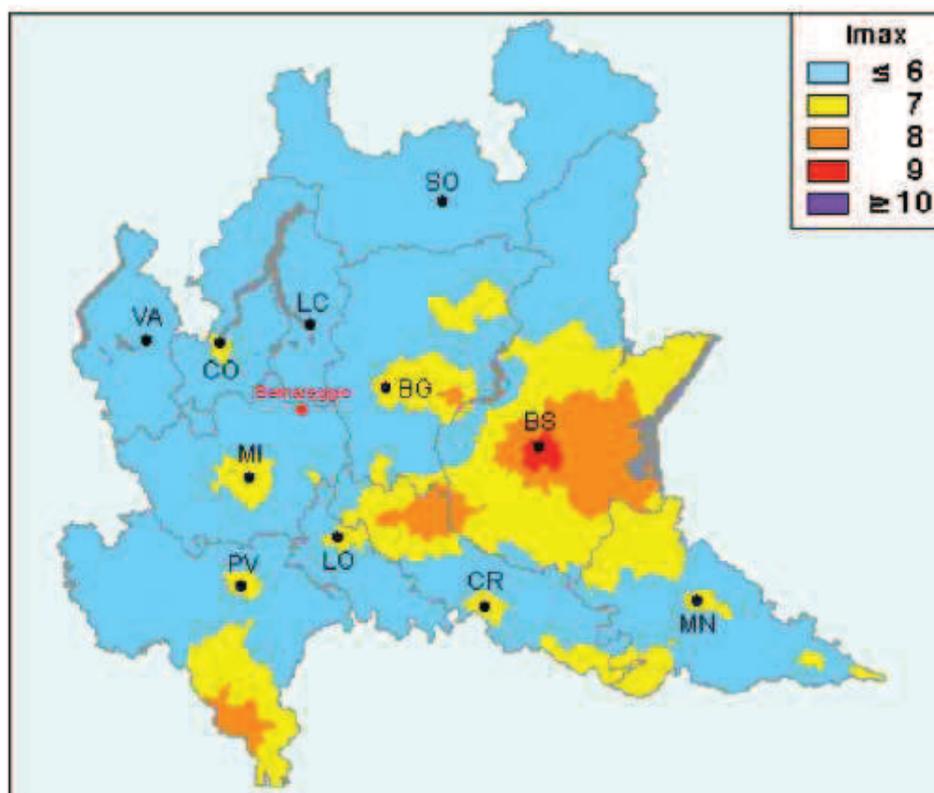
- ✓ dallo stato di addensamento  $q$
- ✓ dalla tensione media efficace iniziale
- ✓ più in generale:
- ✓ dalla posizione del punto rappresentativo dello stato fisico rispetto alla linea di stato critico (comportamento contrattivo o dilatante) e alla linea di fluidificazione.

## SISMICITÀ DEL TERRITORIO COMUNALE

Per la definizione dell'intensità macrosismica del territorio comunale di **MISSAGLIA** sono stati utilizzati i dati reperibili dalla "Mappa delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", redatta sulla base dei dati contenuti nel catalogo DOM4.1, database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno integrato in combinazione con i dati di CFTI (Catalogo dei forti terremoti italiani di ING/SGA - Boschi et al., 1995). Da quanto riportato nella figura seguente, il comune di **MISSAGLIA** è caratterizzato da un'intensità macrosismica minore di  $\leq 6$ .

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

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



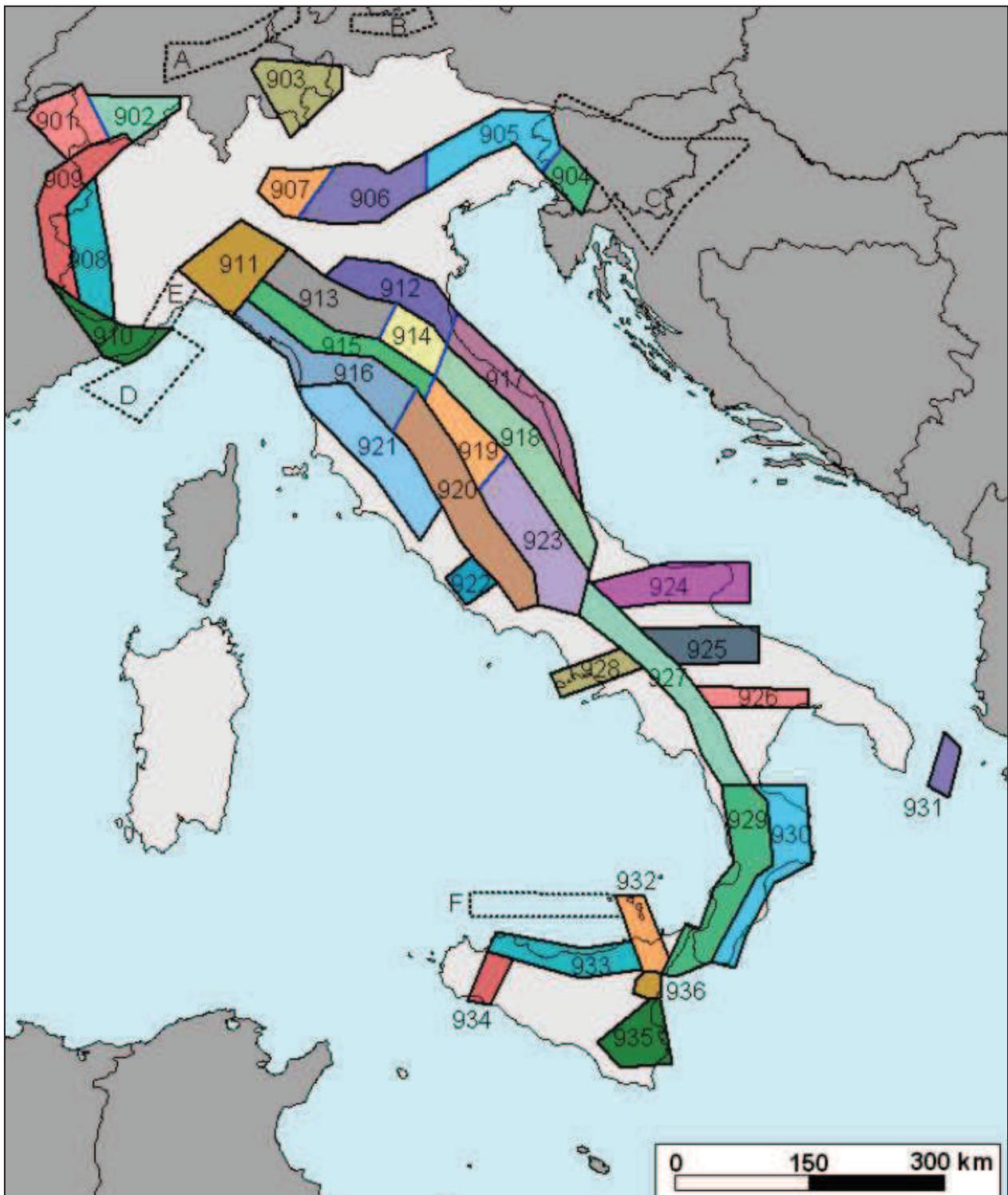
È stata esaminata anche la carta della **ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (2004)**, che individua le sorgente, o sismogenetiche, intendendole come aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico strutturale e soprattutto cinematico.

Il nuovo modello sismogenetico usato in Italia, introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato

suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F).

**Per vicinanza territoriale è stata considerata la zona sismogenica 907.**

La zona 907 include la parte più bassa delle province di Bergamo e Brescia: E' caratterizzata da una sismicità di energia normalmente medio-bassa con la sola eccezione del terremoto di Soncino evento del 1802 a cui viene assegnata una magnitudo intorno a 5.9.



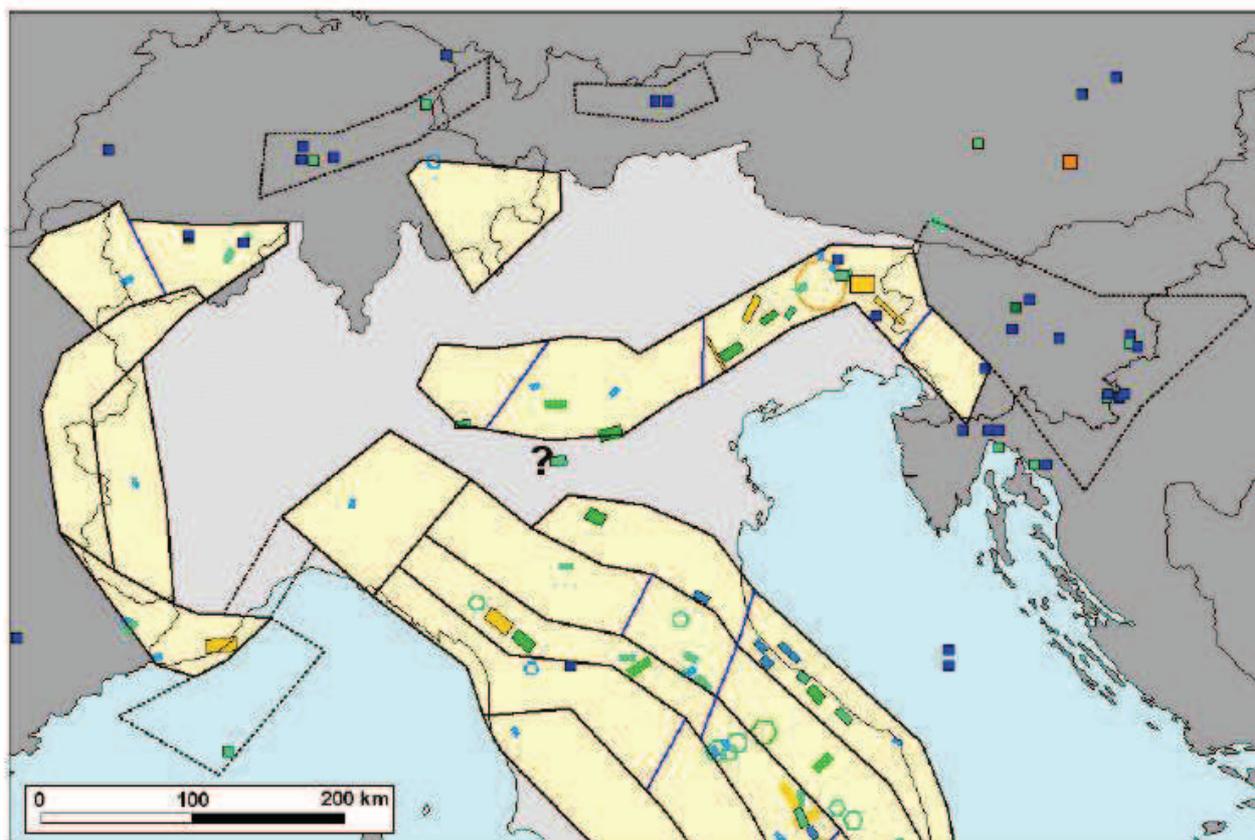


Figura 6 - Zonazione sismogenetica ZS9 per il Nord Italia (bordi in nero) a confronto con la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel *database* DISS 2.0. Il punto interrogativo è posto vicino alla sorgente "Mantova" sulla cui esistenza si discute nel testo. Per il significato dei simboli e della scala cromatica si veda la figura 3.

## MAGNITUDO ATTESA

In riferimento alla carta della Zonazione Sismogenetica ZS9 (2004), il comune di **MISSAGLIA** non appartiene ad alcuna zona sismogenetica.

Per vicinanza territoriale è stata considerata la zona sismogenetica 907 che individua le sorgenti, o sismogenetiche, intendendole come aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico strutturale e soprattutto cinematico.

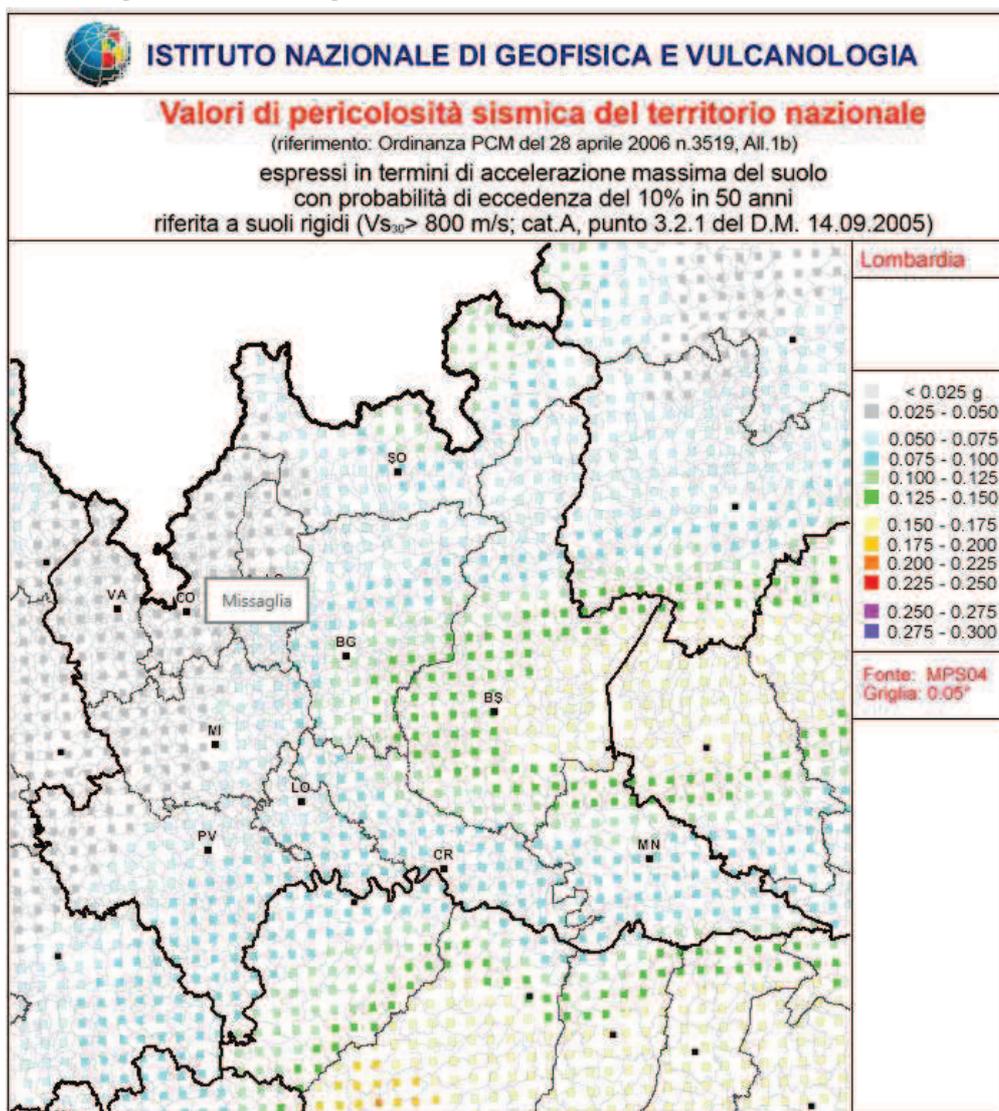
Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7 *
905	181	110	32	4.8	5-8	8 *
906	41	34	13	4.7	5-8	8 *
907	33	19	7	4.2	5-8	8 *
908	495	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	346	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6 *
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6 *
921	97	63	9	4.0	1-5	4 #
922	355	146	29	3.9	1-5	4 #
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3 #
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10 *
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3 #

Dalla tabella relativamente agli aspetti di pericolosità sismica, l'esame dei dati INGV ha restituito un valore massimo atteso della Magnitudo di 4.2 per la zona 907.

#### ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA

Sono stati esaminati i dati di pericolosità sismica intesa in senso probabilistico, come lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

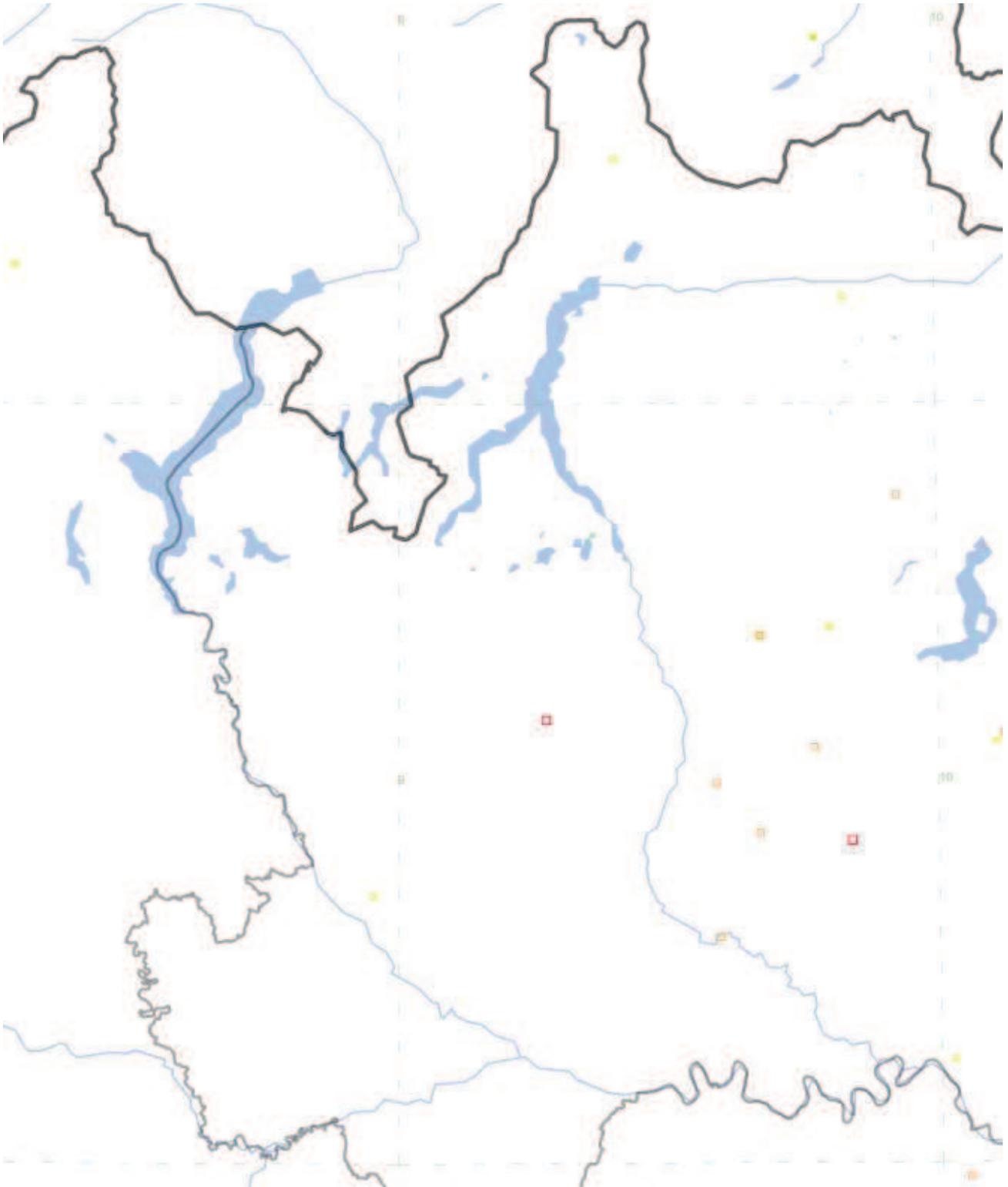
I dati riportati nelle mappe di pericolosità sismica dell'INGV riportano per l'area di studio quanto sintetizzato nelle figure e tabelle seguenti.

