

COMUNE DI FANANO Provincia di Modena

# VARIANTE PIANO REGOLATORE GENERALE

Comune di Fanano art. 15 L.R. 47/78 e s.m.

REDATTORI : Arch. Giovanni Cerfogli con la collaborazione di Geom. Andrea Muzzarelli



## RELAZIONE GEOLOGICA

APRILE 2014

Studio di Geologia Applicata Dott Geol Daniele Sargenti

Fanano tel 3357245004 e-mail danielesargenti@tiscali.it

con la collaborazione di dott.ssa Sara Sargenti

|       |                                                                                                  |    |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1     | PREMESSA.....                                                                                    | 1  |
| 2     | RIFERIMENTO NORMATIVO .....                                                                      | 1  |
| 3     | LOCALIZZAZIONE DELLE ZONE E DELLE AREE.....                                                      | 1  |
| 3.1   | UBICAZIONE CARTOGRAFICA GENERALE .....                                                           | 1  |
| 3.2   | ORGANIZZAZIONE CARTOGRAFIA D'ANALISI.....                                                        | 2  |
| 4     | METODOLOGIA DI LAVORO .....                                                                      | 4  |
| 4.1   | IN GENERALE .....                                                                                | 4  |
| 4.2   | INDAGINI SISMICHE – STRUMENTI E METODOLOGIA.....                                                 | 4  |
| 4.2.1 | CARATTERISTICHE ATTREZZATURA .....                                                               | 4  |
| 4.2.2 | METODOLOGIA D'INDAGINE MASW .....                                                                | 4  |
| 4.2.3 | INDAGINE SISMICA MICROTREMORI.....                                                               | 8  |
| 4.3   | PROVE GEOTECNICHE.....                                                                           | 9  |
| 5     | ZONAZIONE SISMOGENETICA e SISMICITÀ STORICA .....                                                | 10 |
| 6     | MICROZONAZIONE SISMICA DELLE AREE IN ANALISI - METODOLOGIA .....                                 | 17 |
| 6.1   | QUADRO DI RIFERIMENTO .....                                                                      | 17 |
| 6.2   | Classificazione delle aree e dei livelli di approfondimento richiesti.....                       | 19 |
| 7     | Zona A – CARATTERI GENERALI .....                                                                | 22 |
| 7.1   | ZONA A - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI .....                                               | 22 |
| 7.2   | ZONA A - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI .....                                          | 24 |
| 7.2.1 | Zona A - Geomorfologia e depositi continentali quaternari.....                                   | 24 |
| 7.2.2 | Zona A - Ricerca storico-documentale e cartografica .....                                        | 25 |
| 7.2.3 | Zona A - Fattori antropici .....                                                                 | 25 |
| 7.2.4 | Zona A – Sicurezza del Territorio: Rischio da frana: Carta del dissesto.....                     | 25 |
| 7.3   | ZONA A – PERICOLOSITÀ SISMICA di base.....                                                       | 27 |
| 7.3.1 | Zona A – Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali .....    | 27 |
| 8     | Zona A - INDAGINI GEOGNOSTICHE.....                                                              | 29 |
| 8.1   | Zona A - Sondaggi diretti a rotazione o attraverso scavi.....                                    | 29 |
| 8.1.1 | Zona A - Stratigrafie.....                                                                       | 29 |
| 8.1.2 | Zona A - Prove SPT in foro.....                                                                  | 29 |
| 8.1.3 | Zona A - Piezometri .....                                                                        | 29 |
| 8.1.4 | Zona A - Inclinatori .....                                                                       | 29 |
| 8.2   | ZONA A - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE.....                                                    | 31 |
| 8.2.1 | AREA A1 - PROVA DL1.....                                                                         | 31 |
| 8.2.2 | AREA A2 - PROVA DL1.....                                                                         | 32 |
| 8.2.3 | AREA A2 - PROVA DL2.....                                                                         | 33 |
| 8.3   | ZONA A - INDAGINE GEOFISICA - PROVE SISMICHE VS <sub>30</sub> CON METODO MASW e MISURE HVSR..... | 35 |
| 8.3.1 | AREA A1 – MASW e MISURE HVSR.....                                                                | 35 |
| 8.3.2 | AREA A1 – RISULTATI INDAGINE MASW .....                                                          | 36 |
| 8.3.3 | AREA A1 – RISULTATI MISURA HVSR .....                                                            | 37 |
| 8.3.4 | AREA A2 – MASW e MISURA HVSR .....                                                               | 39 |
| 8.3.5 | AREA A2 – RISULTATI INDAGINE MASW .....                                                          | 40 |
| 8.3.6 | AREA A2 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                             | 41 |
| 9     | Zona A - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E SISMICA LOCALE.....                                       | 43 |
| 9.1   | ZONA A - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO .....                                   | 43 |
| 9.1.1 | AREA A1.....                                                                                     | 43 |
| 9.1.2 | AREA A2.....                                                                                     | 44 |
| 9.2   | ZONA A - PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE .....                                          | 45 |
| 9.3   | ZONA A - MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                             | 46 |
| 9.3.1 | EFFETTI DI SITO.....                                                                             | 46 |
| 9.3.2 | AREA A1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....                | 47 |
| 9.3.3 | AREA A1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....                | 48 |
| 9.3.4 | AREA A1 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....      | 49 |
| 9.3.5 | AREA A1 – MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                            | 50 |
| 9.3.6 | AREA A2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....                | 51 |

|        |                                                                                              |     |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.3.7  | AREA A2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....            | 52  |
| 9.3.8  | AREA A2 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.....       | 53  |
| 9.3.9  | AREA A2 – MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                        | 54  |
| 10     | Zona B – CARATTERI GENERALI .....                                                            | 57  |
| 10.1   | ZONA B - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI .....                                           | 57  |
| 10.2   | ZONA B - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI .....                                      | 61  |
| 10.2.1 | Zona B - Geomorfologia e depositi continentali quaternari.....                               | 61  |
| 10.2.2 | Zona B - Ricerca storico-documentale e cartografica.....                                     | 61  |
| 10.2.3 | Zona B – Sicurezza del Territorio: Rischio da frana: Carta del dissesto .....                | 61  |
| 10.3   | ZONA B – PERICOLOSITÀ SISMICA di base.....                                                   | 63  |
| 10.3.1 | Zona B – Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali..... | 63  |
| 11     | Zona B - INDAGINI GEOGNOSTICHE .....                                                         | 65  |
| 11.1   | AREA B1 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 68  |
| 11.1.1 | AREA B1 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 69  |
| 11.1.2 | AREA B1 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 70  |
| 11.1.3 | AREA B1 - PROVA DL1.....                                                                     | 72  |
| 11.2   | AREA B2 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 74  |
| 11.2.1 | AREA B2 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 75  |
| 11.2.2 | AREA B2 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 76  |
| 11.2.3 | AREA B2 - PROVA DL1.....                                                                     | 78  |
| 11.3   | AREA B3 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 79  |
| 11.3.1 | AREA B3 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 80  |
| 11.3.2 | AREA B3 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 81  |
| 11.3.3 | AREA B3 - PROVA DPL.....                                                                     | 83  |
| 11.4   | AREA B4 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 84  |
| 11.4.1 | AREA B4 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 85  |
| 11.4.2 | AREA B4 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 86  |
| 11.4.3 | AREA B4 - PROVA DPL.....                                                                     | 88  |
| 11.5   | AREA B5 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 89  |
| 11.5.1 | AREA B5 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 90  |
| 11.5.2 | AREA B5 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 91  |
| 11.5.3 | AREA B5 - PROVA DPL.....                                                                     | 93  |
| 11.6   | AREA B6 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 95  |
| 11.6.1 | AREA B6 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 96  |
| 11.6.2 | AREA B6 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 97  |
| 11.7   | AREA B7 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 99  |
| 11.7.1 | AREA B7 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 100 |
| 11.7.2 | AREA B7 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 101 |
| 11.7.3 | AREA B7 - PROVA DPL.....                                                                     | 103 |
| 11.8   | AREA B8 – MASW e MISURA HVSR.....                                                            | 104 |
| 11.8.1 | AREA B8 – RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                       | 105 |
| 11.8.2 | AREA B8 – RISULTATI MISURA HVSR.....                                                         | 106 |
| 12     | Zona B - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE .....                           | 108 |
| 12.1   | ZONA B - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO .....                               | 108 |
| 12.1.1 | AREA B1 .....                                                                                | 109 |
| 12.1.2 | AREA B2 .....                                                                                | 112 |
| 12.1.3 | AREA B3 .....                                                                                | 113 |
| 12.1.4 | AREA B4 .....                                                                                | 114 |
| 12.1.5 | AREA B5 .....                                                                                | 116 |
| 12.1.6 | AREA B6 .....                                                                                | 117 |
| 12.1.7 | AREA B7 .....                                                                                | 118 |
| 12.1.8 | AREA B8 .....                                                                                | 119 |
| 12.2   | ZONA B - PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA PRELIMINARE .....                                    | 121 |
| 12.3   | ZONA B - MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                         | 121 |

|         |                                                                                                |     |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.3.1  | EFFETTI DI SITO .....                                                                          | 122 |
| 12.3.2  | AREA B1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 123 |
| 12.3.3  | AREA B1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 124 |
| 12.3.4  | AREA B1 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....      | 125 |
| 12.3.5  | AREA B1 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 126 |
| 12.3.6  | AREA B2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 127 |
| 12.3.7  | AREA B2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 128 |
| 12.3.8  | AREA B2 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....     | 129 |
| 12.3.9  | AREA B2 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 130 |
| 12.3.10 | AREA B3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 131 |
| 12.3.11 | AREA B3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 132 |
| 12.3.12 | AREA B3 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....     | 133 |
| 12.3.13 | AREA B3 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 134 |
| 12.3.14 | AREA B4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 135 |
| 12.3.15 | AREA B4 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 136 |
| 12.3.16 | AREA B4 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....    | 137 |
| 12.3.17 | AREA B4 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 138 |
| 12.3.18 | AREA B5 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 139 |
| 12.3.19 | AREA B5 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 140 |
| 12.3.20 | AREA B5 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....    | 141 |
| 12.3.21 | AREA B5 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 142 |
| 12.3.22 | AREA B6 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 143 |
| 12.3.23 | AREA B6 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 144 |
| 12.3.24 | AREA B6 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....    | 145 |
| 12.3.25 | AREA B6 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 146 |
| 12.3.26 | AREA B7 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 147 |
| 12.3.27 | AREA B7 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 148 |
| 12.3.28 | AREA B7 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....    | 149 |
| 12.3.29 | AREA B7 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 150 |
| 12.3.30 | AREA B8 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014.....              | 151 |
| 12.3.31 | AREA B8 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014 .....             | 152 |
| 12.3.32 | AREA B8 - ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....    | 153 |
| 12.3.33 | AREA B8 - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                         | 154 |
| 13      | Zona C - INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....                                                         | 157 |
| 13.1    | ZONA C - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI .....                                             | 157 |
| 13.2    | ZONA C - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI .....                                        | 160 |
| 13.2.1  | Zona C - Geomorfologia e depositi continentali quaternari.....                                 | 160 |
| 13.3    | ZONA C - PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE .....                                                   | 163 |
| 13.3.1  | Zona C - Sicurezza del Territorio : Rischio sismico : Aree suscettibili di effetti locali..... | 163 |
| 14      | Zona C - INDAGINI GEOGNOSTICHE .....                                                           | 165 |
| 14.1    | AREA C1 - MASW E MISURA HVSR.....                                                              | 167 |
| 14.1.1  | AREA C1 - RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                         | 167 |
| 14.1.2  | AREA C1 - PROVE PENETROMETRICHE PESANTI DPH.....                                               | 168 |
| 14.2    | AREA C2 - MASW e MISURA HVSR.....                                                              | 171 |
| 14.2.1  | AREA C2 - RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                         | 172 |
| 14.2.2  | AREA C2 - RISULTATI MISURA HVSR.....                                                           | 173 |
| 14.2.3  | AREA C2 - PROVA DPL.....                                                                       | 175 |
| 14.3    | AREA C3 - MASW e MISURA HVSR.....                                                              | 176 |
| 14.3.1  | AREA C3 - RISULTATI INDAGINE MASW.....                                                         | 177 |
| 14.3.2  | AREA C3 - RISULTATI MISURA HVSR.....                                                           | 178 |
| 14.3.3  | AREA C3 - PROVA DPL.....                                                                       | 180 |
| 15      | Zona C - CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA LOCALE .....                             | 182 |
| 15.1    | Zona C - Aspetti geologici e geomorfologici di dettaglio.....                                  | 182 |
| 15.1.1  | AREA C1 .....                                                                                  | 182 |

