

Regione Lombardia  
Provincia di Brescia  
Comune di Cimbergo

## PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (P.G.T.)

Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio

In attuazione dell'art 57 della L.R. n°12 dell'11/03/2005

e D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/2011



COMMITTENTE:  
COMUNE DI CIMBERGO

DATA: Gennaio 2014

*Dott. Geologo  
Fausto Franzoni*

Via Milano n°50/A

25042 BORNO (BS)

C.F: FRN FST 70P08B 054L

P.IVA: 02 078 230 980

Tel e Fax: 0364 310613

Cell: 328 83 27 827

e-mail: [fausto.franzoni@gmail.com](mailto:fausto.franzoni@gmail.com)

PEC: [fausto.franzoni@epap.sicurezzapostale.it](mailto:fausto.franzoni@epap.sicurezzapostale.it)

Geol. Fausto Franzoni



*Dott. Geologo  
Davide Lombardi*

Via Dera n° 14

25053 MALEGNO (BS)

C.F: LMB DVD 76D 13B 149S

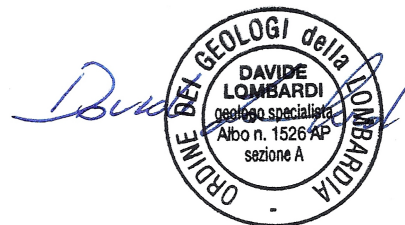
P.IVA: 02 853 780 985

cell. 328 59 34 390

e-mail: [davidelombardi@libero.it](mailto:davidelombardi@libero.it)

PEC: [geol.davidelombardi@epap.sicurezzapostale.it](mailto:geol.davidelombardi@epap.sicurezzapostale.it)

Geol. Davide Lombardi



# INDICE

<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>1.0 RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA</b> .....	<b>4</b>
<b>2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO</b> .....	<b>4</b>
<b>3.0 CARTOGRAFIA TEMATICA</b> .....	<b>6</b>
<b>4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE</b> .....	<b>6</b>
<b>5.0 GEOMORFOLOGIA</b> .....	<b>14</b>
5.1 <i>Forme e depositi dovuti allo scorrimento delle acque superficiali.</i> .....	15
5.2 <i>Forme e depositi di versante dovuti alla gravità</i> .....	17
5.3 <i>Forme e depositi nivali e glaciali</i> .....	19
5.4 <i>Forme antropiche</i> .....	19
<b>6.0 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>21</b>
6.1 <i>Pericolosità connessa all'azione delle acque superficiali</i> .....	22
<b>7.0 CARTA DI SINTESI</b> .....	<b>23</b>
<b>8.0 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO</b> .....	<b>25</b>
<b>9.0 CARTA DEI VINCOLI</b> .....	<b>30</b>
<b>10.0 ELEMENTI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO</b> .....	<b>34</b>
<b>11.0 INDAGINE SISMICA</b> .....	<b>37</b>
11.1 <i>Metodologia d'indagine</i> .....	37
11.2 <i>Strumentazione</i> .....	39
11.3 <i>Elaborazione</i> .....	42
11.4 <i>Risultati</i> .....	43
<b>12.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA</b> .....	<b>45</b>
12.1 <i>Premessa</i> .....	45
12.2 <i>Azione sismica</i> .....	47
12.3 <i>Valutazione della pericolosità sismica</i> .....	48
12.4 <i>Categorie di sottosuolo</i> .....	48
12.5 <i>Risposta Sismica Locale</i> .....	50
12.6 <i>Analisi sismica del territorio comunale</i> .....	51
12.7 <i>Condizioni topografiche</i> .....	59
11.8 <i>Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali</i> .....	60
12.9 <i>Norme tecniche</i> .....	61
12.10 <i>Norme sismiche di attuazione</i> .....	61
<b>13.0 CONCLUSIONI</b> .....	<b>68</b>

## **PREMESSA**

In data 11 Marzo 2005 è entrata in vigore la Legge Regionale n. 12 (Legge per il governo del territorio), che abroga le D.G.R. n. 5/63147 del 18 Maggio 1993, n. 36/37918 del 6 Agosto 1998 e n. 7/6645 del 29 Ottobre 2001, fino ad allora indizi tecnici per gli studi geologici a supporto degli strumenti urbanistici generali dei comuni secondo quanto stabilito dalla L.R. 24 novembre 1997, n. 41.

Tale normativa regionale, unitamente all'entrata a regime dei piani di bacino previsti dalla legge 183/89, che hanno contribuito a valorizzare il ruolo della pianificazione locale come strumento di base di ogni pianificazione sovraordinata, e alle recenti modifiche costituzionali (modifica del Titolo V/1, impongono un approccio di più alto profilo, con una maggiore assunzione di responsabilità in tutte le fasi del processo pianificatorio.

L'effettivo "governo del territorio" si esplica soltanto grazie ad una integrazione armonica dei diversi livelli di pianificazione, anche mediante l'approfondimento specifico delle singole tematiche territoriali in funzione della sostenibilità ambientale delle scelte da effettuare.

Il Comune di Cimbergo è dotato di Studio Geologico rispondente ai dettami della Legge Regionale 24 Novembre 1997 n° 41 e della D.G.R. n° 7/6645 del 29 Ottobre 2001.

Con deliberazione della Giunta Comunale n° 103 del 30/12/2013, l'Amministrazione di Cimbergo ha disposto la stesura della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, affidandola agli scriventi dr. geologo Fausto Franzoni, con Studio di Geologia Tecnica a Borno in Provincia di Brescia, ed al dr. geologo Davide Lombardi, con Studio di Geologia Tecnica a Malegno in Provincia di Brescia, per aggiornare ed adeguare lo studio di cui al punto precedente ai sensi della recente Deliberazione della Giunta Regionale 30/11/2011 n° 9/2616 "Aggiornamento dei Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11 Marzo 2005, n° 12' approvati con D.G.R. 22 Dicembre 2005, n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28 Maggio 2008, n° 8/7374.

L'obiettivo del lavoro è quello di fornire agli uffici Tecnici una visione d'insieme delle caratteristiche geologiche del territorio in modo da offrire un valido contributo in termini conoscitivi e gestionali nei campi della pianificazione territoriale e dei pubblici lavori, e più in generale negli interventi sul territorio.

Lo studio delle caratteristiche geologiche del territorio ha sostanzialmente due obiettivi. Il primo è la prevenzione del rischio idrogeologico attraverso una pianificazione territoriale compatibile con l'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico e con le condizioni di sismicità del territorio. A tale scopo vengono definite le aree che possono essere interessate da situazioni di pericolo (frane, dissesti, allagamenti, amplificazioni dei danni di un terremoto, ecc.). Il secondo obiettivo è l'individuazione delle risorse presenti che si ritiene debbano essere tutelate, come la falda acquifera, gli elementi morfologico-paesistici che caratterizzano il paesaggio, ecc.

A tal fine, lo studio intende classificare il territorio in funzione delle sue caratteristiche fisiche oggettive, trattate in modo tale da ottenere una suddivisione in ambiti geologici a cui associare successivamente gli indirizzi generali sulla loro suscettività d'uso.

Lo studio ha avuto come oggetto l'intero territorio comunale, esaminato attraverso una rilettura di documenti vari, editi e non (documenti personali dei professionisti incaricati, e tramite sopralluoghi di controllo sul terreno.

Il lavoro di adeguamento e di integrazione dello studio geologico è stato condotto seguendo le indicazioni fornite dalla Regione Lombardia, in accordo con i criteri di cui sopra, ed è consistito essenzialmente in:

- ✓ Redazione/Aggiornamento della Carta di Sintesi in scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale;
- ✓ Redazione della Carta dei Vincoli in scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale utilizzando il Reticolo Idrico e la Carta del Dissesto con legenda uniformata PAI;
- ✓ Redazione/Aggiornamento della Carta di Fattibilità per tutto il territorio comunale alla scala 1:10.000;
- ✓ Redazione/Aggiornamento della Carta del Dissesto per tutto il territorio comunale alla 1:10.000;

- ✓ Redazione dello Studio Geologico per la realizzazione della Carta di Pericolosità Sismica Locale alla scala 1:10.000 per tutto il territorio comunale;
- ✓ Aggiornamento Relazione Geologica
- ✓ Aggiornamento Norme Geologiche di Piano

Per valutare se all'interno del territorio comunale sono presenti situazioni litologiche e geomorfologiche in grado di produrre effetti di amplificazione sismica locale è stata applicata la metodologia contenuta nell'Allegato 5 della D.G.R. 28 Maggio 2008 n. VIII/7374.

È stata quindi predisposta la Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) (Tav. 4). La fase di sintesi/valutazione ha condotto alla predisposizione della Carta dei Vincoli (Tav. 7) che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico e della Carta di Sintesi (Tav. 5) che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

La sovrapposizione critica di queste due cartografie ha portato alla redazione della Carta della Fattibilità Geologica per le Azioni di Piano (Tav. 6) che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti.

Il presente lavoro si compone delle tavole grafiche e degli elaborati che seguono:

Tav. 1 – Carta dell'Idrografia Superficiale con Fascia di Rispetto in scala 1:10.000 su CTR (R.I.M.);

Tav. 2 – Carta dei Bacini Imbriferi in scala 1:10.000 su CTR (R.I.M.);

Tav. 3 – Carta del Reticolo Idrico Principale e Minore in scala 1:10.000 su CTR (R.I.M.);

Tav. 4 – Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 5 – Carta di Sintesi in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 6 – Carta della Fattibilità Geologica in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 7 – Carta dei Vincoli Geologici in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 8 – Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici con Legenda PAI (delimitazione delle aree di Dissesto) in scala 1:10.000 su CTR

A Relazione Geologica Generale (presente documento);

B Norme Geologiche di Piano (presente documento).

## **1.0 RICERCA STORICA E SINTESI BIBLIOGRAFICA**

Per il presente lavoro è stata svolta una ricerca storica e bibliografica finalizzata ad acquisire una conoscenza il più approfondita possibile del territorio in esame, andando ad esaminare l'evoluzione del territorio ed i fenomeni di dissesto avvenuti in passato. In particolare sono stati consultati: gli studi disponibili in bibliografia, il Sistema Informativo Territoriale regionale, gli studi di tipo geologico presenti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, le cartografie disponibili al momento della stesura della presente relazione, le pubblicazioni effettuate dai vari Enti Territoriali.

Per la stesura del presente studio, si è fatto inoltre riferimento alle Carte Inventario delle frane e dei dissesti idrogeologici della Regione Lombardia in scala 1:10.000, redatte durante lo svolgimento del Progetto Strategico 5.3 "Strumenti di gestione integrata del territorio e dell'ambiente – Attività di Progetto n° 5.3.1. "Definizione delle zone a rischio idrogeologico alla scala del sottobacino idrografico".

In generale il territorio comunale non presenta fenomeni di dissesto rilevanti, tali da mettere a repentaglio la sicurezza dei centri urbanizzati; comunque nelle carte tematiche sono stati evidenziati alcuni dissesti recenti, degni di nota, non cartografati nelle carte inventario.

## **2.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E TOPOGRAFICO**

Il territorio comunale di Cimbergo presenta una superficie pari a 26,33 kmq, per uno sviluppo lineare dei confini comunali pari a circa 31 km.

Ha una popolazione di 558 abitanti (01-01-2013 ISTAT), ed una densità di 22,58 ab./kmq.

È situato sul versante orografico sinistro della media Valle Camonica, in Provincia di Brescia.

Il territorio è altimetricamente compreso tra quota 450 m s.l.m. del fondovalle, ed i 2.897,2 m s.l.m. delle Cime di Val Ghilarda (Monte Frisozzo), per un dislivello complessivo di circa 2.450 m. Il limite settentrionale del territorio comunale coincide con il Comuni di Paspardo, Cedegolo e Cevo; ad

E confina con i Comuni di Ceto e Cevo; a S con il Comune di Ceto; ad W con i Comuni di Capo di Ponte e Ceto.

La base cartografica utilizzata per la stesura del presente studio è costituita dalle seguenti Carte Tecniche Regionali in scala 1:10.000 del Foglio n° 19 Tirano:

D3d4 Savioire dell'Adamello

D3d5 Capo di Ponte

D3E4 Valle Adamè

D3E5 Monte Re di Castello

### **3.0 CARTOGRAFIA TEMATICA**

Dall'analisi dello studio geologico a supporto del P.R.G.C., sono stati esaminati singolarmente gli aspetti relativi alle caratteristiche litologiche del territorio, rappresentati nella Carta Geologica, gli aspetti riguardanti la morfologia, rappresentati nella Carta Geomorfologica, le caratteristiche del sistema idrografico superficiale e profondo, nella Carta Idrogeologica, le implicazioni dinamiche del quadro morfologico, rappresentate nella Carta della Dinamica Geomorfologica, e le indicazioni emergenti riguardo le possibili interazioni indicate in quest'ultima, nella Carta di Sintesi e di Fattibilità.

Nel presente studio sono allegate le seguenti Carte Tematiche:

Tav. 4 – Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 5 – Carta di Sintesi in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 6 – Carta della Fattibilità Geologica in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 7 – Carta dei Vincoli Geologici in scala 1:10.000 su CTR;

Tav. 8 – Carta dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici con Legenda PAI (delimitazione delle aree di Dissesto) in scala 1:10.000 su CTR

### **4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE**

L'area in esame si colloca nella parte mediana della Valle Camonica, la quale è situata in corrispondenza del settore centro orientale delle Alpi meridionali, dove si estende, in direzione NNE – SSW, dalla linea del Tonale fino alla parte alta della pianura Padana. Lungo quest'area affiorano sia il basamento scistoso cristallino sudalpino, sia i termini della relativa copertura sedimentaria, nonché le intrusioni terziarie del plutone dell'Adamello. A partire dalla linea del Tonale le formazioni rappresentano termini più recenti via via che si procede verso sud, dove il substrato lapideo viene ricoperto dai depositi della pianura.

L'assetto strutturale generale è il risultato di eventi deformativi correlati all'orogenesi alpina il cui sviluppo è stato a volte orientato dalla presenza di lineamenti precedenti. Il quadro complessivo



ravvisa un insieme di strutture tettoniche nord vergenti, legate principalmente a sforzi compressivi che determinano continue sovrapposizioni della serie in senso nord – sud.

Per quanto riguarda il territorio in studio, nella parte settentrionale affiora il basamento cristallino (Scisti di Edolo), che costituisce il fianco meridionale di un'anticlinale avente piano assiale con direzione ONO – ESE; i micascisti presentano una giacitura immergente approssimativamente verso sud con forte inclinazione. Appena a sud e ad est affiorano le rocce permiane della copertura sedimentaria, rappresentate dalle arenarie del Verrucano Lombardo, le quali giacciono in discordanza sugli scisti del basamento. Il contatto appare tettonizzato, con pieghe isoclinali strizzate a piano assiale subverticale orientato in direzione est – ovest, che interessano gli scisti.

Le unità della copertura sedimentaria costituiscono il fianco nord di una grossa piega sinclinale, molto strizzata e coricata, il cui asse è disposto trasversalmente alla Valle Camonica e decorre da Losine a Braone con direzione OSO – ENE. Il piano assiale della piega è subverticale ed immerge verso NNO; il fianco settentrionale risulta così ribaltato. Infine, al contatto con il plutone dell'Adamello, i cui termini granodioritici e tonalitici affiorano diffusamente nella parte orientale e meridionale del territorio in esame, le formazioni calcaree e calcareo marnose della copertura sedimentaria, appaiono metamorfosate per contatto.

Gli elementi strutturali presenti hanno altresì esercitato un forte controllo anche sullo sviluppo del reticolo idrografico, che mostra un andamento con tratti disposti parallelamente alla direzione delle principali famiglie di discontinuità.

Vengono di seguito descritte le Formazioni affioranti, definendole in base ai loro caratteri litologici e stratigrafici mantenendo i termini formazionali istituiti dalla cartografia del Servizio Geologico Nazionale; invece le unità relative ai depositi superficiali sono state distinte fra loro in funzione della genesi dei depositi stessi. Le Formazioni affioranti comprendono unità che vanno dal Terziario al Pre-Permiano.

## **MASSE INTRUSIVE DELL'ADAMELLO**

### Granodiorite [Terziario]

E' una roccia magmatica intrusiva di aspetto molto simile a quello dei graniti, di colore da grigio chiaro a grigio scuro, a struttura massiccia con grana media o fine e con frequenti fenomeni di orientazione da flusso, la tessitura è granulare ipidiomorfa.

I componenti mineralogici essenziali sono: quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, biotite ed orneblenda. I componenti accessori sono: magnetite, apatite, titanite e zirconio.

Affiora in modo continuo ad est e a sud-est del territorio, a quote superiori a 1500 m slm, dove dà luogo a gran parte dei massicci presenti, che si presentano, come tutti i rilievi formati da rocce magmatiche, con pareti anche subverticali, creste e vette aguzze.

### Tonalite [Terziario]

E' una roccia magmatica intrusiva, di colore grigio medio con frequenti inclusioni scure, a struttura massiccia, talora con passaggi a fluidale, la tessitura è granulare ipidiomirfa con locali passaggi a porfirica.

I componenti mineralogici essenziali sono: plagioclasio, quarzo, orneblenda e biotite. I componenti accessori sono: ortoclasio, magnetite, apatite e zirconio.

Affiora nella parte più ad oriente del territorio in esame (cime di Val Ghilarda).

### Gabbrodiorite [Terziario]

E' una roccia magmatica intrusiva, di colore da grigio scuro a nerastra, a struttura massiccia con frequenti passaggi a fluidale, la tessitura è granulare ipidiomirfa con locali passaggi a porfirica.

I componenti mineralogici essenziali sono: plagioclasio, orneblenda e biotite. I componenti accessori sono: titanite, ortite e quarzo.

Affiora nella zona di cima Barbignaga.

## **SEDIMENTARIO SUDALPINO**

### Formazione di Breno [Carnico medio-inferiore]

Affiora al limite settentrionale del territorio in esame presso cima Barbignaga. È costituita da calcari compatti da grigio-chiari a grigio-scuri a stratificazione ben distinta, con strati di spessore

variabile da pochi centimetri a qualche metro. Gli ammassi calcarei sono variamente alternati a rocce intrusive gabbrodioritiche e di conseguenza sono spesso interessati da metamorfismo di contatto.

#### Calcarea di Esino [Ladinico]

La formazione è costituita da calcari e calcari dolomitici biancastri grigio-chiari, grigio- nocciola fino a grigio-scuri, a stratificazione solitamente indistinta o localmente a grossi banchi. Per la stratificazione massiccia, le forti variazioni di potenza e per i caratteri paleontologici, il Calcarea di Esino viene attribuito alla facies di piattaforma di scogliera. Costituisce la parte sommitale del Pizzo Badile e delle cime Bruciata e Sablunera. Gli affioramenti sono circondati ed a volte intrusi da ammassi granodioritici, per cui appaiono spesso interessati da metamorfismo di contatto il quale ha prodotto oltre a effetti chimici (trasformazione in “marmi” a grana fine o saccaroide), effetti meccanici dovuti all’intrusione (fratturazione intensa, pieghe, milonitizzazioni e brecciatore).

#### Formazione di Wengen [Ladinico superiore]

È costituita da marne e calcari marnosi neri, e da arenarie e siltiti grigio-verdastre. Gli affioramenti sono limitati al settore meridionale (Pizzo Badile) e settentrionale (cima Barbignaga) della carta geologica allegata.

#### Formazione di Buchenstein [Ladinico inferiore]

Anche questa formazione, come la precedente, compare solo in limitati affioramenti presenti sulle pendici occidentali del Pizzo Badile, all'estremità meridionale del territorio. I litotipi che la costituiscono sono rappresentati da calcarea di colore grigio nerastro con grossi noduli di forma allungata e silicizzati al bordo. I livelli calcarei, di spessore medio, sono separati tra loro da sottili interstrati argillosi di colore nero. Per la presenza dei noduli la stratificazione assume un aspetto bernoccolato. Il metamorfismo di contatto su questa formazione ha generato marmi con liste di selce e localmente cornubianiti a granato, biotite, sillimanite e andalusite.