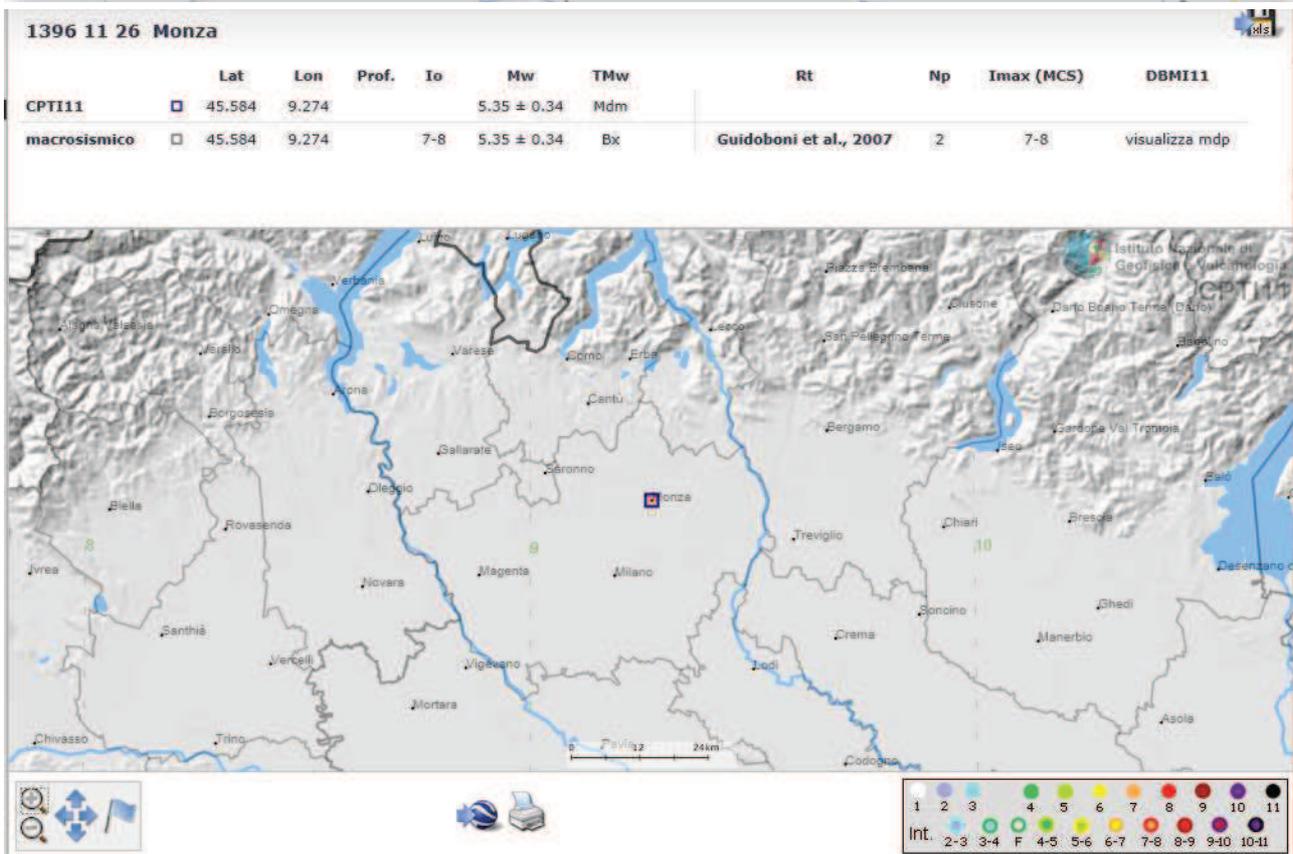
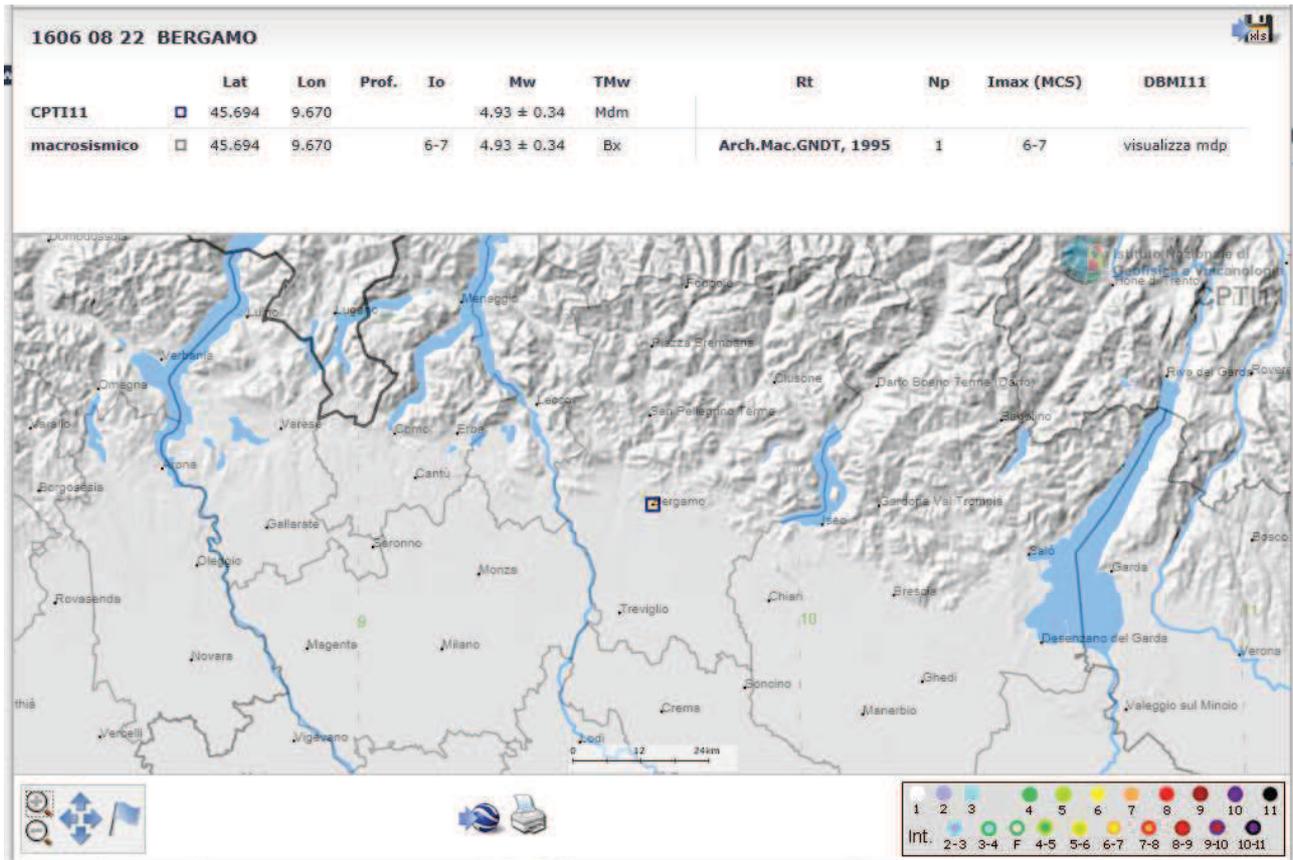


*Mappe di pericolosità sismica, tratte da/sito INGV*

I valori di  $a_g$  devono essere citati come: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

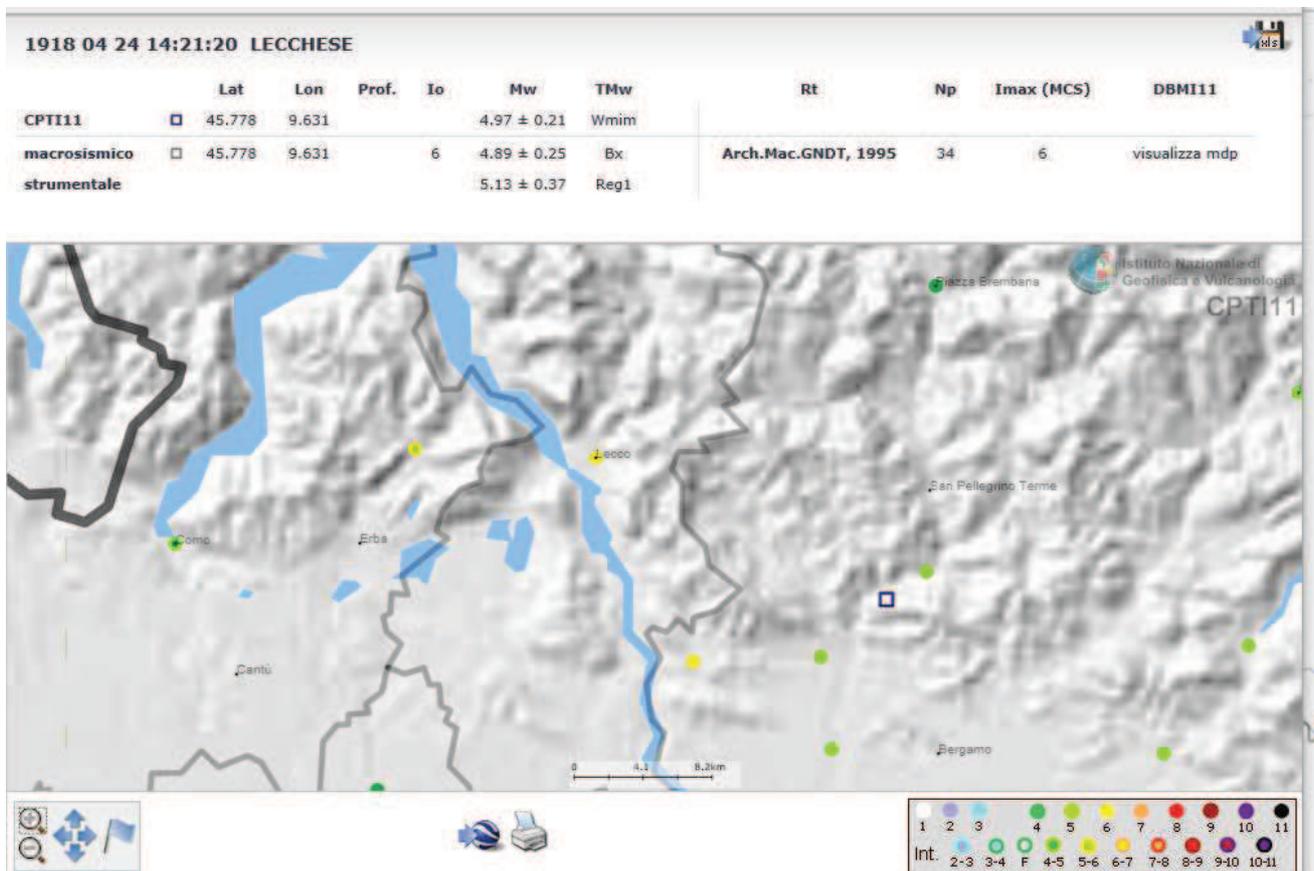
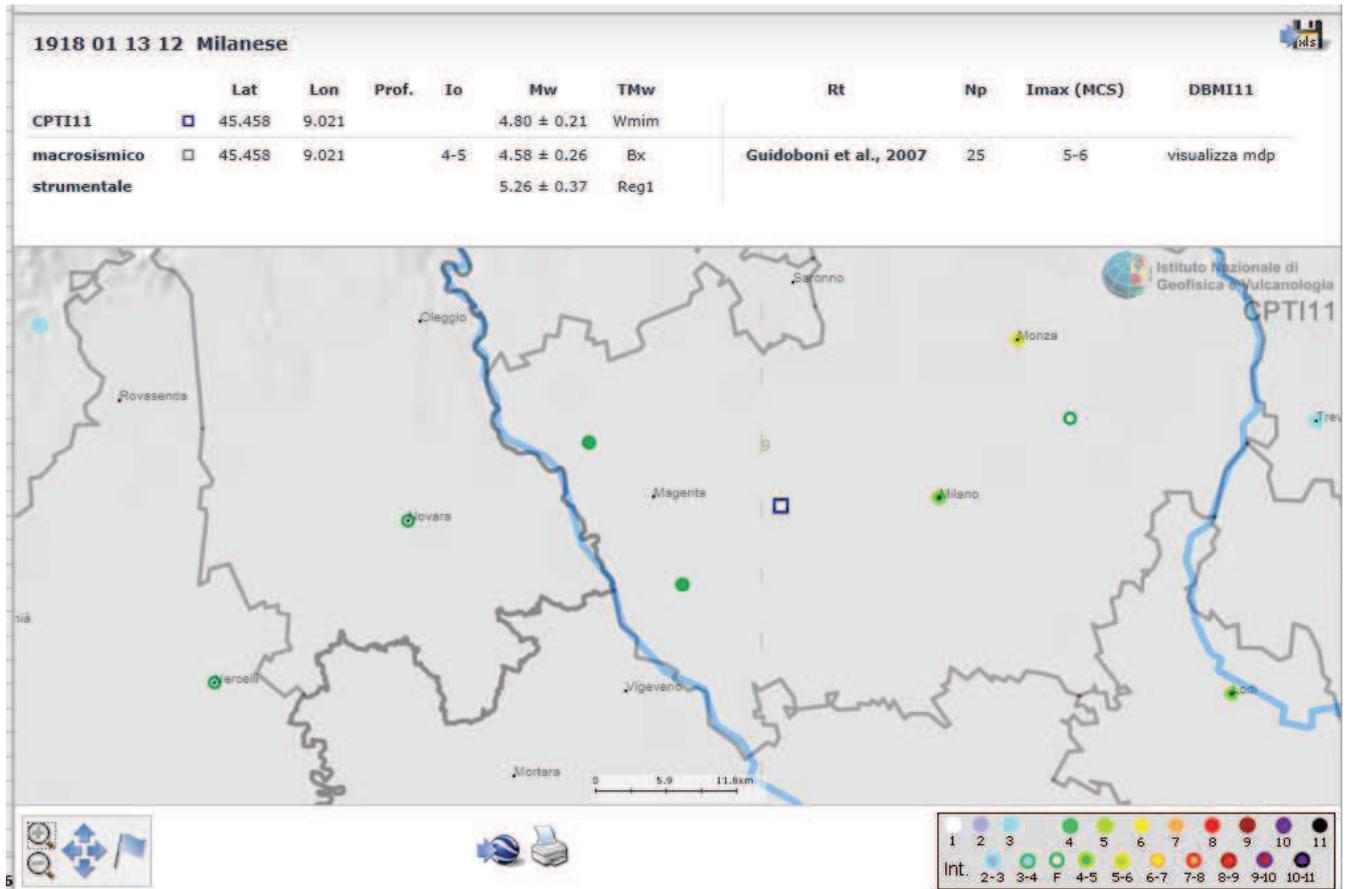
**Come si osserva dalla cartografia per il comune di MISSAGLIA è prevista un'accelerazione massima del suolo compresa tra 0.050 e 0.075.**

**TERREMOTI DAL 1000 AL 1899**

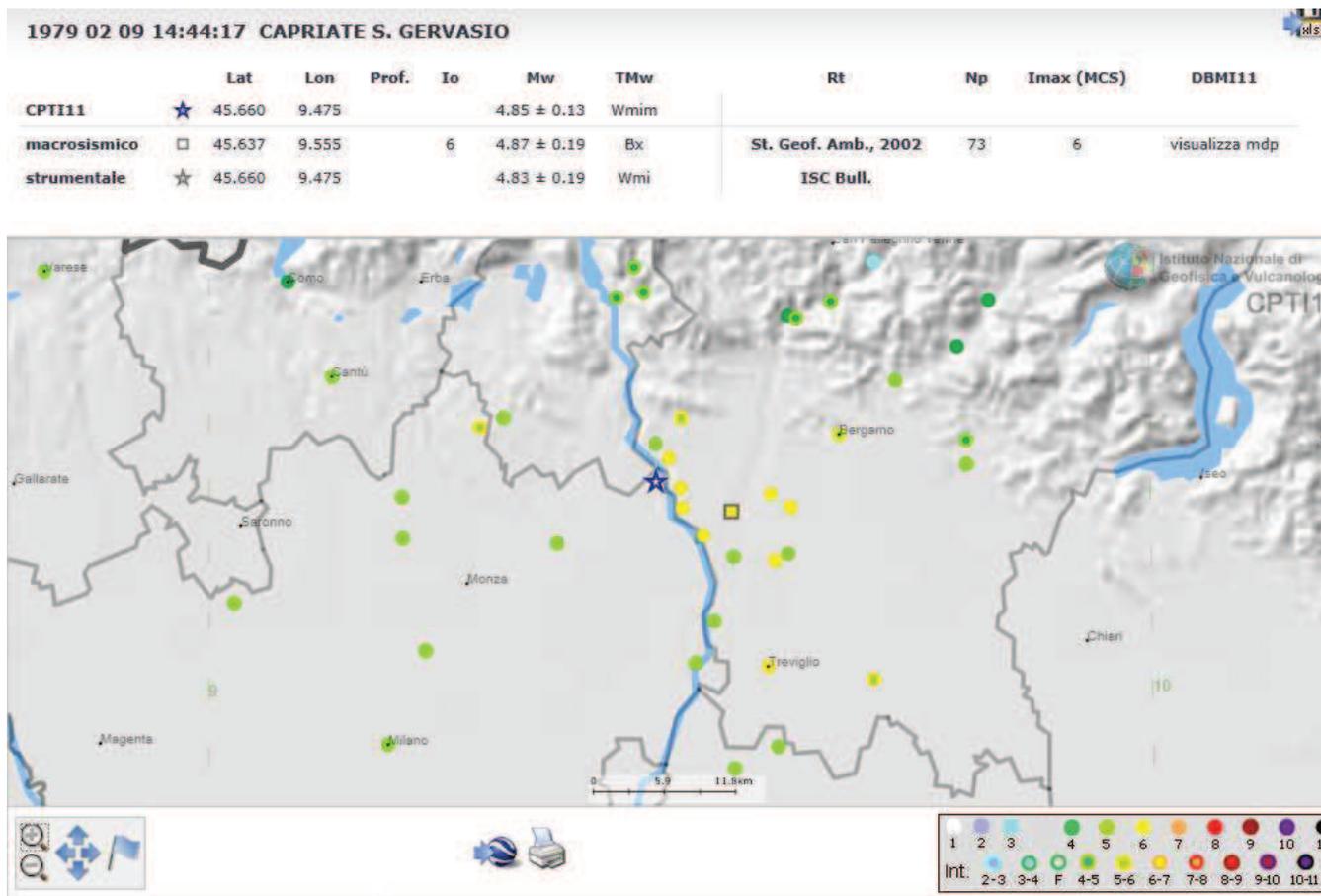


Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

**TERREMOTI DAL 1900 AL 2006**



Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)



## PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

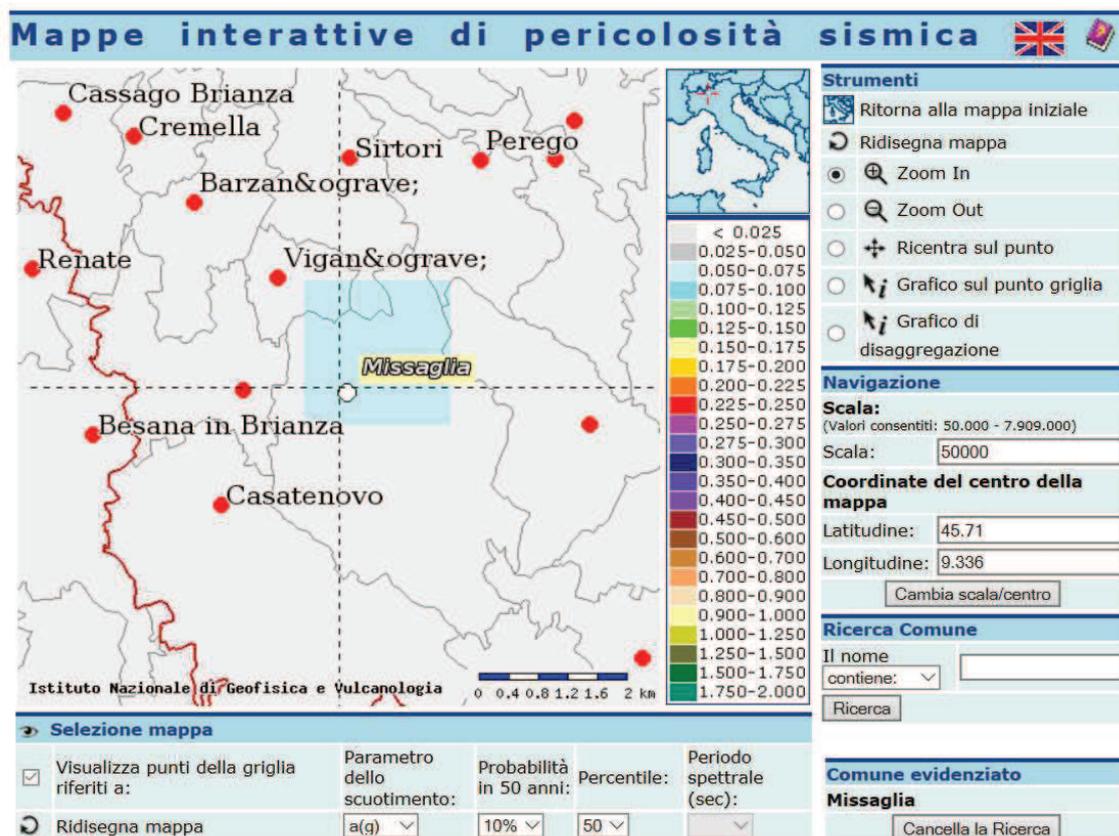
La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche e deve essere descritta con un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Essa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrisponde  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

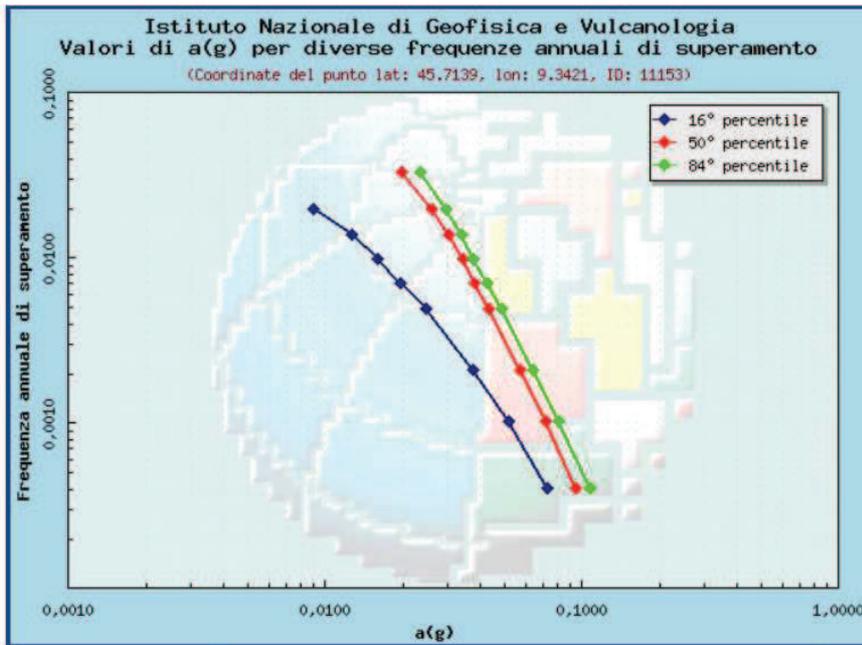
- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

I risultati dello studio di pericolosità sono forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro e per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno ( $T_r$ ). Per poter definire la pericolosità sismica di base ci si basa su una procedura disponibile sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

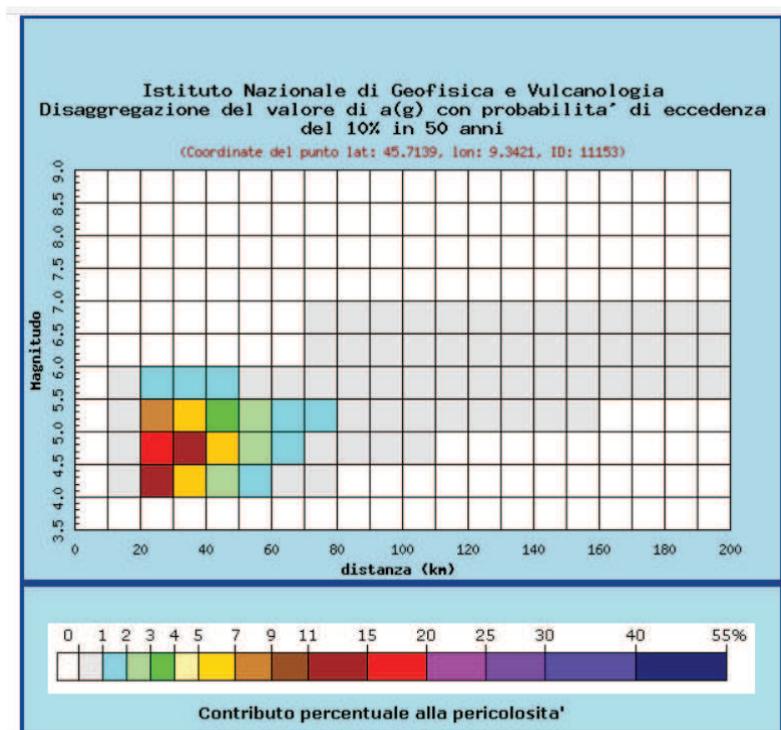


Nella Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta dall'istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nel 2004 e recepita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n.3519 del 28.04.2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone il comune di **Missaglia** risulta caratterizzato da un valore di ag con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli di **Cat. B**, compreso tra **0.05g e 0.075g**.

