

**UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO**  
PROVINCIA DI ALESSANDRIA

**INTERVENTI DI MANUTENZIONE  
DEL TERRITORIO MONTANO**

**PROGETTO ESECUTIVO**

esteso ai comuni di: **CARTOSIO, CAVATORE, DENICE,**  
**MELAZZO, MERANA,**  
**MONTECHIARO D'ACQUI, MORBELLO, PARETO, PONTI**  
(1° LOTTO)

**RELAZIONE GEOLOGICA**

RIF. INT.: 2017\_74

DATA: 20 AGO.2018

IL RESPONSABILE **II R.U.P.**

Geom. Carla Moretti



I TECNICI

Dott. Geol. Andrea Silvio BASSO



Raggruppamento Temporaneo di Professionisti

**STUDIONOVI** Bruno-Chiarella

**STUDIO DI GEOLOGIA** Andrea Silvio Basso

Via Manzoni 14, 15067 NOVI L. (AL) tel. 0143 75470 - fax 0143 321409

# SOMMARIO

1.) PREMESSA .....	2
2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE.....	2
3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI.....	3
4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....	5
6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	6
7.) INDAGINI ESEGUITE .....	7
7.1.) TOMOGRAFIA SISMICA .....	7
8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	9
8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE .....	9
8.2.) PARAMETRI GEOTECNICI.....	9
9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	10
10.) CONCLUSIONI .....	13

## ALLEGATI

TAV.1A COROGRAFIA AREE 1-2 (SCALA 1:10.000)

TAV.1A COROGRAFIA AREA 3 (SCALA 1:10.000)

TAV.2A PLANIMETRIA GENERALE AREE 1-2 (SCALA 1:200)

TAV.2B PLANIMETRIA GENERALE AREA 3 (SCALA 1:200)

ELABORATO TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE

PARAMETRI SISMICI DI SITO

## **1.) PREMESSA**

La presente relazione predisposta dal geologo Andrea Basso, con studio In Ovada, via Lung'Orba Mazzini n. 95, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Piemonte al n. 334/A, è riferita all'Area d'intervento presso il Comune di Merana.

### *INTERVENTO IN PROGETTO*

L'intervento in progetto prevede l'installazione di gabbionate, disposte su più strati, incassati sulla scarpata a valle della sede stradale.

I tratti di intervento sono individuati in 3 zone appartenenti al Comune di Merana, per una lunghezza di 18 metri in tutti gli interventi.

- Area 1: 18 metri di gabbionate su più strati per una lunghezza di 18 metri, ubicata a 1,3 km circa a Sud del concentrico abitato.
- Area 2: due tratti di gabbionate su più strati con lunghezze di 6 e 12 metri, ubicate a circa 1 km a Sud del concentrico.
- Area 3: 18 metri di gabbionate su più strati per una lunghezza di 18 metri, ubicata a 2,2 km circa ad Ovest del concentrico abitato.

### *INDAGINI ESEGUITE*

- Rilievo geomorfologico e geologico di dettaglio dell'area
- N.1 tomografia sismica a rifrazione
- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio.

## **2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE**

L'area soggetta a indagine fa parte del territorio comunale di Merana (AL) dislocata in diverse zone di intervento, con quote comprese tra 300 e 400 metri sul livello marino.

La zona è cartografata sul Foglio 81 "Ceva" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e sulla sezione 211020 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte.

### **3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI**

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

- D. M. 14 gennaio 2008  
"Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, del C.S.LL.PP.  
Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008
- D.G.R. 19 gennaio 2010, n. 11-13058  
Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89 e s.m e i.

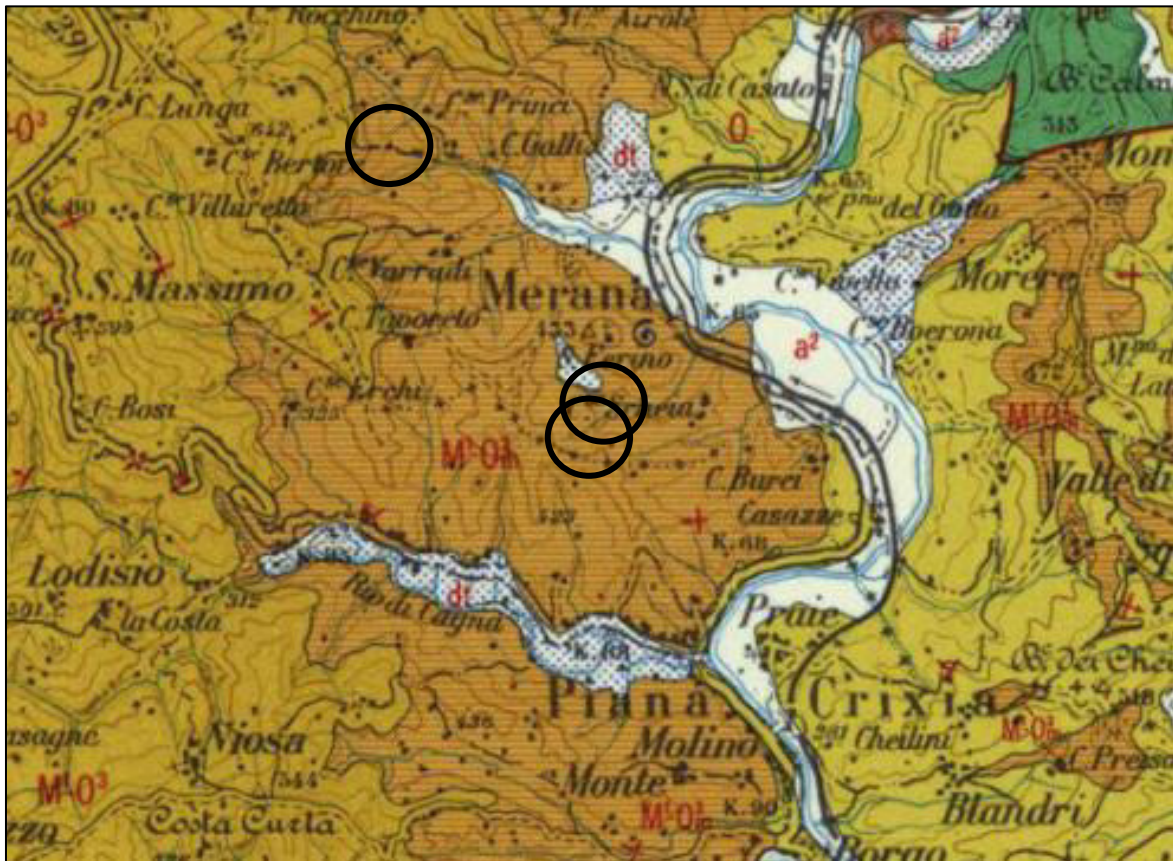
#### 4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il substrato roccioso che contraddistingue i siti oggetto dell'indagine è caratterizzato dalla presenza di successioni sedimentarie riferibili al Bacino Terziario Piemontese. Quest'ultimo si presenta come un'ampia depressione a sinclinale addossata all'Appennino Ligure, a Sud, e limitata a Nord dalla Collina di Torino, dallo Sperone di Tortona e dal margine della Pianura Padana. Si tratta di una sequenza di depositi marini, di riempimento di una vasta area, che, per effetto della subsidenza della zona settentrionale e del pulsare della catena alpina, presenta un tipico assetto monoclinale con immersione nord ed attenuazione delle pendenze verso la piana alessandrina. In questo settore, a causa dell'elevata subsidenza iniziata nel Pliocene e proseguita anche se con intensità decrescente fino al Quaternario Recente, la successione marina pliocenica raggiunge lo spessore di 2000 metri.