|         |                                                                                             |     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.2    | AREA C2.....                                                                                | 183 |
| 15.3    | AREA C3.....                                                                                | 184 |
| 15.4    | Zona C - Parametrizzazione geomeccanica preliminare .....                                   | 185 |
| 15.5    | ZONA C - MICROZONAZIONE SISMICA .....                                                       | 186 |
| 15.5.1  | EFFETTI DI SITO .....                                                                       | 186 |
| 15.5.2  | AREA C1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014 .....          | 187 |
| 15.5.3  | AREA C1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....           | 188 |
| 15.5.4  | AREA C1 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. .... | 189 |
| 15.5.5  | AREA C1 – MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                       | 190 |
| 15.5.6  | AREA C2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014 .....          | 191 |
| 15.5.7  | AREA C2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO– NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....            | 192 |
| 15.5.8  | AREA C2 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. .... | 193 |
| 15.5.9  | AREA C2 – MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                       | 194 |
| 15.5.10 | AREA C3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014.....           | 195 |
| 15.5.11 | AREA C3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014 .....          | 196 |
| 15.5.12 | AREA C3 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A. ....     | 197 |
| 15.5.13 | AREA C3 – MICROZONAZIONE SISMICA.....                                                       | 198 |
| 16      | SCHEDA DI SINTESI.....                                                                      | 199 |
| 16.1    | AREA A1 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 199 |
| 16.2    | AREA A2 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 199 |
| 16.3    | AREA B1 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 200 |
| 16.4    | AREA B2 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 200 |
| 16.5    | AREA B3 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 201 |
| 16.6    | AREA B4 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 201 |
| 16.7    | AREA B5 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 202 |
| 16.8    | AREA B6 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 202 |
| 16.9    | AREA B7 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 203 |
| 16.10   | AREA B8 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 203 |
| 16.11   | AREA C1 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 204 |
| 16.12   | AREA C2 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 204 |
| 16.13   | AREA C3 - SCHEDA DI SINTESI.....                                                            | 205 |
| 17      | CONCLUSIONI .....                                                                           | 206 |

## 1 PREMESSA

La presente viene redatta per conto del Comune di Fanano, e ha per oggetto l'analisi degli aspetti geologici di 13 aree individuate sullo stesso territorio all'interno della VARIANTE al PIANO REGOLATORE GENERALE (art. 15 L.R. 47/78 e succ. mod.) e la verifica della compatibilità delle previsioni urbanistiche con il quadro ambientale di competenza.

In particolare il Piano è volto alla valutazione delle condizioni di sicurezza del territorio anche finalizzata alla riduzione del rischio sismico delle aree in analisi.

Le aree proposte corrispondono da una parte ai limiti imposti al PRG di non interessare terreni vincolati dal PTCP e dall'altra alla "filosofia" di questa Variante che premia piccoli interventi (piccole superfici) che corrispondono a volontà dei cittadini di valorizzare le proprietà in un'ottica di presidio territoriale. Le superfici proposte costituiscono dunque già una cernita importante in materia di dissesto.

## 2 RIFERIMENTO NORMATIVO

- DM MIN LL.PP. 11 mar 1988 e s.m.e.i.
- Circ LL.PP. 24 set 1988 n. 3048311
- *Assemblea legislativa della Regione Emilia-Romagna 68^ seduta della VIII Legislatura* Progr. n. 112 : Estratto dal resoconto integrale della seduta pomeridiana del 2 maggio 2007
- DM 14 gennaio 2008
- "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – istruzioni per l'applicazione delle norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14.01.2008. Circolare 2 febbraio 2009
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale 2009
- Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 1302 (DGR 1302/2012),

## 3 LOCALIZZAZIONE DELLE ZONE E DELLE AREE

### 3.1 UBICAZIONE CARTOGRAFICA GENERALE

Cartografia IGMI : FOGLIO 97 - Tavoletta I SO FANANO scala 1/25000

Carta Tecnica Regionale:

a) scala 1/25000 : TAVOLE 236 SO SESTOLA, 236 SE MONTESE

b) scala 1/10000 : SEZIONE 236140 SESTOLA E 236150 MONTE BELVEDERE

c) scala 1/5000 : ELEMENTI 236141 TRENTINO, 236142 FANANO, 236143 PIAN DEL FALCO, 236154 BOSCO DEI TAMARONI

Ortofoto AGEA, anno 2011 : 236140 SESTOLA e 236150 MONTE BELVEDERE

Bacino idrografico principale: TORRENTE LEO

### 3.2 ORGANIZZAZIONE CARTOGRAFIA D'ANALISI

Al fine di procedere con un'analisi ordinata e con la relativa esposizione, ho organizzato le **13 aree** in oggetto in **3 zone** geograficamente omogenee, così come dalla tabella che segue.

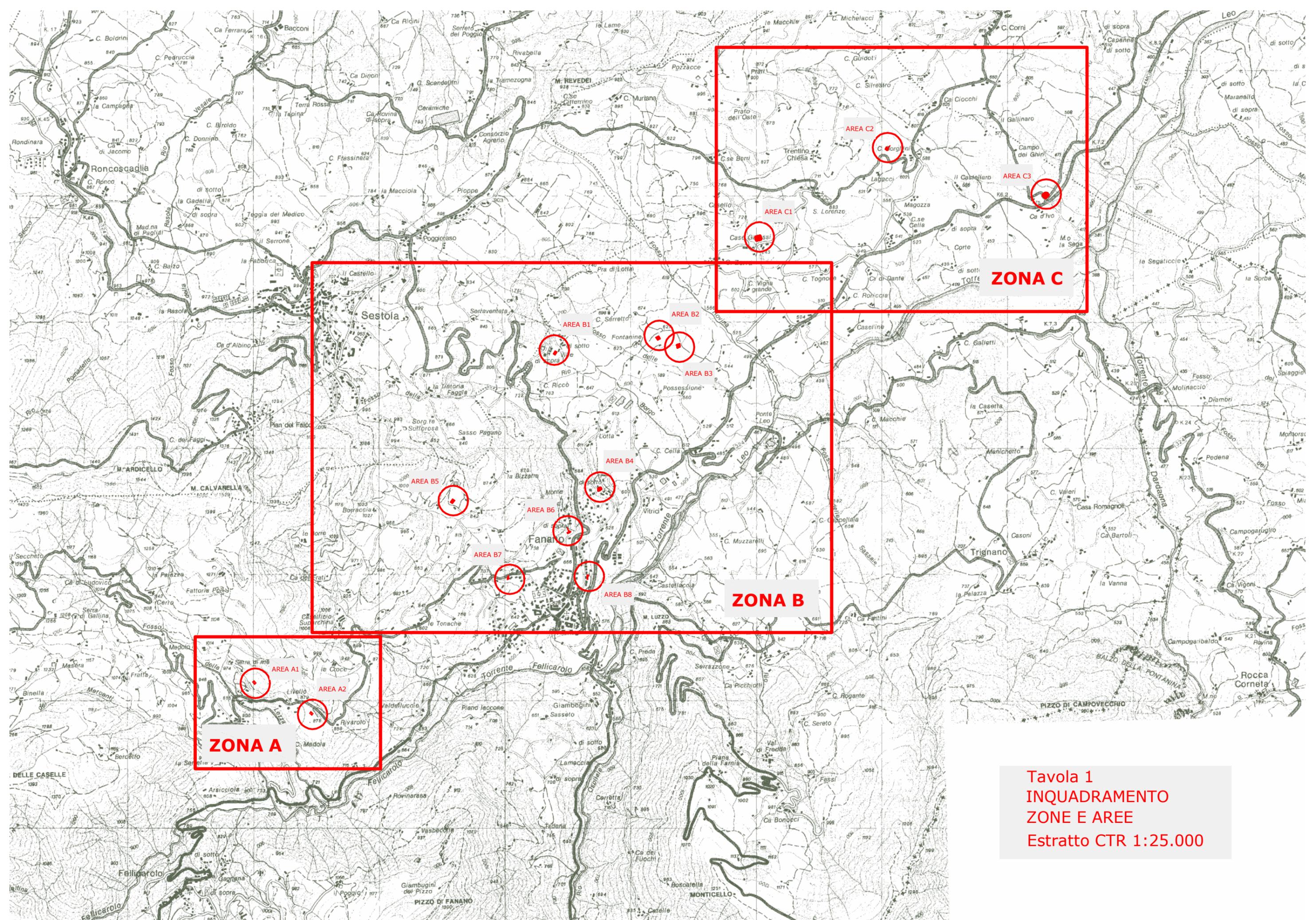
Si identificano inoltre le posizioni attraverso le coordinate e le quote. Le coordinate sono riportate nel sistema WGS84 e corrispondono indicativamente al centro dell'area, così come le quote:

| <b>ZONA A : CANEVARE</b> |            |            |            |        |
|--------------------------|------------|------------|------------|--------|
| AREA                     | Località   | LAT        | LONG       | QUOTA  |
| <b>A1</b>                | Melangrano | 44.2031300 | 10.7638300 | 945msm |
| <b>A2</b>                | Rivarolo   | 44.2006900 | 10.7695600 | 870msm |

| <b>ZONA B : FANANO - LOTTA</b> |                 |            |            |          |
|--------------------------------|-----------------|------------|------------|----------|
| AREA                           | Località        | LAT        | LONG       | QUOTA    |
| <b>B1</b>                      | Ville di Sopra  | 44.2262300 | 10.7945600 | 685msm   |
| <b>B2</b>                      | Fontanine       | 44.2272100 | 10.8049100 | 625msm   |
| <b>B3</b>                      | Cucchi          | 44.2265900 | 10.8069000 | 602msm   |
| <b>B4</b>                      | Via del Merlo   | 44.2165000 | 10.7988000 | 605msm   |
| <b>B5</b>                      | Metatone        | 44.2157200 | 10.7839700 | 862.5msm |
| <b>B6</b>                      | Monte di Sopra  | 44.2134700 | 10.7959000 | 685msm   |
| <b>B7</b>                      | Campo del Lungo | 44.2102776 | 10.7901068 | 690msm   |
| <b>B8</b>                      | Viale Europa    | 44.2102500 | 10.7973500 | 605msm   |

| <b>ZONA C : TRENINO</b> |               |            |            |        |
|-------------------------|---------------|------------|------------|--------|
| AREA                    | Località      | LAT        | LONG       | QUOTA  |
| <b>C1</b>               | Case Galassi  | 44.2342100 | 10.8158800 | 655msm |
| <b>C2</b>               | Casa Borghini | 44.2403900 | 10.8278500 | 643msm |
| <b>C3</b>               | Ca' Berleda   | 44.2366400 | 10.8435500 | 480msm |

Tabella 1 – Quadro sintetico di inquadramento delle aree di analisi



**ZONA A**

**ZONA B**

**ZONA C**

Tavola 1  
INQUADRAMENTO  
ZONE E AREE  
Estratto CTR 1:25.000

#### 4.1 IN GENERALE

Il lavoro è stato sviluppato articolando i diversi elementi che compongono la modellazione geologica e sismica delle aree secondo la logica di seguito schematizzata:

DEFINIZIONE QUADRO CONOSCITIVO DELLE 3 ZONE

ANALISI CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI

ANALISI CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI con particolare riferimento ai depositi continentali quaternari e ai dati emergenti dalla Ricerca storico-documentale e cartografica e ai Fattori antropici

ZONAZIONE SISMOGENETICA E SISMICITÀ STORICA DEL COMUNE

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI REPERTORIO

INDAGINI GEOGNOSTICHE PUNTUALI

GEOFISICA con PROVE SISMICHE VS<sub>30</sub> CON METODO MASW e MISURE HVSR

GEOTECNICA con PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

STESURA MODELLO GEOLOGICO E SISMICO LOCALE

#### 4.2 INDAGINI SISMICHE – STRUMENTI E METODOLOGIA

**Per ogni area è stata svolta un'indagine geofisica con metodo MASW ed una misura dei microtremori con tromino (HVSR).**

Lo scopo della misura del parametro HVSR è di identificare la frequenza caratteristica del terreno, mentre l'indagine MASW è indirizzata a misurare le velocità delle onde sismiche (Vs) del sottosuolo e la valutazione del parametro Vs<sub>30</sub> come prescritto da:

- *Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003*
- *D.M. 14 gennaio 2008 "Norme tecniche per le Costruzioni"*.