Guardando poi il calcolo della disaggregazione della pericolosità, che ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento, si evidenzia che il terremoto che potrà verificarsi con maggiore probabilità avrà  $M=4.91$  a distanza di circa 42.2 Km dal concentrico del comune.



Frequenza annuale di superamento	$a(g)$ (Coordinate del punto lat: 45.7139, lon: 9.3421, ID: 11153)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0733	0.0944	0.1076
0.0010	0.0515	0.0718	0.0809
0.0021	0.0377	0.0574	0.0647
0.0050	0.0247	0.0434	0.0487
0.0071	0.0196	0.0382	0.0425
0.0099	0.0160	0.0343	0.0378
0.0139	0.0126	0.0303	0.0338
0.0200	0.0089	0.0260	0.0295
0.0333	0.0000	0.0199	0.0234



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 45.7139, lon: 9.3421, ID: 11153)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.166	0.222	0.075	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	12.100	18.000	7.040	1.850	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	6.420	11.100	5.380	1.670	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	2.780	5.640	3.310	1.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	1.180	2.970	2.120	0.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.404	1.560	1.480	0.667	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.054	0.772	1.230	0.825	0.157	0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.278	0.903	0.853	0.366	0.057	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.072	0.579	0.712	0.365	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.011	0.357	0.632	0.320	0.053	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.191	0.579	0.273	0.042	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.067	0.403	0.232	0.038	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.016	0.226	0.194	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.005	0.134	0.147	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.072	0.100	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.035	0.065	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.017	0.043	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.028	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.032	0.008	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.910	42.200	1.340

## VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5 ; (è la Magnitudo Momento  $M_w$ )
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; ( $a_{gmax}$  )
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale. Nell'EC 8, invece, si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera);
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c^* < 3,5$  e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

**Pertanto per gli eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5 e per accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; ( $a_{gmax}$  ) non risulta necessario effettuare una verifica alla liquefazione.**

**Considerate le caratteristiche dell'area in esame si escludono fenomeni di liquefazione.**

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO MORFOLOGICO IDROGEOLOGICO

L'area esaminata si trova nella parte orientale del territorio comunale di Missaglia, tra le quote di circa 265 e 271 m s.l.m.



**FIG. 17** Panoramica area in oggetto – Esecuzione SCPT 1

L'area di progetto è posta lungo un terrazzo antropico delimitato a valle da un muro in c.a.

L'area rilevata è caratterizzata dal passaggio dai depositi fluvioglaciali di età Mindelliana ai depositi alluvionali del T. Molgoretta affioranti a valle dell'area di intervento.

I depositi fluvioglaciali presentano una tipica coltre superficiale di alterazione di colore bruno-rosso, detta Ferretto, costituita da matrice argillosa al cui interno si

rinvengono clasti e ciottoli generalmente alterati. Al di sotto di tale coltre, il cui spessore può raggiungere i 3-4 metri, i depositi sono costituiti da ghiaie, sabbie e ciottoli, di dimensioni variabili e forma generalmente arrotondata, immersi in matrice sabbioso-limosa presente in percentuali variabili.

Il centro abitato principale di Missaglia è attraversato da un cordone morenico di età Mindelliana che è possibile osservare nella carta morfologica.

Il substrato roccioso locale, appartenente alla formazione del Flysch di Bergamo, non affiora all'interno dell'area di studio, ma è visibile a quote superiori di 320 m s.l.m.

Per quanto riguarda la circolazione idrica superficiale si segnala la presenza dell'alveo del T. Molgoretta che dista circa 160 m in direzione sud dell'area di studio e depresso di 10 metri circa rispetto all'area di progetto.

Inoltre a circa 100 m in direzione est è presente un altro corso d'acqua con andamento principale nord-sud che si immette nell'alveo del T. Molgoretta.

Inoltre a circa 1000 m in direzione sud-ovest è presente l'alveo del T. Lavandaia.

Questi corsi d'acqua a regime torrentizio, con decorso NW-SE, costituiscono le principali aste drenanti dell'area.

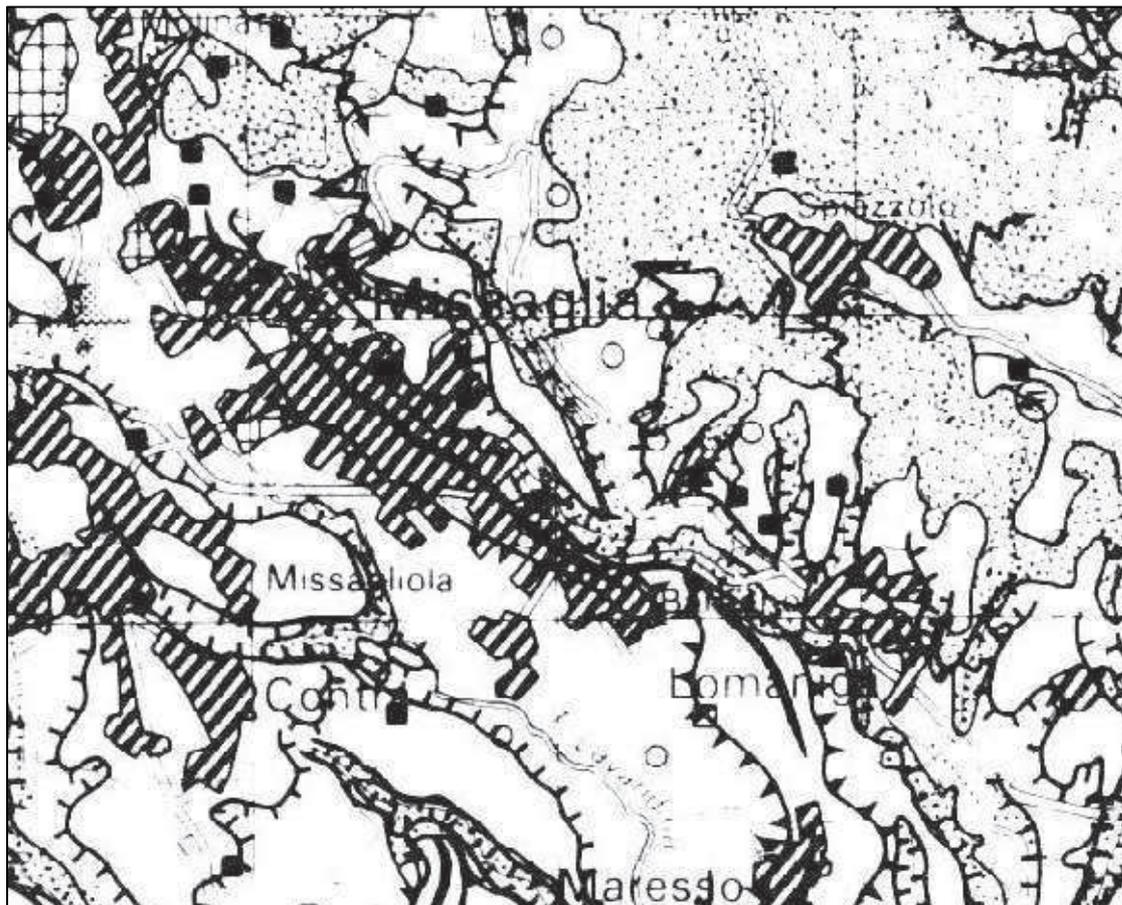


FIG.18 Stralcio della Carta Morfologica Regionale (scala 1: 50.000)

**LEGENDA**

Area edificata o urbanizzata: residenza, servizi o misto	a tipologia prev. residenziale, mista e servizi area verde, parco-giardino		Nicchia di frana recente	
Area edificata o urbanizzata: produttivo			Frana recente attiva	
Case sparse			Nicchia di frana antica	
Area in trasformazione			Frana antica stabilizzata	
Nucleo residenziale	■ Complesso industriale ▲		Area con franosità diffusa	
Complesso agro-zootecnico	● Complesso commerciale ▼		Frana di dimensioni non cartografabili	
Impianto sportivo	▲ Servizi ★		Alveo abbandonato relativo a corsi minori	
Cascina	○ Campeggio △		Linea di accrescimento fluviale, vecchia linea di costa	
Complesso misto residenziale-produttivo	□		Conoide di deiezione	
Area agricola	seminativo, pioppeto, prato-pascolo legnose agrarie		Detriti sciolti, "ghiaioni"	
Bosco			Fenomeni carsici	
Area incolta o sterile			Erosione diffusa	
Scarpata morfologica			Erosione incanalata	
Orio di terrazzo fluviale			Faglia o frattura principale	
Circo glaciale			Linea spartiacque	
Cresta di cordone morenico			Linea di scorrimento di valanga	
Golena			Opera paravalanga	
Alveo abbandonato situato allo stesso livello del p.c.				
Alveo abbandonato incassato rispetto al p.c.				
Erosione di sponda				

Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica interessante la zona di studio:

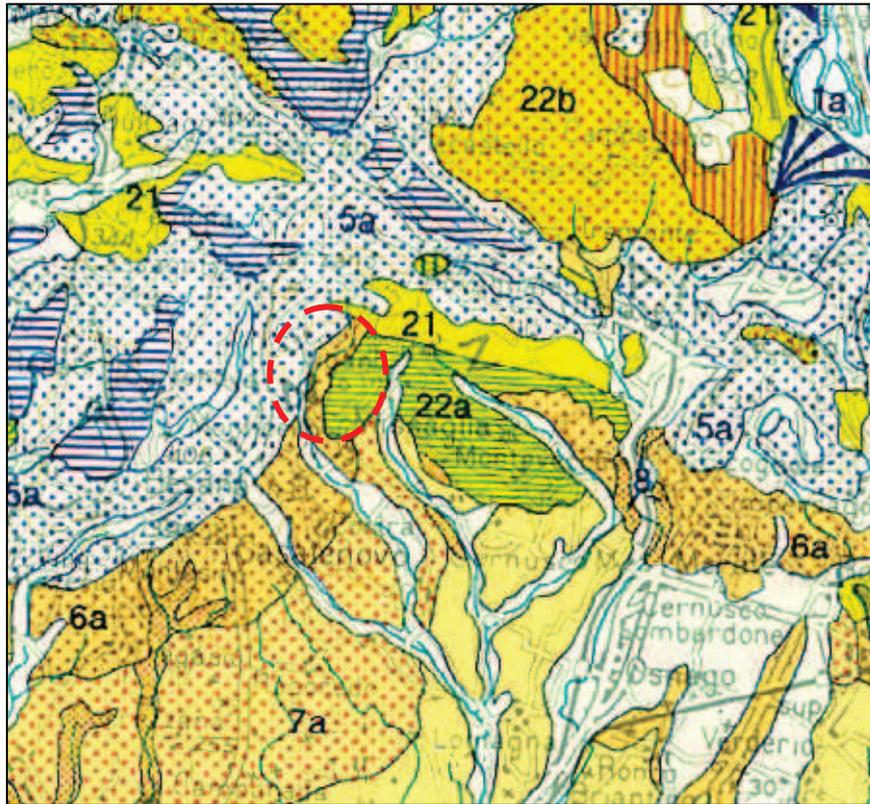
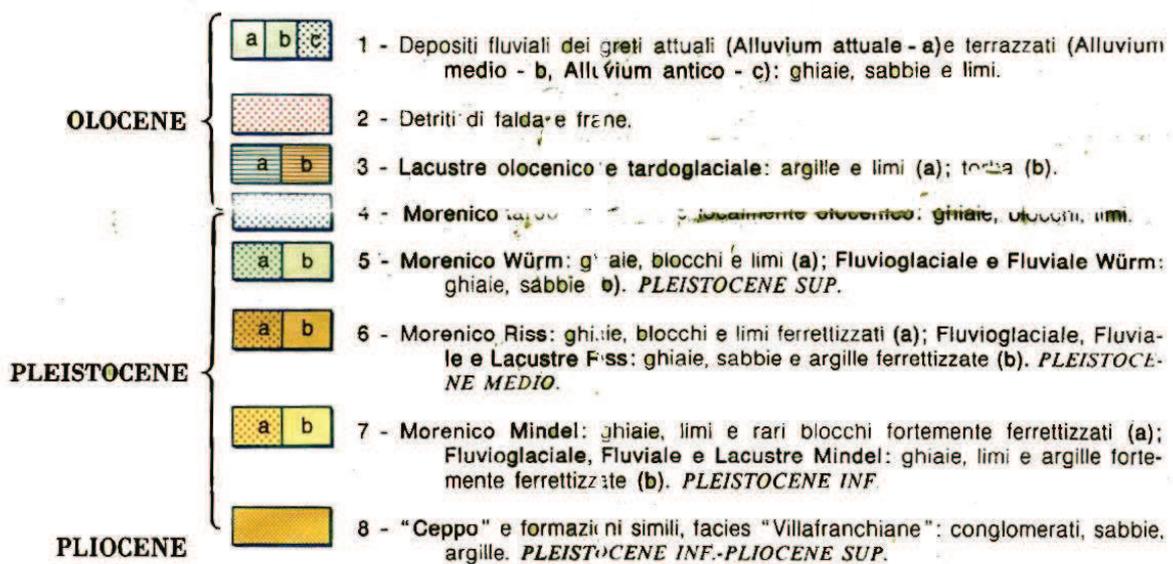


FIG.19 Ingrandimento della Carta Geologica della Lombardia- CNR- Scala 1: 125.000

QUATERNARIO CONTINENTALE - "VILAFRANCHIANO"



Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica interessante la zona di studio:

Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

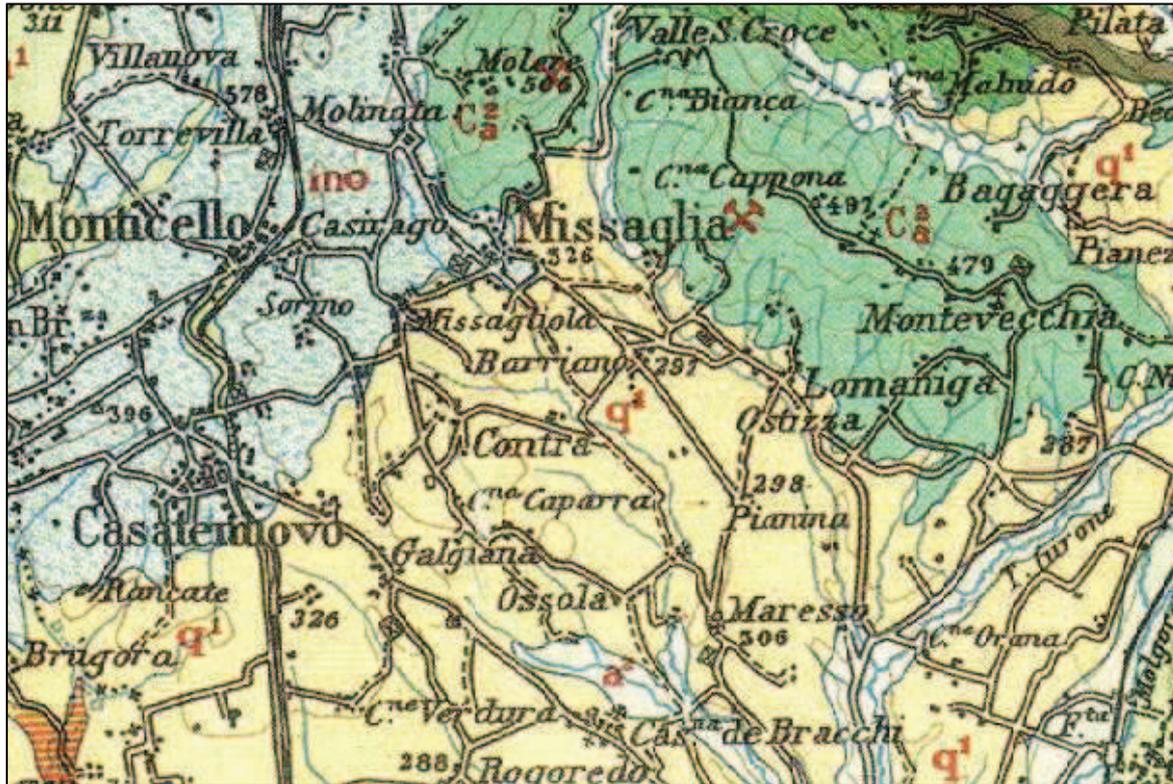
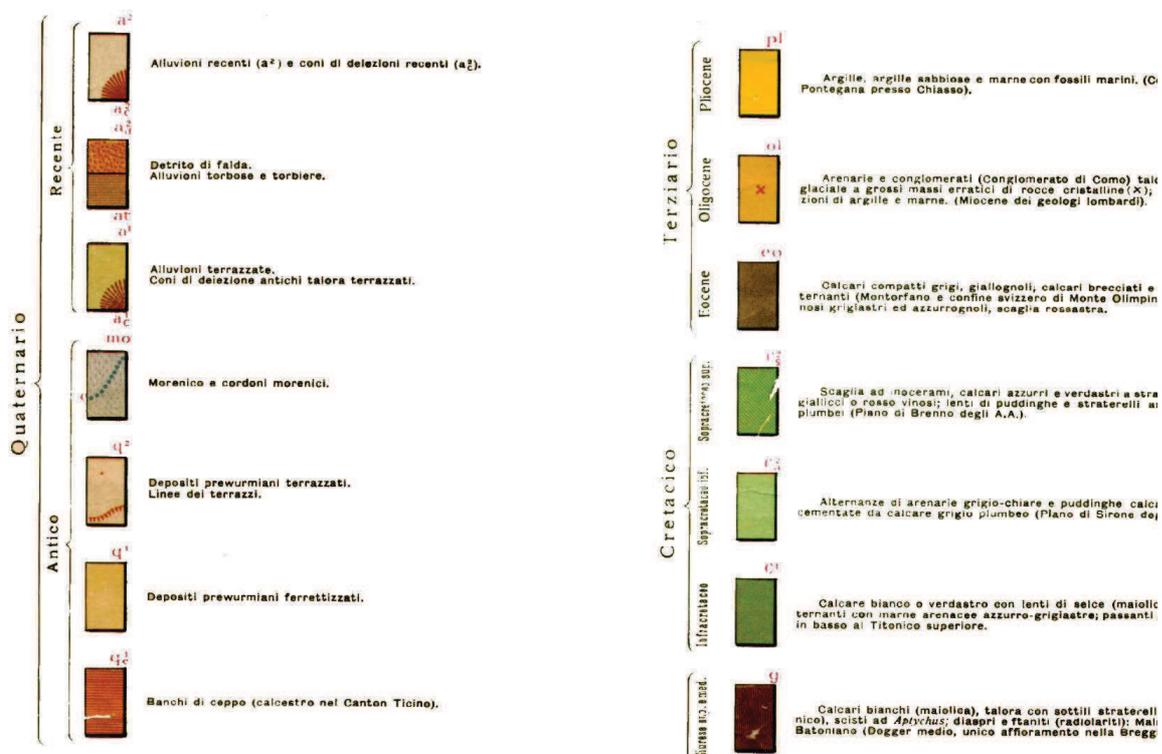


FIG.20 Ingrandimento della Carta Geologica d'Italia- Foglio COMO- Scala 1: 25.000



Di seguito si riporta uno stralcio della carta geologica interessante la zona di studio:

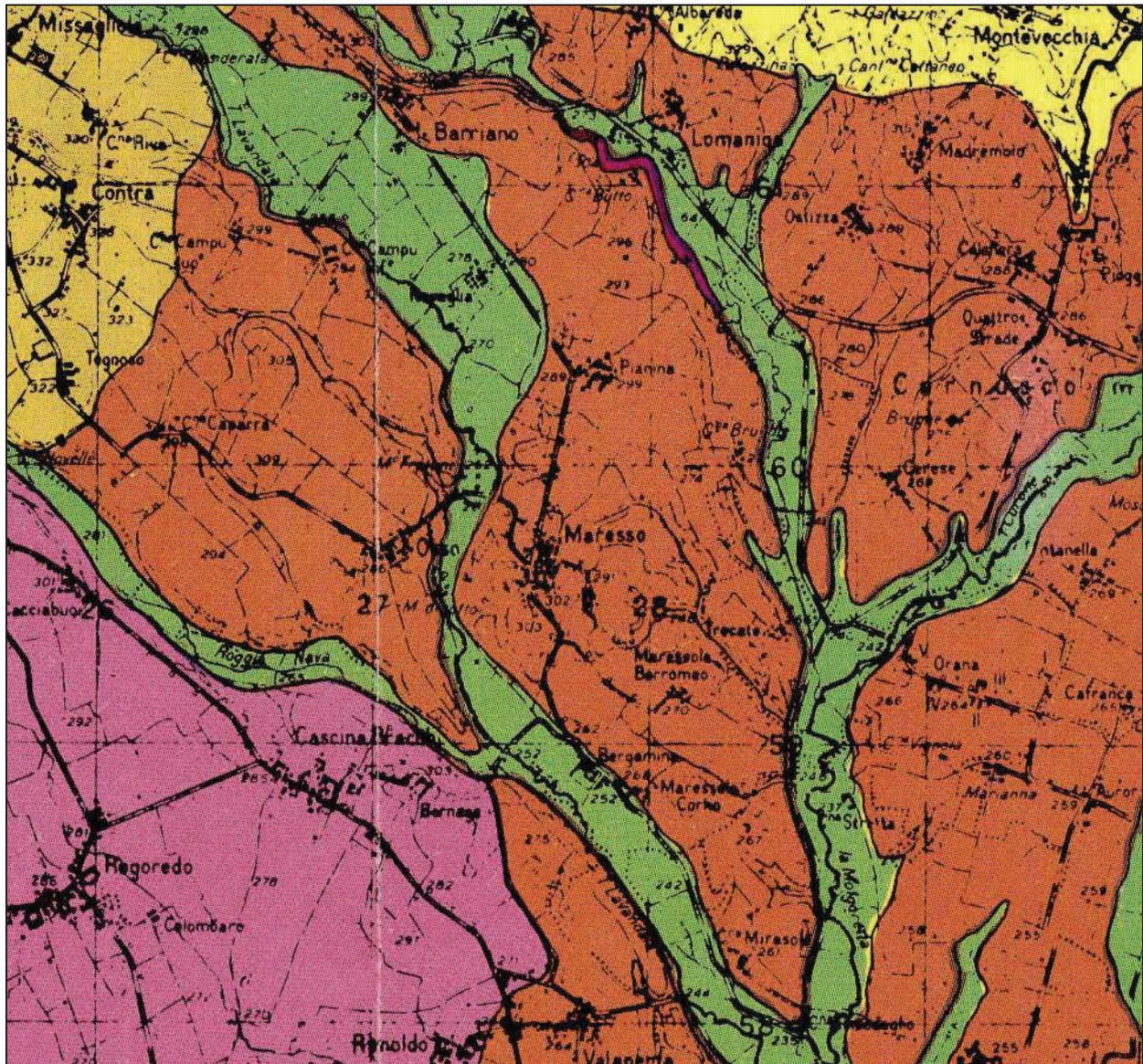
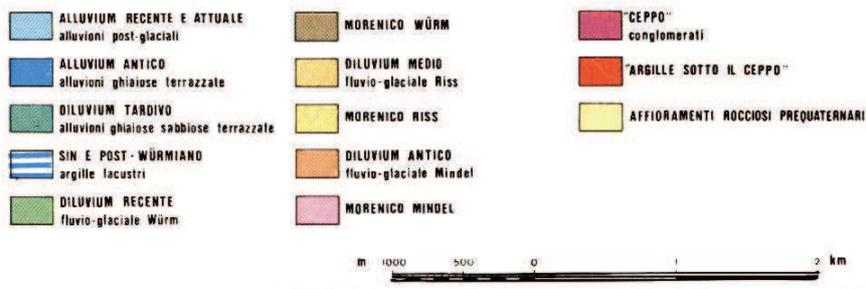
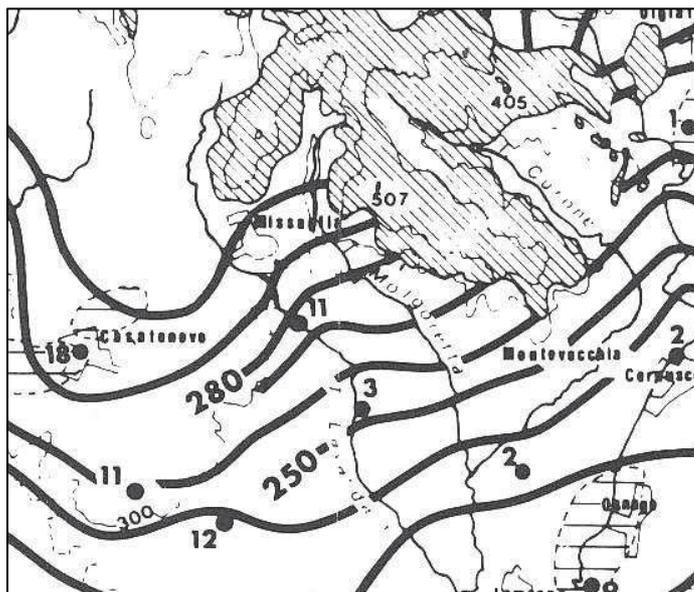


FIG.21 Ingrandimento della Carta Geologica della Brianza- Scala 1: 50.000

### CARTA GEOLITOLOGICA DELLA BRIANZA TRA IL T. SEVESO E IL T. MOLGORA





**FIG.22** –Carta delle Isopiezometriche – Beretta-Francani  
Scala grafica

Per quanto riguarda la circolazione idrica profonda le misure piezometriche eseguite hanno individuato la presenza di acqua a partire da  $-2.25$  m dal p.c.

Si ricorda comunque la presenza di locali risorgenze idriche localizzate all'interno del deposito ferrettizzato.

La circolazione idrica profonda è diretta da nord verso sud, al contatto tra depositi sciolti e substrato roccioso ed è posta ad

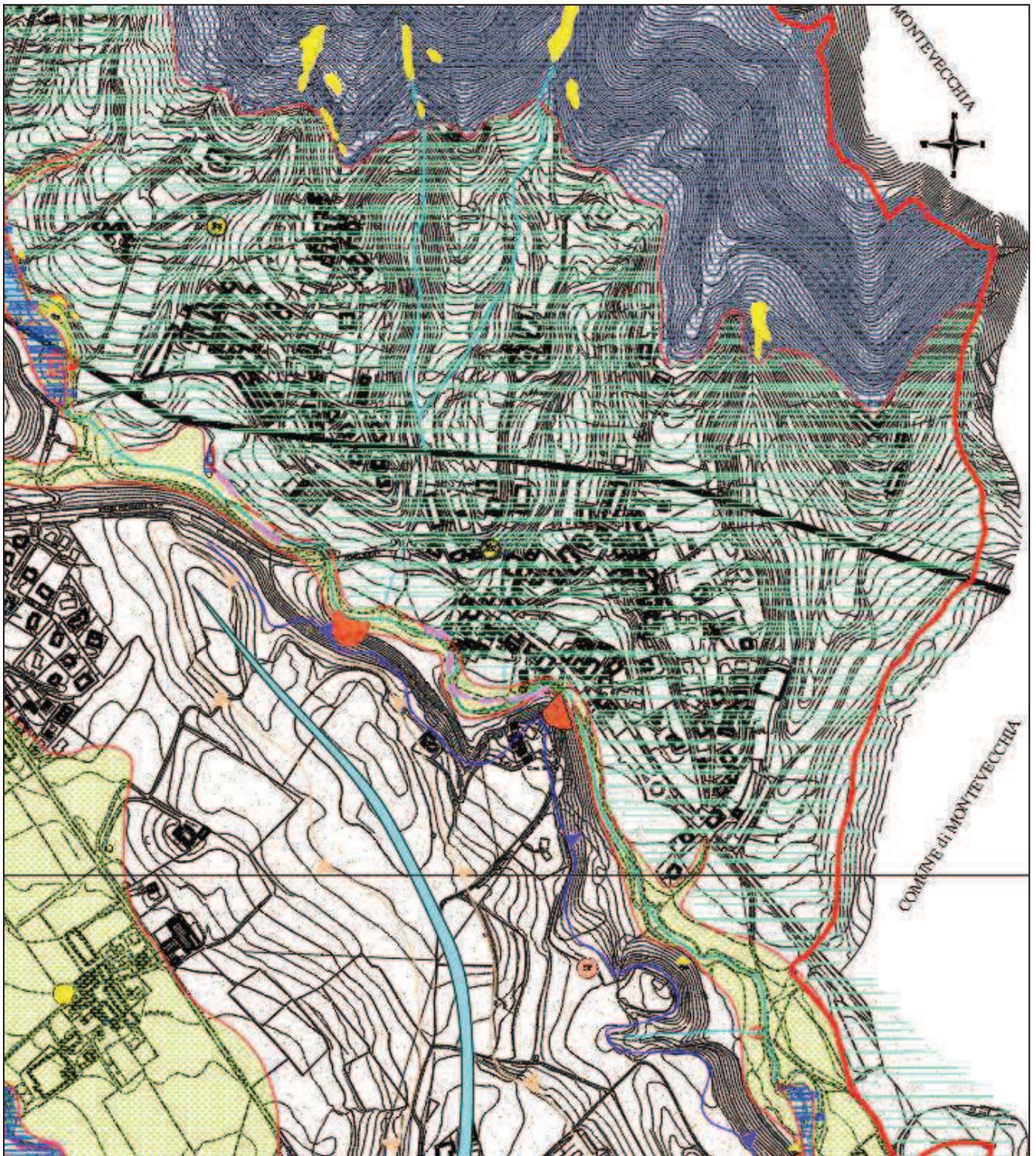
una profondità superiore di almeno 10 m da p.c. attuale.



**FIG.23** Panoramica area in oggetto - - Esecuzione SCPT 2

**Non si segnala, in zona, la presenza di processi geomorfici in atto o potenziali che possano compromettere la stabilità dei luoghi.**

Di seguito si riporta la carta geomorfologica di dettaglio tratta dallo studio geologico comunale:



**FIG.24** Carta geomorfologica di dettaglio

## LEGENDA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA E DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

PERIODO	DENOMINAZIONE LITOLOGICA	SIMBOLO	DESCRIZIONE	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE
Q U A T E R N A R I O	Depositi alluvionali recenti e attuali		Sabbie e ghiaie con ciottoli arrotondati	$Y_t = 1.75-1.80 \text{ t/m}^3$ $\phi = 27^\circ-30^\circ$
	Depositi Fluvioglaciali Mindelliani		Ciottoli e ghiaie in matrice limosa	Zone poco acclivi (0-25) $Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 26^\circ-28^\circ$ $C_u = 0.2-0.4 \text{ kg/cm}^2$ Zone moderatamente acclivi (25-40) $Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 26^\circ-28^\circ$ $C_u = 0.1-0.2 \text{ kg/cm}^2$
	Depositi Fluvioglaciali Rissiani		Ciottoli e ghiaie in matrice limosa	Zone poco acclivi (0-25) $Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 26^\circ-28^\circ$ $C_u = 0.1-0.2 \text{ kg/cm}^2$ Zone moderatamente acclivi (25-40) $Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 26^\circ-28^\circ$ $C_u = 0.10-0.15 \text{ kg/cm}^2$
	Depositi eluvio-colluviali e glaciali rimaneggiati. Spessori inferiori a 2.50 m.		Sabbie e ghiaie deb. limose.	$Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 24^\circ-26^\circ$ $C_u = 0.10 \text{ kg/cm}^2$
	Depositi eluvio-colluviali antropizzati Spessori inferiori a 1.0 m		Sabbia e ghiaie in matrice limosa	$Y_t = 1.75 \text{ t/m}^3$ $\phi = 24^\circ-25^\circ$
	Conglomerati poligenici cementati Ceppo Lombardo		Ciottoli e ghiaia cementati	$Y_t = 2.20 \text{ t/m}^3$ $\phi = 30^\circ-35^\circ$
	Substrato roccioso affiorante o subaffiorante. Arenarie e Marne Formazione Flysch di Bergamo		Arenarie e marne	CLASSE III - IV DA DISCRETA A SCADENTE
	Substrato roccioso affiorante o subaffiorante. Arenarie e Argilliti Formazione Scaglia		Marne e Argilliti	CLASSE IV SCADENTE

LEGENDA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA - FORME ANTROPICHE -

A N T R O P I C O	Miniera inattiva con fondo allagato	
	Cava	
	Terrazzamento agrario	
	Opere principali di sbarramento fluviale	
	Riporto con degrado ambientale	
	Gabbionate	
	Scogliera con massi ciclopici	
	Pannelli in cls	
Ponti lesionati		



Aree di frana attiva



Aree a franosità superficiale diffusa per l'azione combinata della gravità e delle acque superficiali



Aree a pericolosità potenziale per crolli a causa della presenza di pareti in roccia fratturata



Rilievi strutturali di dettaglio



Esecuzione prove penetrometriche dinamiche pesanti



Stratigrafie pozzi



Spaccati stratigrafici



Rilievi stratigrafici di dettaglio

LEGENDA DERIVANTE DAL RETICOLO IDRICO MINORE



Rete idrica minore mappata interrata



Rete idrica minore non mappata interrata



Rete idrica minore non mappata



Rete idrica minore mappata



Rete idrica PRINCIPALE

LEGENDA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA

AGENTE MORFODINAMICO	FORMA O PROCESSO	SIMBOLO	STATO DI ATTIVITA'		
			ATTIVE	QUIESCENTI	INATTIVE
A C Q U E  C O R R E N T I  S U P.	Area interessata da ruscellamento diffuso		○		
	Fosso di ruscellamento concentrato		○	○	
	Erosione di sponda		○		
	Orlo di terrazzo fluviale attuale		○	○	
	Area periodicamente allagata		○	○	
	Fontanili				○
	Possibile occlusione alveo		○	○	
	Alveo sovralluvionato		○	○	
	Zona risorgiva con testata di incisione		○		
	Piana di esondazione		○	○	
Orlo di terrazzo fluviale antico				○	

LEGENDA DELLA DINAMICA GEOMORFOLOGICA

G R A V I T A'	Orlo di scarpata di degradazione o di frana		○	○	
	Versante interessato da deformazione lenta e superficiale		○	○	
G H I A C C I O	Orlo di terrazzo fluvioglaciale				○
	Cresta di cordone morenico				○
	Massi erratici				○

Di seguito si riporta la carta idrogeologica dell'area:

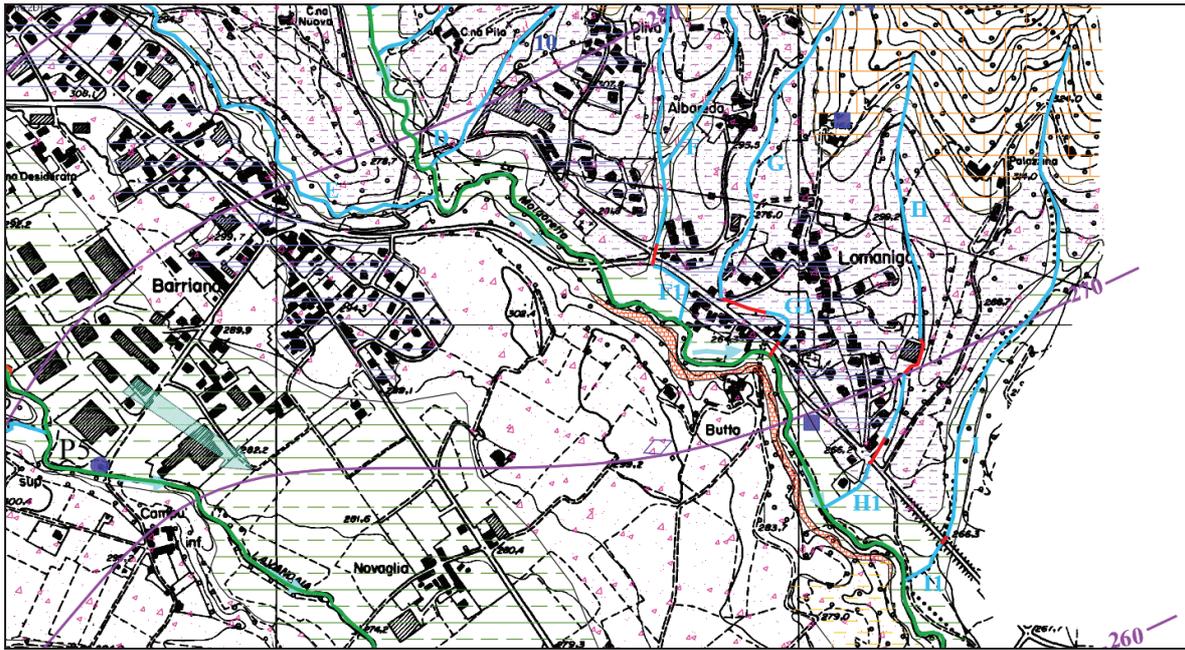
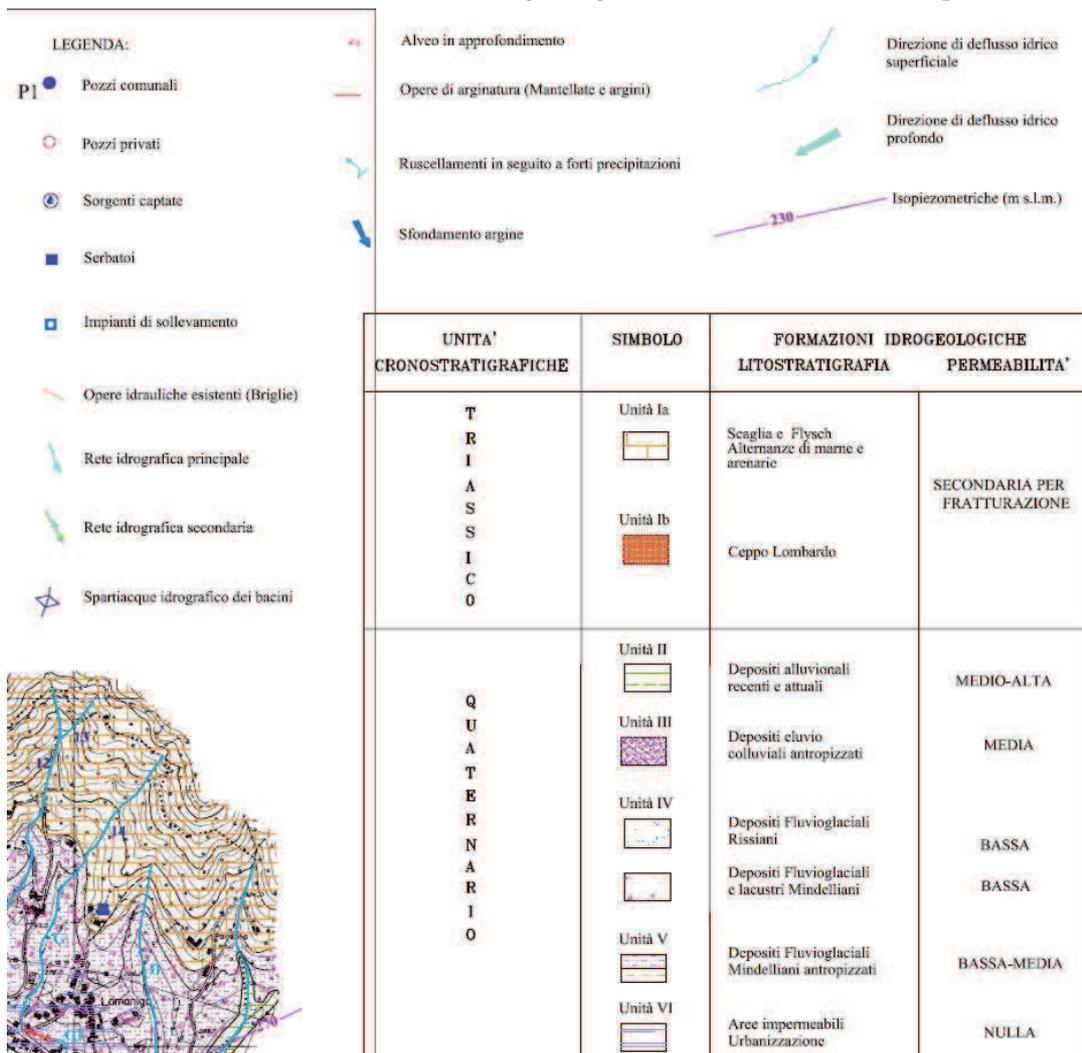


FIG.25 Carta idrogeologica – novembre 2011-Geoplanet



## 5. INDAGINI ESEGUITE

Per il presente studio, in data **3 SETTEMBRE 2018**, sono state realizzate **3 prove penetrometriche** dinamiche continue per interpretare<sup>1</sup> la stratigrafia dei terreni in oggetto.



### 5.1 Prove penetrometriche

**FIG. 26** Esecuzione prova penetrometrica dinamica SCPT 3

La prova penetrometrica Scpt è stata eseguita con penetrometro dinamico superpesante DPSH le cui caratteristiche sono rigorosamente conformi alla normativa geotecnica vigente in materia. Se ne riassumono di seguito i dati tecnici salienti:

DPSH		
<b>MAGLIO</b>	Massa M (Kg)	63.5
	Altezza di caduta H (mm)	750
<b>CONO</b>	Angolo di apertura (°)	90
	Area di base A (cm <sup>2</sup> )	20
	Diametro di base D (mm)	50.5
	Altezza cilindro di base cono (mm)	50.5
	Rastremazione (parte alta) (°)	11
	Altezza parte conica (mm)	25.3
<b>ASTE</b>	Massa minima (Kg/m)	6
	Diametro esterno massimo (mm)	32
<b>PENETRAZIONE</b>	Lunghezza aste (mm)	1000
	Numero di colpi penetrazione	N <sub>20</sub>
	Campo di valori standard	5 ± 100
Lavoro specifico per colpo M*g*H/A (Kj/m <sup>2</sup> )		234

L'esecuzione di una prova penetrometrica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio prolungabile con l'aggiunta di aste successive. L'infissione della punta avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante di 75 cm, un maglio del peso di 63.5 kg e registrando il numero di colpi di maglio (NScpt) necessari

<sup>1</sup> Dalle prove si determina direttamente lo stato di addensamento dei terreni e, tramite correlazioni, si risale alle caratteristiche geotecniche.

per approfondimenti costanti di 20 cm. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi NScpt.

Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle prove condotte:

<b>OPERE IN PROGETTO</b>	<b>Prova n.</b>	<b>Profondità (m da p.c.)</b>	<b>Rifiuto<sup>2</sup></b>	<b>Quota acqua (m da p.c.)</b>
<b>AMPLIAMENTO SEDE STRADALE</b>	<b>1</b>	-2.6	SI	-2.25
	<b>2</b>	-3.0	SI	//
	<b>3</b>	-4.8	SI	//

**Non è stata individuata la presenza di acqua a partire per tutta la profondità di investigazione corrispondente a -4.8 m da p.c. esistente.**

**Il rifiuto alla penetrazione è avvenuto per la presenza di blocchi e ciottoli tipici dei depositi fluvio-glaciali.**

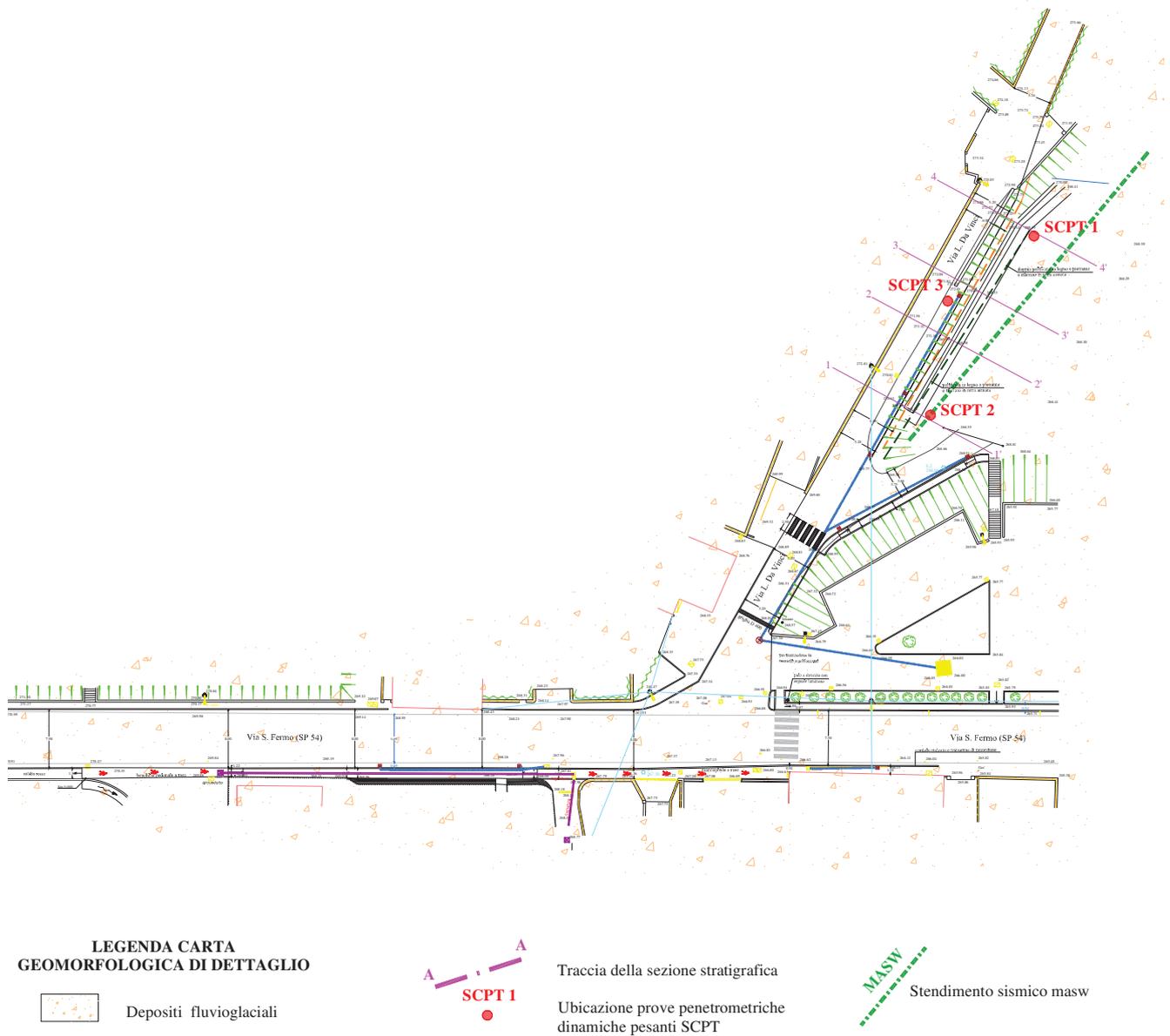


**FIG. 27** panoramica area in esame

Le tabelle e i grafici relativi alle prove Scpt sono riportati in appendice.

Di seguito si riporta l'ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche effettuate:

<sup>2</sup> Per rifiuto si intende l'interruzione della prova a causa del mancato avanzamento di 30 cm delle aste a seguito di 100 colpi del maglio



**FIG. 28** Ubicazione prove penetrometriche dinamiche scpt

## 6. STRATIGRAFIA

Lo stato di addensamento dei terreni di fondazione è stato interpretato direttamente dalla misura dei colpi di infissione delle prove Scpt, mentre la natura dei terreni è stata dedotta dai residui lasciati sulle aste in fase di recupero delle stesse. L'indagine geognostica unitamente al rilievo geologico-morfologico eseguito nelle immediate vicinanze dell'area in esame e di quelle limitrofe, ha evidenziato la presenza di depositi alluvionali, costituiti da limi sabbiosi fini in superficie da sabbia limosa e ghiaia in profondità. Si tratta di terreni caratterizzati da orizzonti con grado di addensamento crescente con la profondità da molto sciolto, a moderatamente addensato, a molto addensato.

Di seguito vengono riportati i risultati di tali deduzioni in un modello stratigrafico mediato per l'intera area di progetto:

Profondità in m dal p.c.	Nspt	Orizzonte	Stato di addensamento / consistenza
da 0.0 a -2.4/-4.0	3-4	1	Terreno da molto sciolto a sciolto
da -2.4/-4.0 a -3.0/-4.8	12-14	2	Terreno moderatamente addensato
Oltre -3.0/-4.8	>100	3	Terreno molto addensato e/o blocchi e ciottoli

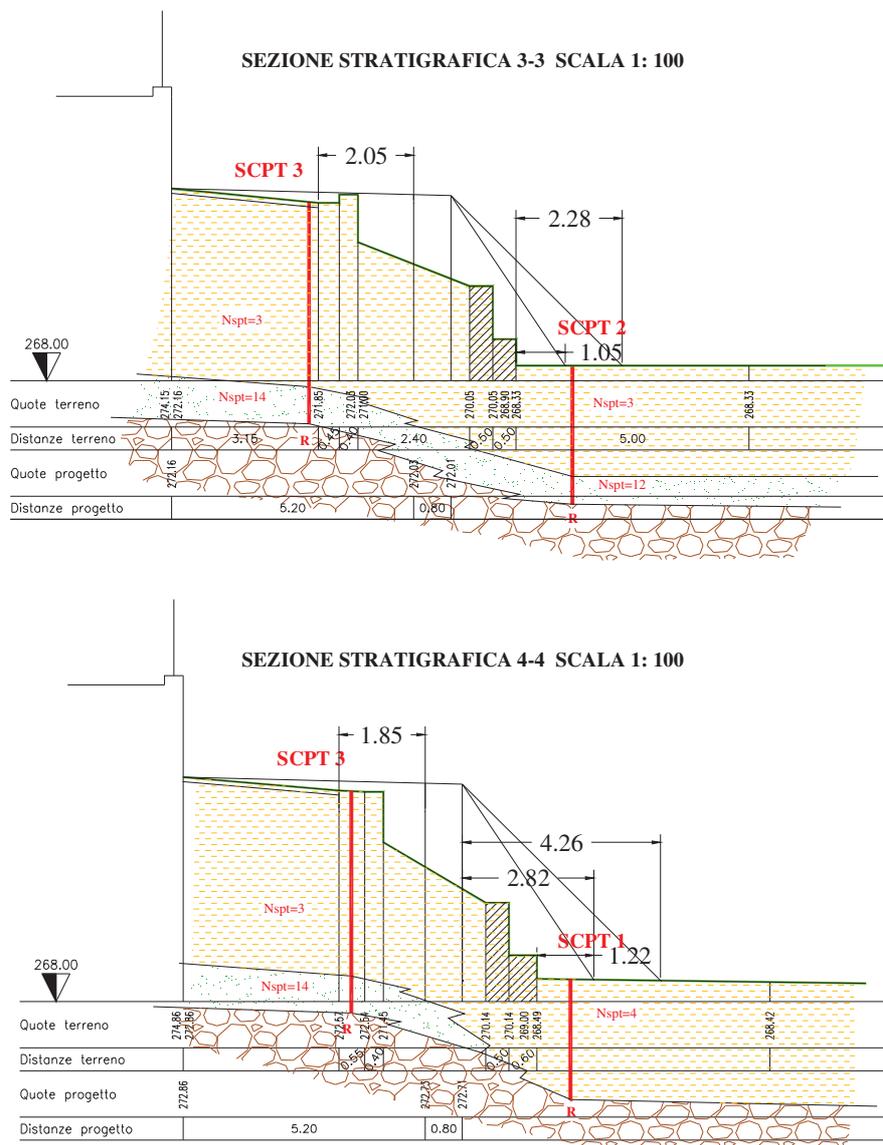
$$N_{spt} = N_{scpt} * 1.2$$

 = Orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

**Durante l'esecuzione della prova penetrometrica, non è stata individuata la presenza di acqua per tutta la profondità di investigazione corrispondente a -5.6 m da p.c. esistente.**

*Come si può osservare dalla tabella e dalle sezioni stratigrafiche, il piano posa fondazioni è posto ad una profondità di -0.6 m da p.c. esistente, poggiante sull'orizzonte 1 molto sciolto e dotato di scadenti caratteristiche geotecniche.*

Di seguito si riportano le sezioni stratigrafiche individuate dall'indagine.



**LEGENDA SEZIONI STRATIGRAFICHE**

-  Terreno da molto sciolto a sciolto (Nspt=3-4)
-  Terreno moderatamente addensato (Nspt=12-14)
-  Terreno molto addensato e/o blocchi e ciottoli (Nspt>100)

**SCPT 1**  
 Ubicazione prove penetrometriche dinamiche pesanti SCPT

**FIG. 29** Sezioni stratigrafiche

# RELAZIONE GEOTECNICA

---



## 7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state determinate attraverso le correlazioni proposte dagli Autori a partire dai valori di resistenza di punta delle prove S<sub>cpt</sub>.

La tabella a seguire riassume le principali caratteristiche geotecniche individuate, con riferimento agli orizzonti stratigrafici descritti nel precedente paragrafo:

Profondità in m dal p.c.	Nspt	Orizzonte	Y <sub>t</sub>	Y'	φ	E	K <sub>w</sub>
da 0.0 a -2.4/-4.0	3-4	1	1.60-1.65	//	25°-26°	25-50	1.0-2.0
da -2.4/-4.0 a -3.0/-4.8	12-14	2	1.70-1.75	//	30°-31°	130-150	5.2-6.0
Oltre -3.0/-4.8	>100	3	1.85-1.90	//	>35°	>350	>16

dove:

$Y_t$  = peso naturale terreno ( $t/m^3$ );  $Y'$  = peso di volume immerso ( $t/m^3$ );  $\varphi$  = angolo di attrito (°);  
 $E$  = modulo elastico ( $kg/cm^2$ );  $K_w$  = modulo di reazione del terreno ( $kg/cm^3$ )

= Orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

## 8. CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI

Di seguito si riportano le profondità del piano posa fondazioni delle opere in progetto:

OPERE IN PROGETTO	Piano posa fondazioni (in m da pc. Attuale)	ORIZZONTE INTERESSATO
AMPLIAMENTO SEDE STRADALE	-0.6	1

Come si può osservare dalla tabella il piano posa fondazioni è posto ad una profondità di -0.6 m da p.c. esistente, poggiante sull'orizzonte 1 molto sciolto e dotato di scadenti caratteristiche geotecniche. In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni sono stati effettuati i calcoli della resistenza allo stato limite ultimo (SLU) (capacità portante) e allo stato limite di esercizio (SLE).

Per stato limite s'intende una particolare condizione raggiunta la quale l'opera non è più in grado di svolgere la funzione per la quale è stata progettata. Si parla di **stato limite ultimo** nel caso si prenda in considerazione il verificarsi di una situazione di collasso, per esempio quando il carico applicato supera la portanza del terreno di fondazione. Il termine **stato limite di esercizio** viene invece usato nel caso si esamini una situazione in cui, pur non avendosi il collasso, l'opera subisca lesioni tali da renderla inutilizzabile. Nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi, quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura. Si parla di criterio semiprobabilistico in quanto, a differenza dell'approccio rigorosamente probabilistico, compare il concetto di coefficiente sicurezza, anche se di tipo differenziato a seconda del parametro preso in esame.

La procedura adottata per calcolare la capacità portante del terreno è la seguente:

Indagine geologico tecnica ai sensi del D. M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, nel comune di Missaglia (Lc)

1. ipotizzando che sollecitazioni applicate e portanza siano fra loro indipendenti, si determinano i valori caratteristici dei parametri della resistenza al taglio del terreno, coesione e angolo di attrito interno; per **valore caratteristico** s'intende, se si adotta un approccio statistico, quel valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento; assumere, per esempio, un valore caratteristico di 30° dell'angolo di attrito del terreno con una probabilità di non superamento del 5%, vuol dire ipotizzare che ci sia una probabilità del cinque per cento che il valore *reale* dell'angolo di attrito sia inferiore a 30°;
2. per tenere conto di eventuali altre cause d'indeterminazione, si applicano ai valori caratteristici dei coefficienti di sicurezza parziali in funzione dello stato limite considerato;
3. s'introducono i valori così ridotti di  $c$  e  $\phi$  in una delle formula di calcolo della portanza disponibili in letteratura (Brinch Hansen, Vesic, Terzaghi, Meyerhof, ecc.), ricavando la portanza della fondazione; al valore ottenuto si applica un ulteriore coefficiente di sicurezza globale, variabile in funzione dell'approccio di calcolo scelto;
4. si confronta il valore del carico di progetto con il valore di portanza ottenuto, controllando che, ovviamente, non sia superiore.

**Secondo la normativa la valutazione del grado di sicurezza si ottiene adottando il “Metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali” e verificando la relazione:**

$$R_d > E_d$$

con:

$R_d$  = valore di progetto della resistenza del terreno

$E_d$  = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di calcolo

**A tal fine la normativa impone l'utilizzo dei coefficienti parziali ( $\gamma_m$ ) riduttivi da applicare ai valori caratteristici ( $V_k$ ) dei parametri di resistenza del terreno secondo due combinazioni denominate M1 e M2.**

Le valutazioni sono state eseguite in condizioni a lungo termine, carico assiale, momento alla base di appoggio nullo, metodo di Brinch-Hansen e considerando come terreno di fondazione l'unità **geotecnica 1 (orizzonte 1)** individuato dalle prove penetrometriche).

**Sulla base dei parametri geotecnici riportati nel precedente paragrafo, è stata calcolata la capacità portante per fondazioni dirette tipo travi di larghezza variabile tra 0.5 m e 1 m, lunghezza 10 m e rinterro 0.6 m.**

Il calcolo è stato eseguito allo stato limite ultimo secondo quanto disposto nel capitolo 6.2.3.1.2 del D. M. 14.1.08 tabella 6.2.II.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0

*Coefficienti parziali per i parametri geotecnica del terreno*

Di seguito si riporta la tabella con riportate le correzioni dei parametri geotecnici mediante i relativi coefficienti.

	Coefficiente parziale Colonna M2	Parametri geotecnica corretti ORIZZONTE 3	Parametri geotecnica corretti ORIZZONTE 1
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'}=1.25$	26°	20°
$c'$ (t/m2)	$\gamma_{c'}=1.25$	Trascurabile	Trascurabile
$\gamma_n$ (t/m3)	$\gamma_{\gamma}=1.00$	1.80	1.65
	Coefficiente parziale Colonna M1		
$\varphi'$ (gradi)	$\gamma_{\varphi'}=1.00$	33°	25°
$c'$ (t/m2)	$\gamma_{c'}=1.00$	Trascurabile	Trascurabile
$\gamma_n$ (t/m3)	$\gamma_{\gamma}=1.00$	1.80	1.65

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

*Coefficienti parziali per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazione superficiali*

Il calcolo della capacità portante vista la natura del terreno è stato effettuato in condizioni drenate considerando nullo il valore di coesione ( $C'=0$ ) ed utilizzando il calcolo della capacità portante la formula di Brinch-Hansen valida per fondazioni superficiali:

$$q_{LIM} = 0,5 \gamma' B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} b_{\gamma} g_{\gamma} + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

In cui:

- $q_{LIM}$  capacità portante limite del terreno di fondazione (kPa);
- $\gamma'$ : peso di volume effettivo (Mg/m<sup>3</sup>);
- B: larghezza base di fondazione (m);
- $c'$ : coesione efficace del terreno (kPa);
- $q'$ : sovraccarico laterale (kPa);
- $N_{\gamma}$ ,  $N_c$ ,  $N_q$ : fattori di capacità portante funzione di  $\varphi'$  (Vesic, 1975).
- $s_{\gamma}$ ,  $s_c$ ,  $s_q$ : fattori di forma della fondazione;
- $i_{\gamma}$ ,  $i_c$ ,  $i_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del carico;
- $b_{\gamma}$ ,  $b_c$ ,  $b_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione della base di fondazione;
- $g_{\gamma}$ ,  $g_c$ ,  $g_q$ : fattori correttivi che tengono conto dell'inclinazione del piano campagna;
- $d_c$ ,  $d_q$ : fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa.

Il comune in esame ricade in **zona 3** pertanto per valutare l'effetto sismico sulla capacità portante del terreno di fondazione è stata applicata la correzione di sano che comporta una riduzione del valore dell'angolo di attrito in funzione della categoria sismica di appartenenza e quindi del valore dell'accelerazione sismica orizzontale.

Per la verifica **allo LSE** è stata adottata la combinazione M1 dove i coefficienti riduttivi risultano unitari e pertanto i valori di progetto  $V_p$  coincidono con i valori caratteristici.

$$V_p = V_k$$

**Il fattore limitante nel caso dello LSE è rappresentato dal cedimento massimo e dalle distorsioni massime compatibili con la funzionalità dell'opera. Il cedimento massimo compatibile della struttura è stato imposto uguale a 2.5 cm.**

Di seguito si riportano i calcoli della resistenza del terreno di fondazioni a comportamento elastico:

**FONDAZIONI SUPERFICIALI TIPO TRAVE**

**APPROCCIO 2 (in alternativa all'APPROCCIO 1)**

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN-  
D.M. 17.1.2018 - STATO LIMITE ULTIMO  
CONDIZIONI M1 + R3**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione= 0 kPa  
Angolo di attrito= 25° Gradi  
Peso di volume= 16.5 kN/mc  
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)= 0.6 m

B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
0.5	70
0.8	80
1.0	90

**APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 2**

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN -  
D.M. 17.1.2018 - STATO LIMITE ULTIMO  
CONDIZIONI M2 + R2**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione= 0 kPa  
Angolo di attrito= 20° Gradi  
Peso di volume= 16.5 kN/mc  
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)= 0.6 m

B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
0.5	50
0.8	60
1.0	70

**CALCOLO DELLA RESISTENZA DEL TERRENO DI FONDAZIONI A  
COMPORTAMENTO ELASTICO SECONDO LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN-  
D.M. 17.1.2018 - CEDIMENTI ≤ 2.5 CM  
STATO LIMITE DI ESERCIZIO**

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO:

Coesione= 0 kPa  
Angolo di attrito= 25° Gradi  
Peso di volume= 16.5 kN/mc  
Profondità media del piano posa fondazioni H (m)= 0.6 m

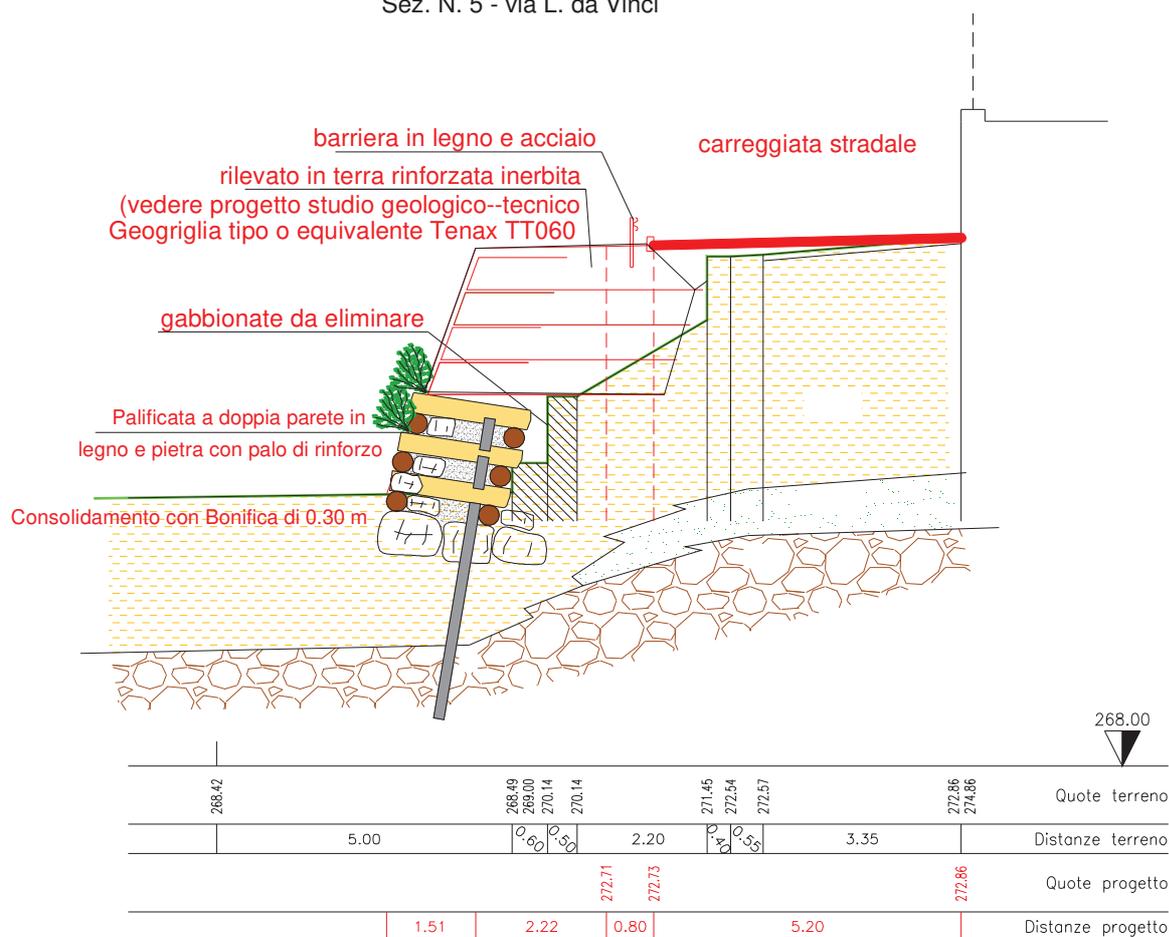
B (LARGHEZZA TRAVE) m	Resistenza terreno KPa
0.5	70
0.8	80
1.0	70

## 9. PROPOSTE PROGETTUALI

Sulla base delle indagini eseguite in relazione alle caratteristiche progettuali si consiglia per l'esecuzione dell'allargamento stradale la realizzazione di due interventi con tecniche di ingegneria naturalistica sovrapposti. Si prevede pertanto il consolidamento del piede tramite la realizzazione di una palificata a doppia parete in legno e pietra per una lunghezza complessiva di circa 40 ml e altezza massima pari a 1.70 da p.c. esistente e 2.0 m (porzione interrata) + un rilevato in terra armata di altezza massima pari a 2.50 m e minima di 1.0 m con il medesimo sviluppo lineare.