In corrispondenza del territorio di Merana, tale successione risulta costituita dalle seguenti formazioni:

- *Formazione di Cortemilia (Langhiano-Aquitaniense);*
- *Formazione di Rocchetta (Aquitaniense-Oligocene superiore);*
- *Formazione di Molare (Oligocene);*

Tali formazioni sono riportate dalla più recente alla più antica. Nell'area d'indagine è presente la *Formazione di Rocchetta* descritta sul foglio N. 81 "CEVA" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000, di cui di seguito viene riportato uno stralcio.



**Formazione di Rocchetta:** *Marna talora siltoso-sabbiosa, grigia, grigio-nocciola o azzurra, spesso divisibile in scaglie o lamine sottili.*

## **5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Le caratteristiche morfologiche generali della zona sono determinate sia dalla natura litologica e strutturale del substrato geologico e sia da fattori morfogenetici legati a processi di degradazione e/o alterazione dei versanti.

In particolare, l'assetto monoclinale delle successioni sedimentarie caratterizzanti il substrato, con immersione degli strati generalmente verso NO, impone acclività moderate nei versanti settentrionali (assetto "a franapoggio") ed acclività più elevate nei versanti meridionali e orientali (assetto "a reggiopoggio"). Tale diversificazione è inoltre influenzata dalla natura del substrato roccioso e quindi dalla presenza di contrasti litologici aventi differenti caratteristiche meccaniche (per esempio il contatto tra formazioni marnose o argillose e di formazioni arenaceo-sabbiose).

In questo contesto, le aree d'intervento 1 e 2, poco distanti fra loro, si posizionano nella parte medio-bassa di un versante collinare rivolto a a sud, ad una quota compresa tra 300 e 330 metri s.l.m. Questo versante è caratterizzato da pendenze medio-basse e quote massime di 420 metri circa, alla base del quale scorre il rio Lescheia, con direzione circa ovest-nordest, il quale a poche centinaia di metri ad est sfocia nel fiume Bormida di Spigno.

Dal punto di vista della dinamica delle acque superficiali, l'area in oggetto non risulta essere interessata dalla dinamica fluviale del sopracitato rio. Non si esclude però che vi possano essere fenomeni di corrivazione superficiale a seguito degli eventi meteorici.

Per quanto riguarda l'evoluzione dei versanti, l'analisi fotogrammetrica, il rilievo dell'area e la cartografia tematica disponibile non hanno evidenziato la presenza di alcun dissesto gravitativo nella zona di interesse, sono comunque da segnalare i due dissesti che rendono necessario l'intervento, classificabili come scivolamenti della coltre di alterazione del substrato marnoso.

L'area d'intervento numero 3 è ubicata invece a circa 2,2 km ad ovest rispetto il concentrico abitato di Merana, ad una quota di circa 380 metri sul livello marino, posizionata alla mediana di un versante collinare esposto a Sud, alle pendici del quale scorre, con andamento circa ovest-est, il rio degli Uvi che 500 metri ad ovest sfocia nel rio Merana, affluente di sinistra del fiume Bormida di Spigno.

Nella zona si segnala solo il dissesto della strada oggetto di intervento, classificabile anch'esso come scivolamento della coltre di alterazione del substrato marnoso, infatti l'analisi fotogrammetrica, la cartografia tematica e il rilievo dell'area non hanno evidenziato la presenza di nessun altro dissesto gravitativo.

## 6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico, nell'area in questione possono essere distinti due termini:

- **Substrato alterato:** costituito da marne siltoso-sabbiose alterate; è caratterizzato da permeabilità media.
- **Substrato:** costituito da marne siltoso-sabbiose integre; sono caratterizzate da permeabilità per porosità bassissima o nulla e da una permeabilità secondaria variabile in funzione del grado di fratturazione della roccia.

Il substrato roccioso, sostanzialmente impermeabile in condizioni di integrità, può essere caratterizzato localmente da permeabilità secondaria connessa alla presenza di fratturazioni e/o fessurazioni indotte da fenomeni deformativi successivi alla sua genesi. La conducibilità idraulica secondaria del substrato risulta fortemente influenzata sia dalla giacitura delle anisotropie planari caratteristiche del substrato, sia dalla natura e granulometria del materiale di riempimento.

In tale contesto idrogeologico, considerata l'orografia dell'area, la stratigrafia dei terreni (orizzonte di copertura avente permeabilità media per porosità su substrato marnoso) e i dati delle indagini eseguite non si rileva la presenza di una falda acquifera vera e propria, ma solo una circolazione subcorticale che ha sede all'interno della coltre sciolta ed è strettamente connessa al regime meteorico stagionale (risulta ridotta o assente nelle stagioni asciutte).

## 7.) INDAGINI ESEGUITE

Al fine di un'esaustiva conoscenza del sito d'intervento, in relazione alla tipologia delle opere a progetto, sono state condotte una serie di indagini in sito, mirate in particolare alla valutazione dello sviluppo geometrico e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di superficiali.

Le indagini hanno compreso oltre al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, l'esecuzione di un'indagine geofisica di tipo sismico.

L'ubicazione dell'indagine eseguita, scelta in modo da ottenere una copertura quanto più uniforme possibile dell'area, è stata riportata nella planimetria generale dell'area di intervento facente parte degli allegati alla presente relazione.

### 7.1.) TOMOGRAFIA SISMICA

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza le variazioni di velocità delle onde sismiche, le quali dipendono dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche dei materiali indagati. Il comportamento della propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione e riflessione.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (energizzazione) e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in linea ad intervalli noti. L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire le variazioni della geometria di ciascun orizzonte rifrattore è necessario eseguire più energizzazioni mantenendo invariata la geometria dei geofoni. Generalmente si usa una disposizione regolare e simmetrica dei geofoni e delle energizzazioni.

Per la presente indagine è stato eseguito un profilo tomografico-sismico (denominato S1), finalizzato alla determinazione dello spessore e delle caratteristiche delle coperture e del substrato; lo stendimento è stato realizzato nell'area interessata dagli interventi (vedi planimetria prove allegata).

La tabella seguente dettaglia le caratteristiche dello stendimento eseguito:

PROSPEZIONE TOMOGRAFICA SISMICA					
STESA	LUNGHEZZA MAX <i>m</i>	INTERDISTANZA GEOFONI <i>m</i>	GEOFONI <i>N.</i>	ENERGIZZAZIONI <i>N.</i>	PROFONDITA' INDAGATA <i>m</i>
<b>S1</b>	32,5	2,5	12	7	≈ 6/7

L'interdistanza geofonica ravvicinata pari a 2,5 m con 12 canali, garantisce unitamente al raggiungimento di una adeguata profondità d'indagine, anche un buon dettaglio risolutivo. L'interpretazione dei dati è stata effettuata con un software che consente di elaborare le registrazioni effettuate con la tecnica tomografica; il programma elabora un modello bidimensionale di velocità del sottosuolo che soddisfa i valori sperimentali acquisiti con le varie energizzazioni lungo lo stendimento, permettendo una ricostruzione graduale delle variazioni.



Il contatto coltre di alterazione-substrato alterato è localizzabile tra l'isotaca 300 e 400 m/s, il passaggio substrato alterato-substrato integro (ben visibile anche dal modello delle traiettorie dei raggi sismici) tra l'isotaca 900 e 1100 m/s. Il gradiente di velocità è, infatti, molto elevato tra le isotache 300 e 400 m/s e tra 900 e 1100 m/s, tali variazioni di velocità evidenziano un rapido passaggio dai depositi disarticolati della coltre al substrato.