#### Calcarea di Prezzo [Anisico superiore]

La formazione è costituita da una ritmica alternanza di calcari marnosi e di marne, entrambi a stratificazione media e di colore nero. Questi litotipi sono presenti in limitati affioramenti localizzati sulle pendici occidentali del Pizzo Badile tra quota 1700 e q. 1800 m slm.

#### Calcarea di Angolo [Anisico medio-inferiore]

I litotipi appartenenti a questa formazione compaiono esclusivamente i versanti della valle di Pradello tra quota 1000 e 1600 m slm. La formazione è costituita da calcari marnosi di colore grigio scuro, a stratificazione sottile con interstrati millimetrici di argilliti nere; solo localmente compaiono banchi formati da più strati sottili rinsaldati fra loro. I piani di stratificazione assumono spesso un aspetto nodulare. Si tratta di litotipi caratterizzati da una buona compattezza, ma da una media resistenza all'erosione a causa della stratificazione sottile e della diffusa fratturazione. Localmente si rinvencono marmi con liste di selce e cornubianiti generati dal metamorfismo di contatto conseguente all'intrusione del plutone dell'Adamello.

#### Carniola di Bovegno [Scitico superiore]

Questa formazione è rappresentata principalmente da breccie tettoniche, da medie a minute, di colore giallo e subordinatamente da calcari vacuolari di colore grigio, grigio-giallastro in alterazione, fortemente tettonizzati. I clasti che costituiscono le breccie sono prevalentemente rappresentati da frammenti di siltiti molto alterate, di colore rosso o verde, e, secondariamente, da frammenti di calcari grigi anch'essi fortemente alterati. Questi litotipi compaiono in limitati affioramenti presenti sul versante sinistro della valle Dafus, intorno a quota 900 m slm, poco a sud di località Pian del Campo ed in prossimità del M. Colombé.

#### Servino [Scitico inferiore]

Al tetto del Verrucano Lombardo si rinviene la prima formazione triassica. Tale formazione è rappresentata da un'alternanza irregolare di litotipi differenti. In prevalenza si tratta di siltiti, marne, argilliti e arenarie medio-fini a stratificazione sottile, di colore rosso o verde, giallo in alterazione. Localmente si rinvencono calcari e subordinate calcareniti di colore grigio a stratificazione media, spesso fossiliferi a lamellibranchi. Questa formazione si sviluppa all'interno del territorio (fascia larga circa 1 km ad andamento SSW – NNE), partendo a monte dell'abitato di Nadro fino al monte Colombé, passando per Cimbergo e Paspardo. Si tratta di una formazione costituita in prevalenza da litotipi poco compatti e facilmente erodibili caratterizzata in genere da un grado medio-alto di fratturazione, che dà origine a morfologie blande e morbide. Gli affioramenti sono in genere limitati perché mascherati da una copertura di materiale di alterazione. Le pareti rocciose costituite da questi litotipi sono spesso interessate da fenomeni di crollo o di scivolamento ed il detrito che si trova al loro piede è quasi sempre formato da clasti di piccole dimensioni con abbondante frazione fine.

### Verrucano Lombardo [Permiano superiore]

Tale formazione affiora a valle degli abitati di Cimbergo e Paspardo e nella parte nord occidentale del territorio; è costituita da un'alternanza di arenarie quarzoso- feldspatiche di colore rosso e da conglomerati medio-grossolani a ciottoli di quarzo, immersi in matrice arenacea di colore rosso. Localmente compaiono intercalazioni di siltiti micacee di colore rosso più intenso. La stratificazione, a volte indistinta, è generalmente in grossi banchi spesso lenticolari. I litotipi che costituiscono questa formazione sono contraddistinti da una notevole compattezza e da una buona resistenza all'erosione. Nelle aree di affioramento gli ammassi rocciosi appaiono in genere da poco a mediamente fratturati e formano pareti rocciose molto alte e ripide, ai piedi delle quali si trovano depositi detritici grossolani formati in prevalenza da blocchi di dimensioni medie o grandi. La giacitura degli ammassi rocciosi immerge verso sud ovest, per cui risultano disposti a franapoggio lungo tutto il versante a valle di Paspardo; per questo motivo tale versante è interessato da fenomeni gravitativi (strada Capo di Ponte – Paspardo).

## **CRISTALLINO SUDALPINO**

### Scisti di Edolo

Affiorano nella parte settentrionale del territorio; rappresentano il basamento cristallino sudalpino e sono costituiti prevalentemente da micascisti grigi a letti di biotite, muscovite e clorite alternati a letti di quarzo e albite. La scistosità è evidente, da piana a ondulata, a volte pieghettata. Localmente il quarzo forma delle lenti o delle vene di dimensioni decimetriche. I litotipi appartenenti a questa unità derivano da originari sedimenti argillosi o arenaceo argillosi depositatesi in ambiente marino e in seguito interessate da metamorfismo regionale di basso grado. In corrispondenza dell'aureola metamorfica di contatto sono presenti hornfels a biotite, sillimanite, granato e tormalina.

Vengono ora esaminati separatamente i **depositi quaternari superficiali**.

### Morene

Tali depositi sono presenti diffusamente nel territorio comunale. Sono sedimenti la cui origine è direttamente legata all'azione delle lingue glaciali che in passato hanno occupato sia il solco principale della Valle Camonica che le valli laterali ad essa tributarie. In particolare i depositi presenti sulle aree semipianeggianti dove si sviluppano gli abitati ed una fascia a monte degli stessi, sono

legati alla lingua principale del ghiacciaio camuno, mentre i depositi rimanenti, nel settore orientale, sono collegati all'azione delle lingue secondarie alimentate dai circhi glaciali presenti. Sono principalmente depositi di ablazione che inizialmente costituivano le morene laterali o frontali delle lingue glaciali. Sono costituiti da sedimenti sciolti, eterometrici, massivi, a supporto clastico e/o a supporto di matrice. I clasti, litologicamente eterogenei, si presentano da spigolosi a subarrotondati, meno frequentemente arrotondati. In particolare i depositi legati al ghiacciaio principale sono a prevalente supporto di matrice, con clasti in genere subarrotondati, a volte alterati e appartenenti ai vari litotipi affioranti in Val Camonica tra i quali compaiono rocce scistose e rocce intrusive.

Invece i depositi legati alle lingue glaciali secondarie si presentano spesso a supporto clastico, con clasti prevalentemente spigolosi, raramente alterati e appartenenti esclusivamente alle formazioni intrusive che affiorano nei rispettivi bacini di alimentazione.

I depositi morenici di Volano, Zumella e Pian del Campo, situati a quote superiori ai 1400 m s.l.m., sono testimoni della massima altezza raggiunta dal ghiacciaio durante la glaciazione wurmiana. Anche i depositi legati alle lingue glaciali secondarie sono da riferire in gran parte alla glaciazione wurmiana, ad esclusione dei cordoni morenici presenti alle quote superiori che sono invece dovuti alle piccole oscillazioni glaciali avvenute successivamente.

I materiali dei depositi dei ghiacciai sono stati in buona parte dilavati e rimaneggiati, quindi mescolati a detrito all'interno delle valli laterali secondarie e nei circhi più o meno conservati nelle parti più elevate del territorio comunale (segnalati in carta come Detrito frammisto a morene).

#### Depositi alluvionali e di conoide

Sono depositi legati all'azione delle acque incanalate. Si ritrovano unicamente lungo l'alveo del torrente Tredenus come depositi alluvionali ed a monte, nella zona Volano- Piangrande, sotto forma di conoidi. Si tratta di depositi molto grossolani costituiti da orizzonti a supporto clastico di ciottoli, ghiaia e sabbia con massi. I clasti si presentano arrotondati o subarrotondati. Orizzonti a supporto di matrice, legati a fenomeni di trasporto in massa, sono presenti in corrispondenza dei conoide alluvionali.

#### Depositi detritici di versante

Questi depositi, presenti in falde e conoide, sono molto diffusi su tutto il territorio comunale, specialmente nel settore orientale. Sono depositi dovuti all'azione della gravità, derivanti

dall'accumulo ai piedi delle pareti rocciose dei materiali prodotti dall'alterazione. Sono costituiti da sedimenti a supporto clastico, raramente a supporto di matrice, con ciottoli e blocchi a spigoli vivi ed una percentuale variabile di matrice sabbioso-limosa. I detriti posti alle quote inferiori sono in prevalenza inattivi e colonizzati dalla vegetazione e, a causa dell'alterazione, sono caratterizzati da una maggiore percentuale di materiale fine, mentre quelli che si rinvengono nelle aree altimetricamente più elevate, sono spesso attivi e non colonizzati.

## 5.0 GEOMORFOLOGIA

La Valle Camonica presenta un assetto morfologico il cui carattere primario è stato delineato in passato dall'attività erosiva e deposizionale del ghiacciaio camuno. A questo quadro si sono successivamente sovrapposti i tratti relativi all'azione della gravità e delle acque superficiali. Il versante sinistro, dove si sviluppano anche gli abitati di Cimbergo e Paspardo, è contraddistinto da un profilo interrotto da spalle che limitano ampi terrazzi morfologici coperti da depositi glaciali e la maggior parte delle valli laterali è sospesa rispetto al fondo della valle e vi si raccorda con cascate o forre profonde (vedi forra del torrente Re).

I depositi glaciali, soprattutto nella zona di Cimbergo, formano una serie di terrazzi relativi alla morena laterale sinistra del ghiacciaio camuno, della quale si possono ancora osservare alcuni tratti della cresta sommitale.

I fenomeni franosi sono rappresentati soprattutto da forme di crollo o scorrimento planare lungo i piani di stratificazione che interessano diverse pareti rocciose, soprattutto quelle costituite dai litotipi arenacei affioranti a valle di Paspardo e che possono coinvolgere blocchi di dimensioni anche notevoli.

Altri fenomeni franosi, in genere superficiali e di modeste dimensioni, dovuti a forme di scorrimento, interessano i depositi superficiali glaciali in corrispondenza dei fianchi di alcuni impluvi o depositi detritici ed eluviali su pendii ad elevata acclività.

I depositi superficiali sono interessati altresì da fenomeni di *creep* o da forme di erosione superficiale dovute alle acque di ruscellamento diffuse e concentrate.

La maggior parte delle sorgenti presenti sul versante sinistro della Valle Camonica è legata all'affioramento della falda di versante in corrispondenza di limiti di permeabilità connessi alla topografia dei versanti od a variazioni granulometriche dei depositi superficiali.

Dal punto di vista morfologico il territorio può essere distinto in quattro fasce similari a sviluppo nord – sud, con caratteristiche tra loro differenti:



- ✓ la fascia compresa tra quota 500 m e 900 m in corrispondenza del comune di Paspardo e tra 400 m e 720 m per quanto riguarda il comune di Cimbergo; corrisponde al pendio generalmente ripido e con vari affioramenti e pareti rocciose, che raccorda la piana alluvionale del fiume Oglio con l'area semi-pianeggiante degli abitati;
- ✓ la fascia di territorio sede degli abitati, separata trasversalmente dalla profonda incisione del torrente Re;
- ✓ la fascia compresa tra quota 1100 m e 2000 m caratterizzata da pendii erbosi ("coste") o boschivi e da pianori in quota (Pian Grande, Volano, Zumella e Pian del Campo);
- ✓ la fascia a quote superiori a 2000 m, con pendii erbosi sempre più acclivi, detriti, testate delle valli ad anfiteatro, circhi glaciali, pareti rocciose, e cime.

La quasi totalità del territorio si trova quindi ad una quota superiore ai 600 m s.l.m.

La carta geomorfologica è stata redatta (nel P.R.G.) in scala 1:10.000 su tutto il territorio comunale di Cimbergo. Sono state rilevate le forme del territorio in funzione della loro origine. Per una corretta interpretazione delle forme del territorio, oltre alle indagini del terreno, è stato svolto uno studio aerofotogrammetrico su fotografie datate 1981.

Le forme del territorio sono state suddivise in funzione dell'agente che le ha generate. Le forme evidenziate sono state inoltre distinte in base ai seguenti stati di attività rilevati:

- ✓ attivo;
- ✓ quiescente;
- ✓ relitto.

Di seguito vengono descritte singolarmente le voci della legenda.

### ***5.1 Forme e depositi dovuti allo scorrimento delle acque superficiali.***

Forra: è la profonda incisione in roccia creata dai corsi d'acqua nel tratto che raccorda il fondovalle con le valli trasversali sospese. Imponente è la forra del torrente Re, scavata quasi

interamente nelle rocce arenaceo-conglomeratiche del Verrucano Lombardo. Di profondità minore è invece la forra del torrente Figna impostata nelle rocce del Servino, a confine con il territorio comunale di Ceto.

Percorso di colata di detrito: segnalano dei tratti, generalmente coincidenti con linee di deflusso delle acque, che per le caratteristiche di acclività o del materiale entro i quali sono impostati, danno origine a colate di detrito. Nel territorio in esame sono presenti a partire da 1000 m di quota, dove i versanti divengono più acclivi. Sono particolarmente diffusi nel bacino idrografico del torrente Figna, sul versante destro della valle del torrente Tredenus e su entrambi i versanti della valle del torrente Zumella, in particolar modo alla testata della valle e sotto località Zumella. Anche il torrente Zumella stesso, fino alla confluenza con il torrente Tredenus, è considerato un percorso di colata di detrito attivo.

Tracce di ruscellamento diffuso: rappresentano le forme erosive dovute allo scorrimento superficiale delle acque meteoriche non incanalate; sono state rilevate a valle di Cimbergo, sul versante destro della Val Varecola ed a nord di Paspardo.

Accumulo di colata: trattasi generalmente di depositi lobati, presenti alla base di pareti rocciose incise da ripidi canali, all'interno dei quali il materiale franato può accumularsi e scorrere improvvisamente in caso di saturazione. Si rinvencono infatti nella parte in quota del territorio in zona Zumella, e nel tratto a monte del punto di confluenza tra il torrente Tredenus e il torrente Zumella. Due colate si rinvencono inoltre in zona Volano, sul versante destro.

Conoide di deiezione: è un deposito alluvionale dalla tipica forma a ventaglio che i corsi d'acqua formano quando incontrano, lungo il loro percorso, una sensibile diminuzione del gradiente topografico e di conseguenza della velocità delle acque. Questo fenomeno comporta quindi la diminuzione della capacità di trasporto della corrente ed il deposito dei materiali in carico.

Nel territorio in esame, questa situazione si verifica soprattutto alla base dei versanti montuosi in quota, dove i piccoli corsi d'acqua laterali danno origine ad un torrente.

Tipici dell'area in studio sono quindi soli i piccoli conoidi presenti in località Volano – Piangrande. L'ingente conoide formato dal torrente Re si sviluppa completamente sul territorio

comunale di Capo di Ponte, così come il conoide del torrente Figna, il cui bacino idrografico è in territorio di Cimbergo, si sviluppa completamente in territorio comunale di Ceto.

Si tratta di depositi sciolti, con clasti generalmente subarrotondati le cui dimensioni diminuiscono dall'apice del conoide verso la zona distale.

Per il carattere torrentizio dei corsi d'acqua che solcano i versanti vallivi e per le condizioni geomorfologiche dei rispettivi bacini, questi depositi sono più legati a fenomeni di trasporto in massa violenti, sotto forma di colate, che ad un'azione trattiva della corrente.

I dati storici e recenti relativi alla capacità di trasporto e di esondazione dei torrenti, nonché la morfologia dei relativi bacini idrografici, fanno ritenere lo stato di attività dei conoidi presenti in località Volano – Piangrande, quiescenti.

Orlo di scarpata di erosione: sono forme date dall'azione erosiva esercitata dai corsi d'acqua nei confronti delle sponde degli alvei. Tali forme, attive, sono rilevabili a valle di località Zumella dove il torrente omonimo erode la base del versante destro contribuendo alla destabilizzazione del versante stesso.

### ***5.2 Forme e depositi di versante dovuti alla gravità***

Orlo di scarpata di degradazione o di frana: rappresenta la zona di distacco delle masse interessate da fenomeni franosi. Sono state inserite in carta le nicchie di frana aventi sviluppo superiore a 40-50 m, riferibili a eventi planari o rotazionali. Nell'area in esame le frane coinvolgono soprattutto i depositi superficiali ed eventualmente la porzione alterata del substrato roccioso. La causa della maggior parte delle frane rilevate è dovuta alla perdita di sostegno al piede dei versanti, causata dall'erosione operata da corsi d'acqua, come riscontrato ad esempio per i corpi franosi situati sul versante destro della valle Zumella e sinistro della Val Varecola.

Crollo: rappresenta il distacco di materiale dalle pareti rocciose. E' un fenomeno frequente a quote elevate, testimoniato dalla presenza di numerose falde di detrito attive. Nelle aree a quote inferiori, tutto il versante a valle di Paspardo è interessato da questo fenomeno (strada Capo di

Ponte – Paspardo), così come alcuni tratti a valle della strada tra località Figna e Cimbergo e sui versanti delle forre dei torrenti Re e Figna.

Localizzazioni di evento di dissesto: in questa voce sono state inserite le manifestazioni morfologiche relative alle zone di distacco relative a eventi franosi di piccole dimensioni, che non potevano essere accuratamente riportate in cartografia. Si nota una concentrazione di piccole frane in corrispondenza della testata della Valle Varecola, indice dell'attività franosa presente in quella zona. Altre localizzazioni sono presenti a valle di località Zumella, a monte del ponte della Sega e a valle dell'abitato di Cimbergo (queste ultime riferibili agli eventi di crollo sopraccitati). Vari eventi di dissesto a quote elevate, sono riferibili a fenomeni di crollo e distacco di porzioni rocciose di dimensioni variabili.

Coni e/o falde di detrito: Questi depositi, presenti in falde e coni, sono molto diffusi su tutto il territorio comunale, specialmente nel settore orientale. Sono depositi dovuti all'azione della gravità, derivanti dall'accumulo ai piedi delle pareti rocciose dei materiali prodotti dall'alterazione. Sono costituiti da sedimenti a supporto clastico, raramente a supporto di matrice, con ciottoli e blocchi a spigoli vivi ed una percentuale variabile di matrice sabbioso-limosa. I detriti posti alle quote inferiori sono in prevalenza inattivi e colonizzati dalla vegetazione e, a causa dell'alterazione, sono caratterizzati da una maggiore percentuale di materiale fine, mentre quelli che si rinvengono nelle aree altimetricamente più elevate, sono spesso attivi e non colonizzati.

Accumulo di frana di scivolamento: rappresenta la forma costituente gli episodi deposizionali legati ai fenomeni franosi di scivolamento. In genere l'accumulo è caratterizzato da una mancanza di coesione o addensamento che può essere causa di nuove forme di instabilità o che ne favorisce l'erosione. Sono stati rilevati tre accumuli di frana quiescenti all'interno del bacino idrografico del torrente Figna. Per quanto riguarda il bacino del torrente Tredenus sono stati rilevati due accumuli quiescenti: uno sul versante sinistro tra quota 1200 – 1300 metri slm, uno sul versante destro tra quota 1200 – 1350 metri slm. La concentrazione maggiore di accumuli di frana è presente sul versante destro della valle del torrente Zumella, a valle della strada che conduce all'omonima località. Un altro fenomeno di questo tipo è presente a valle di Baite Paere intorno a quota 1350 m slm.

Area a franosità superficiale diffusa: definisce un'area sottoposta a movimenti lenti ma estesi che coinvolgono la copertura morenica o detritica dei versanti. Sono coinvolti in particolare quei depositi in cui è maggiore la matrice limosa, i quali in presenza d'acqua possono saturarsi, diventare plastici e destabilizzarsi. Aree a franosità diffusa sono state rilevate sul versante destro della Valle Varecola, a monte delle Baite Zumella ed in zona Baite Pradalbi e Logneto.

### **5.3 Forme e depositi nivali e glaciali**

Cresta rocciosa: è la forma sommitale dei rilievi rocciosi creata dai fenomeni erosivi e di crioclastismo. Numerose creste si rinvencono nella parte alta del territorio.

Orlo di scarpata d'erosione: le forme più evidenti di questo fenomeno sono quelle che delimitano il terrazzo glaciali sul versante destro della Valle Varecola ed i terrazzi a valle e monte di Cimbergo.

Depositi glaciali: come spiegato in precedenza trattasi dei materiali morenici che ricoprono il substrato roccioso soprattutto sul versante a monte ed a valle di Cimbergo. In questi ambiti appaiono in sedi stabili.