Di seguito si riporta una sezione tipo dell'intervento proposto.

Sez. N. 5 - via L. da Vinci



**FIG. 30** Sezioni stratigrafiche

In allegato fuori testo si riportano l'analisi sismica NTC 2018, le verifiche di stabilità globali e statica di scorrimento in relazione alla sezione massima di altezza corrispondente alla Sezione 5 di progetto.

La presenza di un orizzonte molto sciolto alla base della scarpata esistente può determinare cedimenti della nuova struttura o l'innescio di superfici di scivolamento. Pertanto si dovrà eseguire uno scavo sottofondale con realizzazione di piccolo rilevato di colmata di spessore 0.30 m con costipazione ogni 0.15 m per tutta la lunghezza interessata dalla palifica a doppia parete in legno e pietra (circa 40 ml).

Per la realizzazione dell'opera in progetto si dovranno demolire le gabbionate esistenti ed eseguire uno scavo di riprofilatura in adiacenza ai muri in c.a. esistenti.

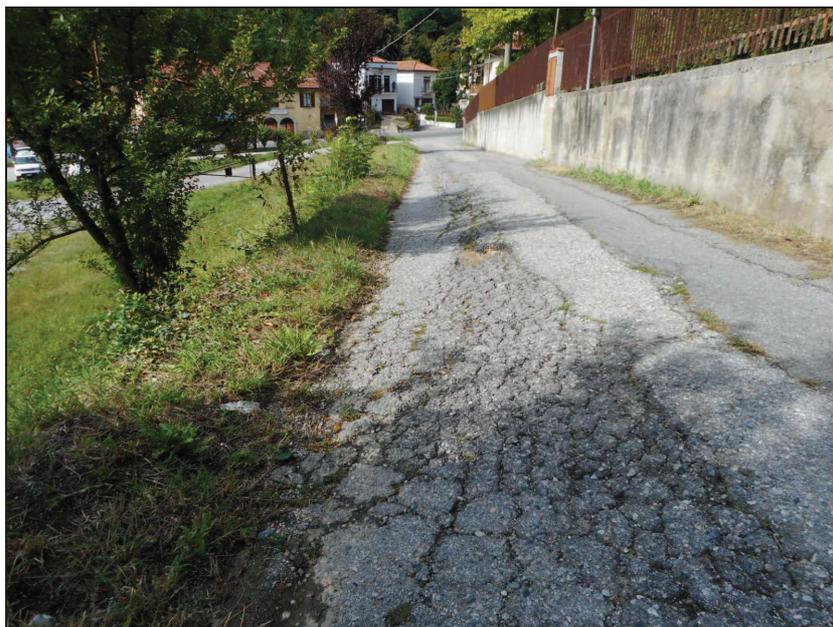


**FIG. 31** Gabbionate esistente da demolire

Inoltre come si osserva dalla seguente documentazione fotografica, la sede stradale attuale ha subito un vistoso cedimento lungo il lato di valle, evidenziato anche dall'esito della prova penetrometrica n. 3.

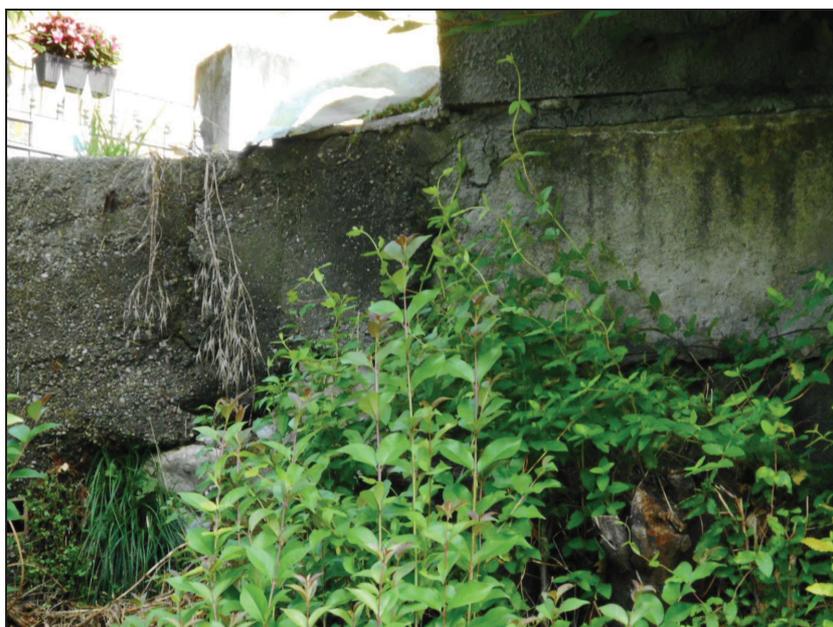


**FIG. 32** Cedimento lungo il bordo esterno carreggiata esistente



**FIG. 33** Cedimento lungo il bordo esterno carreggiata esistente

Infatti la prova eseguita a bordo della carreggiata stradale ha evidenziato la presenza di terreni molto sciolti probabilmente dilavati dalla percolazione delle acque di scorrimento superficiale. Pertanto si dovrà prendere in considerazione anche il consolidamento dell'attuale sede stradale per circa metà carreggiata attraverso lo scotico superficiale di circa 0.40 m e bonifica con terreno granulare disposto ogni 0.20 m e inserimento geogriglia armata. In corrispondenza della porzione di monte dell'area di intervento sono presenti dei muri di contenimento in c.a lesionati (proprietà privata) e spanciati verso il lato di valle.



**FIG. 34** Lesione su muri di proprietà esistenti

Durante i lavori si dovrà verificare la staticità in relazione all'esecuzione dei rilevati e degli scavi in adiacenza.



**FIG. 35** Lesione su muri di proprietà esistenti

Anche su lato di monte della carreggiata stradale i muri di contenimento privati si presentano in più punti lesionati come si può osservare dalla seguente documentazione fotografica.



**FIG. 36** Lesione su muri di proprietà esistenti



*FIG. 37 Lesione su muri di proprietà esistenti*



*FIG. 38 Lesione su muri di proprietà esistenti*

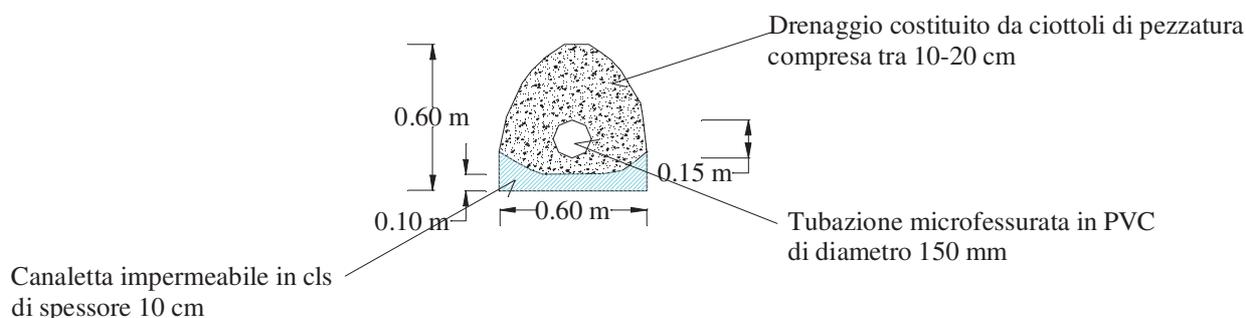
Di seguito si riportano le specifiche tecniche degli interventi proposti.

## PALIFICATA A DOPPIA PARETE IN LEGNO E PIETRA CON PALO DI RINFORZO

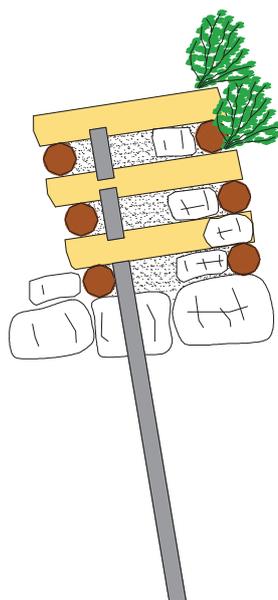
Il progetto prevede la sostituzione delle gabbionate esistenti con il consolidamento del piede tramite la realizzazione di una palificata a doppia parete in legno e pietra con palo di ancoraggio.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche costruttive della palificata in progetto:

1. Palificata a doppia parte su un ordine di altezza massima 2.0 m.
2. Rafforzamento del piano di appoggio della palificata con elementi verticali (in ferro o acciaio) quali piloti per garantire la tenuta anche a scorrimento di altezza compresa tra 2-3 m in relazione alla capacità di infissione nel terreno esistente.
3. Riempimento del cassone in legno tramite posa di ciottolame drenante per garantire il drenaggio delle acque.
4. Alla base e a tergo della palificata a doppia parete verrà posizionata una tubazione microfessurata in PVC di diametro 150 mm con drenaggio 50 cm e collegata direttamente all'interno del canale tombato esistente.



Di seguito si riporta una sezione tecnica esplicitiva dell'opera in progetto.



Di seguito vengono riportate le modalità di preparazione del cantiere per la realizzazione delle nuove opere in progetto:

1. Asportazione delle gabbionate esistenti partendo dalla prima fila superiore.
2. Apertura del fronte di scavo a lotti non superiori di 6.0 m e realizzazione del primo corso di palificata a doppia parete.
3. Scavo di sbancamento per la realizzazione del piano di posa della struttura; questo deve essere eseguito con una lieve contropendenza verso monte dell'ordine di 5-10°.



4. Posa del primo ordine di correnti di lunghezza di 3 m e diametro 20-25 cm, in legno durabile di latifoglia (castagno) o di conifera (larice) opportunamente scortecciato.





5. Giunzione longitudinale degli elementi mediante incastro e chiodatura con tondini di lunghezza paria alla somma dei diametri che devono vincolare, o graffe in acciaio ad aderenza migliorata (di diametro 12-16 mm), infissi previa foratura del tronco (con punte da trapano del diametro 10-14 mm) mediante battitura.





6. Realizzazione di ancoraggi alla base della struttura da porre anteriormente al corrente interno e esterno.



7. Posa del primo ordine di traversi e fissaggio ai correnti sottostanti con chiodi o graffe a interassi da 1.0 m secondo le modalità e con l'impiego del materiale di cui al punto 3 operando anche eventuali sagomature in corrispondenza dei punti di contatto.



8. Riempimento della struttura effettuato a strati al fine di ottenere il massimo grado di compattazione interna e realizzato con ciottolame per aumentare effetto drenante e raggiungere più elevati valori di peso del materiale di riempimento.
9. Nella formazione dei successivi ordini di correnti e traversi si potrà optare per una disposizione allineata e alternata di traversi ai vari livelli della struttura, avendo cura di eseguire sempre la giunzione tra i correnti in corrispondenza di un traverso inferiore, per evitare di creare punti di debolezza e operare così collegamenti più efficaci.

## RILEVATO IN TERRA ARMATA CON PARAMENTO IN FACCIATA

In particolare si dovrà realizzare un manufatto di sostegno o sottoscarpa di altezza compresa tra 0.60 e 2.50 m con il paramento inclinato di 65° eseguito con la tecnologia dei terrapieni rinforzo con geogriglie monorientate in HDPE di resistenza a trazione dipendente dalle caratteristiche geometriche del rilevato, dalle caratteristiche geomeccaniche del terreno, dai carichi agenti sul rilevato stesso e da eventuali sollecitazioni sismiche.

Le geogriglie saranno contenute da un cassero di guida e di appoggio “a perdere” in rete elettrosaldata e rivestite internamente in facciata con un stuoia vegetale successivamente idroseminata o in alternativa da un Feltro vegetativo preseminato.

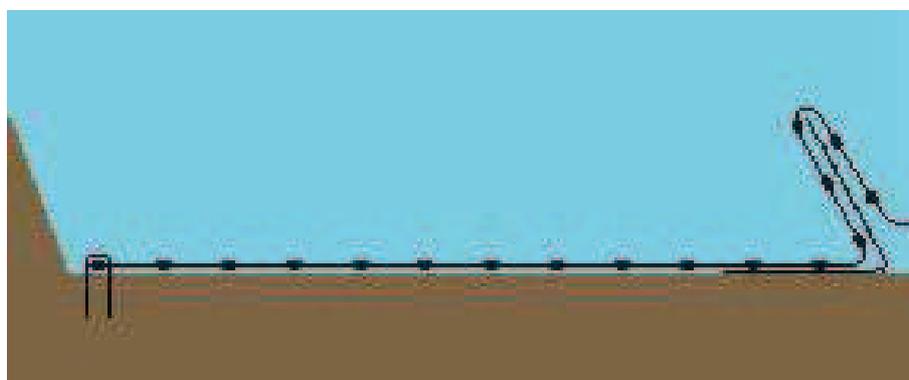
Di seguito si riportano le modalità di esecuzione dei lavori con cassetatura in facciata ed inclinazione pari a 65°.

La procedura di posa, può essere riassunta come segue:

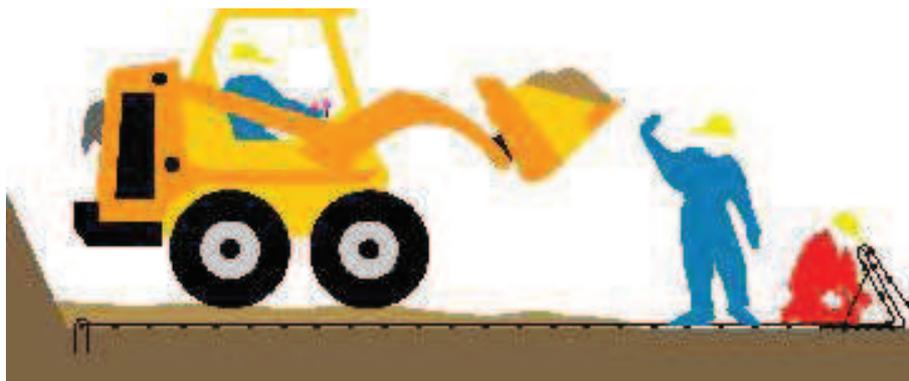
1): Dopo aver livellato e compattato il piano di fondazione, si procede con il posizionamento ed allineamento dei casseri (costituiti, come detto, da fogli di rete elettrosaldata piegati secondo l'inclinazione di progetto).



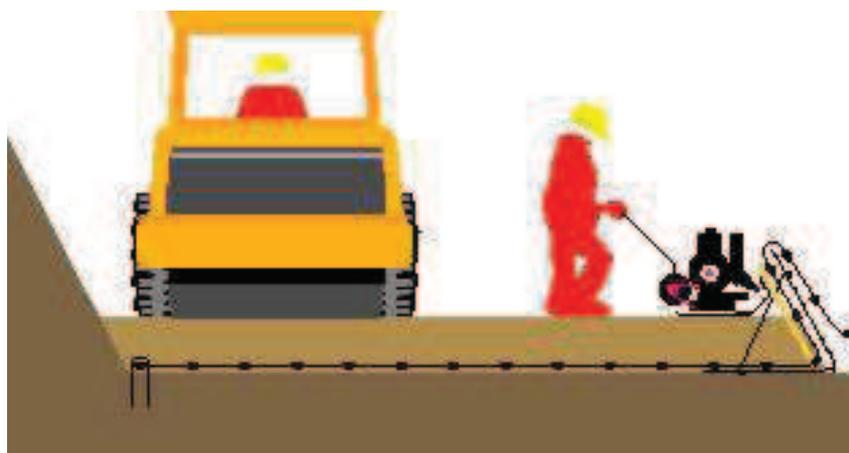
2): all'interno del cassero viene posata la geogriglia di rinforzo in strati orizzontali e perpendicolari al fronte, per la lunghezza prevista dal progetto; la porzione terminale (circa 1.50 m) viene lasciata temporaneamente esterna al cassero metallico.



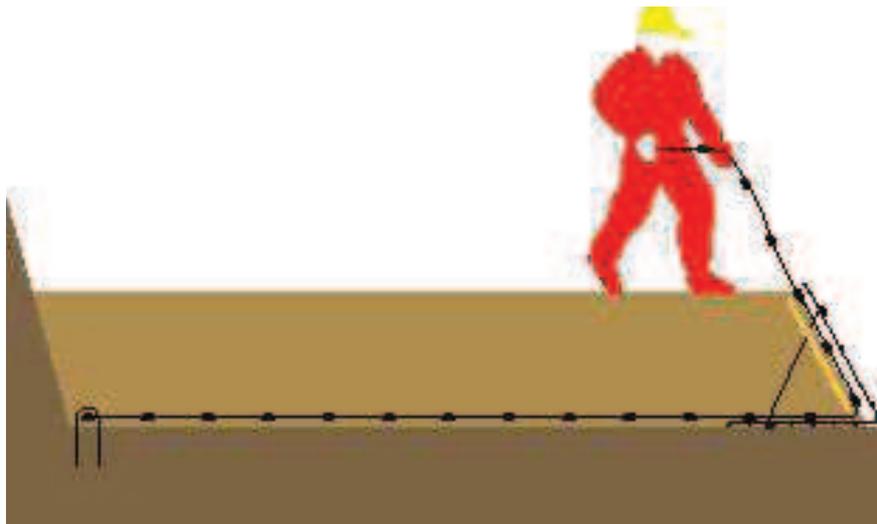
3): lungo la facciata dell'opera ed internamente alla geogriglia viene posizionata una biorete in juta, con la funzione di trattenere il materiale con granulometria fine prima della crescita della vegetazione. La parte della cassetatura in facciata viene fissata alla parte orizzontale mediante tiranti in acciaio.



4): si procede con la stesa e la compattazione del terreno di riempimento, avendo cura di ottenere un grado di addensamento pari a quello richiesto dal Progettista e comunque non eccedendo mai lo spessore di 300 mm. In facciata, per una larghezza di circa 300 mm, verrà steso del terreno vegetale.



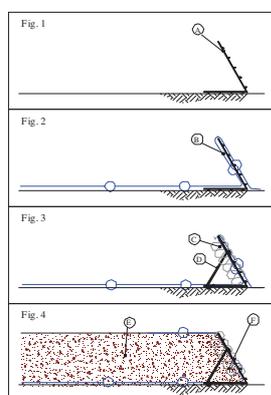
5): una volta si sia raggiunta la quota prevista per lo strato, si procede al risvolto della geogriglia e si procede come al punto 1.



Il paramento di facciata viene solitamente inerbito mediante idrosemina, con talee o con altre essenze rampicanti o striscianti, in modo da occultare completamente gli elementi artificiali del sistema e consentire un ridottissimo impatto ambientale all'opera.

### **PARTICOLARE TIPO DI REALIZZAZIONE RINFORZO CON GEOGRIGLIA CON CASSERATURA IN FACCIATA**

SEQUENZA DI POSA IN OPERA  
CON CASSERATURA

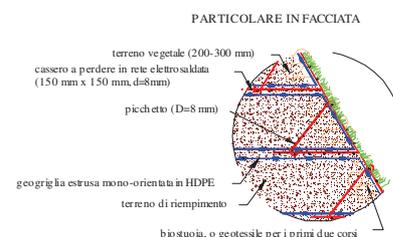


Modalità di esecuzione (v. voce di capitolato):

- 1: preparazione del piano di posa ed allineamento dei casseri (A).
  - 2: posa della geogriglia estrusa in HDPE (B).
  - 3: posa della biostuoia in fibre vegetali o del geotrsisle (per i primi due corsi, esondabili) (C) e fissaggio dei tiranti uncinati (D).
  - 4: stesa e compattazione del materiale da riempimento, in strati di spessore non superiore a 300 mm, compattati ad una densità non inferiore al 95% dello Standard Proctor.
- In facciata, per uno spessore di circa 300 mm, viene impiegato terreno vegetale (F).
- A lavoro ultimato si procederà con una idrosemina a pressione della facciata con sementi (20 g/m<sup>2</sup>), fertilizzante (70 g/m<sup>2</sup>) e legante (200 g/m<sup>2</sup>). Dimensionamento di massima per sezioni con paramento inclinato a 80° rispetto al piano orizzontale.

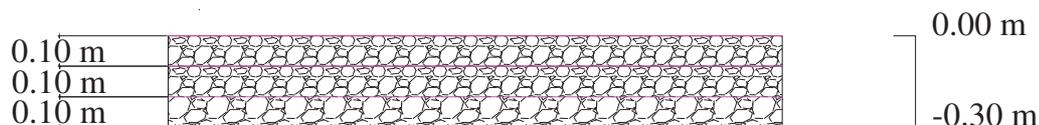
GEOGRIGLIE DI RINFORZO

- 100 % HDPE estruso e stirato longitudinalmente (gruppo III, classe A, grado 5).
- Aperture di forma allungata e giunzioni integrali, aventi resistenza non inferiore al 80% della resistenza a trazione della geogriglia.
- Polimeri con alta resistenza meccanica e notevole inerzia chimica, fisica e biologica, stabilizzati all'azione dei raggi U.V. con nerofumo.



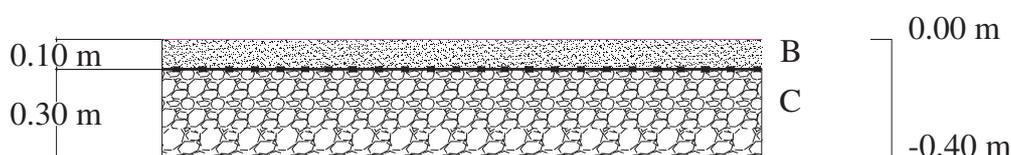
**FIG. 39** Particolare rilevato in terra armata

Per la bonifica sottofondale della palificata a doppia parete in legno e pietra, di seguito si allega uno schema indicativo di intervento:



Formazione del rilevato attraverso posa di materiale di pezzatura compresa tra 5 e 10 cm rullato ogni 15 cm

Per il consolidamento della carreggiata stradale si propone la seguente specifica tecnica del consolidamento:



B : Posa geocomposto e riporto di sabbia con ghiaia di spessore 10 cm

C : Formazione del rilevato attraverso posa di materiale di pezzatura compresa tra 5 e 10 cm rullato ogni 20 cm

### ***Fasi di esecuzione posa geocomposto***

Il materiale, reso in rotoli, deve essere movimentato con muletto o escavatore facendo attenzione a non danneggiare la struttura. Il materiale deve essere conservato in luogo asciutto e ben ventilato protetto dall'esposizione ai raggi solari e per nessun motivo deve essere stoccato in prossimità di materiali infiammabili e fonti di calore. Una volta installato dovrà necessariamente essere ricoperto con il materiale da rilevato entro 1 mese.