Si può pertanto stimare uno spessore della coltre di alterazione variabile tra 0,5 e 1,5 metri circa, e uno spessore della porzione alterata del substrato di circa 2-2,5 metri, lo spessore maggiore è stato rilevato nella parte centrale dello stendimento.

## 8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal confronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento, con i dati delle indagini eseguite è stato possibile ottenere una caratterizzazione dei terreni interessati dagli interventi.

### 8.1.) ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

L'assetto litostratigrafico in tutti e tre i siti può essere sintetizzato come segue:

- a) Orizzonte A<sub>1</sub> (coltre di alterazione del substrato): costituiti da materiali a granulometria medio-fine, molto consistenti; con spessori variabili tra 0,5 e 1,5 metri circa.
- b) Orizzonte B<sub>A</sub> (substrato): costituito in prevalenza da marne sabbiose.

### 8.2.) PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dai risultati delle indagini eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici medi degli orizzonti litostratigrafici descritti in precedenza, con l'esclusione dell'orizzonte superficiale per il quale si indica solo il peso di volume.

#### **ORIZZONTE GEOTECNICO A<sub>1</sub>**

angolo di attrito efficace	$\phi'$	=	24-26° *
coesione drenata	$c'$	=	2-4 kPa *
coesione non drenata	$C_u$	=	25-40 kPa
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	18 kN/m <sup>3</sup>
Densità relativa	$D_r$	=	30-40%

\* condizioni drenate

#### **ORIZZONTE GEOTECNICO B<sub>A</sub>**

angolo di attrito dell'ammasso	$\phi'$	=	27-29°
coesione dell'ammasso	$c'$	=	10-15 kPa
peso di volume naturale	$\gamma'$	=	19 kN/m <sup>3</sup>

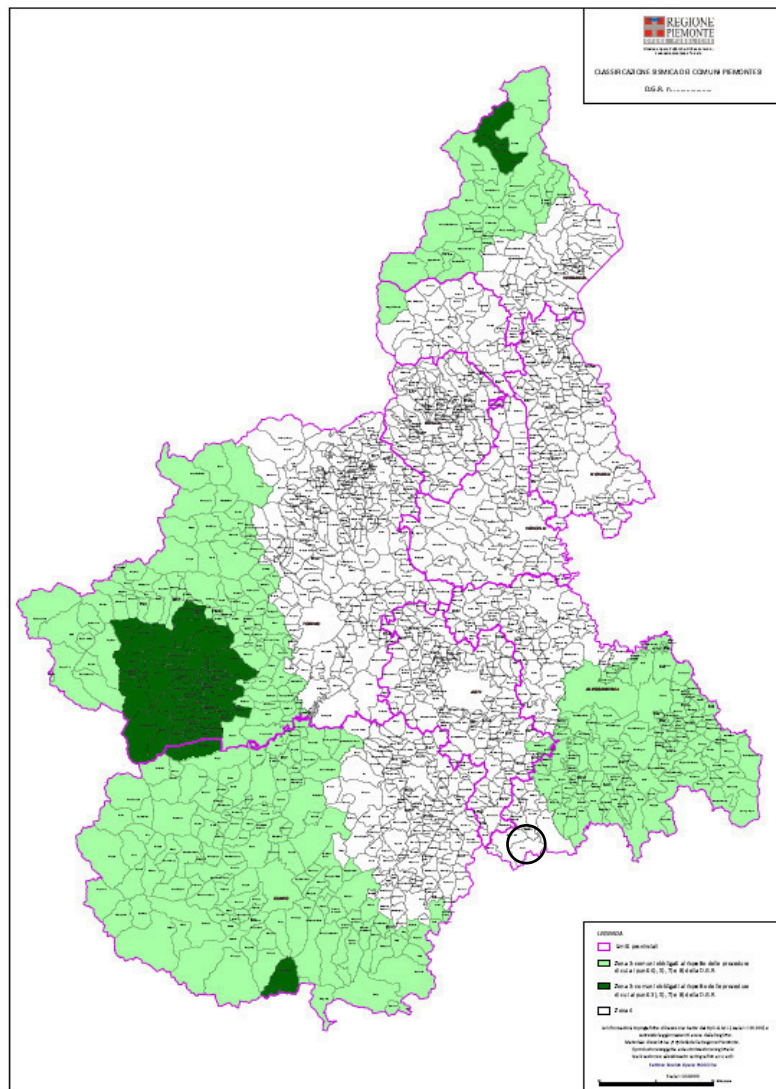
## 9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo ( $a_g$ ) i fattori amplificativi degli spettri ( $F_0$ ) ed i periodi  $T_c^*$  relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza

Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Merana**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 11-13058 del 19 gennaio 2010 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)", in **ZONA 4** (pericolosità bassa).

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.



### **Parametri per la determinazione dell'azione sismica**

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito ( $T_r$ ,  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$ )

### **Determinazione della categoria di suolo di fondazione**

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 metri ( $V_{s30}$ ); in questo caso la velocità delle onde di taglio è stata determinata tramite dati bibliografici. L'indagine ha consentito di individuare due unità litofisiche rappresentate dalla coltre superficiale e dal substrato; il valore medio di  $V_s$  stimato per le due unità è di circa 400-500 m/s per la coltre e di 600-700 m/s per il substrato, tali velocità permettono di collocare il sito di interesse in **Categoria di suolo B**.

estratto da tabella 3.2.II - NTC 08

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s30}</math> compresi tra 360 e 800 m/s.</i>

### **Determinazione delle condizioni topografiche**

estratto da tabella 3.2.IV - NTC 08

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>T2</b>	Pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i > 15^\circ$

### **Determinazione delle caratteristiche dell'opera**

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 08

<b>TIPI DI COSTRUZIONE</b>		<b>Vita Nominale <math>V_N</math> (in anni)</b>
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

### ***Determinazione dei parametri sismici di sito***

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

periodo di riferimento della costruzione  
 $T_r$ : periodo di ritorno evento sismico  
 $a_g$ : accelerazione di riferimento del terreno  
 $F_o$ : fattore di amplificazione spettrale massima  
 $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

## 10.) CONCLUSIONI

L'intervento a progetto interesserà due settori del territorio Comunale di Merana. Le aree 1 e 2 di progetto si posizionano circa 1 km a sud del concentrico abitato di Merana nella parte medio-bassa di un versante collinare rivolto a sud, ad una quota compresa tra 300 e 330 metri s.l.m., alla base del quale scorre il rio Lescheia. L'area 3 di progetto è ubicata invece a circa 2,2 km ad ovest rispetto il concentrico abitato di Merana, ad una quota di circa 380 metri sul livello marino, posizionata alla mediana di un versante collinare esposto a Sud, alle pendici del quale scorre il rio degli Uvi.

Geologicamente la zona è caratterizzata da una successione di ambiente marino, attribuibile alla *Formazione di Rocchetta*, caratterizzata da alternanze marnose e marnoso-arenacee, che presenta immersione in direzione nord-nordovest, rendendo il versante subito al di sopra del tratto interessato dall'opera a "traverpoggio-franapoggio".

Superficialmente è presente una sottile coltre di alterazione che in tutti i siti è risultata di spessore variabile tra pochi decimetri e 1,5 metri circa.