Depositi glaciali misti a detrito: rappresenta i materiali di deposito dei ghiacciai, dilavati e rimaneggiati, quindi mescolati a detrito all'interno delle valli laterali secondarie e nei circhi più o meno conservati nelle parti più elevate del territorio comunale.

Forme, processi e depositi crionivali: sono spesso rappresentati da alvei di torrenti a carattere stagionale o perenne che fungono da vie di scivolamento della massa nevosa. L'eventuale raggiungimento di aree antropizzate può causare danni in ragione della massa coinvolta e del materiale detritico superficiale preso in carico dalla massa in movimento.

### **5.4 Forme antropiche**

Terrazzamento: il versante a sud di Cimbergo è interessato dalla diffusa presenza di terrazzamenti artificiali realizzati in passato per diminuire la pendenza ed ampliare le aree

coltivabili. I terrazzi sono generalmente sostenuti da muri a secco. I terrazzamenti rilevati sul territorio sono per lo più in uno stato di conservazione discreto. Si denota in ogni caso, la mancanza di manutenzione per gran parte delle opere di sostegno, che col passare degli anni, può causare il franamento degli stessi e del terreno alle loro spalle.

Deposito antropico: è costituito da materiali inerti riportati al fine di creare dei tratti pianeggianti in zone acclivi.

Vasca d'espansione: trattasi di un bacino di accumulo per eventuali eventi con forte trasporto solido, situata all'apice del conoide del torrente Figna in corrispondenza dell'inizio del tratto canalizzato, in territorio del Comune di Ceto.

## **6.0 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO**

I corsi d'acqua presenti, sono contraddistinti da una dinamicità evolutiva condizionata dal riequilibrio ancora in atto con la situazione creatasi in seguito al ritiro dei ghiacciai, quando tutti i torrenti presenti sono rimasti sospesi rispetto al fondovalle dei corsi d'acqua in cui confluiscono. Ciò favorisce la tendenza all'erosione di fondo che si manifesta lungo tutto il profilo della curva di fondo.

A questa situazione sono da ricondurre la presenza delle forre attive, molto incise nel substrato, che si trovano lungo i tratti finali dei torrenti Re e Figna. L'erosione di fondo si manifesta con minore intensità nei tratti dove gli alvei sono impostati direttamente sul substrato roccioso ed in modo più evidente in corrispondenza dei depositi superficiali. L'erosione di fondo si è inoltre estesa nella parte inferiore dei corsi d'acqua interessando anche i depositi alluvionali di conoide, dove si accompagna al continuo rimaneggiamento del materiale deposto durante le piene. All'erosione di fondo si associa spesso anche l'erosione laterale e scarpate di erosione sono presenti localmente lungo le sponde dei corsi d'acqua.

In virtù di tale situazione geodinamica, i fenomeni di piena sono caratterizzati da un forte trasporto solido con conseguenti fenomeni di esondazione, verificatisi anche recentemente, in seguito a forti piene, che hanno interessato localmente gli alvei.

Queste forme possono talvolta evolvere in manifestazioni erosive di maggiore intensità, dando luogo ad erosione areale o accelerata con conseguente asportazione della coltre di depositi superficiali ed incremento del trasporto solido dei corsi d'acqua.

In carta sono stato riportati il reticolo idrografico principale e minore, si sono evidenziati i bacini dei vari torrenti (vedasi tav. 1, 2 e 3 relative al Reticolo Idrico Minore).

Le zone con presenza d'acqua diffusa compaiono soprattutto nelle zone più elevate del territorio comunale (Volano) ed alla base del versante su cui sorge Cimbergo. Sono aree generalmente poco estese, caratterizzate dall'intersezione del pelo libero della falda freatica con la superficie topografica, legata all'affioramento delle rocce di substrato (vedasi cartografia PRG).

Le sorgenti principali che assicurano il fabbisogno dei Comuni di Cimbergo sono situate lungo la valle del Tredenus. È stata riportata in carta la fascia di rispetto delle prese acquedottistiche delimitata con criterio geometrico (avente quindi un raggio di 200 m).

Le norme relative alle aree ricadenti nelle fasce di rispetto e di tutela assoluta delle captazioni ad uso idropotabile sono contenute nel D.G.R. n. 7/12693 del 10 aprile 2003: “Direttive per la disciplina delle attività all’interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni”.

Per quanto riguarda ulteriori informazioni riguardo alla componente idrogeologica del territorio comunale, si rimanda alla cartografia del PRG, redatta dal geol. Feriti.

### ***6.1 Pericolosità connessa all’azione delle acque superficiali***

I corsi d’acqua che solcano il territorio comunale presentano un regime a carattere torrentizio con portate molto variabili, il cui massimo avviene in primavera e in autunno in coincidenza del disgelo e delle precipitazioni più intense.

Questi corsi d’acqua presentano una curva di fondo piuttosto ripida, soprattutto nel tratto inferiore, e sono contraddistinti da una dinamica evolutiva molto attiva con prevalenti fenomeni di erosione e trasporto, con subordinati episodi di deposito.

I fenomeni erosivi, sia di fondo sia laterale, assumono localmente particolare intensità interessando vari tipi di depositi superficiali, e pertanto i corsi d’acqua sono caratterizzati da un elevato trasporto solido e sono talora soggetti ad episodi di trasporto in massa.

Tuttavia, la morfologia del territorio e l’ubicazione delle aree urbanizzate, fa sì che i torrenti non rappresentino alcun rischio per le aree stesse.



## **7.0 CARTA DI SINTESI**

Lo studio geologico del territorio comunale ha evidenziato la presenza di una serie di fenomeni, sia in atto sia quiescenti, che rappresentano una forma di limitazione dell'uso del territorio e che in alcuni casi possono costituire un pericolo diretto a persone o ad opere. La carta di sintesi fornisce, mediante un unico elaborato, un quadro sintetico dello stato del territorio e rappresenta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che le genera. La carta è quindi costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico, in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica.

Sono state evidenziate in carta:

### ***Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti***

- Aree caratterizzate da elevata pendenza (superiore a 25°).  
Sono stati inseriti in questo ambito alcuni tratti di pendio a monte ed a valle del centro storico del paese, la zona a sud dello stesso, gran parte dei versanti della Val Varecola, la zona a valle della strada provinciale, la forra del torrente Re e la parte a monte delle aree prative più elevate.
- Aree caratterizzate da pendenza media (inferiore a 25°).  
Sono stati inseriti in questo ambito alcuni tratti di pendio a monte ed a valle del centro storico del paese e parti della zona delle aree prative più elevate.
- Aree di frana attiva e quiescente.
- Aree a franosità superficiale diffusa

### ***Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche***

- Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche dovute alla presenza diffusa di acqua.

Sono state inserite in questo ambito alcune aree situate a valle del paese dove, l'affioramento o l'avvicinamento del substrato roccioso alla superficie topografica, fa sì che l'acqua di infiltrazione superficiale venga a giorno e possa saturare i terreni.

***Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico***

- Zone di rispetto delle sorgenti captate a scopo idropotabile.

Sono state inserite in questo ambito le zone di rispetto delle seguenti captazioni:

- Presa a valle della località Molini Moendola (quota 670 m s.l.m.)
- Presa a valle della località Baite di Dom (quota 1050 m s.l.m.)
- Presa in loc. La Dassa in idrografica destra del torrente Tredenus (quota 1250 m s.l.m.)
- Prese in loc. Volano (quota 1400 m s.l.m. e 1500 m s.l.m.)
- Presa ad E di loc. Malga del Dosso (quota 1750 m s.l.m.)
- Presa della località Malga del Dosso (quota 1930 m s.l.m.)

Come è possibile dedurre da quanto riportato, le pericolosità riscontrate sono attribuibili quasi esclusivamente a quei fenomeni legati all'acclività dei versanti.

## **8.0 CARTA DELLA FATTIBILITA' GEOLOGICA E DELLE AZIONI DI PIANO**

L'assegnazione delle classi di fattibilità al territorio è stata fatta analizzando i vari aspetti emersi dall'indagine geologica e tenendo conto delle indicazioni contenute nella carta di sintesi, attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono definito nella carta stessa.

La situazione geologica e morfologica (acclività, elementi geologici, scenari di evoluzione e grado di pericolosità in primis), ha consentito di distinguere e raggruppare le aree in classi aventi diverso grado di fattibilità geologica: per le singole aree di ciascuna classe vengono descritte le caratteristiche principali e sono fornite le indicazioni generali in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici ed agli studi o alle indagini necessarie per eventuali approfondimenti.

L'attribuzione delle classi di fattibilità avviene attraverso due fasi. Nella prima fase viene attribuito un valore di ingresso nella classe di fattibilità per ciascun poligono a seconda del grado di pericolosità.

Successivamente il valore della classe di fattibilità può essere aumentato o diminuito in base a precise valutazioni. Tuttavia non possono essere variati i valori delle classi di ingresso per le aree interessate da trasporto in massa e flusso di detrito su conoide, le aree di percorsi potenziali di colate in detrito e terreno e per le aree di tutela assoluta per le captazioni idriche ad uso idropotabile.

Nel caso in cui nei poligoni della carta di sintesi siano presenti contemporaneamente più aree omogenee per pericolosità e/o vulnerabilità, la classe di fattibilità viene aumentata solo in caso di interazione fra i fenomeni, viceversa coesistono le classi di fattibilità corrispondenti e derivate dalla carta di sintesi (in carta viene indicato il valore maggiore) e vigono le prescrizioni per ciascuno degli ambiti rappresentati.

Il grado di fattibilità espresso, non è definitivo ma può essere modificato nel tempo, in relazione a cambiamenti delle condizioni generali delle aree oppure in seguito a studi specifici di approfondimento.

La Carta della Fattibilità relativa alle aree di piano, redatta in scala 1:10.000, si riferisce all'intero territorio comunale.

### **Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni**

In questa classe ricadono le aree per le quali gli studi effettuati non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione degli interventi, purché questi vengano realizzati nel rispetto delle normative esistenti (NTC 2008). Sarà comunque necessario realizzare indagini geologiche geotecniche sito specifiche rapportate all'importanza del progetto. Nel territorio comunale non sono state riscontrate aree ascrivibili a tale classe.

### **Classe 2 - Fattibilità con modeste limitazioni**

La classe comprende le zone nella quali sono state riscontrate modeste limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni, connesse a possibili eterogeneità litostratigrafiche locali. La classe comprende aree a modesta acclività, fino a 20°, con discrete caratteristiche geologico-tecniche dei terreni e del substrato roccioso. Possono essere presenti modesti fenomeni di dissesto, come piccole frane superficiali di scarso rilievo. Tali fenomenologie di dissesto sono comunque ben individuabili e circoscrivibili, caratterizzate da limitati volumi.

A titolo di esempio, ed in termini non esaustivi, si ricordano che sono annoverate in questa classe le aree che presentano:

- ✓ problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto fondazionale
- ✓ problematiche legate al drenaggio insufficiente che possono essere superate con apposite canalizzazioni
- ✓ problematiche legate alle opere su pendio naturalmente stabile, ma le cui modifiche per la realizzazione dell'intervento edificatorio necessitano di modeste opere di scavo, riporto e sostegno.

Nelle aree ascritte in Classe 2 sono compatibili tutti gli interventi di trasformazione urbanistica. Per contro si rende necessario un approfondimento di indagine di carattere geologico-tecnico, sviluppato secondo le direttive del D.M. 11/03/1988 e successiva C.M. 30483 del 24/09/88, in tutte le

zone omogenee definite dal D.M. 02/04/1968 n° 1444 mirato all'individuazione, progettazione e realizzazione degli interventi intesi ad annullare le situazioni di moderata pericolosità geomorfologica. Tale indagine dovrà comprendere un rilievo geologico-geomorfologico dell'intorno significativo, rappresentato in scala adeguata, ed una relazione in cui si definiscono le caratteristiche litologiche delle formazioni geologiche affioranti e sub-affioranti e la loro tendenza evolutiva dal punto di vista geomeccanico.

### **Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni**

La classe comprende zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso delle aree per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. L'utilizzo di queste zone sarà pertanto subordinato, a seconda dei casi, alla realizzazione di supplementi di indagine per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, ad esempio mediante campagne geognostiche, prove in sito e di laboratorio, nonché mediante studi tematici specifici di varia natura (idrogeologici, idraulici, ambientali, pedologici, etc....). Ciò dovrà consentire di precisare le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune, nonché le opere di sistemazione e bonifica. Potranno essere inoltre predisposti idonei sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto o indotti dall'intervento. In carta potranno essere evidenziate le tipologie dei fenomeni che concorrono all'inserimento delle aree nella specifica classe, individuando eventualmente delle sottoclassi (3a, 3b). Questa classe comprende le aree acclivi, mediamente al di sopra di 20°, potenzialmente soggette all'influenza di fenomeni di dissesto idrogeologico, a causa della composizione granulometrica della copertura eluviale, costituita in prevalenza da una abbondante aliquota sabbioso-limoso, e da quelle aree con terreni a scadenti caratteristiche geotecniche.

La classe 3 raggruppa le aree caratterizzate da problematiche geologiche in genere e pendenza media fino a 25°.

Le limitazioni relative a questo insieme di aree sono quindi rappresentate dalla pendenza media dei siti o dalla relativa vicinanza a zone a forte pendenza oppure dalla presenza di modeste fenomenologie ben localizzate e rappresentate prevalentemente da forme di reptazione, di ruscellamento o disposizione sfavorevole della stratificazione del substrato roccioso.

Indagini richieste: l'eventuale utilizzo di queste aree dovrà essere supportato da indagini che permettano di acquisire una conoscenza geologico-tecnica più approfondita, necessaria per valutare la fattibilità dei singoli interventi e le corrette modalità di realizzazione. Tali indagini dovranno necessariamente comprendere anche l'analisi della stabilità complessiva del versante e parziale di eventuali fronti di scavo, nonché, se necessario, un'analisi di caduta massi con indicazioni sulle opere di presidio. Per le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti, gli eventuali interventi dovranno essere valutati attraverso opportune indagini geologico-tecniche che permettano di riconoscere le corrette modalità di realizzazione in relazione ai carichi trasmessi dalle fondazioni; si dovrà definire quindi la capacità portante e stimare i cedimenti indotti dall'applicazione dei carichi.

Si fa presente che, sul territorio comunale, sono presenti alcune zone di rispetto delle sorgenti captate a scopo idropotabile, alle quali, se non gravate da vincoli più restrittivi, viene attribuita classe di fattibilità 3 (vedasi caso particolare in località Baite Fastassi).

Indagini richieste: l'attuazione di eventuali interventi o attività è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi" (D.G.R. n. 7/12693 del 10 aprile 2003: "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto, art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni").

#### **Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni**

La classe comprende quelle aree per le quali sono state individuate elevate condizioni di rischio, con gravi limitazioni per la modifica delle destinazioni d'uso delle particelle. Dovrà essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non per opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 31, lettere a), b), c) della L. 457/78. Si dovranno inoltre definire indicazioni in merito alle opere di sistemazione idrogeologica e, per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto. Eventuali infrastrutture pubbliche e di

interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'Autorità Comunale, dovranno essere allegati apposite relazioni geologica, geotecnica ed idrogeologica che dimostrino la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

Relativamente alle possibilità d'uso del territorio all'interno delle fasce di rispetto e protezione delle captazioni ad uso idropotabile, pozzi e sorgenti ed alle classi di fattibilità da attribuire a questi ambiti, si precisa che alle zone di tutela assoluta, previste dal D. Lgs. 258/00 art. 5 comma 4, aventi un'estensione di almeno 10 metri di raggio, va attribuita la classe 4 di fattibilità geologica. Esse devono essere adeguatamente protette ed adibite esclusivamente alle opere di captazione e ad infrastrutture di servizio.

Le aree ascritte a questa classe presentano delle limitazioni d'uso connesse a due differenti categorie di pericolosità:

**Sottoclasse 4S:** raggruppa le aree di rispetto delle sorgenti.

Aree edificate e non, comprese all'interno delle zone di rispetto previste dal D. Lgs. 258/00; entro le zone di rispetto valgono le prescrizioni contenute al comma 5 art. 5 del D. Lgs. 258/00. L'attuazione degli interventi o delle attività elencate all'art. 5 comma 6 del citato Decreto Legislativo (tra le quali edilizia residenziale e relative opere di urbanizzazione, fognature, opere viarie, ferroviarie e in genere infrastrutture di servizio) entro le zone di rispetto, in assenza di diverse indicazioni formulate dalla Regione ai sensi dell'art. 5 comma 6 del D. Lgs. 258/00, è subordinata all'effettuazione di un'indagine idrogeologica di dettaglio che porti ad una ripermimetrazione di tali zone secondo i criteri temporale o idrogeologico (come da D.G.R. n° 6/15137 del 27/06/1996) o che comunque accerti la compatibilità dell'intervento con lo stato di vulnerabilità delle risorse idriche sotterranee e dia apposite prescrizioni sulle modalità di attuazione degli interventi stessi. Tuttavia la quasi totalità di tali aree è ubicata in porzioni di territorio ascrivibili alla classe 4 di fattibilità, assumendo quindi quest'ultima individuazione.

**Classe 4F:** raggruppa le aree di frana attiva e quiescente

## **9.0 CARTA DEI VINCOLI**

La carta dei vincoli è stata redatta su tutto il territorio comunale alla scala dello strumento urbanistico comunale. Tale carta riporta le principali limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative e piani sovraordinati in vigore di contenuto prettamente geologico, con particolare riferimento a:

- a) **Vincolo D.G.R. 7/7868 del 25/01/2002 e successiva D.G.R. 22-12-2011 n° 9/2762**  
*(Determinazione del reticolo idrico principale. Trasferimento delle funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore come indicato nell'art. 3 comma 114 della L.R. 01/2000).* Determinazioni dei canoni regionali di polizia idraulica, pubblicata sul 2° supplemento straordinario al BURL n° 7 del 15/02/02;
  
- b) **Vincolo D.L.vo 03-04-2006 n° 152** (art. 94 - Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano) – Norme in materia Ambientale. Il decreto disciplina l'individuazione e la definizione di Aree di Salvaguardia delle risorse idriche, delegando le Regioni alla definizione delle direttive e delle linee guida per la perimetrazione delle stesse. Le "Linee guida per la tutela della qualità delle acque destinate al consumo umano e criteri generali per l'individuazione delle aree di salvaguardia delle risorse idriche di cui all'art. 21 comma 6 del D.Lgs. 152/99" dell'Accordo Stato-Regioni-Province autonome del 12/12/2002 ribadiscono e sanciscono il concetto che "la delimitazione delle aree di salvaguardia rappresenta una delle misure che consente la tutela dei corpi idrici" attraverso la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento ed il perseguimento degli usi sostenibili e durevoli delle risorse idriche, prima di tutto di quelle destinate al consumo umano, erogate mediante acquedotto di pubblico interesse.

Lo stesso Accordo fornisce quindi criteri e modalità di riferimento a supporto dell'attività necessaria alla delimitazione delle aree di salvaguardia. Il D. Lgs. 152/06 ed il precedente Accordo del 12 dicembre 2002 distinguono le Aree di salvaguardia in zone di tutela assoluta, zone di rispetto (ristrette e/o allargate) e zone di protezione.

La normativa prevede:



- ✓ **zona di tutela assoluta:** è l'area di salvaguardia adibita esclusivamente alle opere di captazione ed alle infrastrutture di servizio; deve avere una estensione di almeno 10 m di raggio dal punto di captazione. Per quanto possibile, quest'area deve essere recintata, protetta da eventuali esondazioni di corpi idrici limitrofi e provvista di impermeabilizzazioni e canalizzazioni per il deflusso delle acque meteoriche. Tale area è stata inserita in classe 4 nella Carta di Fattibilità per le Azioni di Piano.
  