##### 4.2.1 CARATTERISTICHE ATTREZZATURA

Le indagini in sito sono state eseguite utilizzando un sismografo multicanale ad incrementi di segnale, della P.A.S.I. mod. 16SG24 a 24 canali. Le specifiche tecniche dello strumento sono:

- |                            |                                      |
|----------------------------|--------------------------------------|
| -processore:               | Pentium 200 MMx Intel,               |
| -Trattamento dati:         | Floating Point 32-Bit,               |
| -Ambiente operativo:       | Windows 3.11,                        |
| -Canali:                   | 24                                   |
| -Display:                  | VGA colori LCD_TFT 10,4"             |
| -Supporto memorizz.:       | Hard Disk 2,1 Gb                     |
| -Risoluzione acquisizione: | 6/24 bit                             |
| -Sonde ambiente interne:   | temperatura, umidità relativa        |
| -Formato dati:             | Pasi (.osv) e SEG-2 (.dat),          |
| -Durata acquisizioni:      | Rifrazione, 32÷2048 ms               |
|                            | Riflessione, 32÷16384 ms,            |
| -Tempi campionamento:      | da 16 µs a 2 ms                      |
| -Filtri digitali:          | Passa alto (25÷400 Hz)               |
|                            | Passa Basso (100÷250 Hz)             |
|                            | Notch (50÷180 Hz)                    |
| -Attivazione filtri:       | in acquisizione o manualmente        |
| -Trigger:                  | inibizione impulsi dovuti a rimbalzi |
- 24 geofoni da 4,5 Hz collegati in serie da due cavi con lunghezza 33 m l'uno per la prova MASW
  - Sorgente impulsiva: mazza battente da 10 Kg con piastra metallica 15x15 cm su cui battere, da disporre sul terreno.
  - Bindella metrica per posizionare i ricevitori.

##### 4.2.2 METODOLOGIA D'INDAGINE MASW

L'indagine sismica di tipo MASW consente la determinazione diretta della velocità delle onde trasversali (Onde di taglio - onde Sh/Sv) dei terreni anche in modo da ottenere una corretta caratterizzazione della categoria sismica del sottosuolo (Vs<sub>30</sub>). La prospezione Masw (in sismica attiva) è stata scelta in funzione delle limitazioni che affliggono in

genere misure di onde Sh in metodi a rifrazione tradizionali (come ad es. difficoltà di generazione di onde polarizzate Sh o inversioni di velocità identificabili con difficoltà e/o valutabili con costosi lunghi ed impegnativi metodi sismici in foro es. Cross-Hole e Down-Hole).

La tecnica sismica Masw è stata ampiamente testata (perfezionata già dal 1999) ed è contemplata fra le indagini per la definizione rigorosa del profilo di Vs per caratterizzazione sismica del sito (NTC-08 e ad es. Lai, Foti e Rota "Input sismico e stabilità geotecnica dei siti di costruzione - IUSS Press Eucentre 2009) e risulta migliore per la caratterizzazione del primo sottosuolo.

Le tecniche basate su utilizzo di registrazioni di microtremiti di origine naturale e/o antropica (tecniche passive) possono caratterizzare infatti il sottosuolo più in profondità, da diverse decine, sino alle volte anche a centinaia di metri (Lai et alii - IUSS Press Eucentre 2009) ma con minor risoluzione per la zona prossima alla superficie che invece più ci interessa.

Inoltre diversi autori (Lachet e Bard 94, Bard 99, De Ferrari et alii - Università studi di Genova 2008), segnalano che sistemi d'acquisizione in sismica passiva sono poco idonei per terreni alluvionali.

L'utilizzo di tecniche passive è possibile o consigliabile nel caso di intenso "rumore antropico" (che impedisce o maschera l'acquisizione dei dati in sismica attiva) e di discreto contrasto di impedenza sismica (>2,5-3) fra il substrato (sismico) ed il materasso alluvionale sovrastante

È importante l'interramento del sensore sismico passivo (per migliorare l'accoppiamento sensore-terreno), quindi altri autori (Konno e Ohmachi 98, Bard 99, Bindi et alii 2000, Parolai et alii 2002) consigliano di evitare terreni caratterizzati da: erba, fango, terreno saturo, neve, ghiaccio, materiali incoerenti in superficie (ghiaia, ciottoli, quindi piazzali rilevati ecc.), coperture artificiali con piastrelle, superfici sintetiche, ecc.

Valutando le sopracitate motivazioni per caratterizzare il sottosuolo dal punto di vista del profilo Vs/profondità sono state realizzate prospezioni Masw, (rilevazione onde di Rayleigh) con tecnica in sismica attiva.

Dal punto di vista operativo l'indagine è stata eseguita stendendo lungo una linea 24 ricevitori (geofoni) a una distanza intergeofonica costante ed energizzando a un'estremità dello stendimento con una mazza su una piastra di alluminio. La distanza tra il punto di energizzazione e il primo geofono è denominata "offset".

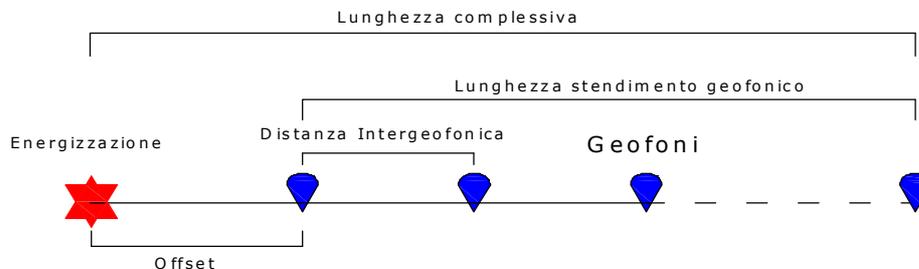


Figura 1 – SCHEMA ILLUSTRATIVO PROVA MASW

Le Basi Masw eseguite, per le possibilità operative presenti in corrispondenza dei siti di intervento, presentano (Compreso il punto di shot) la geometria indicata nei risultati delle prove.

Si ricorda che data la necessità di analizzare con elevato dettaglio le basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz), la tecnica di acquisizione per onde di superficie necessita di geofoni (ad asse verticale) con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

Quindi le basi teoriche della tecnica di Acquisizione delle Masw, (analisi ed elaborazione delle onde di superficie di Rayleigh) sono completamente diverse dalle onde P o S degli stendimenti di sismica a riflessione o rifrazione. Nell'acquisizione con tecnica Masw, non è possibile caratterizzare la tecnica con un classico coefficiente geometrico che esprima la profondità di investigazione in funzione della lunghezza della stesa sismica come nella riflessione o nella rifrazione, ove infatti le metodiche di interpretazione si basano sui tempi di arrivo ai geofoni delle onde riflesse o rifratte (quindi si misurano dei tempi). Nella tecnica Masw non si misurano dei tempi, ma viene eseguita una trattazione spettrale dei sismogrammi e mediante trasformata di Fourier si restituisce lo spettro del segnale sismico nel dominio frequenza (f) n° d'onda (k), detto anche dominio f-k. La lunghezza dello stendimento dipende sia dal numero di ricevitori utilizzabili sia dallo spazio disponibile.

Normalmente si dispongono i ricevitori ad interasse costante compreso tra 0,5 m e 3,0 m. Con array a parità di numero di ricevitori un interasse di 3,0m consente di avere uno stendimento di ricevitori più lungo, e quindi una maggiore risoluzione della curva di dispersione lungo la coordinata numero d'onda k; tuttavia si riduce il numero d'onda di Nyquist oltre cui non si ha certezza sull'affidabilità del segnale misurato. Viceversa un interasse piccolo può essere necessario in piccoli spazi e consente un intervallo più ampio di numeri d'onda, ma comporta una minore risoluzione della curva di dispersione lungo i numeri d'onda.

La profondità investigata dalle onde di Rayleigh dipende più propriamente dalla lunghezza d'onda, dalla velocità delle onde di taglio Vs e dalla frequenza. (Stokoe II and Santamarina, 2000).

La relazione quindi che meglio consente di valutare la profondità di investigazione di un'indagine Masw è legata più che alla dimensione dello stendimento al valore della Vs assegnata ad una determinata profondità z dal piano campagna, calcolata in funzione della lunghezza d'onda, cioè:

$$z = \frac{\lambda}{(1,5 / 2,0)}$$

Inoltre si evidenzia che:

Con la tecnica Masw (indagine sismica non invasiva di superficie) si ottiene una modellazione del sottosuolo, basandosi sulla propagazione delle onde di Rayleigh, oggi realizzata mediante approcci multi stazioni, che risultano robusti ed efficienti (Foti, 2000; Lai e Wilmanski, 2005) rispetto ai primi approcci del metodo, che si basavano essenzialmente su 2 ricevitori (Prova Sasw - Stoke et al., 1994).

Queste prove (masw-sasw) sfruttano la proprietà della dispersione geometrica, che rende la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_R$ ) dipendente dalla frequenza di eccitazione in mezzi verticalmente eterogenei.