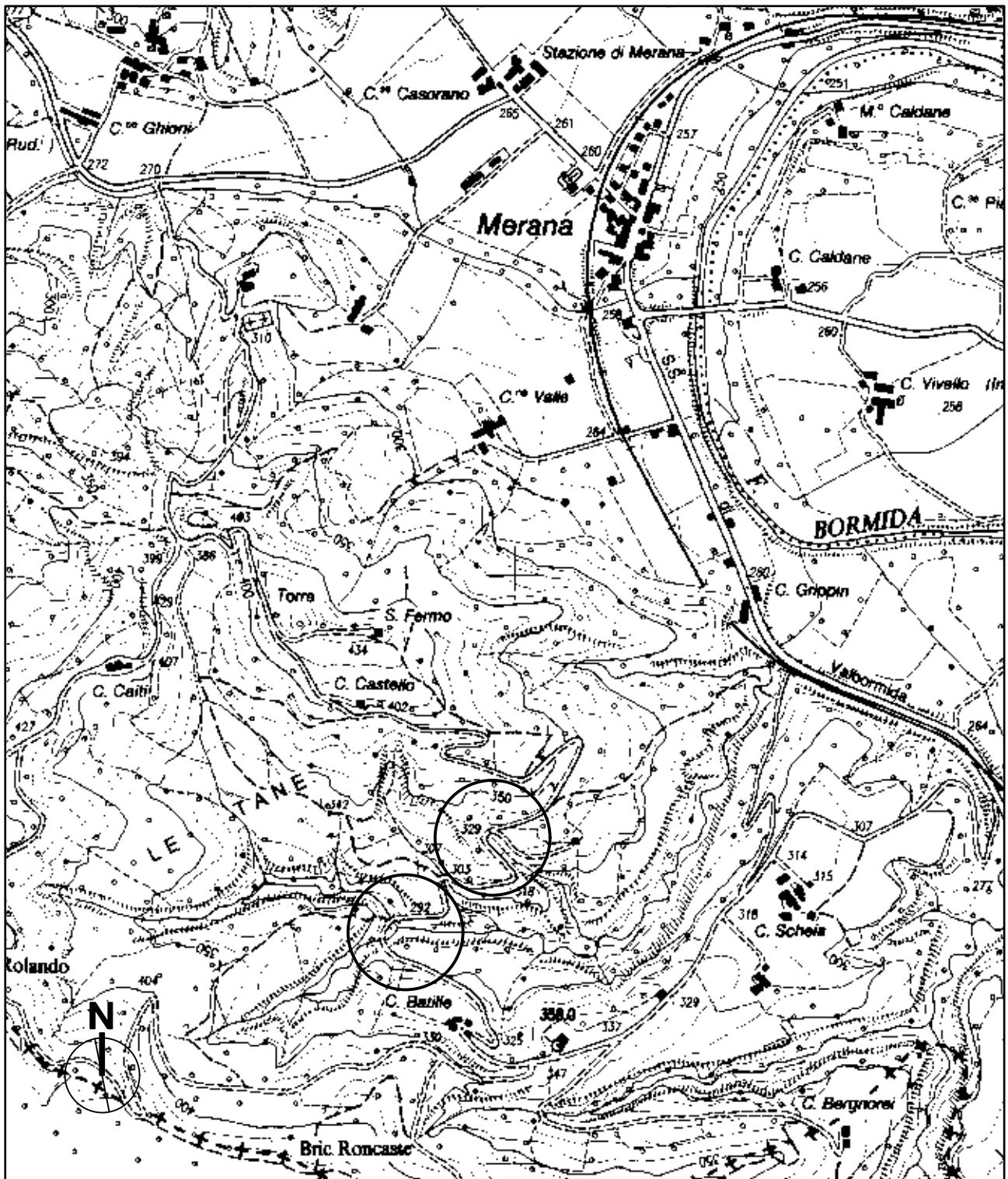
Il substrato terziario è costituito da sedimenti impermeabili; infatti i termini marnosi sono da considerare impermeabili, tuttavia, in questi materiali possono esistere dei piccoli acquiferi localizzati lungo i giunti di stratificazione e in corrispondenza di zone di fratturazione, ma anche al contatto coltre detritica-substrato. Pur non essendo presente una falda vera e propria, a seguito dei periodi di maggiore piovosità, si instaura una circolazione idrica all'interno della coltre di alterazione superficiale con possibile saturazione della stessa.

Considerato quanto esposto si ritengono le opere a progetto adeguate alla situazione geologica e geomorfologica locale