- ✓ **zona di rispetto:** è costituita dall'area di salvaguardia immediatamente a ridosso della zona di tutela assoluta o ad essa collegata da percorsi preferenziali utilizzati da acque a deflusso veloce, pur essendo poste a distanza dalle opere di captazione o di derivazione, area a cui vengono imposti vincoli molto restrittivi e destinazioni d'uso tali da tutelare qualitativamente e quantitativamente la risorsa idrica captata. La zona di rispetto può essere suddivisa in zona di rispetto ristretta e zona di rispetto allargata "in relazione alla tipologia dell'opera di presa o captazione e alla situazione locale di vulnerabilità e rischio della risorsa". In particolare nella zona di rispetto sono vietati l'insediamento di centri di pericolo e lo svolgimento di attività così come definito dal comma 4 art. 94 del D.Lgs. 152/06 l'estensione delle due zone, ristretta e allargata, come già previsto nell'Accordo 12 dicembre 2002 (Allegato 3 Titolo I, punto B comma 5) può anche coincidere nel caso di acquifero protetto, del quale deve essere garantito il grado di protezione vietando le attività che possano comprometterlo. Tale area è stata inserita in classe 3 nella Carta di Fattibilità.

#### Criteria di delimitazione delle aree di salvaguardia

Così come previsto dall'Accordo del 12 dicembre 2002, le aree di salvaguardia sono individuate secondo i seguenti criteri generali:

- 1) Le aree di salvaguardia di sorgenti, pozzi e punti di presa delle acque superficiali sono suddivise in zona di tutela assoluta, zona di rispetto e zona di protezione.
  
- 2) I criteri per la delimitazione delle aree di salvaguardia e l'estensione delle diverse zone sono stabiliti in funzione delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche, idrologiche e idrochimiche delle sorgenti, dei pozzi e dei punti di presa da acque superficiali.

Le singole zone sono delimitate secondo i seguenti criteri:

- a) **criterio geometrico**: consiste nel prefissare le dimensioni delle aree di salvaguardia, a prescindere da eventuali considerazioni di carattere tecnico.

Di norma è adottato per la delimitazione della zona di tutela assoluta (“almeno 10 metri di raggio dal punto di captazione”, comma 3 art. 94 D. Lgs. 152/06) e della zona di rispetto per le derivazioni da corpi idrici superficiali (“200 metri di raggio, rispetto al punto di captazione o di derivazione”, comma 6 art. 94 D. Lgs. 152/06), e, in via provvisoria, in attesa che la Regione la delimiti o con il criterio temporale o con quello idrogeologico, per la delimitazione delle zone di rispetto dei pozzi e delle sorgenti;

- b) **criterio temporale**: consiste nel definire le dimensioni delle aree di salvaguardia in funzione del tempo di sicurezza, inteso come un intervallo temporale prefissato che consente di eliminare o mitigare gli effetti di un eventuale inquinante idrotrasportato nell’acquifero saturo (in condizioni di deflusso, sia naturali sia indotti da pompaggio) intervenendo a distanza di sicurezza dal punto di captazione, mediante l’attivazione di sistemi di disinquinamento delle acque sotterranee, ovvero mediante misure di approvvigionamento idrico alternativo. Si applica, in prevalenza, per la delimitazione definitiva della zona di rispetto di pozzi ed eventualmente di sorgenti, laddove applicabile, quindi in scenari idrogeologici generalmente poco complessi, ben conosciuti e ben documentati.

La metodologia riportata nell’“Accordo 12 dicembre 2002” per l’applicazione del criterio temporale è la seguente :

- ✓ ricostruzione delle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo;
- ✓ ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni statiche;
- ✓ ricostruzione della morfologia della superficie piezometrica in condizioni dinamiche (quindi, simulando il pozzo in emungimento con la portata concessa);
- ✓ ricostruzione delle principali direttrici di flusso idrico sotterraneo;
- ✓ ricostruzione delle linee isocrone, tenendo conto di un inquinante idrotrasportato, con tempo di ritardo pari ad 1;

- ✓ scelta delle aree delimitate dalle linee isocrone corrispondenti ai tempi di sicurezza predefiniti, rispettivamente, per la Zona di Rispetto Ristretta e per quella Allargata.
  
- c) **criterio idrogeologico**: consiste nel definire i limiti delle aree di salvaguardia mediante considerazioni tecnico-scientifiche basate su tutte le conoscenze esistenti sull'idrodinamica sotterranea e sulle caratteristiche stratigrafico-strutturali dell'acquifero.

Esso è di norma adottato:

- ✓ per la delimitazione della Zona di Tutela Assoluta, quando viene ritenuto insufficiente il diametro minimo di 10 metri previsto al comma 3 dell'art. 94 del Decreto Legislativo n. 152/06;
- ✓ per il posizionamento della recinzione all'interno della Zona di Tutela Assoluta, quando non è possibile recingere l'intera area di diametro pari a 10 metri;
- ✓ per la delimitazione delle Zone di Rispetto, in presenza di scenari idrogeologici complessi;
- ✓ per la delimitazione della Zona di Protezione (Conferenza Permanente per i Rapporti tra lo Stato, le Regioni e le Province Autonome, 2003);
- ✓ per la delimitazione delle Zone di Riserva.
- ✓ per la delimitazione della Zona di Sicurezza.

Per l'applicazione di tale criterio, bisogna basarsi su studi geologici, idrogeologici, idrologici, idrochimici e microbiologici ed è necessario acquisire dati storici delle caratteristiche qualitative e quantitative della risorsa interessata, allo scopo di identificare e definire i limiti delle aree interessate dalla captazione.

E' evidente che, essendo necessario affidarsi a ragionamenti logici basati su tutti i dati idrogeologici disponibili, non è da escludere che si possa sconfinare in un criterio misto basato, cioè, sull'applicazione e del criterio temporale e di quello idrogeologico.

Il criterio misto consiste, quindi, nell'applicazione parziale ma simultanea di almeno due degli altri criteri.

## **10.0 ELEMENTI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO**

I fenomeni di dissesto individuati nel territorio comunale di Cimbergo, sono stati riportati nella Tav. 8 “Carta delle aree di dissesto con legenda uniformata PAI” e raggruppati secondo le tipologie elencate nella legenda della medesima carta:

### **Frane**

- ✓ *Fa, aree interessate da frane attive - (pericolosità molto elevata),*
- ✓ *Fq, aree interessate da frane quiescenti - (pericolosità elevata),*

### **Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio**

- ✓ *Ee, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità elevata,*
- ✓ *Em, aree coinvolgibili dai fenomeni con pericolosità media o moderata,*

### **Trasporto di massa sui conoidi:**

- ✓ *Ca, aree di conoidi attivi o potenzialmente attivi non protette da opere di difesa e di sistemazione a monte - (pericolosità molto elevata),*

### **Valanghe**

- ✓ *Ve, aree di pericolosità elevata o molto elevata,*

Nella Tav. 08 le tipologie di dissesto di cui sopra quando non sono perimetrare vengono rappresentate con un apposito simbolo puntuale.

Nell’ambito dello studio si è recepita la documentazione GeolFFI - Inventario fenomeni franosi in Lombardia. Tramite rilevamenti di campo sono stati verificati i dissesti di cui sopra e analogamente sono stati verificati quelli riportati negli studi geologici comunali precedenti e nelle recenti segnalazioni di dissesto da parte del Comune allo STER (Regione Lombardia – sede di Brescia). Non vengono segnalati fenomeni di rischio idraulico per il fatto che le aste torrentizie sono collocate in posizioni molto lontane dai centri abitati.

Fatto salvo quanto previsto dall’art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Fa sono esclusivamente consentiti:

- ✓ gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- ✓ gli interventi di manutenzione ordinaria degli edifici, così come definiti alla lettera a) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- ✓ gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- ✓ gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche o di interesse pubblico e gli interventi di consolidamento e restauro conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- ✓ le opere di bonifica, di sistemazione e di monitoraggio dei movimenti franosi;
- ✓ le opere di regimazione delle acque superficiali e sotterranee;
- ✓ la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente valicato dall'Autorità competente. Gli interventi devono comunque garantire la sicurezza dell'esercizio delle funzioni per cui sono destinati, tenuto conto dello stato di dissesto in essere.

Nelle aree Fq, oltre agli interventi di cui al precedente comma 2, sono consentiti:

- ✓ gli interventi di manutenzione straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumenti di superficie e volume;
- ✓ gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per adeguamento igienico-funzionale;
- ✓ gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di edifici esistenti, nonché di nuova costruzione, purchè consentiti dallo strumento urbanistico adeguato al presente Piano ai sensi e per gli effetti dell'art. 18, fatto salvo quanto disposto dalle linee successive;
- ✓ la realizzazione di nuovi impianti di trattamento delle acque reflue e l'ampliamento di quelli esistenti, previo studio di compatibilità dell'opera con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità competente; sono comunque escluse la realizzazione di nuovi impianti di smaltimento e recupero dei rifiuti, l'ampliamento degli stessi impianti esistenti, l'esercizio delle operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti, così come definiti dal D. Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22. E' consentito l'esercizio delle

operazioni di smaltimento e recupero dei rifiuti già autorizzate ai sensi dello stesso D.Lgs. 22/1997 (o per le quali sia stata presentata comunicazione di inizio attività, nel rispetto delle norme tecniche e dei requisiti specificati all'art. 31 del D.Lgs. 22/1997) alla data di entrata in vigore del Piano, limitatamente alla durata dell'autorizzazione stessa. Tale autorizzazione può essere rinnovata fino ad esaurimento della capacità residua derivante dalla autorizzazione originaria per le discariche e fino al termine della vita tecnica per gli impianti a tecnologia complessa, previo studio di compatibilità validato dall'Autorità competente. Alla scadenza devono essere effettuate le operazioni di messa in sicurezza e ripristino del sito, così come definite all'art. 6 del suddetto decreto legislativo.

1. Fatto salvo quanto previsto dall'art. 3 ter del D.L. 12 ottobre 2000, n. 279, convertito in L. 11 dicembre 2000, n. 365, nelle aree Ee sono esclusivamente consentiti:

- ✓ gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- ✓ gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo degli edifici, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 31 della L. 5 agosto 1978, n. 457;
- ✓ gli interventi volti a mitigare la vulnerabilità degli edifici e degli impianti esistenti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo;
- ✓ gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria di opere pubbliche e di interesse pubblico e di restauro e di risanamento conservativo di beni di interesse culturale, compatibili con la normativa di tutela;
- ✓ i cambiamenti delle destinazioni culturali, purché non interessanti una fascia di ampiezza di 4 m dal ciglio della sponda ai sensi del R.D. 523/1904;
- ✓ gli interventi volti alla ricostituzione degli equilibri naturali alterati e alla eliminazione, per quanto possibile, dei fattori incompatibili di interferenza antropica;
- ✓ le opere di difesa, di sistemazione idraulica e di monitoraggio dei fenomeni;
- ✓ la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture lineari e a rete riferite a servizi pubblici essenziali non altrimenti localizzabili e relativi impianti, previo studio di compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente validato dall'Autorità.

## **11.0 INDAGINE SISMICA**

Nell'area in esame è stata eseguita una campagna sismica, con metodo MASW di tipo attivo, avente l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire dal piano campagna. Di seguito si riportano la metodologia della ricerca ed i risultati dell'indagine.

### **11.1 Metodologia d'indagine**

La MASW (*Multichannel Analysis of Seismic Waves*) è una metodologia di indagine geofisica che consente l'individuazione di frequenza, ampiezza, lunghezza d'onda e velocità di propagazione delle onde superficiali (onde di Rayleigh) generate artificialmente.

L'analisi delle onde superficiali permette la determinazione delle velocità delle onde di taglio verticali ( $V_s$ ) nei terreni al di sotto dello stendimento sismico.

L'indagine è realizzata disponendo lungo una linea retta, ad intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale una mazza battente su una piastra metallica o un cannoncino sismico, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili.

Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione ed elaborazione matematica con algoritmi capaci di minimizzare le differenze tra i modelli elaborati ed i dati di partenza

Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata dall'indagine di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e

profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume ( $V_p$ ).

Le onde di Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, producendo un movimento ellittico delle particelle durante il transito. Con i metodi di energizzazione usuali i due terzi dell'energia prodotta viene trasportata dalle onde di Rayleigh a fronte di meno un terzo suddiviso tra le rimanenti tipologie di onde.

Inoltre le onde di Rayleigh sono meno sensibili delle onde P e S alla dispersione in funzione della distanza e con un'attenuazione geometrica inferiore.

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi.

In pratica il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati tra 30 e 50 metri.

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale, infatti la massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; mentre la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di *aliasing*.

Nella campagna d'indagine del lavoro in oggetto sono stati realizzati 2 stendimenti sismici: il primo nel centro storico (piazzetta antistante il municipio) e il secondo è stato realizzato nella parte bassa del paese in area di nuova edificazione (vedasi allegato cartografico per l'esatta ubicazione)



Il primo stendimento realizzato presenta un passo tra ogni geofono di 0,8 m con punto di battuta posto a circa 2,5 m dai geofoni esterni, con una lunghezza totale di 25,00m.

Il secondo stendimento presenta un passo di 2,00m tra ogni geofono e il punto di battuta è stato posto a 10,00m dai geofoni esterni con una lunghezza totale di 68,00m.

Per ridurre il rumore di fondo e migliorare la qualità complessiva dei sismogrammi sono stati sommati più tiri.

### **11.2 Strumentazione**

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale Pasi Mod 16S-U, dotato di 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati. **(Foto 1,2, 3 e 4)**

Lo strumento è in grado di gestire l'acquisizione simultanea su 24 canali e di rilevare l'istante di energizzazione (tempo zero) tramite geofono starter.

E' inoltre equipaggiato di software in grado di gestire tutte le operazioni di campagna attraverso le seguenti fasi:

- impostazione numero canali e metodologia di indagine;
- impostazione frequenza e lunghezza di campionamento;
- selezione entità dell'amplificazione del segnale per ogni canale;
- impostazione filtraggi delle frequenze indesiderate;
- visualizzazione del sismogramma con misura dei tempi di arrivo;
- memorizzazione di tutti i dati relativi all'acquisizione.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza del peso di 8 Kg e una piastra di battuta in ferro.



**Foto 1:** MASW 1 presso piazzetta del municipio



**Foto 2:** MASW 2 presso area di nuova edificazione



**Foto 3 e 4:** strumento di registrazione e geofono

### **11.3 Elaborazione**

L'elaborazione è stata effettuata con software dedicato in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione finale

La fase iniziale consiste nel filtraggio del segnale sismico per eliminare il “rumore” ed eventuali frequenze indesiderate. Il software permette di visualizzare il sismogramma nel dominio spazio tempo e visualizzando i grafici frequenza ampiezza anche per le singole tracce.

Sono disponibili varie modalità di gestione del segnale alcune delle quali sono “passa basso”, “passa alto”, “passa banda”, ecc.

La fase successiva consiste nel calcolo della curva di dispersione, visualizzata tramite diagramma frequenza numero d'onda con appropriata scala cromatica dell'ampiezza.

Il diagramma permette di visualizzare anche l'intervallo di lunghezza d'onda acquisito e il rapporto segnale-disturbo, utile per valutare la qualità dei dati.

Utilizzando la curva di dispersione si procede ad individuare la curva della velocità di fase apparente tramite metodo manuale o semi-automatico.

La fase di inversione prevede una modellizzazione monodimensionale che consente di determinare un profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  in funzione della profondità. L'elaborazione avviene tramite l'applicazione di un procedimento di calcolo e di un algoritmo di inversione, che gestisce i parametri velocità di taglio ( $V_s$ ) e spessore degli strati.

Altri parametri previsti dal modello sono il coefficiente di Poisson e la velocità delle onde di volume ( $V_p$ ) che, assieme a spessore dei sismo strati e relative  $V_z$ , possono venire modificati anche manualmente.

Tramite interazioni successive si ottiene un modello geofisico in grado di far coincidere con la migliore approssimazione possibile la curva di dispersione elaborata nella fase precedente e quella modellizzata.



In conclusione viene restituito in diagramma delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) in funzione della profondità, con relativa tabella, calcolo delle  $V_{s30}$  e correlazione del tipo di terreno, come da normativa.

*Va ricordato che il diagramma mostra una suddivisione sismografica ricostruita sul differente comportamento sismico dei materiali investigati. E' quindi possibile che variazioni di velocità non corrispondano necessariamente a passaggi litologici netti*

#### **11.4 Risultati**

L'analisi delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismo strati e relative velocità di taglio, come riportato nella tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore  $V_{s30}$  per la sezione indagata (vedi elaborazioni grafiche nella pagina seguente)

***Il valore di  $V_{s30}$  è riferito ai primi 30,00 m a partire dal piano campagna attuale.***

Dall'interpretazione dei dati si può ricostruire la seguente situazione stratigrafica:

MASW 1 (piazzetta antistante il Municipio)

SISMOSTRATO 1: da p.c. a -2,9 m ( $V_s$  340 m/s);

SISMOSTRATO 2: da -2,9 m a -5,8m ( $V_s$  417 m/s);

SISMOSTRATO 3: da -5,8 m a -30, 0 m ( $V_s$  917 m/s);

L'elaborazione dei dati sismici rilevati ha prodotto un **valore calcolato delle  $V_{s30}$  pari a 724 m/s** facendo ricadere il substrato nella **categoria B** della normativa del 2008 e come meglio specificato nei successivi paragrafi.

MASW 2 (presso area di nuova edificazione)