L'onda di Rayleigh costituisce un particolare tipo d'onda sismica ed è facilmente individuabile in quanto ha una velocità differente dai treni d'onda delle onde P ed S, risultando più lenta anche di queste ultime, con una velocità di propagazione  $V_R \approx 0,9 \div 0,96 V_s$  (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO)

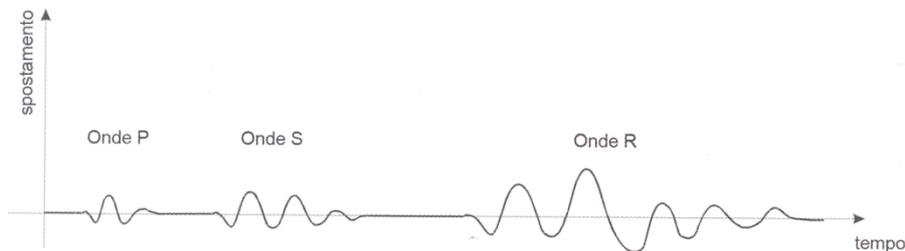
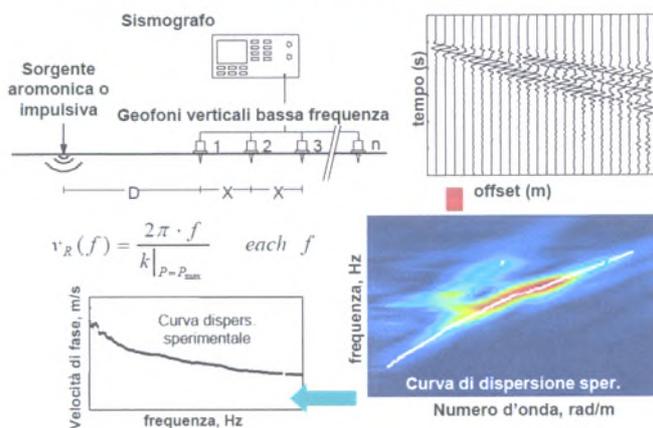


Figura 2 – SISMOGRAMMA CHE EVIDENZIA L'ARRIVO DISTINTO DI ONDE P, S E DI RAYLEIGH (da Crespellani e Facciorusso, *Dinamica dei terreni*)

L'onda di Rayleigh si trasmette infatti sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo ed è il risultato dell'interferenza e della combinazione di onde sismiche di pressione (P-waves) e onde di taglio polarizzate verticalmente (Sv-waves).

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in corrispondenza del sito da investigare, una sollecitazione (piccolo sisma) e nel registrare le vibrazioni prodotte sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate.

### tecniche attive - Metodi multistazione



Il profilo di  $V_s$  viene determinato attraverso la soluzione di un problema matematico di inversione della curva di dispersione ( $V_R$  in funzione della frequenza). In un mezzo reale stratificato avviene una dispersione delle onde prodotte; in altre parole, una deformazione del treno d'onda, dovuto alla variazione della velocità di propagazione, con la frequenza, che varia in relazione alle caratteristiche di "rigidezza" di ogni singolo strato.

Figura 3 – Processo per la definizione della curva di dispersione

Nella figura a fianco esposta (da V. Socco Lab. Geofisica Appl. Dip. Ing Territorio Politecnico di TORINO) è ben riassunto il processo di acquisizione ed il passaggio alla curva di dispersione.

Gli elementi a bassa frequenza penetrano quindi più in profondità, con velocità di fase in genere più alta, rispetto alle componenti ad alta frequenza. Il calcolo

del profilo delle velocità delle onde di Rayleigh, visualizzato dai grafici  $V(f)/f(f)$ , tramite elaborazioni e programmi dedicati, è convertito in profili  $V_s$  / profondità.

### INTERPRETAZIONE DATI ACQUISITI

L'interpretazione delle tecniche di rilievo sismico MASW traggono spunto come sopra accennato dalle prime tecniche studiate da Nazarian e Stokoe (1984-94) che per primi hanno presentato il metodo SASW che utilizzava una sorgente d'impulso e 2 soli sismometri di rilevazione (1 Hz).

Tale tecnica, come d'altronde anche la Masw, è basata sul fatto che osservando il segnale che si propaga nel suolo a seguito di una energizzazione, è notorio che la quasi totalità dell'energia (circa 2/3 o più) si propaga tramite onde superficiali (onde di Rayleigh).

A tale scopo Park et Alii (1999) hanno studiato e sviluppato il metodo MASW, per sopperire alle difficoltà d'applicazione, della tecnica Sasw in diverse situazioni.

La differenza principale è l'utilizzo simultaneo di 24 (o più) geofoni (sismometri polarizzati verticalmente - frequenza max 4,5 Hz) per consentire di ricavare numerosi profili di velocità  $V_s$ , ricavati dallo studio delle velocità di fase, dei numerosi treni d'onda di Rayleigh che sono registrati ai sismometri.

I geofoni possono essere spazati da 0,5 sino ad un max di circa 8-10 m, e forniscono una ridondanza statistica delle misure delle velocità di fase, avvalorandone quindi la veridicità (rispetto al metodo Sasw che si basava su di un'unica misura).

Le tracce dei sismogrammi possono essere salvate nel dominio temporale, permettendo quindi di distinguere ed evidenziare (nel record di registrazione) le onde di Rayleigh, caratterizzate da elevata ampiezza di segnale (la quasi totalità dell'energia prodotta si ripartisce nelle onde di Rayleigh).

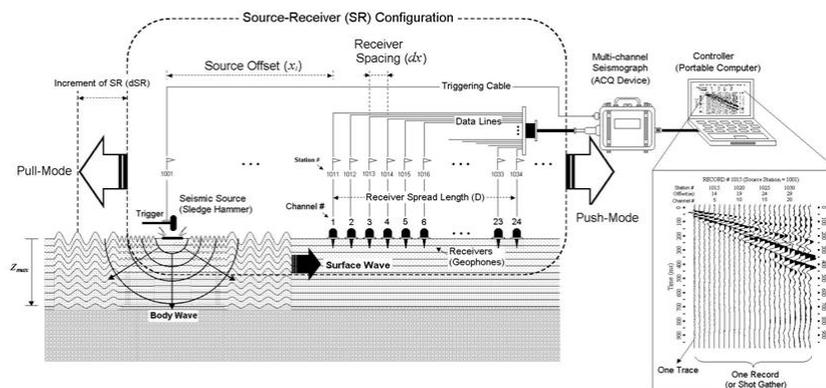


Figura 4 – MASW schema acquisizione dati

Dal sismogramma tramite una trasformata nel dominio, **frequenza (f) – numero d'onda (k)**, le tracce cui corrispondono i massimi spettrali (senza trascurare i modi superiori se presenti) si può così risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione:

$$V_R(f) = f/k.$$

che consente di individuare il segnale proprio, relativo alle onde superficiali che interessano tale metodologia.

Il processo iniziale di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame, è ottenuto tramite il software (SWAN® vers. 2008) seguito poi da una fase di elaborazione-interpretazione; eseguendo una "analisi spettrale" si procede sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici, secondo il seguente schema:

- Concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ.
- Fase di pre-processing per "ottimizzare" i record stessi in modo da migliorare la qualità dell'interpretazione, cioè eventuale filtraggio o "pulizia" dei dati grezzi.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
- Picking dei punti dello spettro per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare per ogni frequenza dei massimi assoluti/relativi dello spettro FK, finalizzata alla individuazione del modo fondamentale di propagazione dell'onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare anche eventuali modi superiori.
- Estrazione curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK.
- Inversione: tale procedura è avviata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito; in tale procedura il programma **SWAN®** utilizza una tecnica di inversione lineare tipo OCCAM che presenta il vantaggio di minimizzare l'errore quadratico medio tra dati sperimentali e dati teorici. In linea generale come in gran parte dei processi di inversione (definiti "try and error"), l'inversione viene fermata quando un determinato parametro, definito  $\epsilon$  (cioè la differenza fra dato osservato e dato calcolato) è in genere < 2-3%. L'inversione OCCAM, utilizzando differenze quadratiche medie, dà risultati ancora migliori di un'inversione lineare classica, dato che quando si raggiunge lo stop dell'inversione ( $\epsilon_{MIN}$ ), cioè un valore percentualmente molto piccolo, la sovrapposizione delle curve è davvero buona.
- Fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d'inversione, con inserimento (eventuale) di strati sino ad un massimo di 30, assegnazione di moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante confronto con prove dirette (prove penetrometriche, stratigrafie di sondaggio, colonne di perforazioni di pozzi ecc.) ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale.
- L'obiettivo finale, cioè l'ottenimento di un profilo verticale delle Vs, minimizzando le imprecisioni (risultati random), ottenendo quindi un modello ad elevata attendibilità e fortemente rappresentativo, mediante le tarature, del reale profilo Vs/profondità del sito in analisi, come d'altronde suggerito anche da ricercatori in ambito geofisico (es. Dal Moro et alii Gruppo Esplor. Geofisica - Dip. Geol e Scienze Marine Univ. Trieste "cosa migliore è confrontare lo spettro di velocità osservato con le curve teoriche di dispersione di un modello che riteniamo plausibile per l'area sotto esame").

#### Considerazioni sulle tecniche di inversione:

- Le tecniche d'inversione possono fornire soluzioni non univoche, ma proprio per ovviare a questa possibilità si eseguono TARATURE con dati reali del sito (prove cpt, stratigrafie ecc.), utilizzando anche parametri che esprimono la "rigidezza" degli strati individuati (es. coeff. Poisson), proprio per indirizzare l'inversione verso un modello molto vicino a quello reale.
- La funzione obiettivo (il misfit tra dato osservato e dato calcolato) è prossima a zero, solo in caso ideale, in assenza di rumore; per questo motivo il sismogramma può essere trattato o filtrato per ridurre al minimo o eliminare eventuali rumori o disturbi esterni, che non hanno nulla a che fare con l'onda sismica che stiamo analizzando.
- È fuorviante e sbagliato attribuire una percentuale di errore eseguendo un'operazione di alterazione delle velocità sismiche ottenute dall'esecuzione dei dettagliati processi di inversione sopra esposti (ad esempio attribuendo un errore globale del  $\pm 10\%$ , quindi alterando ad es. le velocità sismiche ottenute moltiplicando  $\cdot 0,9$  le Vs dei singoli strati), perché in tal modo si vanificherebbe completamente l'elaborazione Masw, che è stata fatta con cura ed esperienza secondo principi codificati e consolidati. Infatti ipotizzando possa esistere un modello Vs/profondità analogo a quello definito con l'interpretazione corretta della prova Masw, ma con velocità alterate (cioè diminuite/aumentate del 10%) si otterrebbe un Macth fra curva sperimentale e teorica

completamente non attendibile. A titolo di esempio si allegano alcune figure che illustrano tale erronea operazione di alterazione delle Vs calcolate:

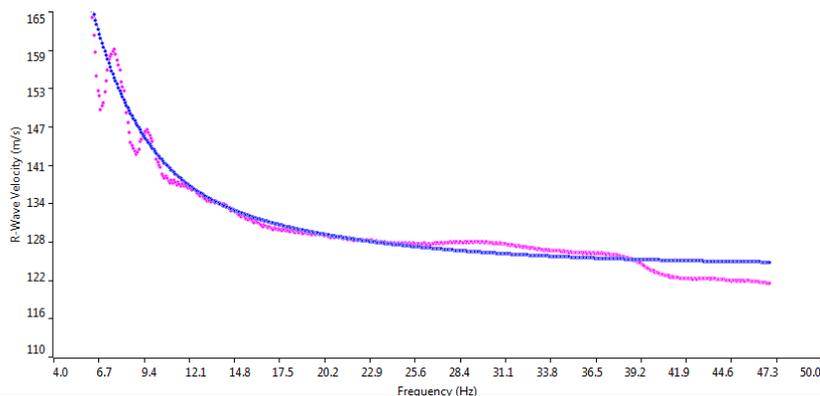


Figura 5 – GRAFICO CON SOVRAPPOSIZIONE FRA CURVA DISPERSIONE SPERIMENTALE (MAGENTA) E CURVA TEORICA (BLU) OTTENUTA DAL PROCESSO INVERSIONE MASW DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ. SI NOTI LA QUASI PERFETTA CORRISPONDENZA DEL FITTING TRA LE DUE CURVE

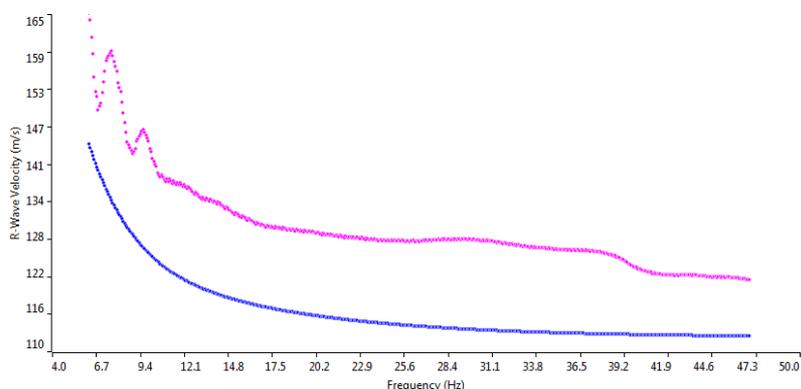


Figura 6 – GRAFICO CON SOVRAPPOSIZIONE FRA CURVA DISPERSIONE SPERIMENTALE (MAGENTA) E CURVA TEORICA "ALTERATA" MODIFICANDO LE Vs DIMINUENDOLE ERRONEAMENTE DEL 10% (BLU) DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ. SI NOTI LA COMPLETA SFASATURA DELLA CURVA TEORICA, SINONIMO DI UN ALLONTANAMENTO DALLA REALE STRATIGRAFIA SISMICA CHE CARATTERIZZA IL SITO, QUINDI UN MODELLO NON ACCETTABILE

Le curve di dispersione sopra espone sono da considerare indicative e non riferite alle indagini Masw della presente relazione; sono riferite ad un generico sito con una stratificazione di 5 strati, mantenuti identici nelle 2 simulazioni, con analoghi coefficienti di Poisson assegnati (variabili fra 0.45-0.48) e  $V_{S30} \approx 190$  m/sec (grafico figura 3) e  $V_{S30} \approx 170$  m/sec .