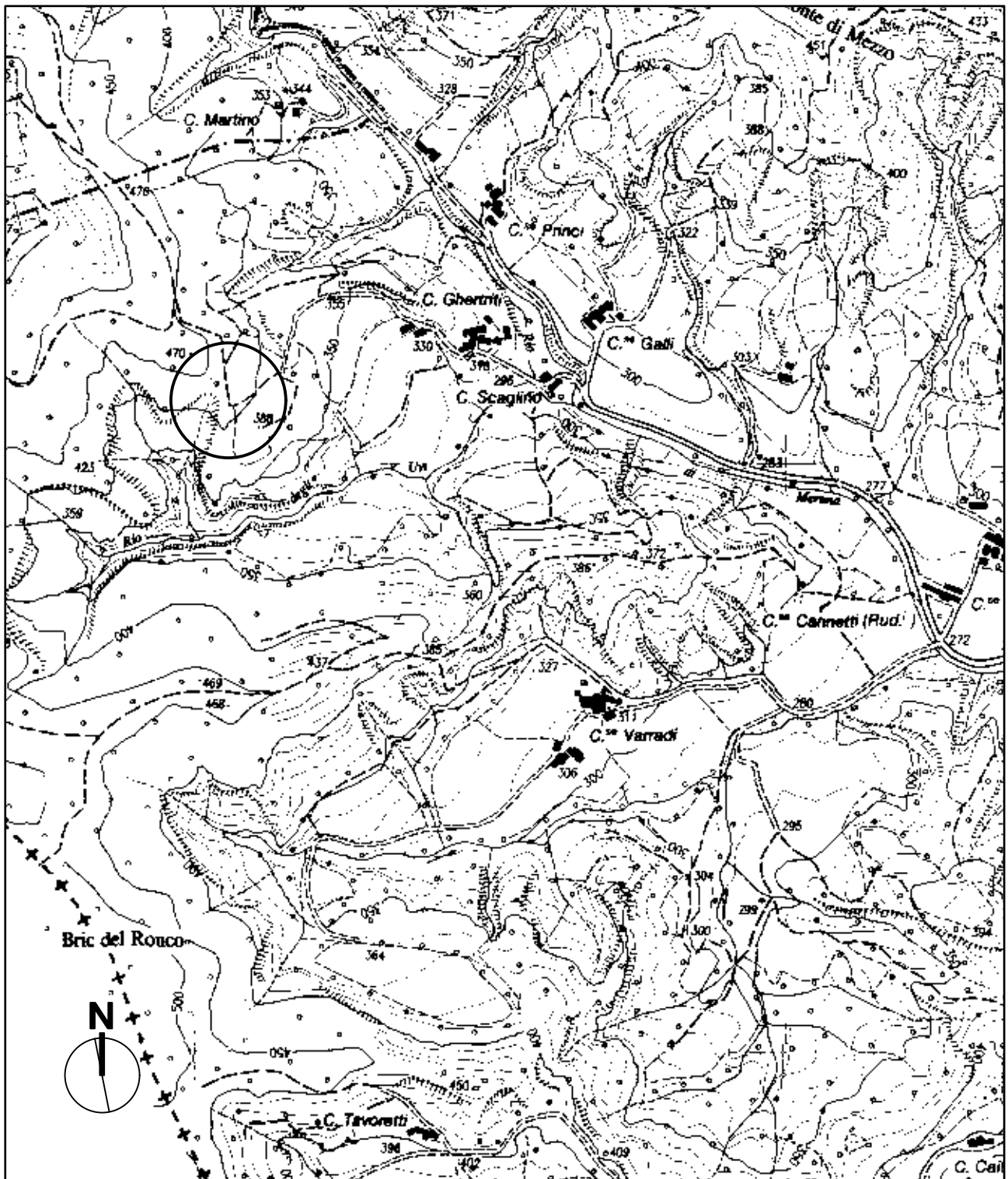
Ovada,



Andrea Basso geologo

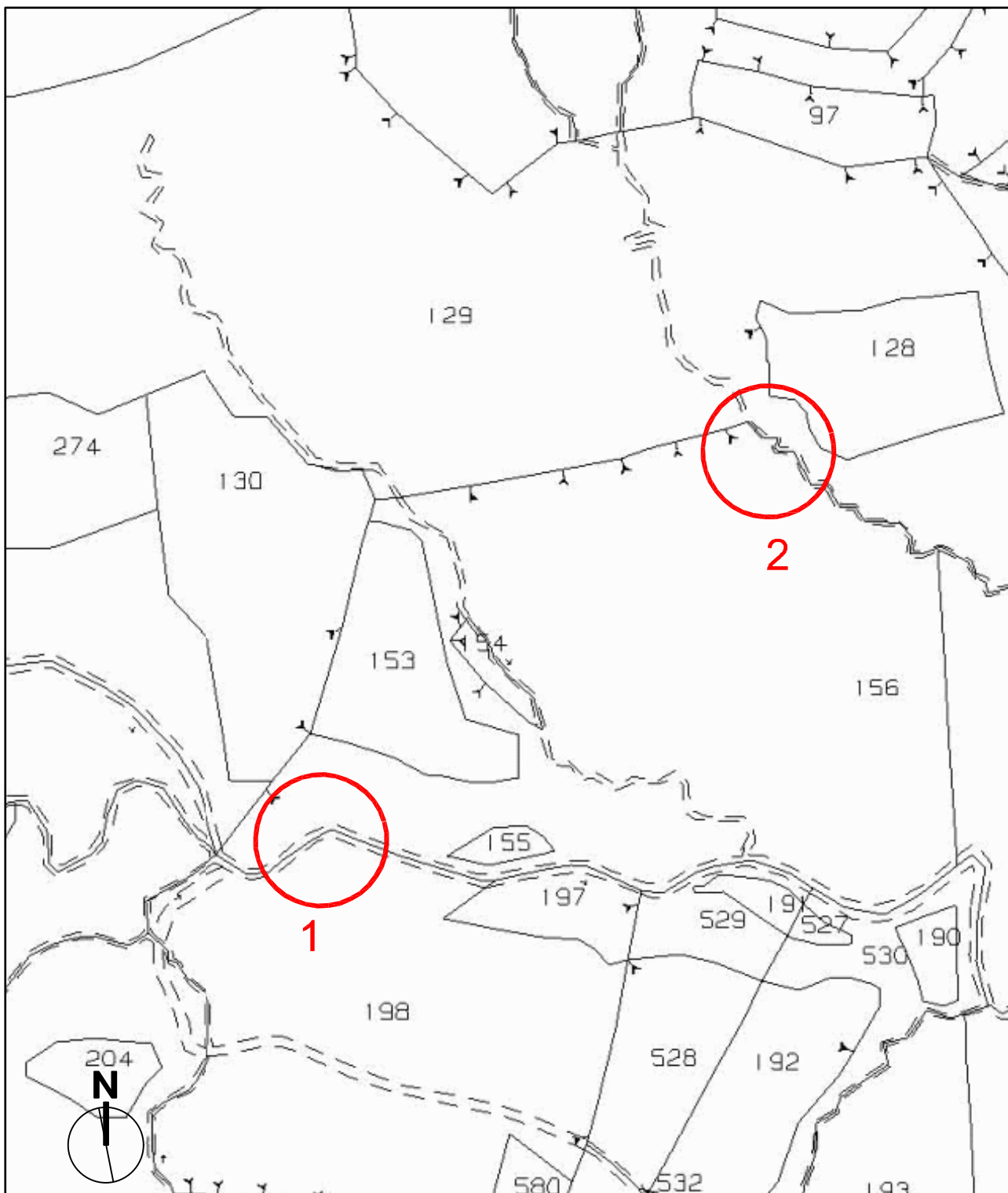


Progetto: INTERVENTI DI MANUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO	tavola: <b>01A</b>
Committente: UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO	vrs: 01
Località/Comune: MERANA (AL)	data:
Elaborato: COROGRAFIA_AREE 1-2_STRALCIO CTR 211080	scala: 1:10.000