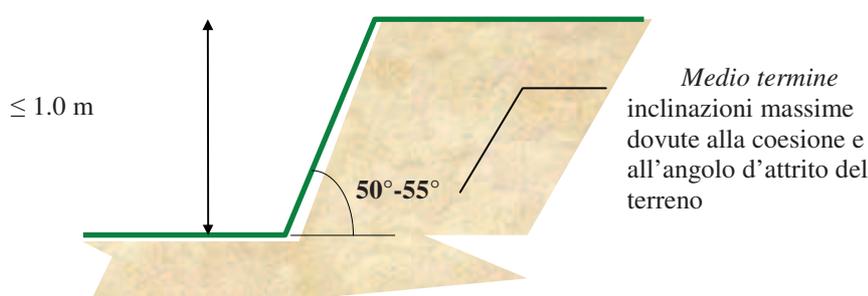
Procedure d'installazione del geocomposito di stabilizzazione:

1. Il piano di posa deve essere preliminarmente regolarizzato asportando eventuali radici, sassi o detriti che possono trovarsi sul luogo e opportunamente rullato e compattato.
2. Il geocomposito deve essere steso alla quota di progetto, parallelamente alla direzione dell'asse stradale; per agevolare l'installazione si suggerisce di fissare al sottofondo le estremità mediante impiego di ferri sagomati ad "U" in modo da limitare evitare eventuali ondulazioni. Le eventuali sovrapposizioni tra rotoli adiacenti vanno effettuate nella direzione di stesa del riempimento. E' necessario che le sovrapposizioni siano mantenute durante le operazioni di riempimento. A tal fine, è possibile prevedere la posa di piccoli cumuli di terreno lungo la sovrapposizione, ovvero la legatura delle geogriglie mediante fascette strozzacavo in plastica.
3. Al fine di evitare danneggiamenti che ridurrebbero le caratteristiche meccaniche del geocomposito è vietato il transito di veicoli non gommati direttamente sulla geogriglia fino alla stesa sulla stessa del materiale da rilevato.

4. Compattare il terreno alla densità prescritta. Utilizzare solo attrezzatura molto leggera per compattare il primo strato su terreno molto soffice. Se necessario risvoltare il geocomposito alle estremità esterne per incrementare le prestazioni.

## 10. STABILITÀ FRONTI DI SCAVO

La stabilità dei fronti di scavo è influenzata dall'altezza e inclinazione dei fronti, dall'angolo d'attrito, dalla coesione non drenata del terreno, dalla presenza di sovraccarichi, dalle condizioni meteorologiche (variazioni di temperatura e precipitazioni), da eventuali venute di acqua dai fronti stessi e dal tempo nel quale lo scavo resterà aperto.



Nell'ambito della realizzazione del progetto, considerando una situazione a medio termine, al fine di garantire stabilità ai fronti e la sicurezza agli operatori, si suggerisce per altezze  $\leq 1.5$  m di realizzare fronti di scavo

con inclinazioni massime di  $50^\circ-55^\circ$ , di lasciare il minor tempo possibile gli scavi aperti e di proteggere con coperture i fronti onde evitare erosioni dovute agli agenti meteorici.

Considerando la presenza di muri in c.a. o CIs esistenti alla base della carreggiata stradale di cui non si conosce profondità e posa fondazioni esistenti, si dovrà prestare molta attenzione alla riprofilatura dello scavo per la realizzazione del rilevato in terra armata.

## 11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con incarico dell'AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI MISSAGLIA, è stata eseguita nel Comune di Missaglia (Lc), un'indagine geologico-tecnica ai sensi del D.M. 17.1.2018, della D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 e della D.G.R. 30.3.2016 N. X/5001, per lavori di realizzazione marciapiede, allargamento stradale e opere di regimazione acque meteoriche in via Leonardo da Vinci - via San Fermo a Missaglia (LC). L'area in esame si trova in Località Lomaniga (cfr. fig. 1), alla quota media di 275 m s.l.m.

Il progetto prevede la realizzazione di un marciapiede, l'allargamento stradale e le opere di regimazione acque meteoriche. Il piano posa fondazioni è previsto ad una profondità di -0.6 m da p.c. esistente. Pertanto gli scavi avranno un'altezza massima di 0.6 m.

Il Comune di Missaglia è dotato dello studio Geologico ai sensi della L.r.12 che pone tale area in zona di **fattibilità 3** che comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di

pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

L'indagine geognostica eseguita all'interno dell'area in esame consistita nell'esecuzione di **1 stendimento sismico MASW** e di **3 prove penetrometriche** dinamiche pesanti, spinte fino a rifiuto alla penetrazione avvenuto alla massima profondità di **-4.8 m da piano campagna esistente**, ha individuato la presenza di orizzonti da molto sciolti a moderatamente addensati fino a rifiuto alla penetrazione.

**Non è stata individuata la presenza di acqua per tutta la profondità di investigazione corrispondente a -4.8 m da piano campagna esistente.**

**Non si segnala in zona, la presenza di processi geomorfici in atto o potenziali che possano compromettere la stabilità dei luoghi.**

#### **I TERRENI IN ESAME APPARTENGONO ALLA CLASSE B.**

Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica  $NSpt > 50$ , o coesione non drenata  $c_u > 250$  kPa).

**Dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di  $F_a$  ottenuto per l'intervallo 0.1-0.5 risulta superiore alla soglia mentre per l'intervallo 0.5-1.5 è inferiore al valore di soglia corrispondente.**

**Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente solo per l'intervallo 0.5-1.5 a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).**

**Per l'intervallo 0.1-0.5 sarà necessario utilizzare i parametri relativi alla CLASSE SISMICA C.**

**Per quanto riguarda la verifica alla liquefazione per eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5 e per accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g; ( $a_{gmax}$ ) non risulta necessario effettuare una verifica alla liquefazione.**

**Relativamente agli aspetti di pericolosità sismica, l'esame dei dati INGV ha restituito un valore massimo atteso della Magnitudo di 4.2 per la zona 907.**

**Per il comune di MISSAGLIA è prevista un'accelerazione massima del suolo compresa tra 0.050 e 0.075.**

**Considerate le caratteristiche dell'area in esame si escludono fenomeni di liquefazione.**

**In seguito all'entrata in vigore del D. M. 17.1.08 la seguente indagine prevede uno studio sismico e il calcolo della resistenza del terreno in condizioni a lungo termine, momento alla base di appoggio nullo e metodo di Brinch-Hansen.**

*Il piano posa fondazioni è posto ad una profondità di -0.6 m da p.c. esistente, poggiante sull'orizzonte 1 molto sciolto e dotato di scadenti caratteristiche geotecniche.*

Sulla base dei parametri geotecnici individuati, è stata calcolata la capacità portante per fondazioni dirette tipo travi di larghezza variabile tra 0.5 m e 1 m, lunghezza 10 m e rinterro 0.6 m.

### FONDAZIONI SUPERFICIALI TIPO TRAVE

#### APPROCCIO 2 (in alternativa all'APPROCCIO 1)

**STATO LIMITE ULTIMO - CONDIZIONI M1 + R3** - I valori di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di 0.6 m, larghezza B compresa tra 0.50 e 1.0 m, piano di posa delle fondazioni a -0.6 m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 1 sono risultati rispettivamente di 7-8-9 t/m<sup>2</sup>.

#### APPROCCIO 1 / COMBINAZIONE 2

**STATO LIMITE ULTIMO - CONDIZIONI M2 + R2** - I valori di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di 0.6 m, larghezza B compresa tra 0.50 e 1.0 m, piano di posa delle fondazioni a -0.6 m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 1 sono risultati rispettivamente di 5-6-7 t/m<sup>2</sup>.

**STATO LIMITE DI ESERCIZIO – CEDIMENTI ≤ 2.5cm** - I valori di capacità portante per fondazioni dirette tipo trave con rinterro minimo di 0.7 m, larghezza B compresa tra 0.50 e 1.0 m, piano di posa delle fondazioni a -0.6 m da p.c., poggiante all'interno dell'orizzonte 1 sono risultati rispettivamente di 7-8-7 t/m<sup>2</sup> con cedimenti ≤ 2.5cm.

Per quanto riguarda le proposte progettuali si rimanda al paragrafo 9.

Si rimane comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

*Osnago, NOVEMBRE 2018*

*Dott. Geol. Maurizio Penati*



*Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini*



# terre rinforzate Missaglia

**Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2010, ADAMA Engineering, Inc.**

## PROJECT IDENTIFICATION

Title: terre rinforzate Missaglia  
 Project Number: -  
 Client:  
 Designer: Studio Geoplanet  
 Station Number: sez 4-4

### Description:

ANALISI sismica NTC 2018

### Company's information:

Name:  
 Street:

Telephone #:  
 Fax #:  
 E-Mail:

**Original file path and name:** E:\DATI\_OF ..... -18-PG-MISSAGLIA\Analisi sismica NTC 2018 rev2.mse  
**Original date and time of creating this file:** Tue Sep 13 16:37:52 2016

**PROGRAM MODE:** Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

**INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)**

**SOIL DATA**

Soil Layer #:	Unit weight, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Internal angle of friction, $\phi$ [deg.]	Cohesion, c [kPa]
...1.....Terreno rinforzato.....	19.0	32.0	0.0
...2.....Orizzonte 1.....	16.5	26.0	0.0
...3.....palificata doppia.....	19.0	38.0	10.0
...4.....orizzonte 1.....	16.5	26.0	0.0
...5.....orizzonte 3.....	19.0	35.0	0.0

**REINFORCEMENT**

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
2	TT060 GS	60.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters Type #	Geosynthetic Designated Name	== Direct Sliding == Cds-phi	Cds-c	==== Pullout ==== Ci	Alpha
2	TT060 GS	0.95	0.00	0.90	1.00

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50  
 Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

**WATER**

Water is not present

**SEISMICITY**

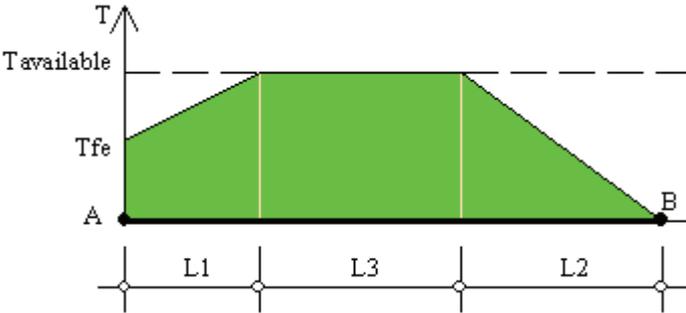
Horizontal peak ground acceleration coefficient, Ao = 0.036  
 Design horizontal seismic coefficient, kh = Am = 0.5 x Ao = 0.018 & design vertical seismic coefficient, kv (up) = -0.500 x kh = -0.009







**DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER**



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)  
 B = Rear-end of reinforcement  
 AB = L1 + L2 + L3 = Embedded length of reinforcement

Tavailable = Long-term strength of reinforcement  
 Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length  
 L2 = Rear-end pullout length  
 Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, Fs-po = 1.50

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	TT060 GS	0.01	4.00	0.00	0.67	3.33	24.59	24.59
2	TT060 GS	0.60	4.00	0.00	0.88	3.12	24.59	24.59
3	TT060 GS	1.20	4.00	0.00	1.26	2.74	24.59	24.59
4	TT060 GS	1.80	4.00	0.00	2.25	1.75	24.59	24.59

### RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)  
 The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X, Y) [m]		Exit Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	11.99	14.53	9.47	10.44	7.30	14.60	4.70	3.90	
2	12.26	14.54	9.45	10.44	7.85	14.55	4.41	3.31	
3	12.53	14.54	9.47	10.45	8.25	14.55	4.28	3.10	
4	12.79	14.55	9.49	10.45	8.54	14.60	4.25	3.01	
5	13.06	14.55	9.45	10.45	8.92	14.55	4.14	2.93	
6	13.33	14.56	9.46	10.45	9.21	14.56	4.12	2.81	
7	13.60	14.56	9.48	10.46	9.43	14.63	4.17	2.70	
8	13.87	14.57	9.47	10.45	8.98	15.38	4.95	2.58	
9	14.13	14.57	9.49	10.46	9.66	14.95	4.49	2.47	
10	14.40	14.58	9.44	10.47	10.16	14.64	4.24	2.26	
11	14.67	14.58	9.44	10.47	10.39	14.64	4.28	2.03	
12	14.94	14.59	9.45	10.46	10.31	15.04	4.65	1.89	
13	15.21	14.59	9.46	10.47	10.85	14.60	4.36	1.71	
14	15.47	14.60	9.47	10.47	11.02	14.64	4.45	1.65	
15	15.74	14.61	9.42	10.49	11.20	14.67	4.54	1.62	
16	16.01	14.61	9.44	10.46	9.62	17.44	6.99	1.59	
17	16.28	14.62	9.47	10.46	9.36	18.28	7.82	1.56	
18	16.55	14.63	9.47	10.45	9.04	19.27	8.83	1.53	
19	16.81	14.63	9.48	10.45	8.62	20.48	10.06	1.52	
20	17.08	14.64	9.48	10.45	8.08	21.98	11.61	1.52	
21	17.35	14.65	9.49	10.45	7.70	23.28	12.95	1.52	OK
22	17.62	14.65	9.49	10.45	7.23	24.80	14.52	1.52	
23	17.88	14.66	9.41	10.44	6.65	26.60	16.39	1.53	
24	18.15	14.67	9.41	10.44	5.94	28.77	18.66	1.54	
25	18.42	14.67	9.41	10.44	5.04	31.44	21.45	1.56	
26	18.69	14.68	9.42	10.44	3.88	34.79	24.97	1.57	
27	18.96	14.68	9.42	10.44	2.35	39.12	29.55	1.59	
28	19.22	14.69	9.43	10.44	1.75	41.53	32.03	1.61	
29	19.49	14.69	9.43	10.44	-0.63	48.27	39.15	1.62	
30	19.76	14.69	9.43	10.44	-4.17	58.11	49.58	1.64	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

### RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)  
 The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	9.49	10.45	17.35	14.65	7.70	23.28	12.95	1.52	On extreme X-exit
2	9.44	10.53	17.35	14.65	8.01	22.93	12.49	1.55	
3	9.48	10.62	17.08	14.64	8.83	21.03	10.44	1.59	
4	9.53	10.70	17.08	14.64	9.06	20.81	10.12	1.62	
5	9.58	10.78	17.35	14.65	9.05	21.59	10.82	1.66	
6	9.62	10.87	17.35	14.65	9.28	21.35	10.49	1.70	
7	9.60	10.95	17.08	14.64	9.84	19.91	8.96	1.75	
8	9.63	11.04	17.35	14.65	9.88	20.57	9.54	1.79	
9	9.65	11.12	17.62	14.65	9.92	21.27	10.15	1.84	
10	9.71	11.20	17.35	14.65	10.38	19.92	8.74	1.90	
11	9.76	11.29	17.35	14.65	10.54	19.77	8.52	1.95	
12	9.80	11.37	17.62	14.65	10.62	20.37	9.04	2.01	
13	9.84	11.45	17.35	14.65	10.96	19.25	7.88	2.07	
14	9.80	11.54	17.62	14.65	11.05	19.78	8.33	2.14	
15	9.85	11.63	17.35	14.65	11.32	18.81	7.33	2.21	
16	9.89	11.71	17.88	14.66	11.40	19.92	8.35	2.29	
17	9.94	11.79	17.62	14.65	11.64	18.96	7.37	2.37	
18	9.98	11.87	17.88	14.66	11.76	19.43	7.77	2.45	
19	10.03	11.95	17.62	14.65	11.94	18.58	6.90	2.54	
20	10.03	12.03	17.88	14.66	10.66	23.21	11.20	1.87	
21	10.03	12.12	17.08	14.64	11.30	19.70	7.68	1.87	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.



# terre rinforzate Missaglia

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2010, ADAMA Engineering, Inc.

## PROJECT IDENTIFICATION

Title: terre rinforzate Missaglia  
Project Number: -  
Client:  
Designer: Studio Geoplanet  
Station Number: sez 4-4

### Description:

ANALISI globale statica NTC 2018 - A2M2R2

### Company's information:

Name:  
Street:

Telephone #:  
Fax #:  
E-Mail:

**Original file path and name:** E:\DATI\_OF ..... Analisi statica globale a2m2r2 NTC 2018 rev 2.mse  
**Original date and time of creating this file:** Tue Sep 13 16:37:52 2016

**PROGRAM MODE:** Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

**INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)**

**SOIL DATA**

Soil Layer #:	Unit weight, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Internal angle of friction, $\phi$ [deg.] RFtan=1.25		Cohesion, c [kPa] RFcoh=1.25	
1.....Terreno rinforzato.....	19.0	32.0	26.6	0.0	0.0
2.....Orizzonte 1.....	16.5	26.0	21.3	0.0	0.0
3.....palificata doppia.....	19.0	38.0	32.0	10.0	8.0
4.....orizzonte 1.....	16.5	26.0	21.3	0.0	0.0
5.....orizzonte 3.....	19.0	35.0	29.3	0.0	0.0

**REINFORCEMENT**

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
2	TT060 GS	60.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout =====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
2	TT060 GS	0.95	0.00	0.90	1.00

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50  
 Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

**WATER**

Water is not present

**SEISMICITY**

Not Applicable

### DRAWING OF SPECIFIED GEOMETRY - COMPLEX - Quick Input

- Problem geometry is defined along sections selected by user at x,y coordinates.
- X1,Y1 represents the coordinates of soil surface. X2,Y2 represent the coordinates of the end of soil layer 1 and start of soil layer 2, and so on.

#### GEOMETRY

Soil profile contains 5 layers (see details in next page)

#### UNIFORM SURCHARGE

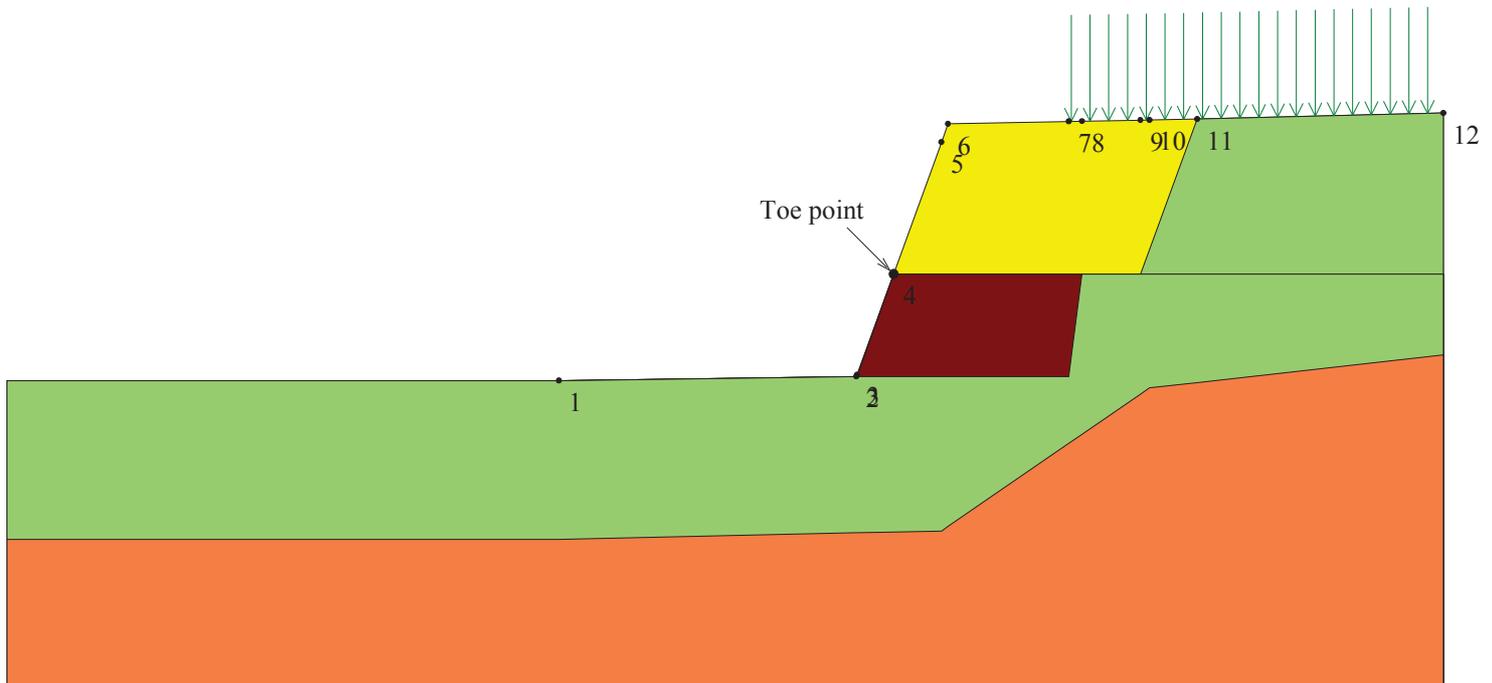
Load Q1 = 30.00 [kPa] inclined from vertical at 0.00 degrees, starts at X1s = 13.00 and ends at X1e = 20.00 [m].

Surcharge load, Q2.....None

Surcharge load, Q3.....None

#### STRIP LOAD

.....None.....