#### 4.2.3 INDAGINE SISMICA MICROTREMORI

A maggior dettaglio della caratterizzazione sismica, e per la determinazione delle frequenze fondamentali del terreno, sono state eseguite stazioni per l'acquisizione dei microtremori sismici (misura HVSr) in sito.

Per l'acquisizione dei dati di microtremore sismico, è stato utilizzato uno degli strumenti più diffusi per l'acquisizione di dati in sismica passiva a stazione singola, denominato "TROMINO"®, certificato e coperto da brevetto internazionale.

Tale strumentazione appositamente progettata, rappresenta la nuova generazione di strumenti digitali per la misura ad alta risoluzione del rumore sismico ambientale e anche per la misura delle vibrazioni su strutture (norma Din4150 e UNI 9916).

Tecnicamente è un sismografo idoneo al rilievo del microtremore sismico, nell'intervallo di frequenze fra 0,1 e 512 Hz, mediante l'impiego di masse strumentali molto ridotte, con una struttura rigida non risonante e costruita con materiali non diffrangenti.

I sensori sono costituiti da una terna di velocimetri smorzati che trasmettono il segnale ad un sistema di acquisizione digitale a basso rumore e dinamica  $\geq 23$  bit.

Queste caratteristiche strumentali consentono un'elevata accuratezza nella misura dei dati, maggiore di  $10^{-4}$ , sulle componenti spettrali maggiori/uguali a 0,1 Hz.

Praticamente si tratta di installare solidalmente al suolo il Tromino® e di misurare il tremore sismico, con durata di registrazione adeguata alla frequenza minima di interesse per il sito in analisi.

Per l'area in esame si ipotizza di misurare la frequenza della coltre sedimentaria, di copertura del bedrock sismico (quindi con spessore massimo ipotizzabile non superiore a 300 m); da ciò deriva una stima (in prima approssimazione) della frequenza dell'ordine di circa 0.5 Hz, che equivale ad un periodo  $T = 2$  sec.

Pertanto per poter "osservare" e registrare con Tromino® queste frequenze, si tratta di mantenere in acquisizione lo strumento per una durata minima teorica di almeno 2 sec. Poiché poi il metodo si basa su tecniche di risoluzione spettrale elevata, il segnale viene acquisito su finestre temporali di almeno 10 volte più lunghe.

È opportuna, ed indispensabile, anche una ridondanza statistica (30-40 ripetizioni), che consente di mediare opportunamente le registrazioni, per evitare di interpretare rumori "locali" random.

In sintesi, per ottenere un'acquisizione di rumore sismico (microtremore) a scopi stratigrafici anche profondi, si devono quindi analizzare dati con durata di acquisizione minima di 15 minuti. Il risultato della acquisizione eseguita nel sito in esame è quindi analizzato mediante il codice di calcolo 'Grilla' (ver. 6.1), che consente di archiviare, analizzare e permettere la revisione del segnale misurato in sito. Tale software consente di realizzare approfondite analisi spettrali di base e procedure per analisi HVSR (meglio nota come tecnica di Nakamura) secondo procedure codificate dal progetto di ricerca SESAME (2004).

I passi principali sono:

- ◆ uso di strumentazione certificata e/o verificata da opportune commissioni tecnico - scientifiche.
- ◆ analisi dettagliata dello spettro di Fourier delle componenti verticali del segnale per individuare ed eliminare componenti "monocromatiche" (possibile rumore antropico)
- ◆ eliminare (in genere la sequenza completa è di suddividere l'acquisizione in sotto finestre di 20 sec) le sotto finestre con contenuti TRANSIENTI, cioè le porzioni di segnale contenenti transienti legati a sorgenti vicine al sensore (cioè passi o passaggi di autoveicoli).
- ◆ calcolo H/V per ogni sottofinestra selezionata mediante:
  - eliminazione segnale di eventuali offset
  - calcolo spettri di Fourier
  - Smoothing degli spettri Fourier per minimizzare effetti di instabilità numerica del computo dei rapporti, ottimizzando caso per caso la percentuale di smoothing, per evitare di alterare le caratteristiche dello spettro intrinseco e quindi della curva H/V che ne deriva
  - Calcolo delle curve H/V in componente N-S - E-O - verticale
- ◆ Stima del valore medio dei rapporti spettrali per ciascuna sottofinestra e definizione deviazione standard
- ◆ Identificazione curve H/V dei picchi statisticamente più significativi e stima indice di affidabilità da opportuni test statistici che permettano di definire l'affidabilità della curva H/V ed identificare il picco più significativo su criteri quantitativi.
- ◆ Se l'acquisizione viene eseguita in diverse condizioni d'acquisizione (es. esecuzione in diverse ore del giorno, diverso processing dei dati, diverse condizioni atmosferiche ecc.), i risultati della curva H/V devono risultare paragonabili.

Il risultato dell'elaborazione è il grafico del "**Rapporto spettrale orizzontale su verticale**", presentato nella scheda "**misura microtremori (HVSR)**", che mette in evidenza (se presenti) picchi di amplificazione del segnale ( $HVSR \gg 1$ ) dovuti alla presenza nel sottosuolo di contrasti di impedenza sismica fra gli strati che innescano amplificazioni del segnale sismico.

Il valore finale del HVSR in funzione della frequenza espresso nel grafico è indicato da una linea rossa che indica la media RMS delle componenti orizzontali rispetto alle verticali, mentre l'intervallo di confidenza (95%) relativo all'ampiezza HVSR è dato dalle linee nere sottili.

Il grafico "Spettro delle singole componenti" esprime invece l'andamento delle singole componenti registrate dal Tromino, componente N-S, componente E-O e componente Up-Down alle varie frequenze.

#### 4.3 PROVE GEOTECNICHE

Le modeste dimensioni degli interventi proposti e la loro collocazione preventiva in aree non problematiche, uniti alla conoscenza acquisita in quasi 30 anni di attività sul territorio mi hanno portato a proporre per il lavoro una soluzione semplice volta alla fornitura delle prime indicative note geotecniche: la prova penetrometrica dinamica leggera (o mediamente pesante).

La casistica di oltre 2000 prove penetrometriche sul territorio della montagna modenese rapportate con i modelli di cantiere e di esercizio mi portano a sostenere che questo strumento continui ad offrire versatilità d'uso e affidabilità dei dati e dunque buone prestazioni nell'ambito della misurazione della resistenza alla penetrazione dinamica.

Pertanto abbiamo utilizzato lo strumento SUNDA DL030 le cui caratteristiche sono riportate alla pagina seguente.

L'elaborazione dei dati di campagna è stata effettuata con Software GeoStru Dynamic 2014

## CARATTERISTICHE TECNICHE

### SISTEMA D'INFISSIONE

- A - Maglio a caduta libera Kg. 30  
(a + b) = 20 + 10 aggiuntivi
- B - Aste acciaio speciale  $\varnothing 20 = 100$  cm  
P = 2,4 Kg.
- C - Punta conica a perdere  $\varnothing 3,56 \beta = 60^\circ$   
A = 10 cmq.
- H - Altezza di caduta libera del maglio =  
20 cm costanti
- H - Basamento sistema di infissione.
- L - Bolla sferica.

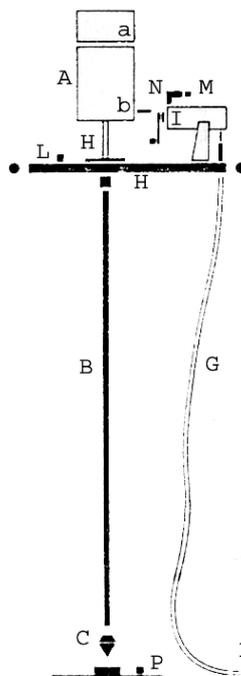
### GRUPPO MOTORE

- D - Motore 4 tempi.
- E - Pompa idraulica con serbatoio olio.
- F - Distributore a pedale.
- G - Collettori ad innesto rapido.
- I - Motore oleodinamico.

### SISTEMA DI MISURAZIONE

- M - Contacolpi.
- N - Visualizzatore profondità d'infissione.
- P - Piastra di base.

frequenza di caduta maglio = 55 colpi/minuto.  
Sistema di estrazione delle aste: a leva.



### STRUMENTI COMPLEMENTARI

- Campionatore a percussione
- Sonda scissometrica
- Aste di rivestimento
- Estrattore idraulico automatico
- Autotraslatore elettrico per prove in automatica

Figura 7 – Caratteristiche del penetrometro dinamico SUNDA DL030

## 5 ZONAZIONE SISMOGENETICA E SISMICITÀ STORICA

La classificazione sismica dei Comuni della regione Emilia-Romagna è stata introdotta ai sensi del punto 3 dell'Allegato 1 dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003. La stessa prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in 4 zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (ag).

| Codice ISTAT 2001 | Provincia | COMUNE                  | Anno di               |                   |                   | Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984) | Categoria secondo la proposta del GdL del 1998 | Zona ai sensi del presente documento (2003) |
|-------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|                   |           |                         | prima classificazione | declassificazione | riclassificazione |                                                                        |                                                |                                             |
| 8036002           | MO        | BOMPORTO                | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036003           | MO        | CAMPOGALLIANO           | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036004           | MO        | CAMPOSANTO              | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036005           | MO        | CARPI                   | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036006           | MO        | CASTELFRANCO EMILIA     | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036007           | MO        | CASTELNUOVO RANGONE     | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036009           | MO        | CAVEZZO                 | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036010           | MO        | CONCORDIA SULLA SECCHIA | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036011           | MO        | FANANO                  | 1927                  | 1937              | 2003              | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036012           | MO        | FINALE EMILIA           | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036014           | MO        | FIUMALBO                | 1927                  | 1937              | 2003              | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |
| 8036017           | MO        | GUIGLIA                 | 2003                  |                   |                   | N.C.                                                                   | III                                            | 3                                           |

Tabella 2 – Estratto tabella storia classificazione sismica dei Comuni

Nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone" all'allegato 1.A sono individuate quattro zone sismiche con accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, di ancoraggio dello spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona viene individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s secondo la tabella che segue:

| zona | accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag] | accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag] |
|------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | $0,25 < ag \leq 0,35g$                                                   | 0,35g                                                                                                 |
| 2    | $0,15 < ag \leq 0,25g$                                                   | 0,25g                                                                                                 |
| 3    | $0,05 < ag \leq 0,15g$                                                   | 0,15g                                                                                                 |
| 4    | $\leq 0,05g$                                                             | 0,05g                                                                                                 |

Tabella 3 - Accelerazione orizzontale di riferimento per le 4 Zone sismiche sul territorio nazionale

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo,  $ag$ , relativi all'area del Comune di Fanano, in base alla griglia delle NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli della classificazione sopra esposta.