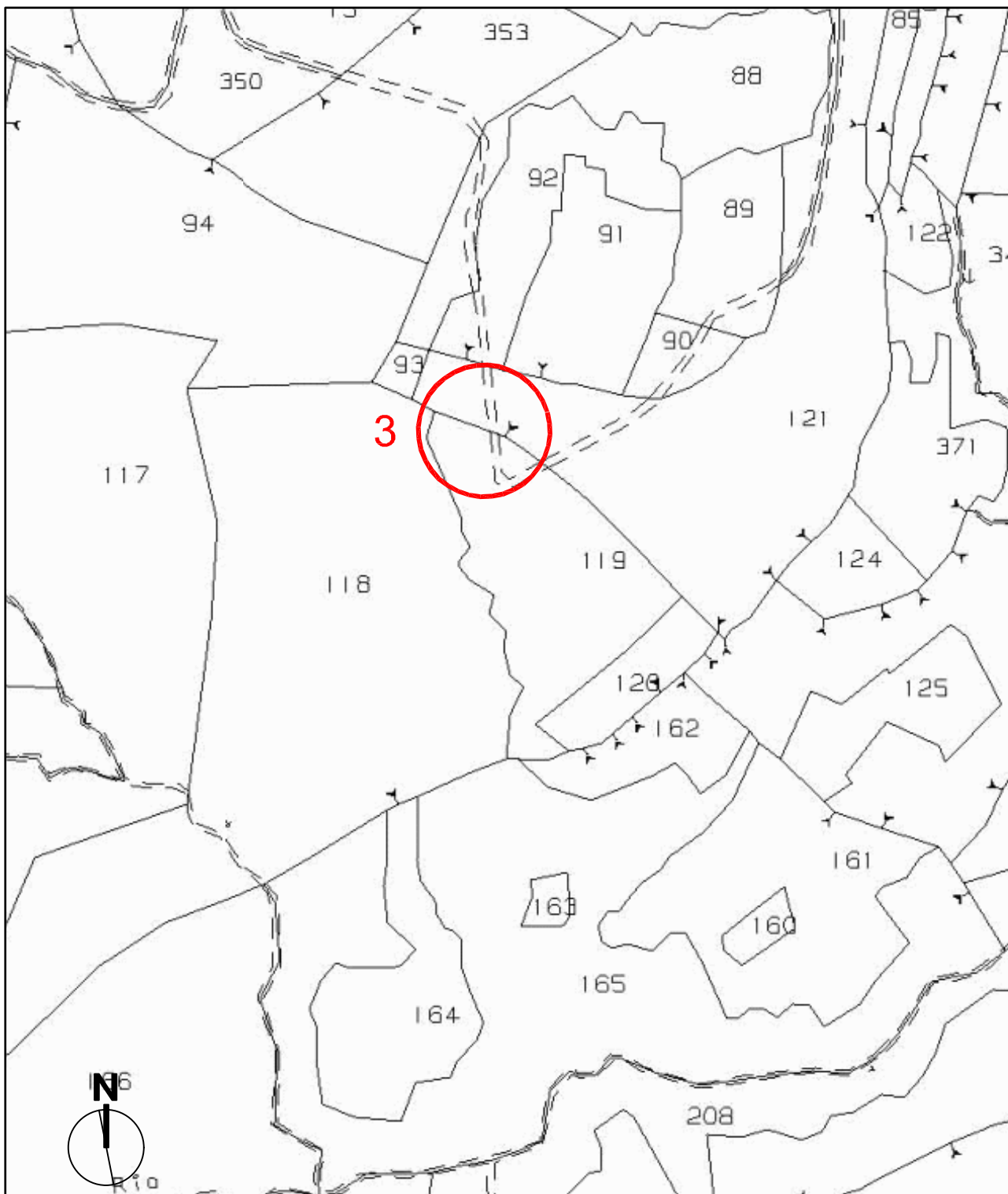


Progetto: INTERVENTI DI MANUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO	tavola: <b>01B</b>
Committente: UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO	vrs: 01
Località/Comune: MERANA (AL)	data:
Elaborato: COROGRAFIA_AREA 3_STRALCIO CTR 211080	scala: 1:10.000





Progetto: <b>INTERVENTI DI MATUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO</b>	tavola: <b>02A</b>
Committente: <b>UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO</b>	vrs: 01
Località/Comune: <b>MERANA (AL)</b>	data:
Elaborato: <b>PLANIMETRIA GENERALE_AREE 1-2</b>	scala: <b>1:2.000</b>



Progetto: <b>INTERVENTI DI MATUTENZIONE DEL TERRITORIO MONTANO</b>	tavola: <b>02B</b>
Committente: <b>UNIONE MONTANA SUOL D'ALERAMO</b>	vrs: 01 data:
Località/Comune: <b>MERANA (AL)</b>	
Elaborato: <b>PLANIMETRIA GENERALE_AREA 3</b>	scala: <b>1:2.000</b>

# SISMICA A RIFRAZIONE

## **1. INTRODUZIONE**

La presente relazione illustra e descrive le indagini geofisiche realizzate a Merana; scopo delle indagini ha riguardato la caratterizzazione litostratigrafica dell'area interessata dalla realizzazione di un'opera di sostegno, più in dettaglio, alla verifica dello spessore della coltre superficiale.

A tal fine è stata utilizzata una metodologia di indagine sismica; il piano di indagini ha previsto il tracciamento di una sezione trasversale al pendio (vedi planimetria indagini)

Tale approccio ha consentito di ottenere una caratterizzazione adeguata del versante in esame in termini di:

⇒ Litostratigrafia (con particolare attenzione allo spessore della detritica eluvio colluviale);

⇒ Analisi dei materiali che costituiscono la coltre superficiale e il substrato:

In quanto segue si riportano e si commentano i risultati ottenuti.

## **2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA**

### *2.1. TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE*

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con sismografo Sara electronics a 12 canali e geofoni con frequenza centrata di 14 Hz. La generazione del segnale sismico è stata realizzata con mazza da 8 Kg in sette punti di energizzazione omogeneamente distribuiti lungo le linee.

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si è proceduto al riconoscimento e raccolta dei dati dei primi arrivi. Successivamente le onde di primo arrivo sono state elaborate con il metodo GRM (General Reciprocal Method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo. Il metodo dell'inversione tomografica consente di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

### 3. UBICAZIONE INDAGINI

L'ubicazione dell'area di indagine è riportata nella Figura 1.



Figura 1

Nel complesso è stata realizzata:

- ⇒ N. 1 sezione tomografica di velocità delle onde P (S1), di lunghezza pari a 32,50 m (12 geofoni spazati di 2,5 m più energizzazioni esterne)

#### 4. RISULTATI OTTENUTI

Il modello di inversione tomografica della sezione sismica a rifrazione evidenzia bene il contatto tra la coltre superficiale, il substrato marnoso.

##### *SEZIONE SISM1*

Il contatto coltre di alterazione-substrato alterato è localizzabile tra l'isotaca 300 e 400 m/s, il passaggio substrato alterato-substrato integro (ben visibile anche dal modello delle traiettorie dei raggi sismici) tra l'isotaca 900 e 1100 m/s. Il gradiente di velocità è, infatti, molto elevato tra le isotache 300 e 400 m/s e tra 900 e 1100 m/s, tali variazioni di velocità evidenziano un rapido passaggio dai depositi disarticolati della coltre al substrato.

Si può pertanto stimare uno spessore della coltre di alterazione variabile tra 0,5 e 1,5 metri circa, e uno spessore della porzione alterata del substrato di circa 2-2,5 metri, lo spessore maggiore è stato rilevato nella parte centrale dello stendimento.

# APPENDICE

## Cenni sulla metodologia Sismica a Rifrazione

### **CENNI TEORICI SULLE INDAGINI GEOSISMICHE A RIFRAZIONE**

Il rilievo sismico a rifrazione di onde P è un metodo di indagine basato sulla misura dei tempi di percorso che le onde elastiche, generate nel terreno in un punto-sorgente, impiegano per raggiungere dei ricevitori (geofoni) disposti sulla superficie del terreno ed allineati con il punto di energizzazione. La distanza tra i geofoni e quella del punto di energizzazione sono scelte in base allo spessore ed ai tipi di materiale che si vogliono indagare.

Le onde elastiche che si propagano in profondità e vengono in parte deviate (rifratte) lungo l'interfaccia che separa due mezzi a differente impedenza acustica ( $v_1$ ,  $v_2$ ) ed in parte proseguono verso il basso finché l'energia viene completamente assorbita dal mezzo in cui si propaga.

L'effetto di queste onde è la formazione di vibrazioni che vengono captate da sensori posti sulla superficie, generalmente elettromagnetici, in grado di trasformare la sollecitazione meccanica, che subisce la massa mobile del magnete, in un segnale elettrico che, debitamente amplificato, viene riprodotto su monitor e memorizzato su supporto informatico.

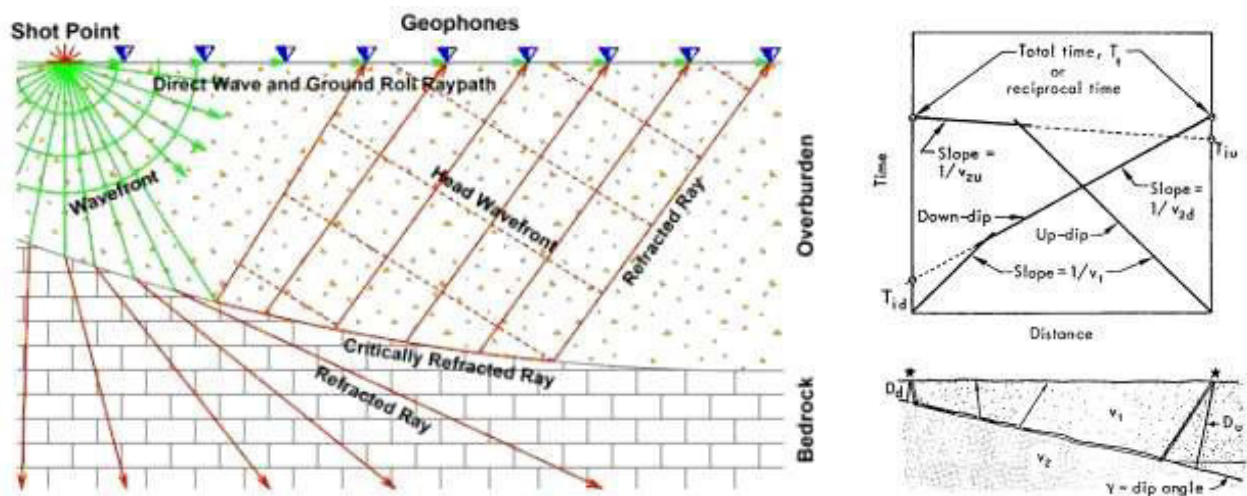


Figura 2 - Modello di propagazione dei fronti d'onda nei raggi rifratti.