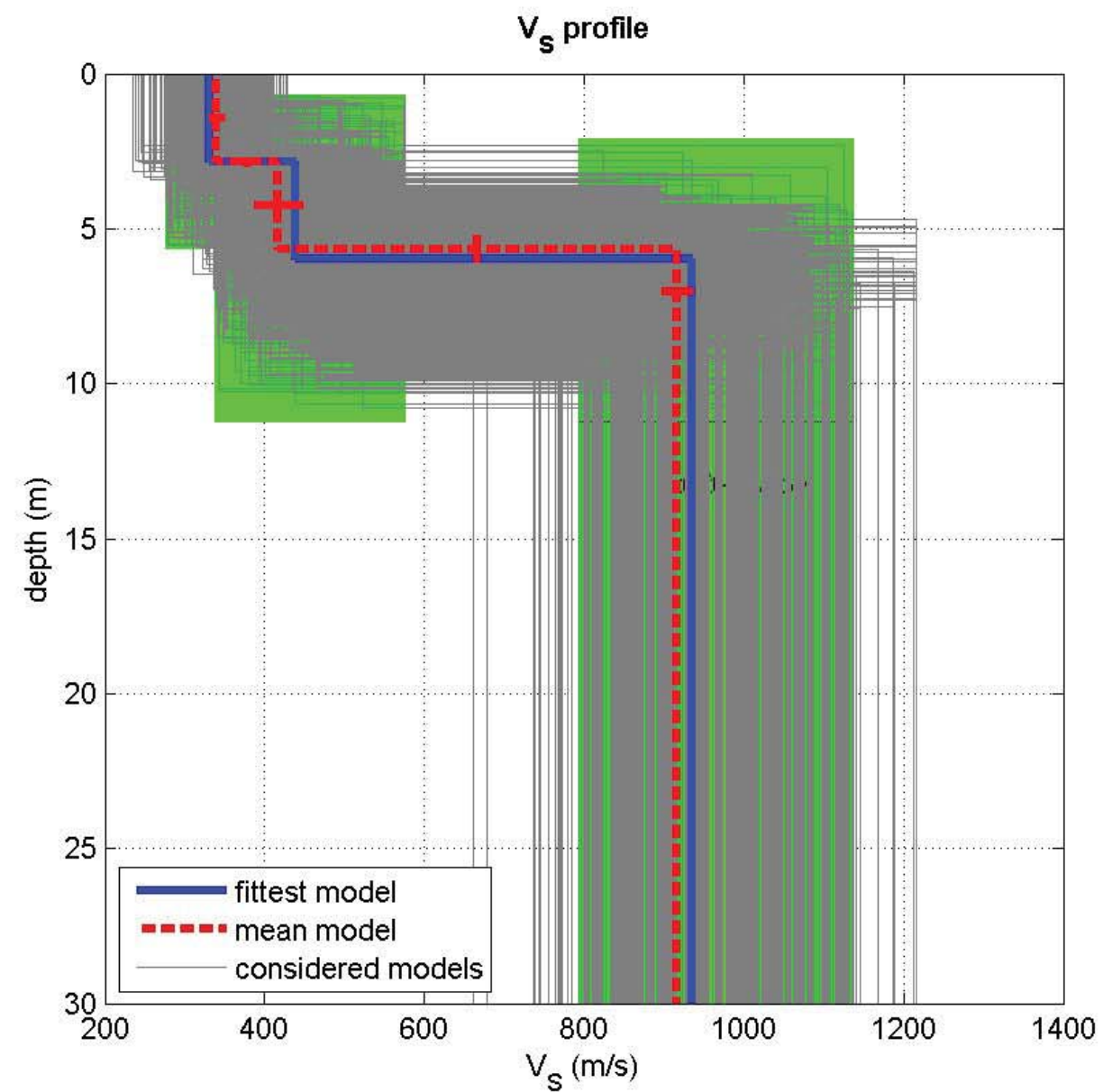
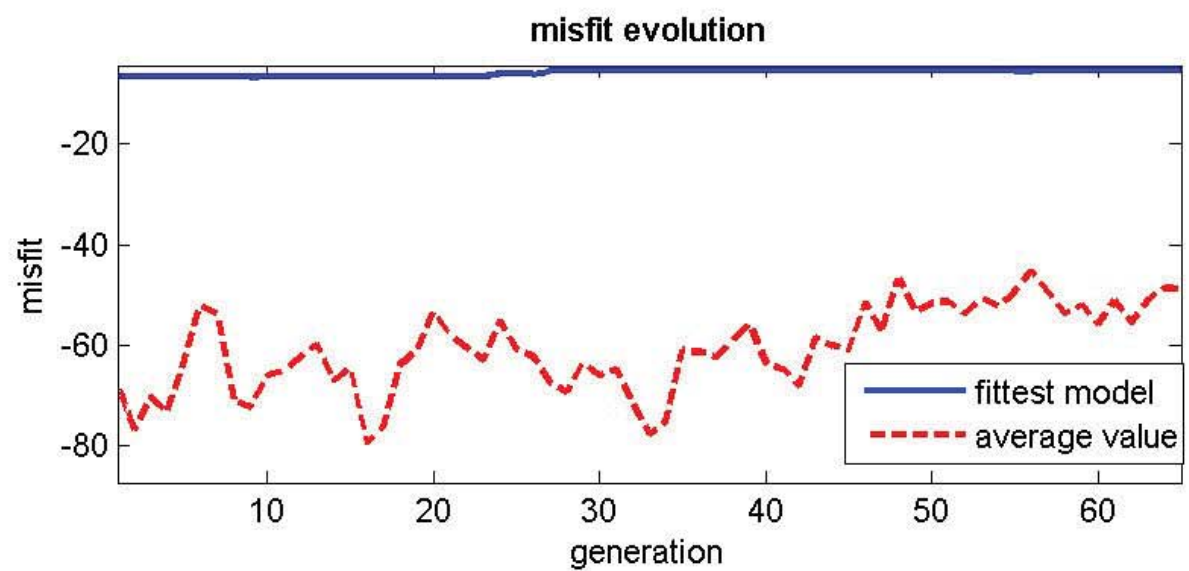
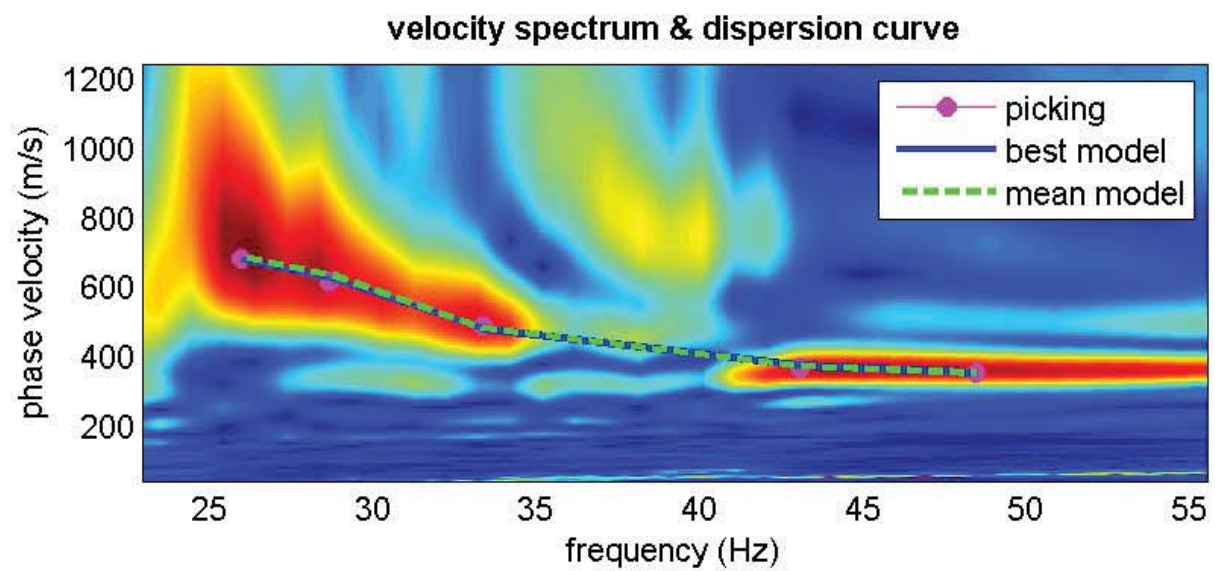
SISMOSTRATO 1: da p.c. a -3,6 m ( $V_s$  250 m/s);

SISMOSTRATO 2: da -3,6 m a -7,5m ( $V_s$  435 m/s);

SISMOSTRATO 3: da -7,5 m a -30, 0 m ( $V_s$  1607 m/s);

L'elaborazione dei dati sismici rilevati ha prodotto un **valore calcolato delle  $V_{s30}$  pari a 811 m/s** facendo ricadere il substrato nella **categoria B** della normativa del 2008 e come meglio specificato nei successivi paragrafi.

Nelle pagine seguenti si riporta l'elaborazione delle prove sismiche e la loro ubicazione su CTR.



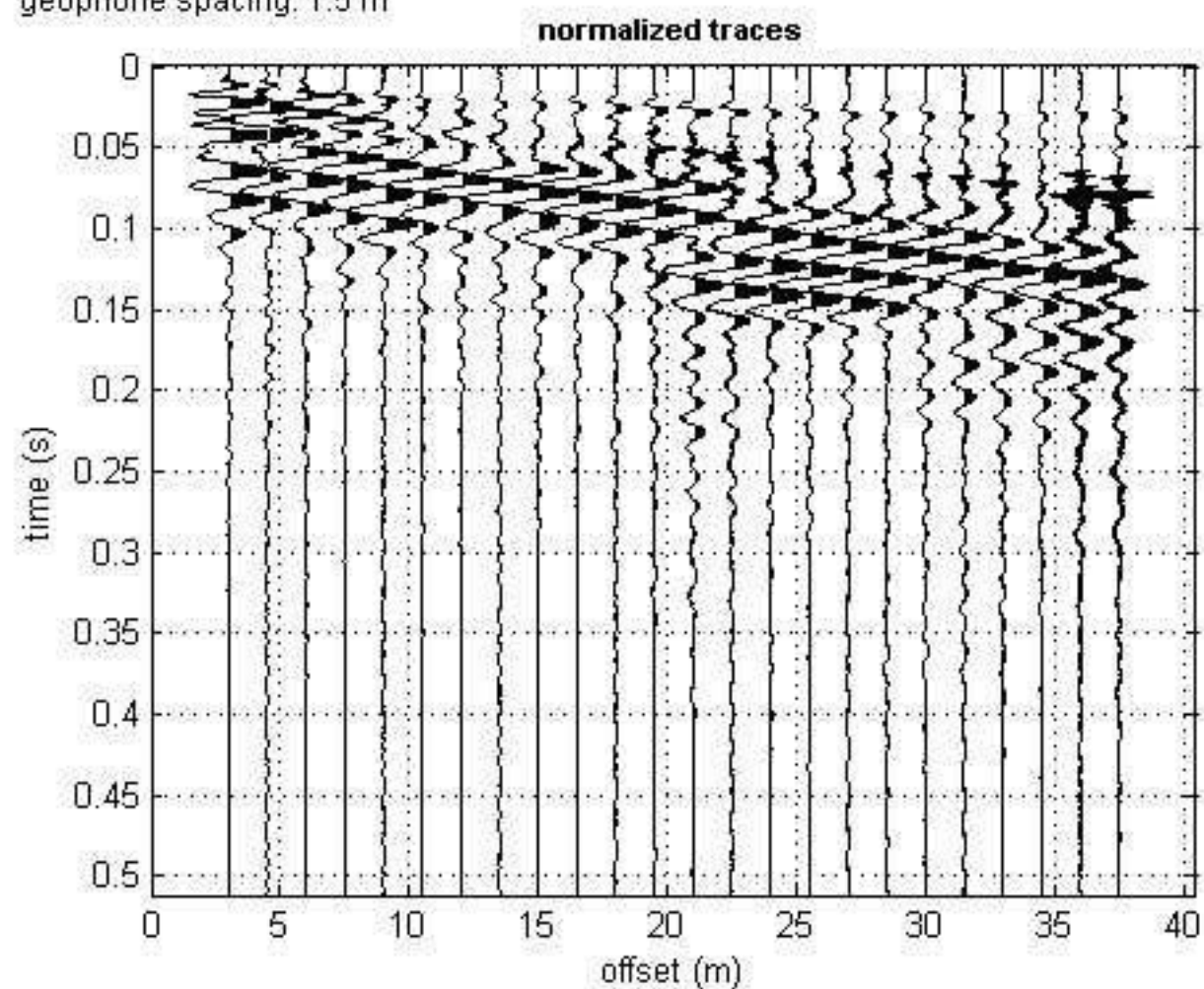
[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

dataset: CIMB1004.DAT  
 dispersion curve: cimbergo1.cdp  
 Vs30 (best model): 724 m/s  
 Vs30 (mean model): 720 m/s



### #1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: CIMB1004.DAT  
 sampling: 0.125 ms  
 minimum offset: 3 m  
 geophone spacing: 1.5 m



resampling

1

resample

accept

data selection

activate

select 60

cancel save

filtering & spectra

filter cancel

spectrum spectrogram

refraction

refraction 100

upload save

clear refraction

other tools & setting

0.511875 Time length to visualize (s) done

flip traces zero padding

### #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

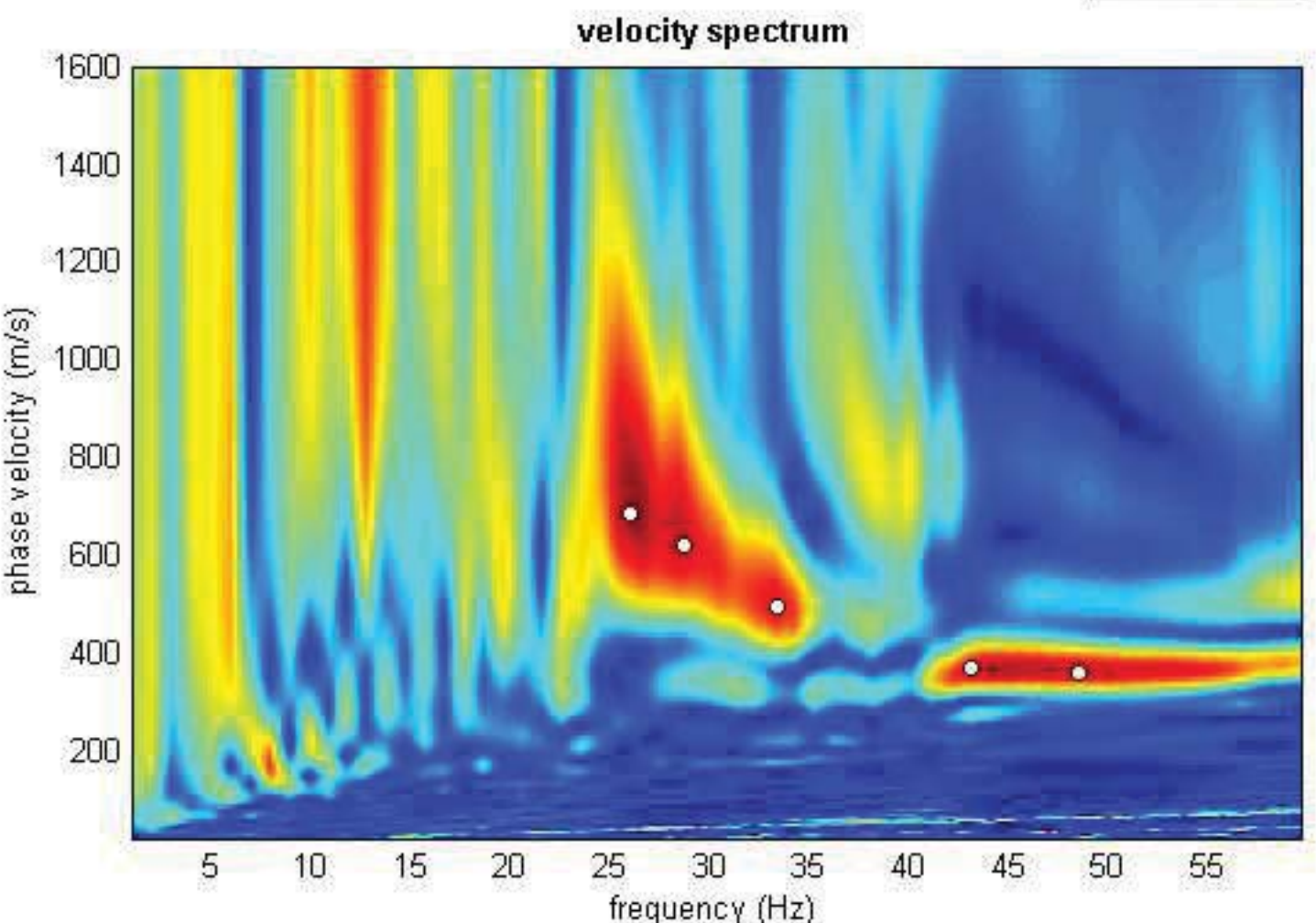
phase velocity  f-k group velocity

handling the spectra

save upload merge

explore spectrum

mode separation



modelling

about Poisson

Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
90	0.35	1
180	0.35	2
160	0.35	5
200	0.35	7
300	0.35	20
900	0.35	0
0	0.35	

calculate

upload mod.

save model

refresh

rnd models

report

synthetics

ZVF

elastic

shows DC

synthetics

general setting

Rayleigh 3 phase vel

0 Reference depth  Refraction

HVSR 4 H/V modes

visualize curves

input curve ?

picking

? show f-k

fundamental

to select the last point of the considered mode click the right button

save picking ?