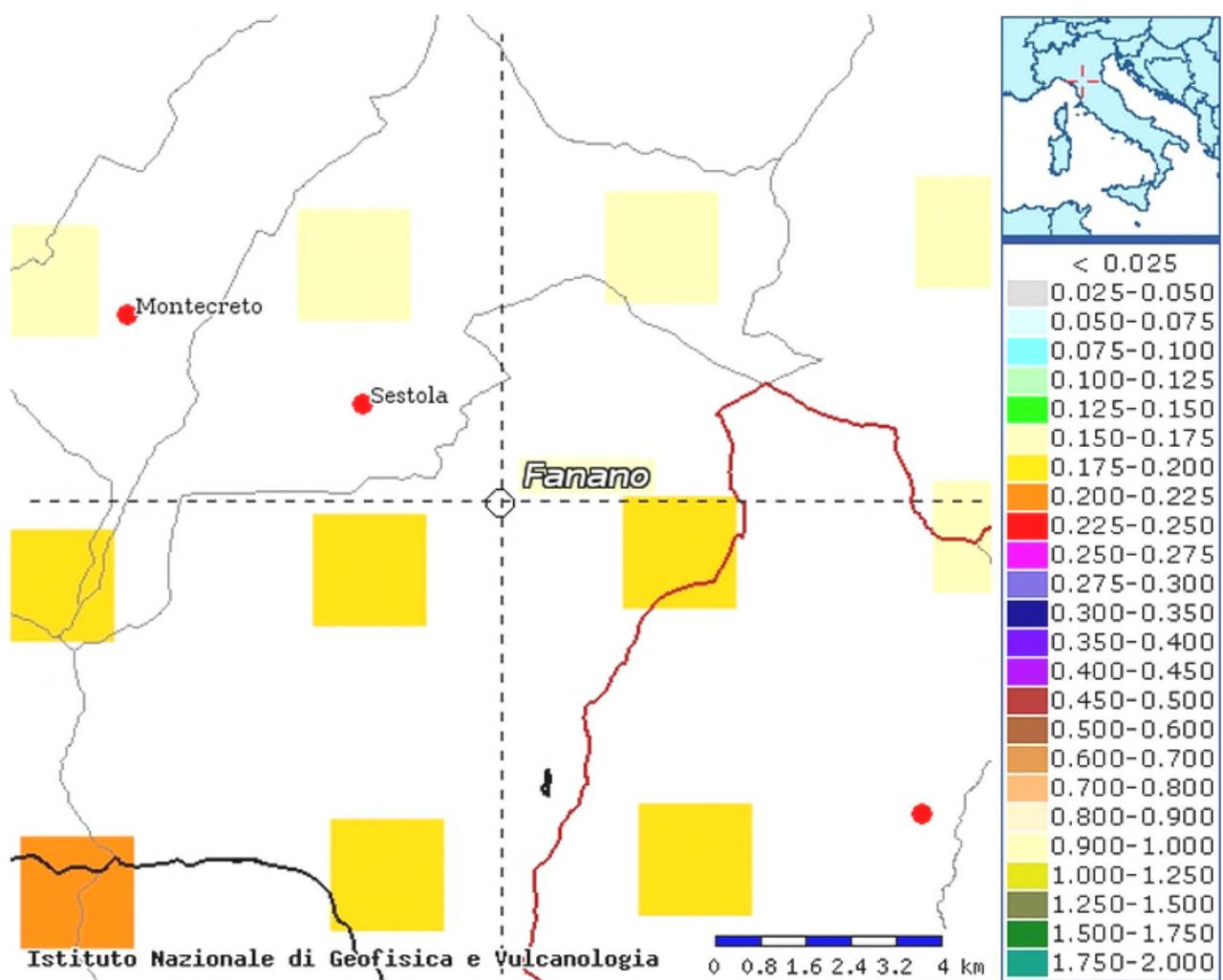


Figura 8 - INGV Valori di pericolosità sismica del Comune di Fanano in termini di accelerazione massima al suolo  $ag(g)$

Una stima della pericolosità sismica del territorio comunale è fornita dalle carte dell'INGV del 2006 (OPCM3519/2006), espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $ag$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli rigidi ( $V_{s30} > 800m/s$  cat.A, punto 3.2.1 del DM 14.09.2005).

I valori di  $ag$  per il Comune di Fanano, per un periodo di ritorno di 475 anni, sono di  $ag = 0,15g \div 0,20g$  con un'eccedenza dell'evento del 10% in 50 anni.

Il valore dell'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo espressa in frazione dell'accelerazione di gravità  $g$  ( $a_{refg}$ ) riportata nell'allegato A4, tabella 2, della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2007 corrisponde per il **Comune di Fanano**  $a_{refg} = 0,179g$ . La Magnitudo attesa è **M = 5.439**

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgenti a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da INGV, attribuisce il territorio in oggetto alle **zone sismo genetiche 913 e 915** (Meletti e Valensise, 2004)

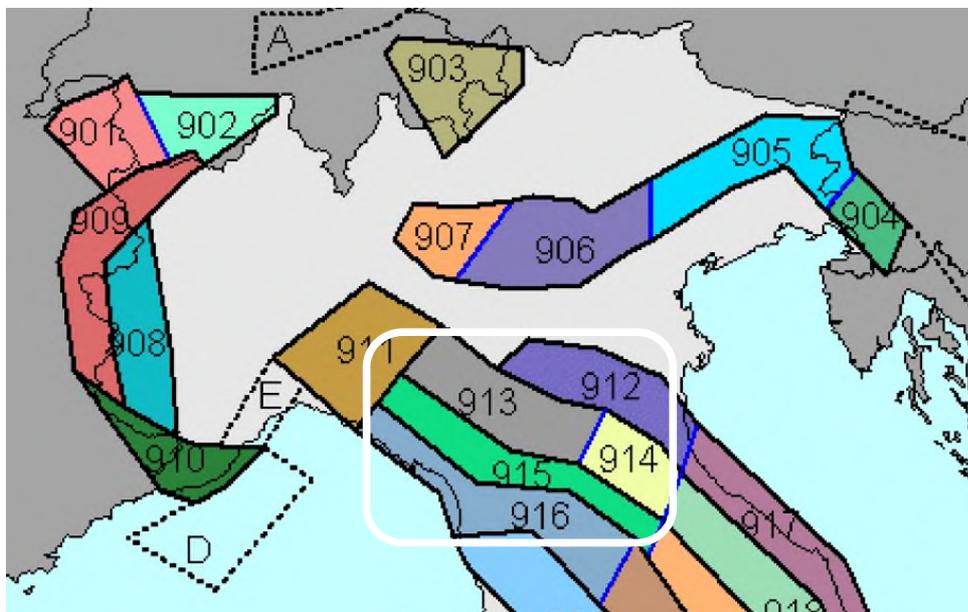


Figura 9 – Zonazione sismo genetica (INGV 2004). Alle zone 913 e 915 appartiene il territorio del Comune di Fanano

Nella tabella che segue vengono riportati i valori caratteristici delle Zone 913 e 915 in termini di **Magnitudo-durata (Md)** e di **profondità efficace**, alla quale avviene il maggior numero di terremoti che determina la pericolosità della zona. Il calcolo della **Md** è basato sulla misura della durata del sismogramma; il concetto di base è quello di ritenere a ragione che maggiore è la Magnitudo di un evento, maggiore sarà la durata della registrazione. Essendo molto semplice e immediato misurare la durata del sismogramma, la **Md**, dal 1980, è entrata nel novero dei parametri che vengono forniti alla Protezione Civile.

| Zona | Numero di eventi<br>Md>2.0 | Numero di eventi<br>Md>2.5 | Numero di eventi<br>Md>3.0 | Magnitudo massima<br>(Md) | Classe di profondità<br>(km) | Profondità efficace<br>(km) |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 901  | 18                         | 15                         | 2                          | 4.0                       | 8-12                         | 8                           |
| 902  | 34                         | 25                         | 2                          | 3.8                       | 8-12                         | 10                          |
| 903  | 23                         | 19                         | 2                          | 4.5                       | 8-12                         | 9                           |
| 904  | 13                         | 9                          | 1                          | 3.4                       | 5-8                          | 7*                          |
| 905  | 181                        | 110                        | 32                         | 4.8                       | 5-8                          | 8*                          |
| 906  | 41                         | 34                         | 13                         | 4.7                       | 5-8                          | 8*                          |
| 907  | 33                         | 19                         | 7                          | 4.2                       | 5-8                          | 8*                          |
| 908  | 495                        | 128                        | 25                         | 3.7                       | 8-12                         | 10                          |
| 909  | 263                        | 94                         | 9                          | 4.1                       | 8-12                         | 10                          |
| 910  | 80                         | 24                         | 2                          | 3.4                       | 8-12                         | 10                          |
| 911  | 126                        | 91                         | 18                         | 4.1                       | 8-12                         | 8                           |
| 912  | 180                        | 141                        | 54                         | 4.6                       | 5-8                          | 7                           |
| 913  | 767                        | 362                        | 100                        | 4.8                       | 12-20                        | 13                          |
| 914  | 878                        | 542                        | 131                        | 4.5                       | 12-20                        | 13                          |
| 915  | 614                        | 346                        | 65                         | 4.2                       | 8-12                         | 8                           |
| 916  | 140                        | 83                         | 16                         | 4.6                       | 5-8                          | 6*                          |

Tabella 4 - Valori di Md=Magnitudo/durata e profondità efficace relativi alle zone sismo genetiche 913 e 915

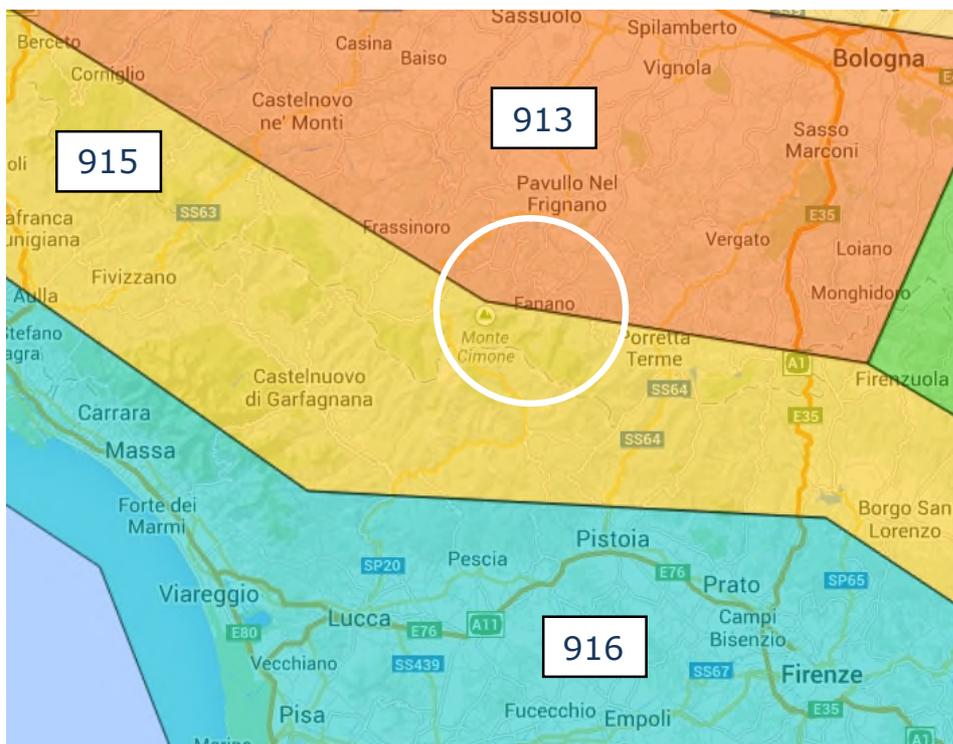


Figura 10 - Zonazione sismo genetica (INGV 2004)  
Particolare  
Alle zone 913 e 915  
appartiene il territorio del  
Comune di Fanano

La sismicità storica del Comune di Fanano è reperibile al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI11 (Rovida, Camassi, Gasperini e Stucchi, 2011 Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI1)

Esso documenta eventi massimi sismici del 7° MCS.