Con i tempi di percorso rilevati mediante i geofoni e le distanze degli stessi dai punti di energizzazione si tracciano dei diagrammi tempi-distanze (dromocrone) che permettono di calcolare sia la velocità di propagazione delle onde di compressione P, sia la profondità e lo spessore dei terreni che sono stati attraversati dalle onde sismiche.

L'interpretazione delle dromocrone consente di ricavare delle sezioni sismiche che schematizzano la distribuzione della velocità in funzione della profondità.

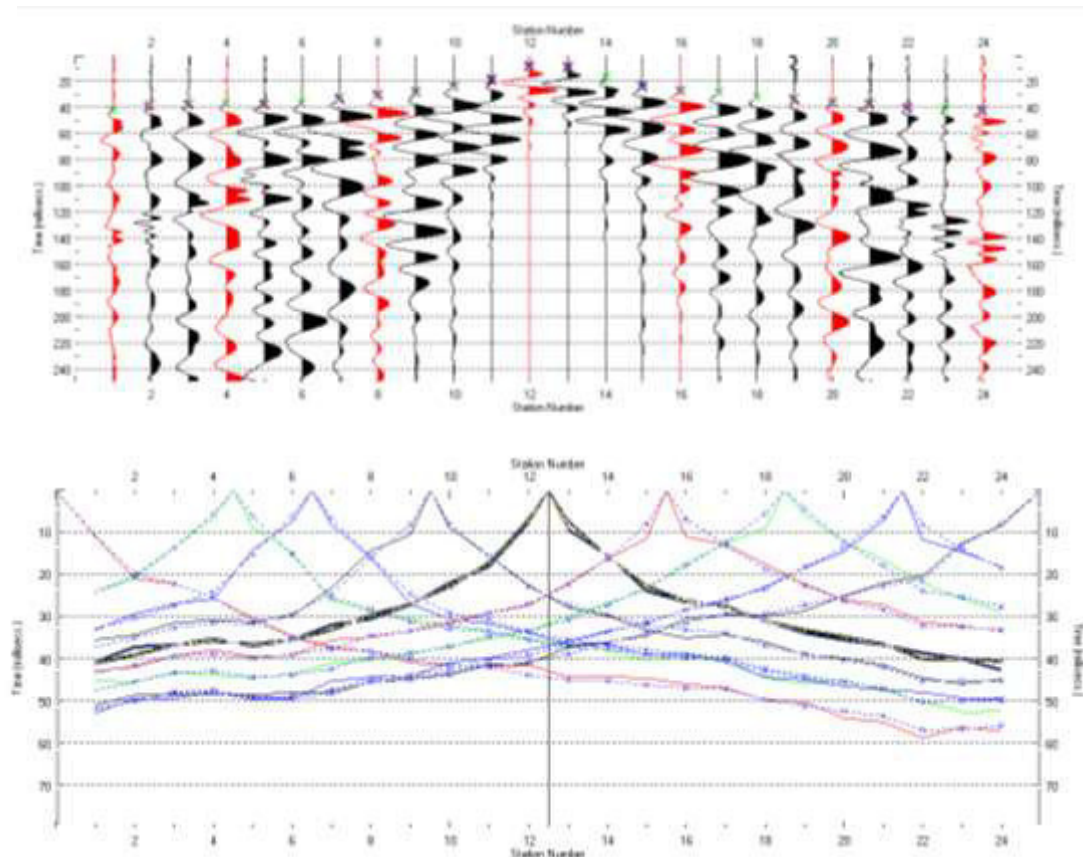


Figura 3 - Sismogramma e dromocrone

Dall'analisi delle dromocrone è possibile definire il numero dei sismostrati presenti nel sottosuolo (ovviamente per la finestra temporale adottata che è funzione della lunghezza dello stendimento e della quantità di energia utilizzata). E' importante sottolineare che la sismica a rifrazione funziona solo per velocità crescenti. L'interpretazione per la risoluzione geometrica dei sismostrati (profondità e velocità) si avvale di diverse metodologie di calcolo dalle più semplici procedure dirette (Hagedoorn, 1959; Barry, 1967), seguendo le leggi generali dell'ottica, a quelle più complesse sia 1D che 2D che elaborano i dati mediante la tecnica del GRM (Palmer, 1980), del Ray-tracing o della tomografia (Hampson & Russell, 1984; Olsen, 1989). La finalità della tomografia è la dettagliata esplorazione del modello di distribuzione della velocità in un mezzo. Essa si basa sui primi arrivi ottenuti per set plurimi di coppie sorgente-ricevitore: la sola limitazione è quella che i raggi sismici formino una rete completa e cioè, idealmente, ciascun punto del mezzo investigato dovrebbe essere attraversato dai raggi in tutte le direzioni.



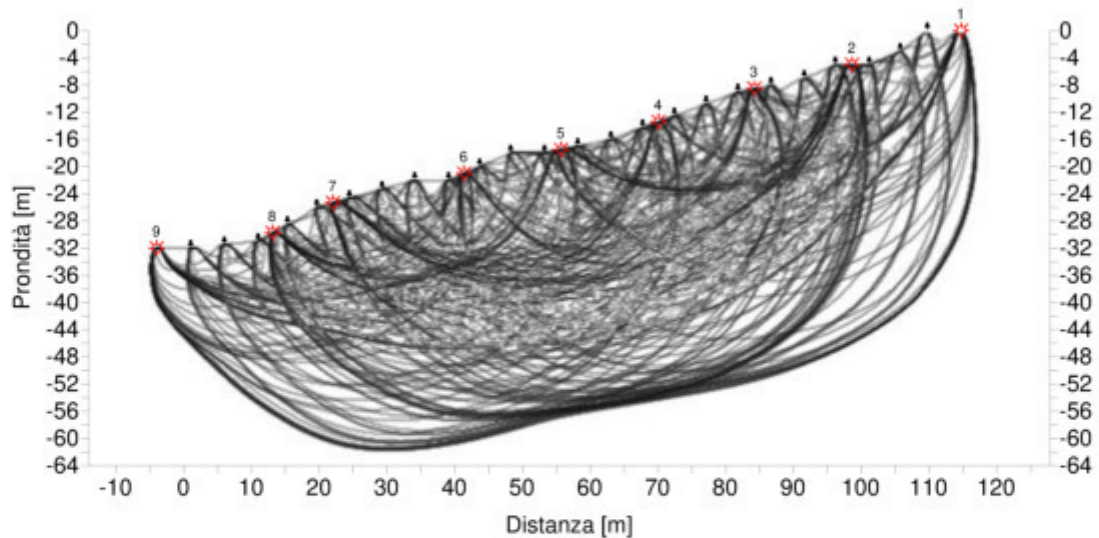


Figura 4 - Copertura raggi sismici

L'analisi dei raggi sismici con un programma di inversione tomografica discretizza il modello fisico e restituisce un modello di distribuzione delle velocità delle onde di compressione P (isotache espresse in m/s) coerente con il modello geologico del sottosuolo.