cimbergo1.cdp

cancel picking

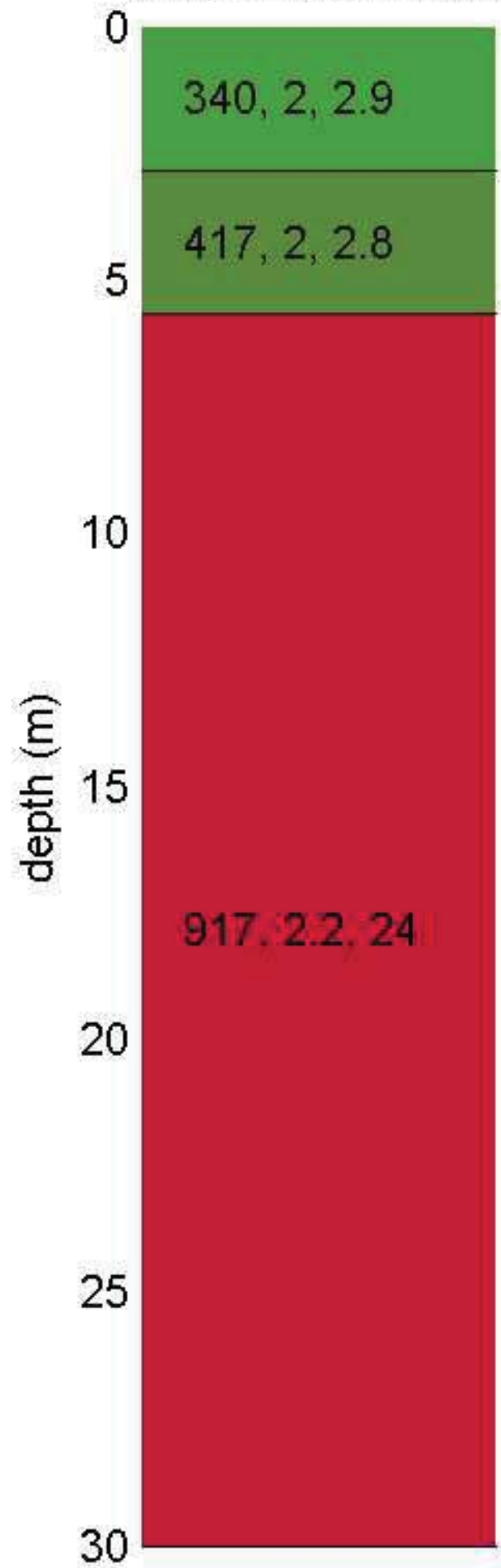
inversion

inversion

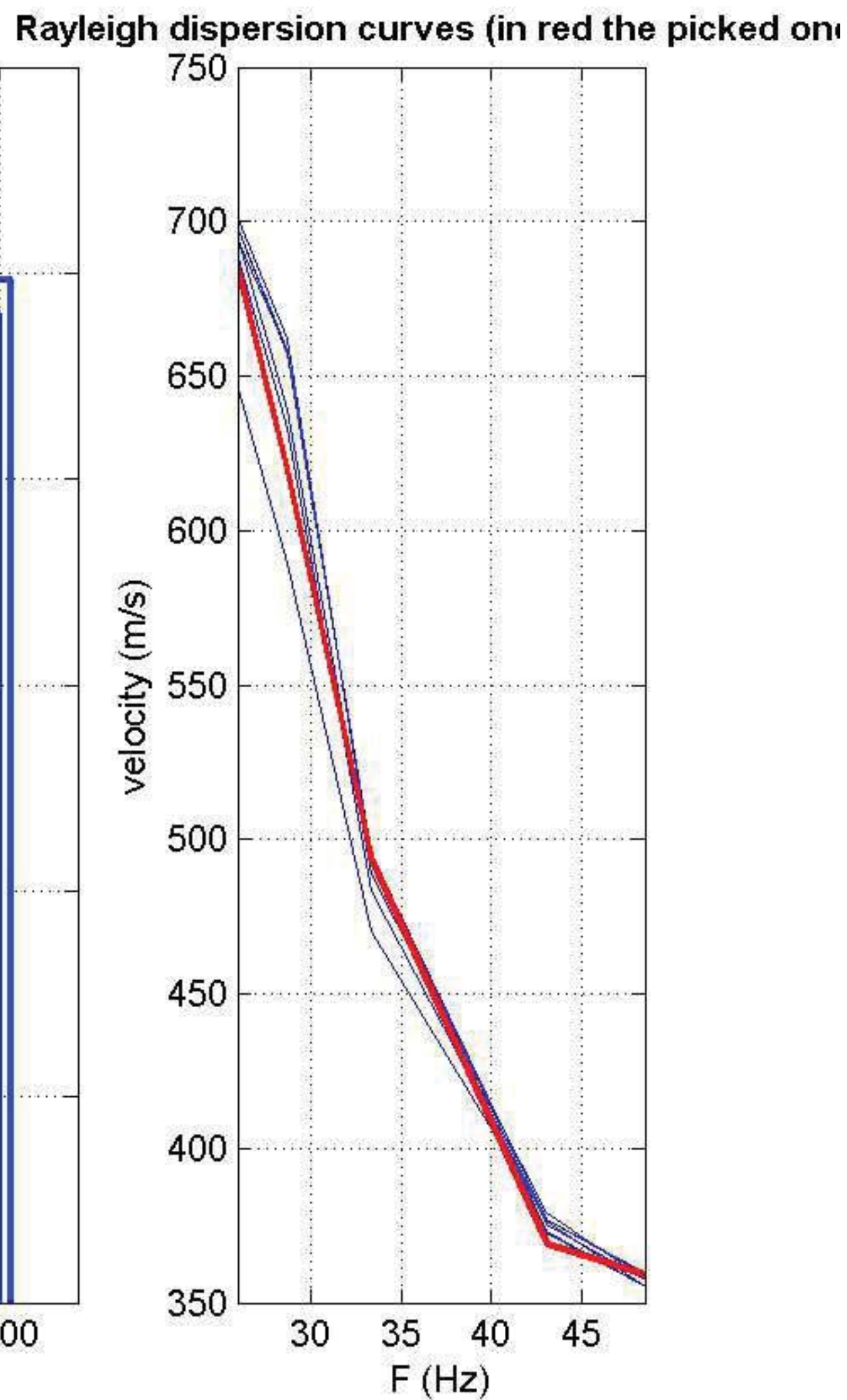
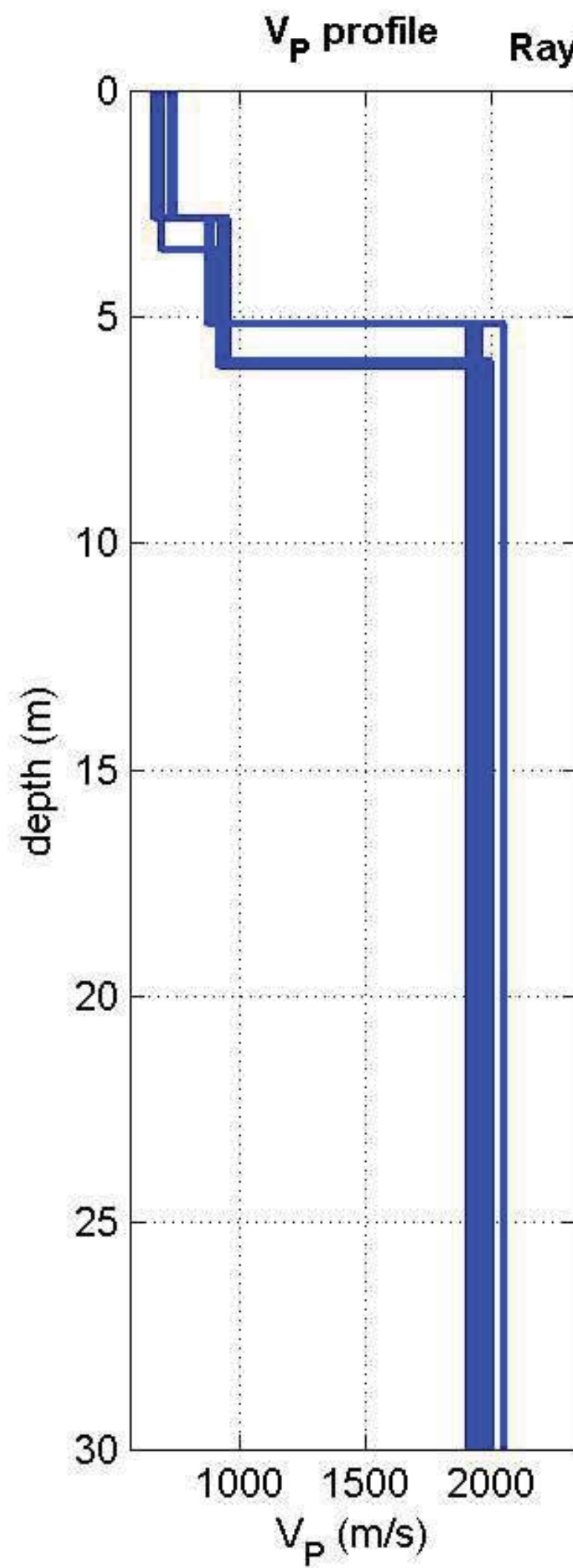
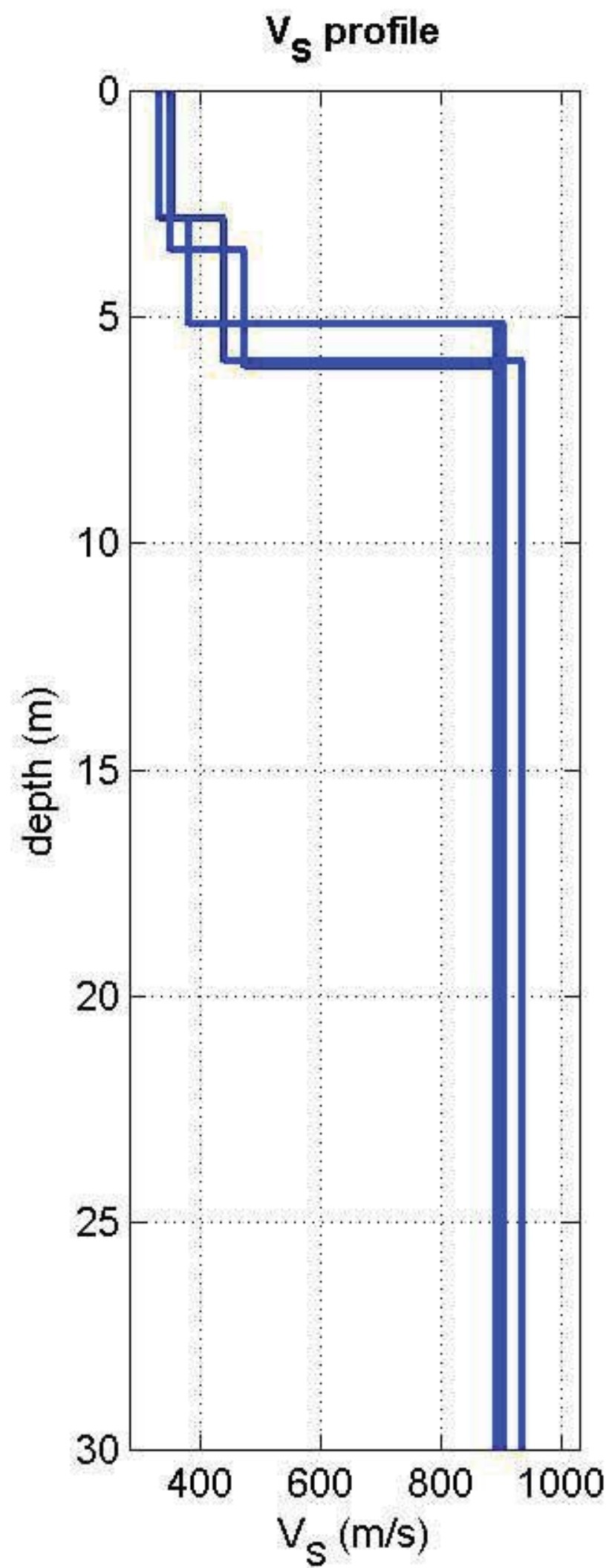
Joint DC-HV inv.

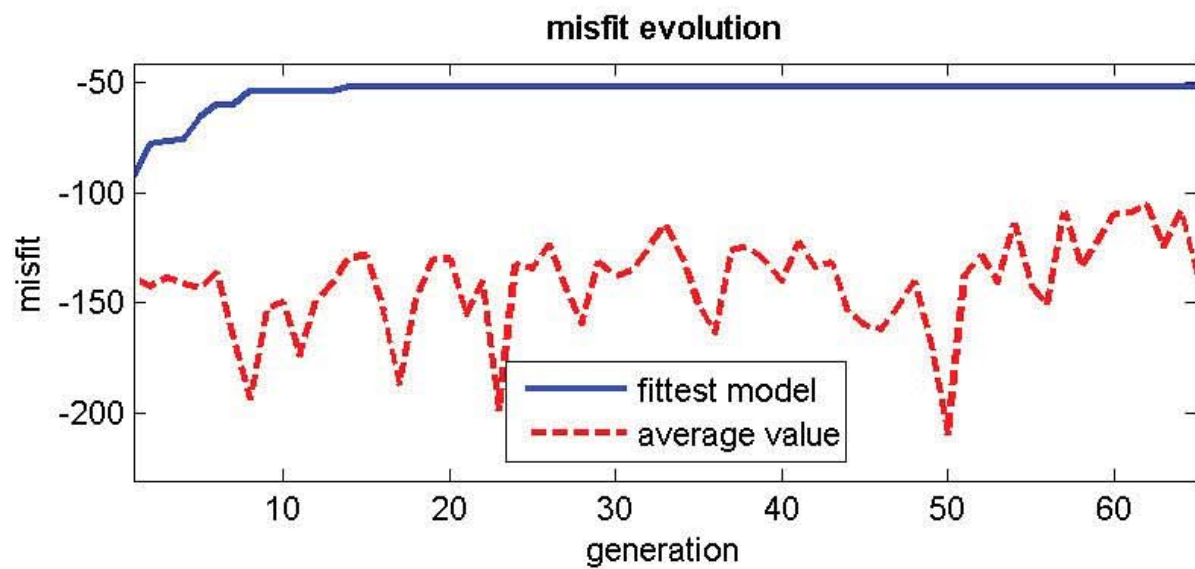
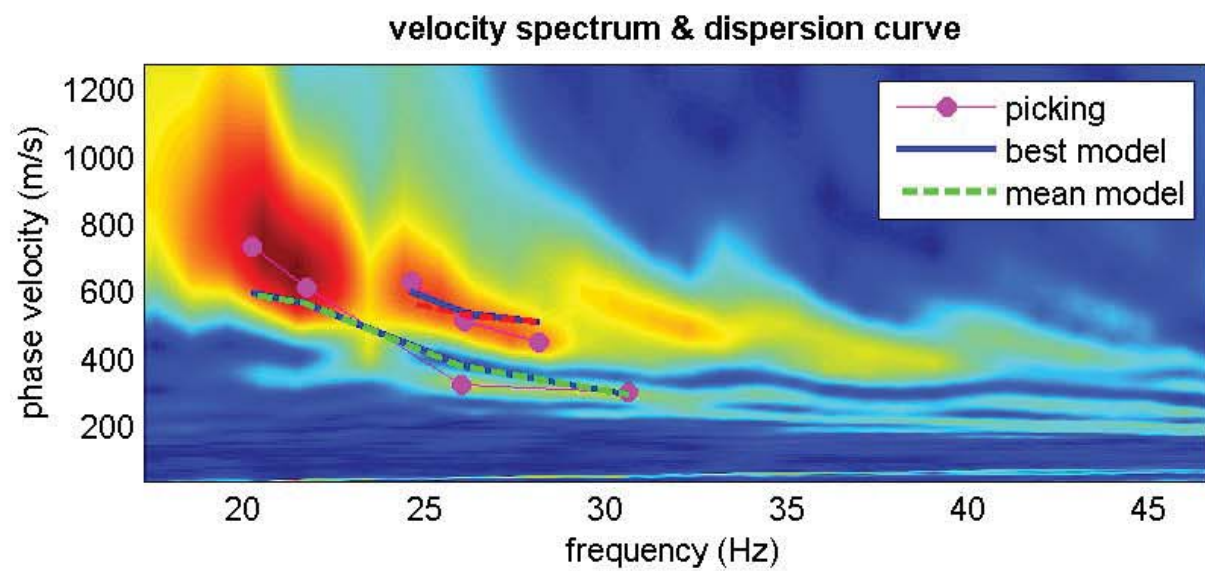


### Subsurface model

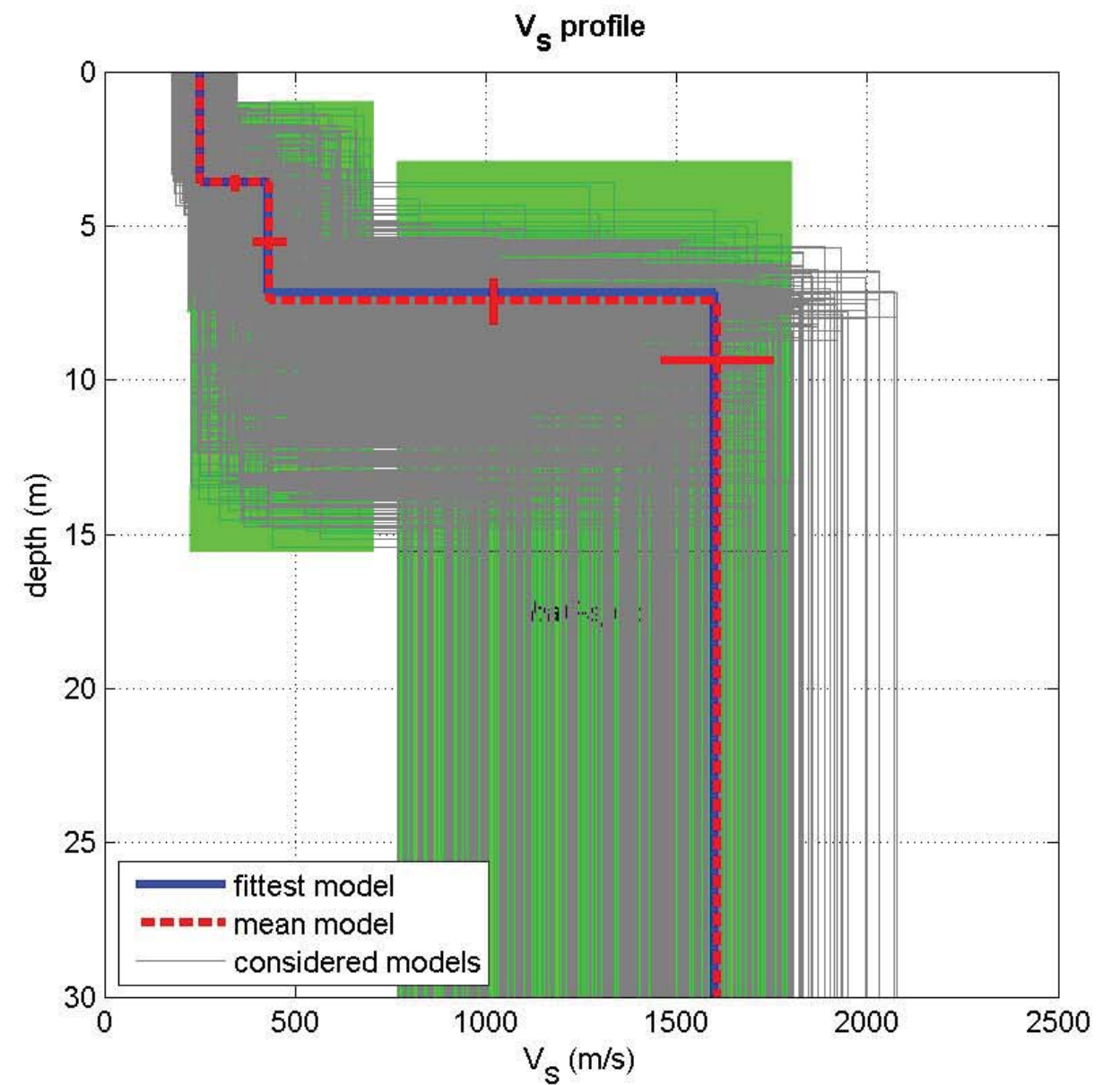


$V_s$  density thickness  
(m/s) (gr/cm<sup>3</sup>) (m)





[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

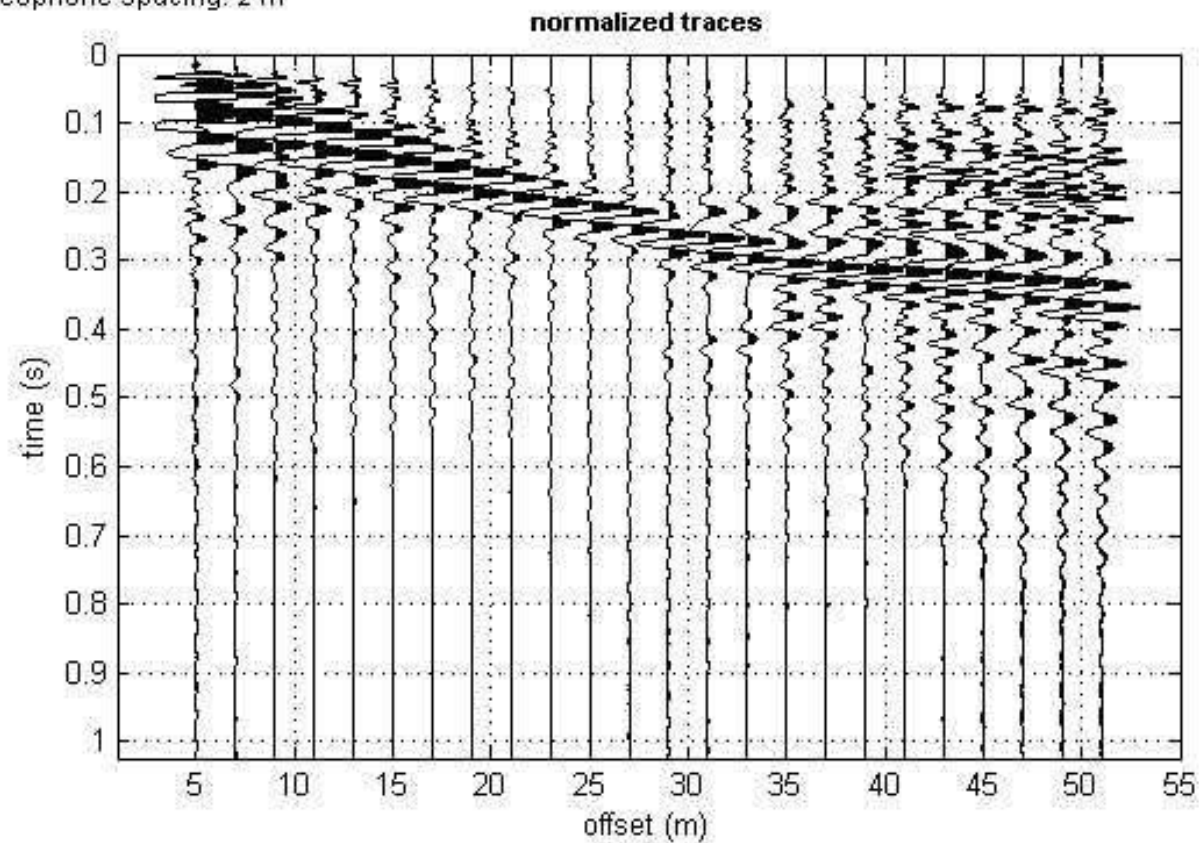


dataset: CIMB2004.DAT  
 dispersion curve: cimb02.cdp  
 Vs30 (best model): 811 m/s  
 Vs30 (mean model): 804 m/s



### #1: uploading & processing (MASW analyses)

dataset: CIMB2004.DAT  
 sampling: 0.125 ms  
 minimum offset: 5 m  
 geophone spacing: 2 m



**resampling**

1

resample

accept

**data selection**

activate

select 60

cancel save

**filtering & spectra**

filter cancel

spectrum spectrogram

**refraction**

refraction 100

upload save

clear refraction

**other tools & setting**

1.02388 Time length to visualize (s) done flip traces zero padding

### #2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW: compute velocity spectrum

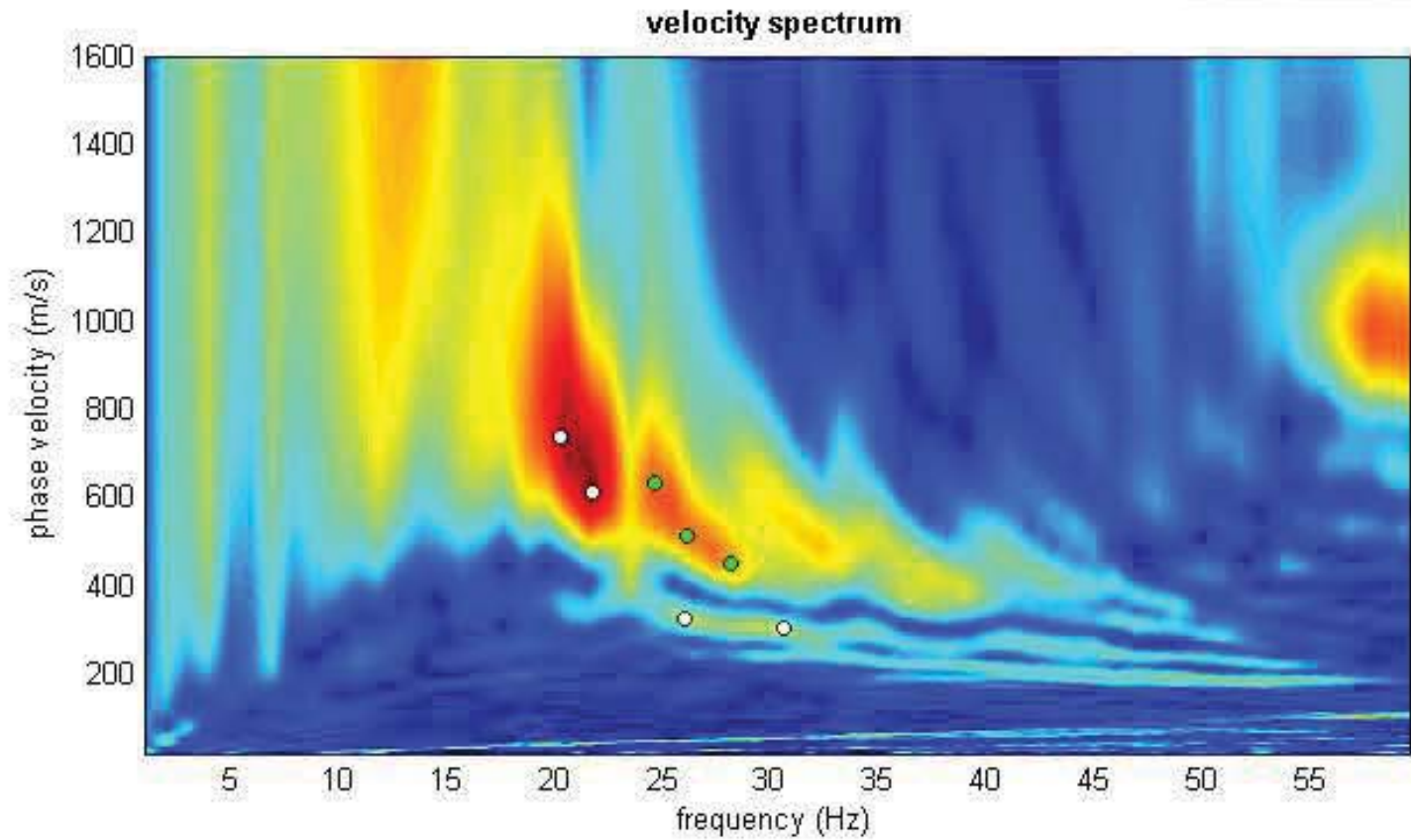
phase velocity  f-k group velocity

handling the spectra

save upload merge

explore spectrum

mode separation



**general setting**

Rayleigh 3 phase vel

0 Reference depth Refraction

HVSR 4 H/V modes

Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
90	0.35	1
180	0.35	2
160	0.35	5
200	0.35	7
300	0.35	20
900	0.35	0
0	0.35	

calculate

upload mod.

save model

refresh

rnd models

report

**modelling**

**synthetics**

ZVF

elastic

shows DC

synthetics

visualize curves

input curve ?