SCALE:



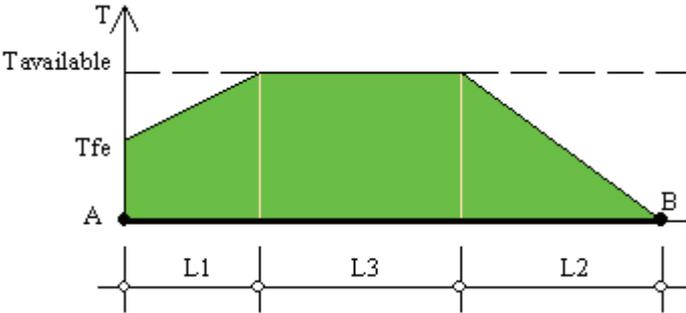


**TABULATED DETAILS OF SPECIFIED GEOMETRY**

Soil profile contains 5 layers. Coordinates in [m.]

#	X	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
1	4.51	10.22	10.22	10.22	10.22	7.57
2	9.44	10.29	10.29	10.29	10.29	7.68
3	9.45	10.32	10.29	10.29	10.29	7.68
4	10.06	12.00	12.00	12.00	10.29	7.69
5	10.85	14.20	12.00	12.00	10.29	7.71
6	10.96	14.51	12.00	12.00	10.29	7.79
7	12.96	14.55	12.00	12.00	10.29	9.17
8	13.18	14.55	12.00	12.00	12.00	9.32
9	14.15	14.57	12.00	12.00	12.00	10.00
10	14.30	14.57	12.41	12.00	12.00	10.10
11	15.09	14.59	14.59	12.00	12.00	10.19
12	19.17	14.69	14.69	12.00	12.00	10.65

**DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER**



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)  
 B = Rear-end of reinforcement  
 AB = L1 + L2 + L3 = Embedded length of reinforcement

Tavailable = Long-term strength of reinforcement  
 Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length  
 L2 = Rear-end pullout length  
 Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, Fs-po = 1.50

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	TT060 GS	0.01	4.00	0.00	0.85	3.15	24.59	24.59
2	TT060 GS	0.60	4.00	0.00	1.10	2.90	24.59	24.59
3	TT060 GS	1.20	4.00	0.00	1.59	2.41	24.59	24.59
4	TT060 GS	1.80	4.00	0.00	2.86	1.14	24.59	24.59

**RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS**

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)  
 The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each entry point (considering all specified exit points)									
Entry Point #	Entry Point (X, Y) [m]		Exit Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	11.99	14.53	9.47	10.44	7.30	14.60	4.70	3.13	
2	12.26	14.54	9.45	10.44	7.85	14.55	4.41	2.63	
3	12.53	14.54	9.47	10.45	8.25	14.55	4.28	2.45	
4	12.79	14.55	9.49	10.45	8.54	14.60	4.25	2.40	
5	13.06	14.55	9.45	10.45	8.92	14.55	4.14	2.34	
6	13.33	14.56	9.46	10.45	8.97	14.79	4.37	2.16	
7	13.60	14.56	9.47	10.45	9.19	14.86	4.42	2.03	
8	13.87	14.57	9.47	10.45	8.78	15.60	5.19	1.89	
9	14.13	14.57	9.49	10.45	9.24	15.41	4.97	1.80	
10	14.40	14.58	9.44	10.47	10.16	14.64	4.24	1.66	
11	14.67	14.58	9.44	10.47	10.20	14.88	4.48	1.53	
12	14.94	14.59	9.46	10.46	10.02	15.41	4.99	1.43	
13	15.21	14.59	9.46	10.47	10.85	14.60	4.36	1.31	
14	15.47	14.60	9.47	10.47	11.02	14.64	4.45	1.26	
15	15.74	14.61	9.50	10.46	9.50	17.22	6.77	1.24	
16	16.01	14.61	9.50	10.46	9.50	17.63	7.18	1.21	
17	16.28	14.62	9.47	10.46	9.36	18.28	7.82	1.19	
18	16.55	14.63	9.47	10.45	9.04	19.27	8.83	1.18	
19	16.81	14.63	9.48	10.45	8.62	20.48	10.06	1.17	OK
20	17.08	14.64	9.48	10.45	8.08	21.98	11.61	1.17	
21	17.35	14.65	9.49	10.45	7.70	23.28	12.95	1.17	
22	17.62	14.65	9.49	10.45	7.23	24.80	14.52	1.18	
23	17.88	14.66	9.41	10.44	6.65	26.60	16.39	1.19	
24	18.15	14.67	9.41	10.44	5.94	28.77	18.66	1.20	
25	18.42	14.67	9.41	10.44	5.04	31.44	21.45	1.21	
26	18.69	14.68	9.42	10.44	3.88	34.79	24.97	1.23	
27	18.96	14.68	9.42	10.44	2.35	39.12	29.55	1.24	
28	19.22	14.69	9.43	10.44	1.75	41.53	32.03	1.26	
29	19.49	14.69	9.43	10.44	-0.63	48.27	39.15	1.28	
30	19.76	14.69	9.43	10.44	-1.61	51.93	42.93	1.30	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-entry' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.

### RESULTS OF ROTATIONAL STABILITY ANALYSIS

Results in the tables below represent critical circles identified between specified points on entry and exit. (Theta-exit set to 50.00 deg.)  
 The most critical circle is obtained from a search considering all the combinations of input entry and exit points.

Critical circles for each exit point (considering all specified entry points)									
Exit Point #	Exit Point (X, Y) [m]		Entry Point (X, Y) [m]		Critical Circle (Xc, Yc, R) [m]			Fs	STATUS
1	9.48	10.45	16.81	14.63	8.62	20.48	10.06	1.17	On extreme X-exit
2	9.53	10.54	17.08	14.64	8.59	21.27	10.77	1.19	
3	9.48	10.62	17.08	14.64	8.83	21.03	10.44	1.22	
4	9.53	10.70	17.08	14.64	9.06	20.81	10.12	1.24	
5	9.58	10.78	17.35	14.65	9.05	21.59	10.82	1.27	
6	9.62	10.87	17.35	14.65	9.28	21.35	10.49	1.30	
7	9.60	10.95	17.08	14.64	9.84	19.91	8.96	1.33	
8	9.63	11.04	17.35	14.65	9.88	20.57	9.54	1.37	
9	9.67	11.12	17.35	14.65	10.06	20.39	9.28	1.40	
10	9.71	11.21	17.08	14.64	10.47	19.20	8.03	1.44	
11	9.76	11.29	17.35	14.65	10.54	19.77	8.52	1.48	
12	9.80	11.37	17.08	14.64	10.87	18.74	7.45	1.52	
13	9.84	11.45	17.35	14.65	10.96	19.25	7.88	1.56	
14	9.80	11.54	17.62	14.65	11.05	19.78	8.33	1.61	
15	9.85	11.63	17.35	14.65	11.32	18.81	7.33	1.66	
16	9.89	11.71	17.35	14.65	11.52	18.51	6.99	1.71	
17	9.94	11.79	17.62	14.65	11.64	18.96	7.37	1.77	
18	9.98	11.87	17.35	14.65	11.82	18.16	6.56	1.82	
19	10.03	11.95	17.62	14.65	11.94	18.58	6.90	1.88	
20	10.03	12.03	17.88	14.66	10.66	23.21	11.20	1.44	
21	10.03	12.12	17.08	14.64	11.30	19.70	7.68	1.43	

Note: In the 'Status' column, OK means the critical circle was identified within the specified search domain. 'On extreme X-exit' means that the critical result is on the edge of the search domain; a lower Fs may result if the search domain is expanded.



# terre rinforzate Missaglia

Report created by ReSSA(3.0): Copyright (c) 2001-2010, ADAMA Engineering, Inc.

## PROJECT IDENTIFICATION

Title: terre rinforzate Missaglia  
 Project Number: -  
 Client:  
 Designer: Studio Geoplanet  
 Station Number: sez 4-4

### Description:

ANALISI a scorrimento Statica NTC 2018 - A1M1R3

### Company's information:

Name:  
Street:

Telephone #:  
Fax #:  
E-Mail:

**Original file path and name:** E:\DATI\_OF ..... lisi statica scorrimento a1m1r3 NTC 2018 rev2.mse  
**Original date and time of creating this file:** Tue Sep 13 16:37:52 2016

**PROGRAM MODE:** Analysis of a General Slope using GEOSYNTHETIC as reinforcing material.

**INPUT DATA (EXCLUDING REINFORCEMENT LAYOUT)**

**SOIL DATA**

Soil Layer #:	Unit weight, $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Internal angle of friction, $\phi$ [deg.] RFTan=1.25		Cohesion, c [kPa] RFcoh=1.25	
1.....Terreno rinforzato.....	19.0	32.0	26.6	0.0	0.0
2.....Orizzonte 1.....	21.4	26.0	21.3	0.0	0.0
3.....palificata doppia.....	19.0	38.0	32.0	10.0	8.0
4.....orizzonte 1.....	16.5	26.0	21.3	0.0	0.0
5.....orizzonte 3.....	19.0	35.0	29.3	0.0	0.0

**REINFORCEMENT**

Reinforcement Type #	Geosynthetic Designated Name	Ultimate Strength, Tult [kN/m]	Reduction Factor for Installation Damage, RFid	Reduction Factor for Durability, RFd	Reduction Factor for Creep, RFc	Additional Reduction Factor, RFa	Coverage Ratio, Rc
2	TT060 GS	60.00	1.00	1.00	2.44	1.00	1.00

Interaction Parameters		== Direct Sliding ==		==== Pullout =====	
Type #	Geosynthetic Designated Name	Cds-phi	Cds-c	Ci	Alpha
2	TT060 GS	0.95	0.00	0.90	1.00

Relative Orientation of Reinforcement Force, ROR = 0.00. Assigned Factor of Safety to resist pullout, Fs-po = 1.50  
 Design method for Global Stability: Comprehensive Bishop.

**WATER**

Water is not present

**SEISMICITY**

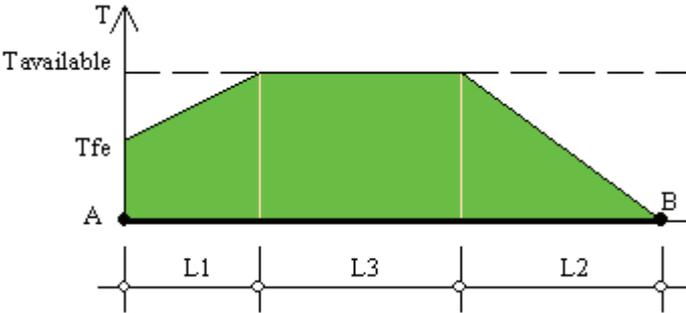
Not Applicable







**DISTRIBUTION OF AVAILABLE STRENGTH ALONG EACH REINFORCEMENT LAYER**



A = Front-end of reinforcement (at face of slope)  
 B = Rear-end of reinforcement  
 AB = L1 + L2 + L3 = Embedded length of reinforcement

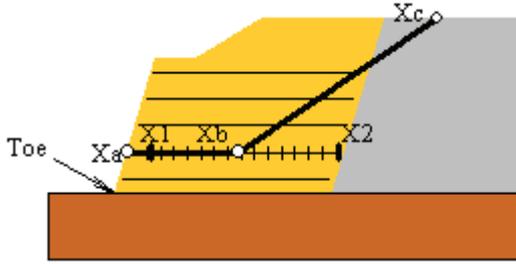
Tavailable = Long-term strength of reinforcement  
 Tfe = Available front-end strength (e.g., connection to facing)

L1 = Front-end 'pullout' length  
 L2 = Rear-end pullout length  
 Tavailable prevails along L3

Factor of safety on resistance to pullout on either end of reinforcement, Fs-po = 1.50

Reinforcement Layer #	Designated Name	Height Relative to Toe [m]	L [m]	L1 [m]	L2 [m]	L3 [m]	Tfe [kN/m]	Tavailable [kN/m]
1	TT060 GS	0.01	4.00	0.00	0.85	3.15	24.59	24.59
2	TT060 GS	0.60	4.00	0.00	1.10	2.90	24.59	24.59
3	TT060 GS	1.20	4.00	0.00	1.59	2.41	24.59	24.59
4	TT060 GS	1.80	4.00	0.00	2.86	1.14	24.59	24.59

**RESULTS OF TRANSLATIONAL ANALYSIS**



Results in the table below represent critical two-part wedges identified between specified starting (X1) and ending (X2) search points. Wedges along all reinforcement layers and at elevation zero are reported. The critical two-part wedge, one for each predetermined elevation, is defined by Xa, Xb and Xc where Xa is the front end of the passive wedge (slope face), Xb is where the passive wedge ends and the active one starts, and Xc is the X-ordinate at which the active wedge starts.

Critical two-part wedge along each interface:									
Interface	Height Relative to Toe [m]	( Xa, Ya ) [m]	( Xb, Yb ) [m]	( Xc, Yc ) [m]	Fs	STATUS			
At toe elevation	0.00	10.06	12.00	13.86	12.00	17.80	14.66	1.93	Minimum on Edge
Reinf. Layer #1	0.01	10.06	12.01	14.05	12.01	17.55	14.65	1.52	Minimum on Edge
Reinf. Layer #2	0.60	10.28	12.60	14.25	12.60	17.06	14.64	1.71	Minimum on Edge
Reinf. Layer #3	1.20	10.49	13.20	13.67	13.20	16.02	14.61	1.99	OK
Reinf. Layer #4	1.80	10.71	13.80	13.19	13.80	14.05	14.57	2.11	OK

Note: In the 'Status' column, OK means the critical two part-wedge was identified within the specified search domain. 'Minimum on Edge' means the critical result corresponds to a minimum on the edge of the search domain; i.e., either on X1 or X2 or the internally preset limits on Xc.

**CRITICAL RESULTS OF ROTATIONAL AND TRANSLATIONAL STABILITY ANALYSES**  
**Rotational (Circular Arc; Bishop) Stability Analysis**

**NOT CONDUCTED**

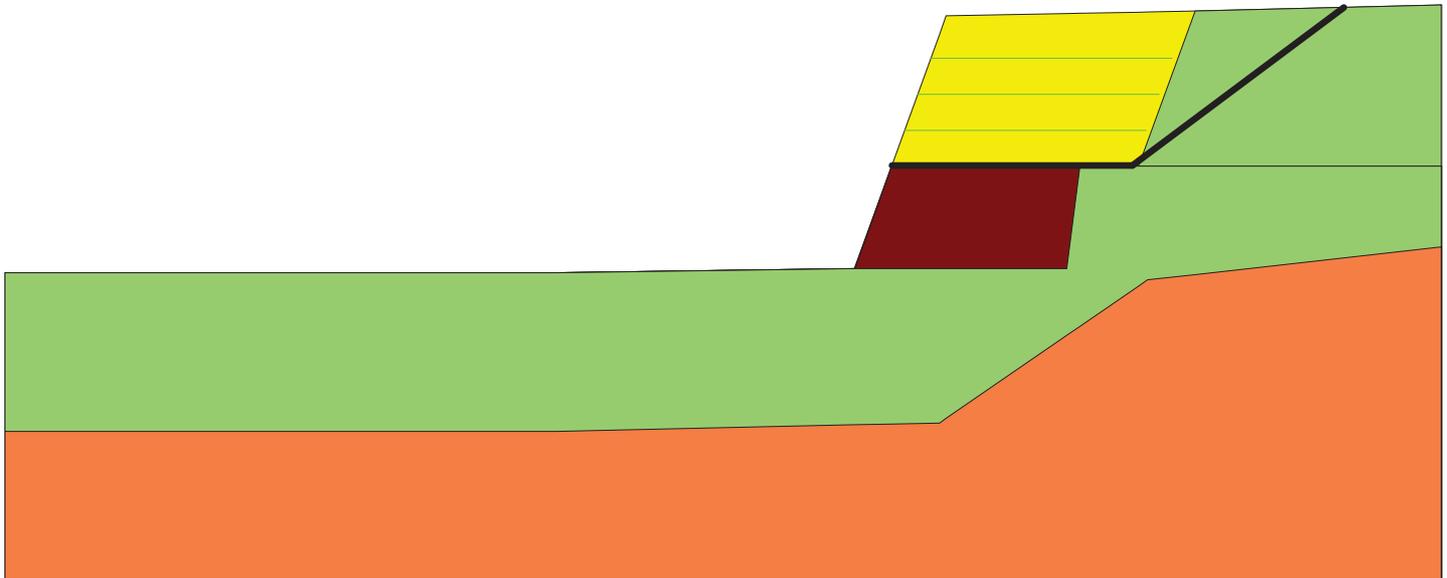
**Translational (2-Part Wedge; Spencer), Direct Sliding, Stability Analysis**

Minimum Factor of Safety = 1.52

Critical Two-Part Wedge: (Xa = 10.06, Ya = 12.01) [m]  
(Xb = 14.05, Yb = 12.01) [m]  
(Xc = 17.55, Yc = 14.65) [m]  
(Number of slices used = 30 )  
Interslice resultant force inclination = 20.15 [degrees]

**Three-Part Wedge Stability Analysis**

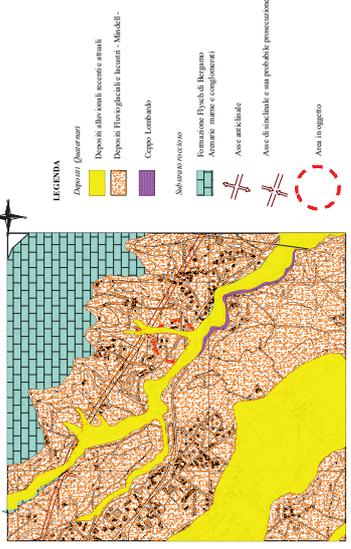
**NOT CONDUCTED**  
**REINFORCEMENT LAYOUT: DRAWING**



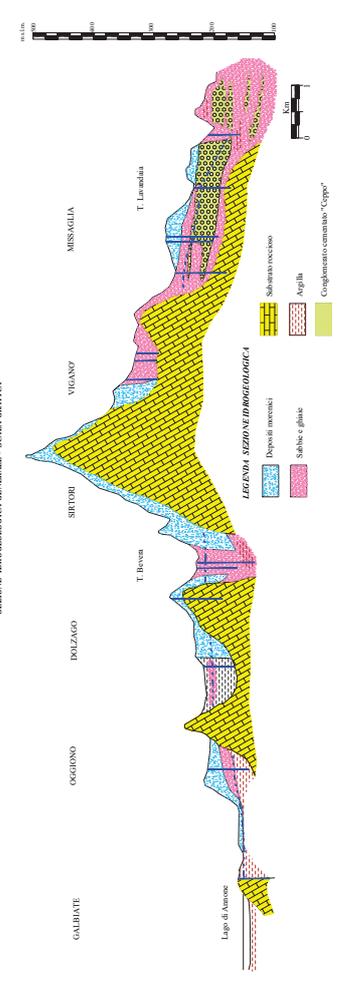
**SCALE:**



CARTA GEOLOGICA GENERALE - SCALA 1:10.000



SEZIONE IDROGEOLOGICA GENERALE - SCALA GRAFICA



ESECUZIONI PROVA PENETRIMETRIKA DINAMICA PENANTE SPT12



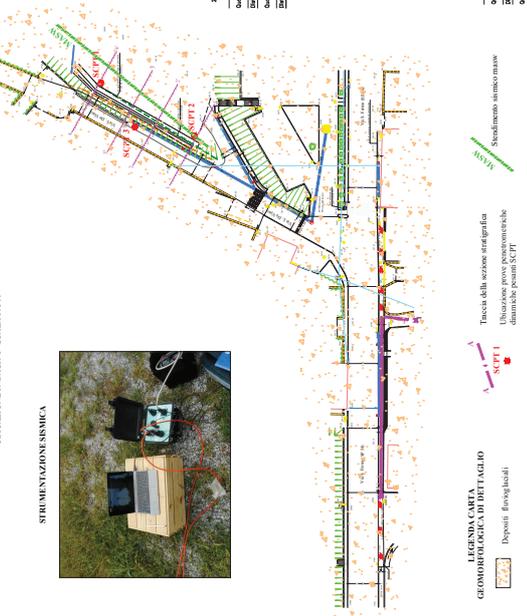
ESECUZIONI PROVA PENETRIMETRIKA DINAMICA PENANTE SPT12



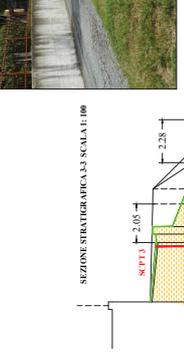
ESECUZIONI PROVA PENETRIMETRIKA DINAMICA PENANTE SPT12



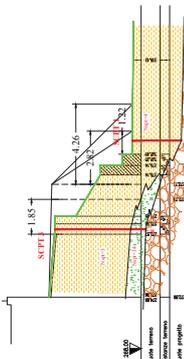
CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO - PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE INDAGINE - SCALA 1:500



SEZIONE STRATIGRAFICA 4-3 SCALA 1:100



SEZIONE STRATIGRAFICA 4-4 SCALA 1:100



STRUMENTAZIONE SISMICA



STRUMENTAZIONE SISMICA



LEGENDA CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO



LEGENDA SEZIONI STRATIGRAFICHE



**COMUNE DI MISSAGLIA**  
**PROVINCIA DI LECCO**  
**INDAGINE GEOLOGICO TECNICA AI SENSI DEL D. M. 17.1.2018, DEL D.G.R. IX/2616 DEL 30.11.2011 E DELLA D.G.R. 30/3.2016/N. X/5001 PER LAVORI DI REALIZZAZIONE MARCIAPIEDE 2018, ALL'ARGAMENTO STRADALE E OPERE DI REGIMAZIONE AQUCE METEORICHE IN VIA LEONARDO DA VINCI - VIA SAN FERMO, NEL COMUNE DI MISSAGLIA (LC)**  
 Direzione Geol. Massimo Feltrinelli  
 Ing. Gian. Roberto Piretti  
 Geologie, Topografia, Geotecnica, Rappresentazione Grafica, Ambientale, Pianificazione Territoriale  
 Via Olginate n. 6, 23023, Missaglia (LC) - Tel. 0352.210909  
 E-Mail: [studio@geofeltrinelli.it](mailto:studio@geofeltrinelli.it)

**SETTEMBRE 2018**  
 SCALA: 1:10000  
 SCALA: 1:100  
 SCALA: 1:100  
**TAVOLA N. 1/4**

CARTA GEOLOGICA GENERALE - CARTA GEOMORFOLOGICA DI DETTAGLIO - PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE INDAGINE - SEZIONI STRATIGRAFICHE  
 SCALA: 1:10000  
 SCALA: 1:100  
 SCALA: 1:100  
**SETTEMBRE 2018**  
**TAVOLA N. 1/4**