Per l'elaborazione dei dati sismici a rifrazione si utilizza un idoneo software. I dati dei primi arrivi (onde di compressione) sono stati elaborati con il metodo GRM (general reciprocal method) accoppiato ad una inversione tomografica su una griglia di nodi equispaziati per una modellazione della distribuzione delle velocità delle onde di compressione nel sottosuolo. Tale metodo (inversione tomografica) consente di individuare anche eventuali inversioni di velocità (che costituiscono il limite della prospezione sismica a rifrazione).

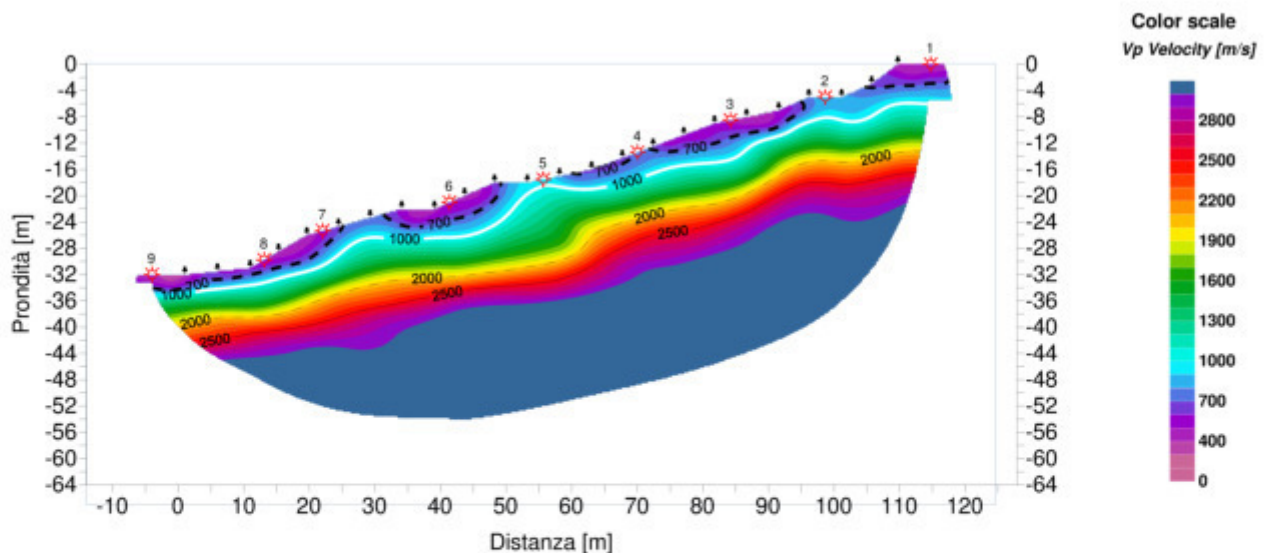
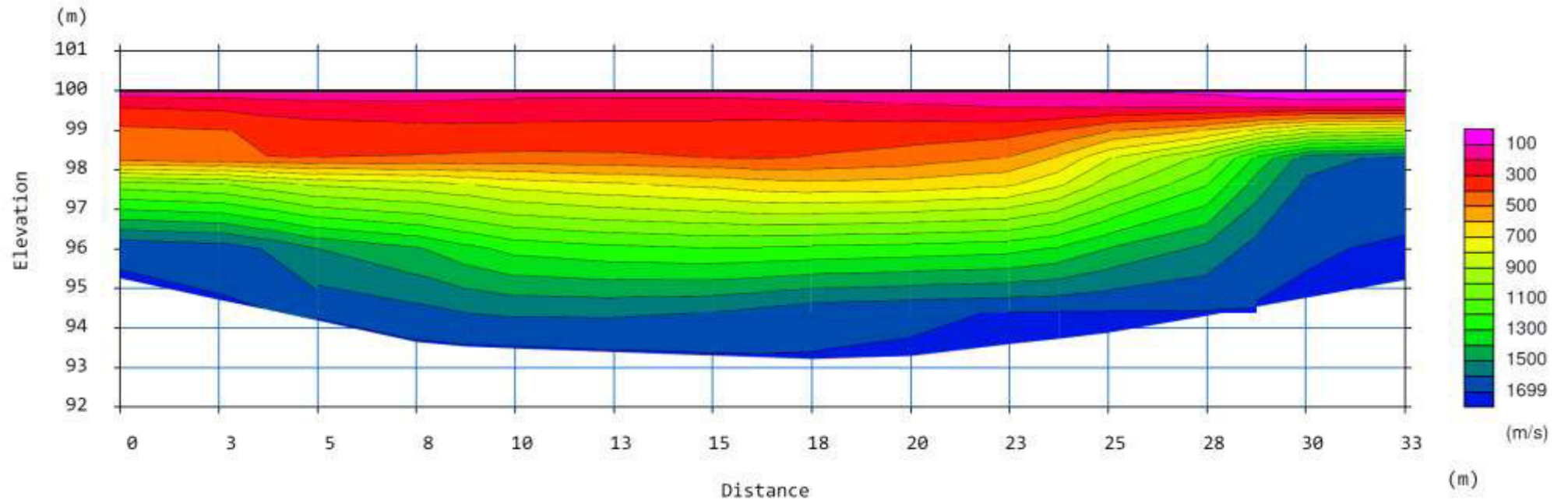


Figura 5 - Modello tomografico della distribuzione delle onde di compressione  $V_p$  in m/s

# Tomografia S1



## Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,508748  
longitudine: 8,295714  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16242	Lat: 44,5187	Lon: 8,2311	Distanza: 5238,596
Sito 2	ID: 16243	Lat: 44,5217	Lon: 8,3011	Distanza: 1506,578
Sito 3	ID: 16465	Lat: 44,4718	Lon: 8,3054	Distanza: 4176,187
Sito 4	ID: 16464	Lat: 44,4688	Lon: 8,2355	Distanza: 6526,246

## Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B  
Categoria topografica: T2  
Periodo di riferimento: 50anni  
Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,019 g  
Fo: 2,588  
Tc\*: 0,160 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,024 g  
Fo: 2,564  
Tc\*: 0,187 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,050 g  
Fo: 2,646  
Tc\*: 0,301 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,060 g  
Fo: 2,764  
Tc\*: 0,322 [s]

## Coefficienti Sismici

### SLO:

Ss: 1,200  
Cc: 1,590  
St: 1,200  
Kh: 0,005  
Kv: 0,003  
Amax: 0,262  
Beta: 0,200

### SLD:

Ss: 1,200  
Cc: 1,540  
St: 1,200  
Kh: 0,007  
Kv: 0,003  
Amax: 0,334  
Beta: 0,200

### SLV:

Ss: 1,200  
Cc: 1,400  
St: 1,200  
Kh: 0,015  
Kv: 0,007  
Amax: 0,713  
Beta: 0,200

### SLC:

Ss: 1,200  
Cc: 1,380  
St: 1,200  
Kh: 0,017  
Kv: 0,009  
Amax: 0,854  
Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 44.507782

longitudine: 8.294652