**picking**

? show f-k

first higher

to select the last point of the considered mode click the right button

save picking ?

cimb02.cdp

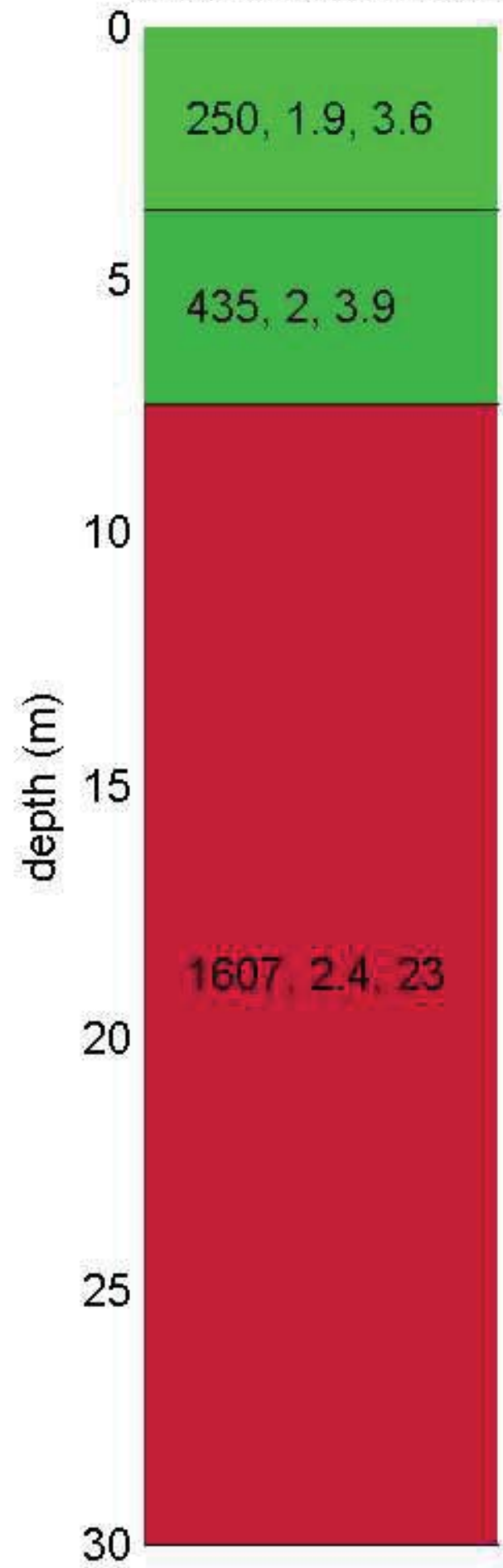
cancel picking

**inversion**

inversion

Joint DC-HV inv.

### Subsurface model

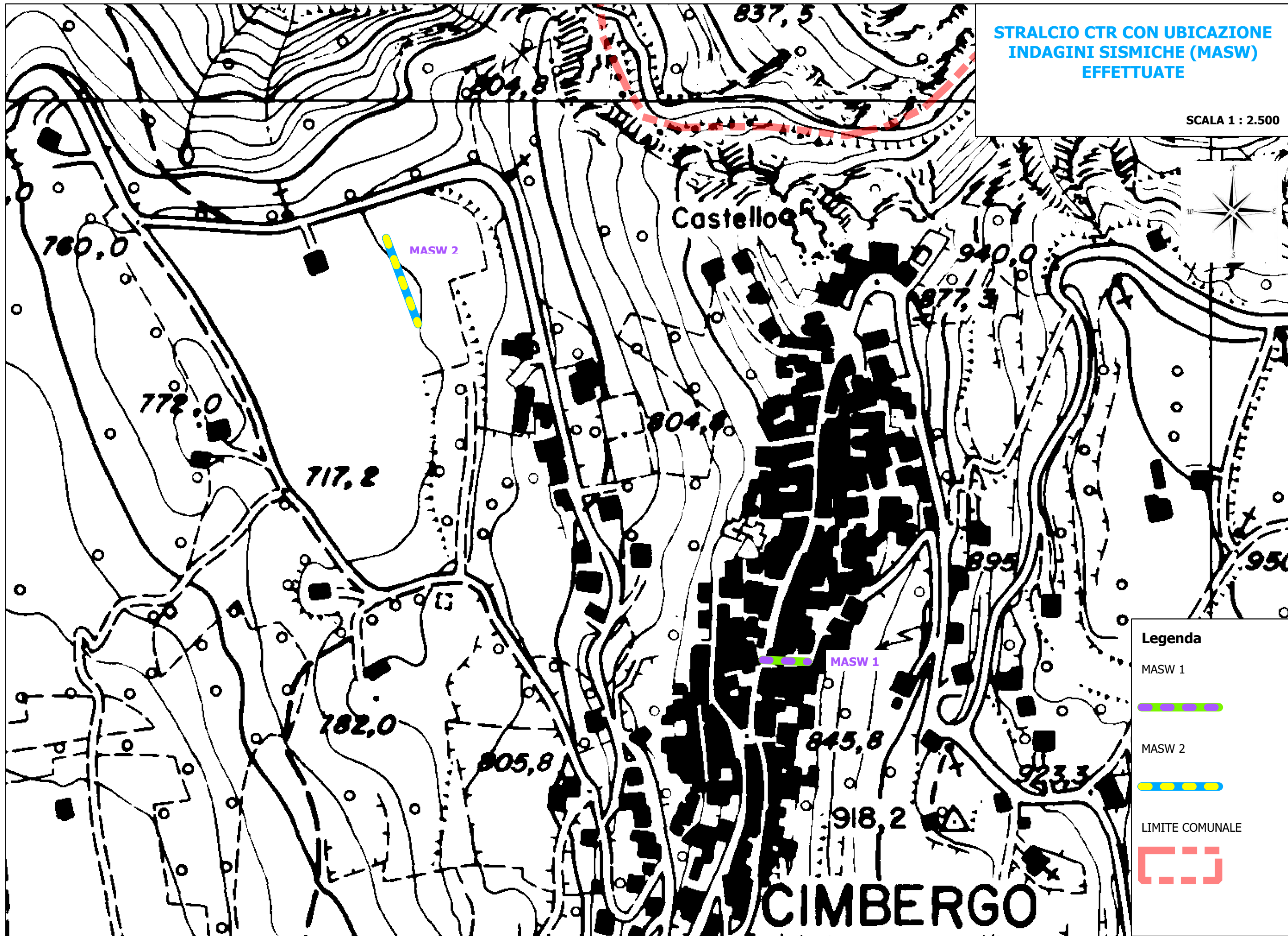


$V_s$	density	thickness
(m/s)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(m)



**STRALCIO CTR CON UBICAZIONE  
INDAGINI SISMICHE (MASW)  
EFFETTUATE**

SCALA 1 : 2.500



**Legenda**

MASW 1



MASW 2



LIMITE COMUNALE



**CIMBERGO**

## **12.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA**

### **12.1 Premessa**

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento ordinario n. 72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse.

Tale Ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica, dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento ordinario n. 159, individuando 4 zone sismiche il cui livello di pericolosità decresce progressivamente a partire dalla classe 1.

A far tempo da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia, con D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione dalla citata Ordinanza 3274/03.

In base a tale classificazione il territorio nazionale è suddiviso in zone sismiche ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  = accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A.

I valori convenzionali di  $a_g$ , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , da adottare in ciascuna zona sismica, sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il Comune di Cimbergo risulta attribuito alla zona 4 e pertanto il valore di  $a_g$  assegnato è pari a 0.05  $g$ .

Le zone sono state determinate sulla base dei valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema della tabella seguente (estratto Allegato 1 OPCM 3274):

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )
1	> 0,25
2	0,15 – 0,25
3	0,05 – 0,015
4	< 0,05

La nuova metodologia per l'analisi sismica del territorio rappresenta la principale novità introdotta dai nuovi criteri approvati con la D.G.R. 22-12-2008 n° 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. 28-05-2008 n° 8/7374. Questa innovazione tiene conto anche del D.M. 14/09/2005 "Norme tecniche sulle costruzioni" che richiede, per la definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione dell'influenza delle condizioni stratigrafiche, morfologiche e geotecniche locali mediante studi di risposta sismica locale (microzonazione).

La D.G.R. 1566/05 dedica un intero allegato, il numero 5, alle procedure per l'analisi e la valutazione degli effetti sismici di sito vista la grande rilevanza assunta dalla materia nella normativa. In particolare tale metodologia si basa su 3 livelli di approfondimento successivi:

**1° livello:** prevede l'individuazione degli scenari di pericolosità sismica locale (PSL) e la predisposizione della Carta della Pericolosità Sismica Locale.

**2° livello:** prevede la caratterizzazione semi-quantitativa del Fattore di amplificazione ( $F_a$ ) nelle aree PSL individuate con il 1° livello e confronto con i valori di riferimento.

**3° livello:** prevede la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione tramite indagini e analisi più approfondite rispetto al 2° livello.

Quindi la normativa, ed in particolare i "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio" definiscono che, per i comuni appartenenti alla **zona sismica 4**:

- è obbligatorio il 1° livello in fase pianificatoria;



- è obbligatorio il 2° livello, sempre in fase pianificatoria, nelle zone classificate nella carta di pericolosità sismica locale (PSL) come Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03);
- è necessario effettuare un'analisi di 3° livello, solo in fase progettuale, nelle aree indagate con il 2° livello quando  $F_a$  calcolato risulta maggiore del valore di soglia comunale e nelle zone di PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici.

In particolare nei territori comunali classificati come zona sismica 4 (cioè quelli che presentano il minor grado di rischio sismico e che precedentemente alla Ordinanza 3274/03 erano ritenuti non sismici), ai quali appartiene il Comune di Cimbergo, la normativa regionale prevede l'applicazione dei 3 livelli di approfondimento secondo lo schema della tabella seguente:

	livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	- nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore soglia comunale proposto dalla Regione - nelle zone PSL Z1, Z2, e Z5 per edifici strategici e rilevanti

**Tabella 11.1 – livelli di approfondimento e fasi di applicazione. Da criteri attuativi L.R. 12/05 per il Governo del Territorio, B.U.R.L. n° 13 Ed. Speciale del 28-03-2006.**

### **12.2 Azione sismica**

Le azioni sismiche di progetto in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primaria per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $\alpha_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale nonché

di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **Se (T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **P<sub>VR</sub>**.

Ai fini delle nuove NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento **P<sub>VR</sub>**, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

**a<sub>g</sub>**: accelerazione orizzontale massima al sito;

**F<sub>o</sub>**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

**T<sub>c</sub>**: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### **12.3 Valutazione della pericolosità sismica**

In base al DM 14/01/08 (Norme Tecniche Costruzioni) la struttura da realizzare è classificata di tipo 2 (opere ordinarie) e di classe d'uso II (costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) ne consegue che VN = 50anni (vita nominale della struttura) e Cu = 1,0 (coefficiente d'uso), quindi VR=VNXCu = 50anni (vita di riferimento della struttura).

In base alla localizzazione del sito ed ai vari stati limite di progettazione contemplati dalla nuova normativa si hanno i seguenti parametri sismici riportati a fine del paragrafo.

### **12.4 Categorie di sottosuolo**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto nell'O.P.C.M 3274 e nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M: Gennaio 2008) vengono definite le seguenti categorie di suolo di fondazione:

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di $V_{S30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori fino 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 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>C_U &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</b>
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_U < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $C_U < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_S > 800$ m/s).

**Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie del suolo di fondazione**

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre 2, per le quali sono richiesti studi speciali per l'azione sismica da considerare:

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < C_U < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tabella 3.2.II NTC 2008 – categorie aggiuntive di sottosuolo.**

L'area di studio ricade nella **Categoria di sottosuolo B con  $V_{s30}$  pari mediamente a 760 m/s; della tabella 3.2.11 che si caratterizza per valori di  $V_{s30}$  tra 360 e 800 m/s**. La classificazione deve comprendere il sottosuolo compreso fra il piano di posa delle fondazioni degli edifici ed un substrato rigido (definito "bedrock") di riferimento, per una profondità commisurata all'estensione ed all'importanza dell'opera. Con i termine  $V_{s30}$  si intende la velocità media di propagazione entro 30 metri di profondità delle onde di taglio e viene calcolata sulla base dell'espressione:

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

Il sito dovrà essere classificato sulla base del valore di  $V_{s30}$  (se disponibile), oppure utilizzando:

1. per i terreni a comportamento granulare: i valori di  $N_{spt}$ ;
2. per i terreni a comportamento coesivo: i valori di  $C_u$ .

### **12.5 Risposta Sismica Locale**

L'azione di eventi sismici sulle strutture è condizionata anche da condizioni locali, geologiche e geomorfologiche, che possono portare a fenomeni di amplificazione del fenomeno rispetto a quanto ci si potrebbe aspettare. Tali fattori, che si possono definire con il termine "Pericolosità sismica locale" sono da tenere in considerazione nella valutazione generale della pericolosità sismica di un'area.

Tra le prime analisi da eseguire per la valutazione della Pericolosità sismica locale riveste un ruolo primario l'identificazione delle categorie di terreno che caratterizzano una determinata area e della ricostruzione delle caratteristiche litologiche del sottosuolo.

Successivamente, un funzione delle caratteristiche del sottosuolo si distinguono due gruppi di effetti locali: quelli di sito (amplificazione sismica locale) e quelli dovuti ad instabilità.

Gli effetti di sito interessano tutti quei terreni che mostrano dei comportamenti stabili nei confronti delle sollecitazioni sismiche previste. Questi effetti si riferiscono alle modificazioni di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un “terremoto di riferimento” può subire durante l’attraversamento dell’intervallo tra il bedrock ed il piano campagna, a causa dell’interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Gli effetti di sito si possono suddividere in:

- Effetti di amplificazione topografica. Si manifestano in presenza di superfici topografiche più o meno articolate che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità delle creste dei rilievi.
- Effetti di amplificazione litologica. Tali effetti sono funzione delle variazioni litologiche locali e delle relativa differente risposta sismica all’evento di riferimento.

Gli effetti di instabilità interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile (o potenzialmente tale) nei confronti dell’azione di un sisma. Rientrano in tale categoria: i versanti in equilibrio precario soggetti al rischio di riattivazione e di neoformazione di fenomeni morfogenetici (frane), le aree interessate da strutture geologiche significative (faglie, contatti stratigrafici) e le aree con terreni aventi caratteristiche geotecniche e geomeccaniche scadenti.

### **12.6 Analisi sismica del territorio comunale**

La metodologia per la valutazione dell’amplificazione sismica locale è riportata nell’allegato 5 ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei P.G.T.”, in adempimento a quanto previsto dal D.M. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni”, dall’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, e della D.G.R. n. 14964 del 7 novembre 2003 e del D.D.U.O. n. 19904 del 21 novembre 2003.

Tale metodologia prevede tre livelli successivi di approfondimento da applicarsi in funzione della zona sismica di appartenenza del comune, dell’opera in progetto e delle caratteristiche geologiche e morfologiche dell’area.

Nel caso di Zona sismica 4, cui è attribuito il territorio comunale di Cimbergo, viene previsto come obbligatorio il 1° livello della procedura il quale prevede il riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica locale e la redazione della carta della pericolosità sismica locale (PSL), mentre il 2° livello deve essere applicato in alcune delle aree di pericolosità sismica locale individuate dal 1° livello, ma solo nel caso in cui le previsioni urbanistiche contemplino in tali aree la realizzazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03).

Poiché nell'ambito delle pianificazioni urbanistiche del P.G.T. del comune di Cimbergo non sono previste costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), ci si è quindi limitati ad applicare il 1° livello della procedura.

Nella tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti e la tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza del comune.

Zona sismica	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello Fase pianificatoria	2° livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
2- 3	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree inedificabili	Nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2
4	Obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	Nelle aree indagate con il 2° livello quando $F_a$ calcolato > valore di soglia comunale. Nelle zone PSL Z1, Z2 per edifici strategici rilevanti

***Adempimenti e tempistica in funzione della zona sismica di appartenenza***

Il 1° livello è di carattere qualitativo e permette di individuare delle zone dove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica possono essere facilmente prevedibili. In base ai dati esistenti e ai rilievi eseguiti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento, si realizza la Carta della pericolosità 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 così come sintetizzato dalla tabella di seguito riportata.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2a	<i>Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)</i>	<i>Cedimenti</i>
Z2b	<i>Zone con depositi granulari fini saturi</i>	<i>Liquefazioni</i>
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc.)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

**Tabella 11.2 – scenari di pericolosità sismica locale**

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 delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovra-consolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.).

Un secondo passaggio di analisi è la tabella 11.3 dove viene identificata la classe di pericolosità sismica da attribuire a seconda dello scenario di pericolosità sismica locale, e il livello di approfondimento da raggiungere per quando riguarda gli studi della componente sismica territoriale.

SIGLA	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	Classe 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 frana	
Z2a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z2b	Zone con depositi granulari fini saturi	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 cucuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali 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	Zone di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2 – livello di approfondimento 3°

**Tabella 11.3 – Classi di pericolosità per ogni scenario di pericolosità sismica locale. Da “Criteri attuativi L.R. 12/05 per il governo del territorio, B.U.R.L. n. 13 Edizione Speciale del 28/03/2006**



Nell'ambito del territorio comunale sono stati individuati effetti di sito o di amplificazione sismica locale riconducibili a tre gruppi distinti:

#### Effetti di instabilità

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana (Z1c). Tali zone corrispondono rispettivamente a:

- ✓ aree con substrato roccioso affiorante soggette a precedente attività estrattiva in cui sono presenti fronti rocciosi residui subverticali
- ✓ tratti di versante particolarmente acclivi incisi dai corsi d'acqua superficiali nei depositi di copertura.