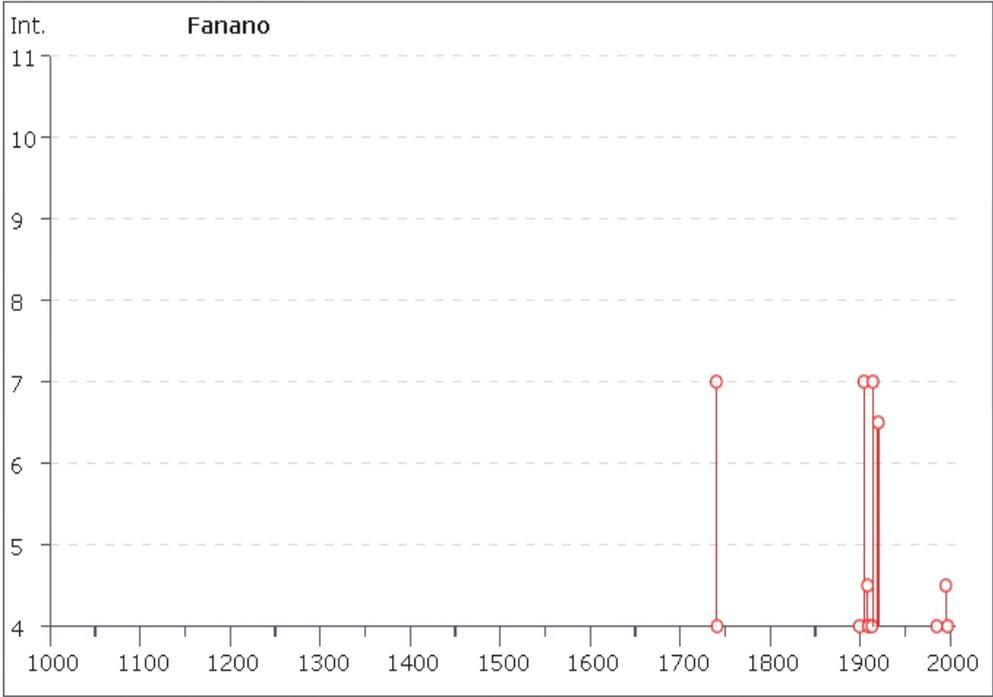


Figura 11 – Sismicità storica di Fanano con gradi di Intensità MCS registrati nel tempo

## Storia sismica di Fanano [44.207, 10.794]

Numero di eventi: 30

| Effetti |                  | In occasione del terremoto del: |      |                |  |  |
|---------|------------------|---------------------------------|------|----------------|--|--|
| I [MCS] | Data             | Ax                              | Np   | Io Mw          |  |  |
| 7       | 1740 03 06 05:15 | GARFAGNANA                      | 31   | 7 5.24 ±0.35   |  |  |
| 4       | 1741 04 24 09:00 | FABRIANESE                      | 145  | 9 6.21 ±0.13   |  |  |
| 3-4     | 1887 02 23 05:21 | Liguria occidentale             | 1516 | 6.97 ±0.15     |  |  |
| 3-4     | 1891 06 07 01:06 | Valle d'Illasi                  | 403  | 8-9 5.86 ±0.06 |  |  |
| 3       | 1895 05 18 19:55 | Fiorentino                      | 401  | 8 5.43 ±0.08   |  |  |
| 4       | 1899 06 26 23:17 | Valle del Bisenzio              | 138  | 7 5.06 ±0.15   |  |  |
| 7       | 1904 06 10 11:15 | Frignano                        | 102  | 6 5.03 ±0.18   |  |  |
| 4-5     | 1908 06 02 22:30 | FRIGNANO                        | 18   | 4-5 4.52 ±0.25 |  |  |
| 4       | 1909 01 13 00:45 | BASSA PADANA                    | 799  | 6-7 5.53 ±0.09 |  |  |
| NF      | 1909 08 25 00:22 | MURLO                           | 283  | 7-8 5.37 ±0.10 |  |  |
| NF      | 1911 02 19 07:18 | Romagna meridionale             | 181  | 7 5.28 ±0.11   |  |  |
| 2-3     | 1911 09 13 22:29 | Chianti                         | 115  | 7 5.19 ±0.14   |  |  |
| 4       | 1913 02 13 16:39 | Appennino tosco-emiliano        | 27   | 5 4.54 ±0.25   |  |  |
| NF      | 1913 07 21 22:35 | VALLE DEL LAMONE                | 43   | 5-6 4.78 ±0.19 |  |  |
| 7       | 1914 10 27 09:22 | Garfagnana                      | 618  | 7 5.76 ±0.09   |  |  |
| NF      | 1915 01 13 06:52 | Avezzano                        | 1041 | 11 7.00 ±0.09  |  |  |
| 6-7     | 1920 09 07 05:55 | Garfagnana                      | 756  | 10 6.48 ±0.09  |  |  |
| 2       | 1923 06 28 15:11 | FORMIGINE                       | 22   | 6 4.88 ±0.24   |  |  |
| 2       | 1956 04 26 03:00 | Appennino tosco-emiliano        | 75   | 6 4.77 ±0.14   |  |  |
| 2       | 1956 05 26 18:39 | Appennino romagnolo             | 79   | 7 4.99 ±0.15   |  |  |
| 2       | 1956 06 03 01:45 | Appennino romagnolo             | 62   |                |  |  |
| 3       | 1965 11 09 15:35 | ALTA V. SECCHIA                 | 32   | 5 4.74 ±0.25   |  |  |
| NF      | 1971 09 11 23:18 | Correggio                       | 15   | 5 4.23 ±0.31   |  |  |
| 3       | 1983 11 09 16:29 | Parmense                        | 850  | 6-7 5.06 ±0.09 |  |  |
| 4       | 1985 01 23 10:10 | Garfagnana                      | 73   | 6 4.65 ±0.15   |  |  |
| NF      | 1986 12 06 17:07 | BONDENO                         | 604  | 6 4.61 ±0.10   |  |  |
| 4-5     | 1995 08 24 17:27 | Appennino bolognese             | 56   | 6 4.48 ±0.09   |  |  |
| NF      | 1995 10 10 06:54 | LUNIGIANA                       | 341  | 7 4.85 ±0.09   |  |  |
| 4       | 1997 12 24 17:53 | Garfagnana                      | 98   | 5 4.36 ±0.09   |  |  |
| 3-4     | 2000 10 03 01:12 | Appennino tosco-emiliano        | 62   | 5 4.27 ±0.09   |  |  |

Tabella 5 – INGV Storia sismica di Fanano

**Ax** Area dei maggiori effetti  
**Mw** Magnitudo momento  
**Io** Intensità epicentrale

**Np** Numero di osservazioni macrosismiche  
**I** (MCS) Intensità massima Mercalli Cancani Sieberg

La recente pubblicazione *Assetto tettonico e potenzialità sismo genetica dell'Appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana* (Regioni Toscana ed Emilia Romagna, Università di Siena, aprile 2013) contiene alcune mappature e tabelle relative alla sismicità storica di cui si riportano estratti di seguito, comprendenti il Comune di Fanano.



Figura 12 - Sismicità storica (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Guidoboni e Comastri, 2005; Rovida et alii, 2011) Comune n.11 Fanano

| MODENA |                         | Intensità massima |    |     |                  | Numero di risentimenti (da DBMI11) |        |       |       |       |       |
|--------|-------------------------|-------------------|----|-----|------------------|------------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| N      | Comune                  | NP                | MO | DB  | AA               | Anno                               | 9≤I<10 | 8≤I<9 | 7≤I<8 | 6≤I<7 | 5≤I<6 |
| 1      | Bastiglia               | 8                 | 7  | 5   | 7 <sup>M</sup>   | 1996                               |        |       |       |       | 1     |
| 2      | Bomporto                | 8                 | 7  | 5   | 7 <sup>M</sup>   | 1971-1996                          |        |       |       |       | 2     |
| 3      | Campogalliano           | 8                 | 8  | 7   | 8 <sup>M</sup>   | 1832                               |        |       | 1     | 4     | 4     |
| 4      | Camposanto              | 8                 | 7  | 6   | 7 <sup>M</sup>   | 1987                               |        |       |       | 1     | 2     |
| 5      | Carpì                   | 8                 | 7  | 7   | 7-8 <sup>S</sup> | 1832-1928                          |        |       | 2     | 11    | 11    |
| 6      | Castelfranco Emilia     | 8                 | 8  | 6   | 8 <sup>M</sup>   | 1929-1874                          |        |       |       | 3     | 4     |
| 7      | Castelnuovo Rangone     | 8-9               | 8  | 5-6 | 8 <sup>M</sup>   | 1929                               |        |       |       |       | 3     |
| 8      | Castelvetro di Modena   | 9                 | 9  | 9   |                  | 1501                               | 1      |       |       |       | 1     |
| 9      | Cavezzo                 | 8                 | 7  | 5-6 | 7 <sup>M</sup>   | 1978                               |        |       |       |       | 3     |
| 10     | Concordia sulla Secchia | 8                 | 7  | 7   | 7 <sup>M</sup>   | 1971                               |        |       | 1     | 1     | 5     |
| 11     | Fanano                  | 7                 | 8  | 7   |                  | 1740-1914                          |        |       | 3     | 2     |       |
| 12     | Finale Emilia           | 7-8               | 7  | 7   | 7-8 <sup>I</sup> | 1574                               |        |       | 1     | 6     | 5     |
| 13     | Fiorano Modenese        | 9                 | 9  | 7-8 | 9 <sup>C</sup>   | 1501                               |        |       | 2     | 1     | 1     |
| 14     | Fiumalbo                | 8                 | 8  | 7   |                  | 1920                               |        |       | 1     | 2     | 3     |
| 15     | Formigine               | 8-9               | 9  | 8-9 |                  | 1501                               |        | 1     |       | 1     | 2     |
| 16     | Frassinoro              | 8                 | 8  | 8   |                  | 1920                               |        | 1     | 4     |       | 4     |

Tabella 6 - Intensità massima e altre informazioni macrosismiche per alcuni Comuni della Provincia di Modena

**NP** = intensità massima proposta sulla base dei dati macrosismici e delle conoscenze sul quadro tettonico;  
**MO** = intensità massima proposta da Molin et alii (1996);  
**DB** = intensità massima ricavata dal catalogo DBMI11 (Locati et alii, 2011);  
**AA** = intensità massima suggerita da altri lavori (**G**=Guidoboni et alii, 2005; **M**=Magri e Molin, 1986), o da scosse riportate dal catalogo CPTI11 (**C**=Rovida et alii, 2011; <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI11/>) e dal sito [www.ingv.it](http://www.ingv.it) (**I**).  
 Per ogni comune sono anche riportati l'anno del terremoto che ha prodotto l'intensità massima riportata nel catalogo DBMI11 (**Anno**) e il numero dei risentimenti per varie fasce di intensità.