In entrambi i casi si tratta di versanti in condizioni di equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) in corrispondenza dei quali 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'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

#### Effetti di amplificazione topografica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di ciglio con  $H > 10$  m (Z3a).

Lo scenario di zona di ciglio (Z3a) è caratterizzato da irregolarità con fronti di altezza (H) uguale o superiore a 10 m ed inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale uguale o superiore ai  $10^\circ$ .

In funzione della tipologia del fronte superiore si distinguono:

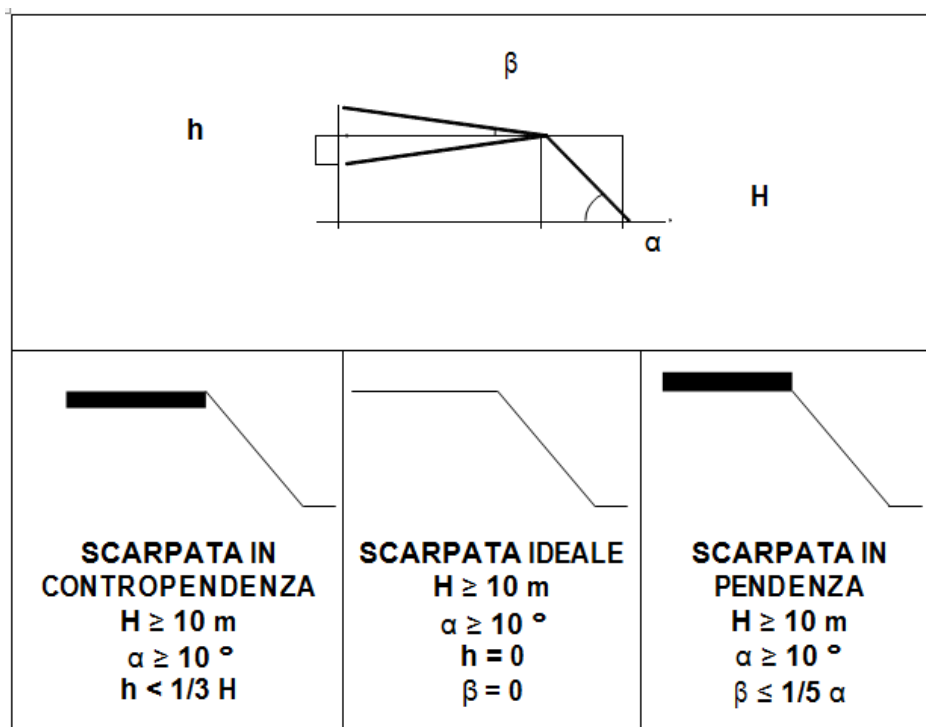
- ✓ scarpate ideali con fronte superiore orizzontale;
- ✓ scarpate in pendenza con fronte superiore inclinato nello stesso senso del fronte principale;
- ✓ scarpate in contropendenza con fronte superiore inclinato nel senso opposto a quello del fronte principale.

La misura dell'altezza  $H$  è da intendersi come distanza verticale dal piede al ciglio del fronte principale, mentre il fronte superiore è da definire come distanza tra il ciglio del fronte principale e la prima evidente irregolarità morfologica.

Sono da considerare scarpate solo quelle situazioni che presentano:

- ✓ un fronte superiore di estensione paragonabile al dislivello altimetrico massimo ( $H$ ) o comunque non inferiore ai 15-20 m;
- ✓ l'inclinazione ( $\beta$ ) del fronte superiore inferiore o uguale ad un quinto dell'inclinazione ( $\alpha$ ) del fronte principale, nel caso delle scarpate in pendenza (per  $\beta > .1/5 \alpha$  la situazione è da considerarsi pendio);
- ✓ il dislivello altimetrico minimo ( $h$ ) minore ad un terzo del dislivello altimetrico massimo ( $H$ ), nel caso di scarpate in contropendenza (per  $h \geq 1/3H$  la situazione è da considerarsi una cresta appuntita).
- ✓

Di seguito si riporta lo schema identificativo e le tipologie delle situazioni di scarpata:



Nell'ambito del territorio comunale sono individuabili cigli di scarpata prevalentemente del tipo "scarpata in pendenza" a delimitare l'orlo d'erosione dei terrazzi morenici, da parte delle acque dei corsi torrentizi e/o parzialmente di origine antropica.

#### Effetti di amplificazione litologica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, compresi le coltri loessiche (Z4c), e zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviale (Z4d).

E' stato attribuito allo scenario PSL Z4c tutto l'areale di affioramento dei depositi glaciali e fluvioglaciali (depositi eterometrici ghiaioso-sabbiosi-argillosi con presenza di trovanti rocciosi) dove questi presentano uno spessore minimo presunto di alcuni metri. Si rinvencono principalmente nel settore occidentale del territorio comunale, caratterizzato da aree pianeggianti e/o da versanti con acclività da media a ridotta. Non sono stati ricompresi quei settori dove lo spessore di tali depositi superficiali è presumibilmente molto ridotto, ovvero i tratti di versante a maggior acclività.

Nella carta della pericolosità sismica locale (PSL) sono rappresentate con:

- ✓ elementi lineari gli scenari Z3; in particolare per lo scenario Z3a si è evidenziato il ciglio della scarpata e per lo scenario Z3b le linee di cresta;
- ✓ elementi areali gli scenari Z1 e Z4.

Per gli scenari PSL individuati deriva un'assegnazione diretta alla classe di pericolosità sismica H2 per la quale, nel caso in futuro su tali aree venga prevista l'edificazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), in fase progettuale è necessario procedere al 2° livello di approfondimento ed eventualmente al 3° livello di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica locale (Tav. 4) rappresenta quindi il riferimento per l'eventuale applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

### **Analisi di Secondo Livello**

La normativa regionale prevede, per i territori classificati in zona sismica 4 come per il Comune di Cimbergo, che il secondo livello si applichi a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4). Tale approfondimento, inoltre, è obbligatorio esclusivamente nel caso in cui sia prevista la realizzazione di edifici strategici e rilevanti ai sensi del D.D.U.O. n. 19904/03, mentre è facoltà delle Amministrazioni comunali estendere tale livello di approfondimento anche al caso di altre categorie di edifici. In particolare questa valutazione discrezionale 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. Il secondo livello è di carattere semi-quantitativo e fornisce una stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa), valore che si riferisce agli intervalli di periodo (T) tra 0,1-0,5 s e 0,5-1,5 s. I due intervalli di periodo sono stati scelti in funzione delle tipologie edilizie presenti sul territorio lombardo. Tipologie caratterizzate da edifici bassi, regolari e rigidi (primo intervallo) e da edifici con strutture alte e flessibili (secondo intervallo).

La normativa fornisce alcune schede interpretative per gli effetti morfologici e per gli effetti litologici; in entrambi i casi occorre valutare in sito la velocità delle onde s ( $V_s$ ), attraverso prove dirette o indirette. Il fattore di amplificazione Fa ottenuto deve essere confrontato con un parametro di analogo significato (valore soglia) calcolato per ciascun comune, per varie categorie di terreno di fondazione e per i due intervalli di periodo, considerando una variabilità di  $\pm 0,1$  che tiene in conto la variabilità del valore di Fa ottenuto dalla procedura semplificata. Si possono presentare quindi due situazioni. La prima nel caso in cui Fa sia inferiore o uguale al valore soglia corrispondente. In questo caso la normativa regionale è considerata sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica o geometrica del sito; si applica pertanto lo spettro previsto dalla normativa e l'area rientra in classe di pericolosità H1.

La seconda nel caso in cui Fa sia superiore al valore soglia corrispondente. In quest'altro caso la normativa regionale è considerata insufficiente. Sono quindi necessarie analisi più approfondite, che dovranno essere eseguite in fase di progettazione edilizia. Queste aree andranno quindi sottoposte agli approfondimenti di 3° livello e rientrano in classe di pericolosità H2.

### **Analisi di Terzo Livello**

Il 3° livello si applica, a differenza dei precedenti, direttamente in fase progettuale, ed è finalizzato ad ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità sismica.

Per i territori ricadenti in zona sismica 4 l'analisi di 3° livello si applica, nelle aree caratterizzate da instabilità (Z1b e Z1c), da cedimenti o liquefazioni (Z2) e da comportamenti differenziali (Z5); nel caso di amplificazioni topografiche, litologiche e geometriche (Z3 e Z4), l'analisi di 3° livello viene sviluppata solo se il Fattore di amplificazione  $F_a$  risulta superiore al valore soglia calcolato. Per le zone 4 gli approfondimenti di 3° livello si applicano solo nel caso di edifici e opere strategiche o rilevanti, sociali essenziali, e di progetti che prevedono affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

Il 3° livello prevede un'analisi dettagliata quantitativa della situazione in loco e la costruzione di modelli secondo i criteri contenuti nell'Allegato 5 alla DGR 8/1566, al fine di ottimizzare, in fase di progettazione, l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità.

Gli approfondimenti di 2° e 3° livello non devono essere eseguiti in quelle aree che, per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative, siano considerate inedificabili, fermo restando tutti gli obblighi derivanti dall'applicazione di altra normativa specifica.

Nel paragrafo relativo alle norme sismiche di attuazione sono specificate le prescrizioni aggiuntive da richiedere per valutare gli effetti dell'azione sismica sulle nuove costruzioni al fine di ottemperare alla normativa sismica nazionale vigente.

#### **12.7 Condizioni topografiche**

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>
<b>T1</b>	Superficie topografica pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15 \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tabella 3.2.IV NTC 2008 – categorie topografiche.**

### **12.8 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali**

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \times S_T$$

Essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V) e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI) CC è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo.

<b>Categoria di sottosuolo</b>	<b>SS</b>	<b>CC</b>
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,20$	$1,10 \times (TC) - 0,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,50$	$1,05 \times (TC) - 0,33$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,80$	$1,25 \times (TC) - 0,50$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \times F_0 \times a_{g/g} \leq 1,60$	$1,15 \times (TC) - 0,40$

**Tabella 3.2.V NTC 2008 – espressioni di SS e CC. Amplificazione stratigrafica.**

<b>Categoria topografica</b>	<b>Ubicazione dell'opera o dell'intervento</b>	<b>ST</b>
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

**Tabella 3.2.VI NTC 2008 – valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST.**

### **12.9 Norme tecniche**

A conclusione delle analisi svolte sul territorio di Cimbergo vengono di seguito riassunte le norme sismiche di attuazione per gli interventi urbanistici, che dovranno essere recepite nelle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Governo del Territorio e che potranno essere considerate dall'Amministrazione Comunale come linee guida per gli adempimenti necessari alla progettazione antisismica.

### **12.10 Norme sismiche di attuazione**

Nel presente paragrafo sono specificate le prescrizioni aggiuntive da richiedere per valutare gli effetti dell'azione sismica sulle nuove costruzioni al fine di ottemperare alla normativa sismica nazionale vigente.

Applicando la metodologia per la valutazione dell'amplificazione sismica locale (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.") sul territorio comunale sono state individuate le aree passibili di amplificazione sismica locale applicando il 1° livello della procedura, poiché nell'ambito delle pianificazioni urbanistiche del P.G.T. non sono previste costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03).

Sono stati individuati effetti di sito o di amplificazione sismica locale riconducibili a tre gruppi distinti:

*Effetti di instabilità*

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone potenzialmente franose o esposte a rischio di frana (Z1c).

Effetti di amplificazione topografica

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di ciglio con  $H > 10$  m (Z3a).

*Effetti di amplificazione litologica*

Scenario di pericolosità sismica locale riconducibile alla presenza di zone di fondovalle con presenza di zone moreniche con presenza di depositi granulari e/o coesivi, compresi le coltri loessiche (Z4c) e di zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluviale (Z4d).

**PRESCRIZIONI E APPROFONDIMENTI DI INDAGINE**

Il territorio comunale di Cimbergo ricade in Zona Sismica 4, quindi risulta obbligatoria una progettazione antisismica solo per gli edifici e le opere strategiche e rilevanti, riportati nell'elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03 (riportato a fine paragrafo).

**EDIFICI GENERICI**

Per ogni nuovo edificio, ad esclusione degli edifici strategici e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), la normativa sismica vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi va applicato lo spettro previsto dalla normativa, previa definizione della categorie di suolo su cui sorge l'opera edilizia in progetto.

Le categorie di suolo sono quelle previste nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, in cui sono indicate cinque 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 da parametri indicati



nell'EC8, e precisamente: velocità delle onde S, numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata.

Le caratteristiche salienti delle cinque classi sono:

- A. Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
- B. Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o 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 VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata Cu > 250 kPa).
- C. Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media rigidità, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s (15 < NSPT < 50, 70 < Cu < 250 kPa).
- D. Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 < 180 m/s (NSPT < 15, Cu < 70 kPa).
- E. Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 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 VS30 > 800 m/s.

#### **EDIFICI STRATEGICI E RILEVANTI**

Per gli scenari PSL individuati sul territorio comunale, ne deriva un'assegnazione diretta alla classe di pericolosità sismica H2 per la quale, nel caso che in futuro su tali aree venga prevista l'edificazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. 14964/2003 (elenco tipologico di cui al D.D.U.O. n. 19904/03), è previsto che in fase progettuale si proceda al 2° livello di approfondimento ed eventualmente al 3° livello di approfondimento (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. "Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei P.G.T.").

- ✓ il 2° livello permetterà la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione, nell'ambito degli scenari qualitativi suscettibili di

amplificazione (zone Z3 e Z4), di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;

- ✓ il 3° livello permetterà la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata.

Pertanto, in fase di progettazione di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. n. 14964/2003, nelle aree di PLS individuate sul territorio comunale di Cimbergo e perimetrare nella Carta di pericolosità sismica locale, si dovrà procedere alla caratterizzazione preliminare semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi, approfondimento del 2° livello, fornendo la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (Fa).

Il valore ottenuto andrà confrontato con i valori di soglia del Fattore di amplificazione (Fa) attribuiti dalla normativa al comune di Cimbergo. Questi sono distinti a seconda delle categorie di suolo previste nell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e a seconda di due differenti intervalli di periodo, tra 0.1-0.5 s e tra 0.5-1.5 s, scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale. L'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide (indicativamente edifici sino a 5 piani), mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e flessibili (indicativamente edifici compresi tra 5 e 15 piani).

	VALORI DI SOGLIA DEL TERRITORIO COMUNALE PER I DIFFERENTI TIPI DI SUOLO				
PERIODO DI OSCILLAZIONE	CLASSE SISMICA	SUOLO TIPO	SUOLO TIPO	SUOLO TIPO	SUOLO TIPO
		B	C	D	E
0,1 - 0,5 sec	4	1,4	1,8	2,2	1,9
0,5 – 1,5 sec		1,7	2,4	4,1	3,0

Dal confronto tra il valore del Fattore di amplificazione (Fa) ottenuto dall'analisi di 2° livello ed il valore di soglia previsto dalla normativa si possono verificare due possibilità:

- 1) nel caso il valore di Fa calcolato risultasse inferiore o uguale al valore di soglia di riferimento del comune la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa vigente.
- 2) nel caso il valore di Fa risultasse superiore a quello indicato dalla normativa, si dovrà procedere alle indagini previste dal 3° livello di approfondimento (di cui ai Criteri attuativi della L.R. 12/05 – Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T. “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei P.G.T.”) o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa per la zona sismica superiore (nel caso di Cimbergo la zona 3).

## **ELENCO TIPOLOGIE DEGLI EDIFICI E OPERE INFRASTRUTTURALI**

**(D.D.U.O. n. 19904/03)**

### EDIFICI ED OPERE STRATEGICHE

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza regionale, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile

#### EDIFICI

- a. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Regionale (\*)
- b. Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione Provinciale (\*)
- c. Edifici destinati a sedi di Amministrazioni Comunali (\*)
- d. Edifici destinati a sedi di Comunità Montane (\*)
- e. Strutture non di competenza statale individuate come sedi di sale operative per la gestione delle emergenze (COM, COC, ecc.)
- f. Centri funzionali di Protezione Civile

- g. Edifici ed opere individuate nei piani d'emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- h. Ospedali e strutture sanitarie, anche accreditate, dotati di Pronto Soccorso o dipartimenti di emergenza, urgenza e accettazione
- i. Sedi Aziende Unità Sanitarie Locali (\*\*)
- j. Centrali operative 118

#### EDIFICI ED OPERE RILEVANTI

Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso

#### EDIFICI

- a. Asili nido e scuole, dalle materne alle superiori
- b. Strutture ricreative, sportive e culturali, locali di spettacolo e di intrattenimento in genere
- c. Edifici aperti al culto non rientranti tra quelli di cui all'allegato 1, elenco B, punto 1.3 del decreto del Capo del Dipartimento della Protezione Civile, n.3685 del 21 ottobre 2003
- d. Strutture sanitarie e/o socio-assistenziali con ospiti non autosufficienti (ospizi, orfanotrofi, ecc.)
- e. Edifici e strutture aperti al pubblico destinate alla erogazione di servizi, adibiti al commercio (\*\*\*) suscettibili di grande affollamento

**(\*)** Prioritariamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

**(\*\*)** Limitatamente gli edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

**(\*\*\*)** Il centro commerciale viene definito (D.Lgs. n.114/1998) quale una media o una grande struttura di vendita nella quale più esercizi commerciali sono inseriti in una struttura a destinazione specifica e usufruiscono di infrastrutture comuni e spazi di servizio gestiti unitariamente. In merito a questa destinazione specifica si precisa comunque che i centri commerciali possono comprendere anche pubblici esercizi e attività paracommerciali (quali servizi bancari, servizi alle persone, ecc.).

#### OPERE INFRASTRUTTURALI

- a. Punti sensibili (ponti, gallerie, tratti stradali, tratti ferroviari) situati lungo strade «strategiche» provinciali e comunali non comprese tra la «grande viabilità» di cui al citato documento del Dipartimento della Protezione Civile nonché quelle considerate «strategiche» nei piani di emergenza provinciali e comunali
- b. Stazioni di linee ferroviarie a carattere regionale (FNM, metropolitane)
- c. Porti, aeroporti ed eliporti non di competenza statale individuati nei piani di emergenza o in altre disposizioni per la gestione dell'emergenza
- d. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica
- e. Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, ecc.)
- f. Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali
- g. Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e portatile, televisione)
- h. Strutture a carattere industriale, non di competenza statale, di produzione e stoccaggio di prodotti insalubri e/o pericolosi
- i. Opere di ritenuta di competenza regionale

### **13.0 CONCLUSIONI**

Gli studi condotti e sin qui illustrati forniscono informazioni ed elementi generali sull’assetto geomorfologico, idrogeologico, idraulico e sismico del territorio comunale, comunque completi per una analisi territoriale, in riferimento alle recenti normative in materia di pianificazione territoriale. Tuttavia, per molte aree, le caratteristiche del territorio impongono un impegno maggiore che va al di là delle disposizioni di legge, per permettere di affrontare in maniera efficace le problematiche locali. Difatti, sebbene mediamente le caratteristiche tecniche dei terreni presenti sul territorio comunale siano generalmente da discrete a buone, la presenza localmente di condizioni e situazioni sfavorevoli impongono l’esecuzione di studi di dettaglio. Le condizioni sfavorevoli riscontrabili sul terreno possono essere la presenza di cigli di scarpata e/o di versanti a scarsa stabilità potenziale per l’elevata acclività, presenza di terreni con caratteristiche geotecniche scadenti, contatti stratigrafici tra terreni a litologia e caratteristiche differenti, presenza di accumuli di terreni di riporto, etc.

Per qualsiasi area presa in considerazione, l’esame e l’incrocio delle tre carte, geologico-strutturale, idrogeologica e geomorfologica, associato a quella di sintesi e della pericolosità sismica locale, permette una sua valutazione preliminare per quanto attiene il rischio geologico ed idrogeologico, rischio che, logicamente, cresce nella misura in cui si sovrappongono nella stessa area più elementi di rischio/pericolosità e che, in funzione della sua importanza, richiede livelli di attenzione sempre crescenti.

Dott Geol. Fausto Franzoni



Dott. Geol. Davide Lombardi