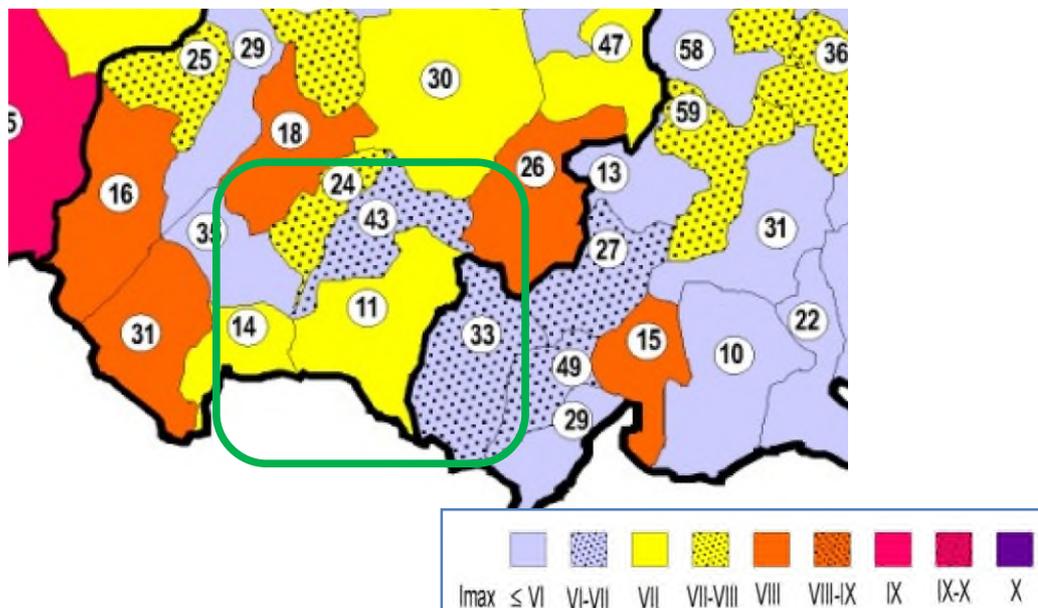


Figura 13 - Sintesi delle  $I_{max}$  MCS di alcuni Comuni dell'Emilia-Romagna *Catalogo di dati macrosismici DBMI11 (Locati et alii, 2011)*

Al Comune di Fanano (n.11) compete come già detto  $I_{max} = VII$   
 La stessa intensità viene confermata dall'elaborazione dello studio di cui sopra (vedi valori nella colonna NP della tabella 6.)

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli 2004), evidenzia un solo epicentro sismico con magnitudo  $4 < M < 5$  in prossimità di Fanano.

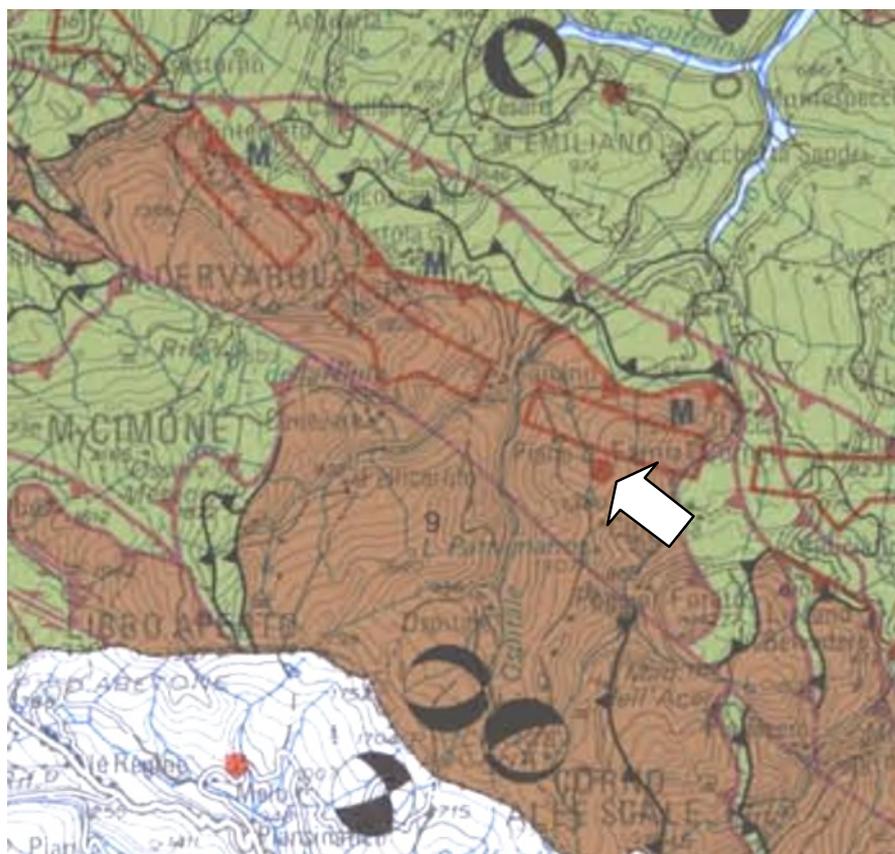


Figura 14 - Estratto Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna

## 6.1 QUADRO DI RIFERIMENTO

Il quadro di riferimento è costituito dalla tavola "Carta delle Aree potenzialmente soggette ad effetti locali per eventi sismici" in scala 1:10.000, e dalla Carta del Dissesto del PTCP di cui si riporterà un estratto per ogni zona nel presente studio.

Per quanto riguarda il Rischio Sismico si realizzeranno i livelli di approfondimento secondo quanto indicato negli Allegati della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007.

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico (suolo A) nel Comune di Fanano che come detto presenta il valore di  $a_g = 0,179g$ , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, viene visualizzato nella figura che segue.

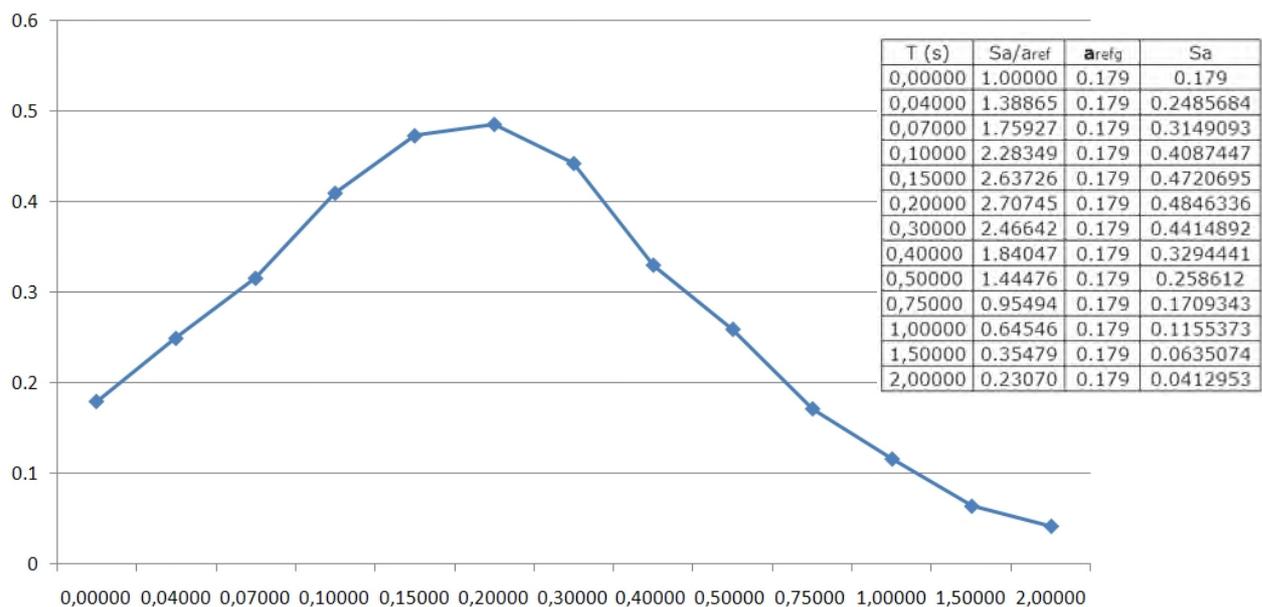


Figura 15 – Spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Fanano – D.A.L. Regione Emilia Romagna 112/2007

Il Comune di Fanano non è dotato di Microzonazione Sismica e quindi l'analisi della pericolosità per le aree di Variante verrà condotta attraverso approfondimenti per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle disposizioni della D.A.L. 112/2007 della Regione Emilia Romagna e delle NTC del 2008.

Si ricorda in merito che la normativa richiede l'azione sismica di progetto sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. La classificazione del suolo (tabella seguente) è convenzionalmente eseguita sulla base della velocità media equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dove  $V_{si}$  e  $h_i$  sono la velocità delle onde di taglio e lo spessore dello stato  $i$ -esimo.

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

| Suolo | Descrizione geotecnica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | $V_{S_{30}}$<br>(m/sec)                                     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| A     | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{S_{30}}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3m                                                                                                                                                                                | >800                                                        |
| B     | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S_{30}}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{spt} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_u > 250$ kPa nei terreni a grana fina)        | 360-800<br>( $N_{spt} > 50$ )<br>( $c_u > 250$ KPa)         |
| C     | <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S_{30}}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{spt} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_u < 250$ kPa nei terreni a grana fina) | 180-360<br>( $15 < N_{spt} < 50$ )<br>$70 < c_u < 250$ KPa) |

| Suolo | Descrizione geotecnica                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Vs <sub>30</sub><br>(m/sec)                  |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| D     | 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 Vs <sub>30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero N <sub>spt</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e c <sub>u</sub> < 70 kPa nei terreni a grana fina) | <180<br>(N <sub>spt</sub> <15)<br>(Cu<70kPa) |
| E     | Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs <sub>30</sub> > 800 m/s)                                                                                                                                                                                                                                                         |                                              |
| S1    | Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs <sub>30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < C <sub>u30</sub> < 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.                                                                                                        | <100<br>(10<Cu<20<br>Kpa)                    |
| S2    | Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti                                                                                                                                                                                                                                             |                                              |

Tabella 7 – CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO LE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI D.M. 14/01/2008

Nel dettaglio, le norme di cui all'art. 14 del PTCP 2009 prevedono:

- Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);  
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);  
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;  
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;  
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;  
Microzonazione sismica: approfondimenti di II livello
- Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
Studi: valutazione dei coefficienti di amplificazione litologico e topografico;  
Microzonazione sismica: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia
- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;  
Microzonazione sismica: approfondimenti di III livello
- Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti  
Studi: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;  
Microzonazione sismica: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.

- Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

Studi: indagini per caratterizzare  $V_{s30}$ ; in caso  $V_{s30} > 800$  m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso  $V_{s30} < 800$  m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;

Microzonazione sismica: valutazione degli effetti della topografia; in caso  $V_{s30} < 800$  m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.

- Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche

Studi: indagini per caratterizzare  $V_{s30}$  e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso  $V_{s30} > 800$  m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso  $V_{s30} < 800$  m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;

Microzonazione sismica: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.

I livelli di approfondimento sono così delineati:

#### Elaborati da produrre

LIVELLO I: Carta comunale delle aree suscettibili di effetti locali – non disponibile.

LIVELLO II: Carta di microzonazione sismica. Coefficienti di amplificazione sismica. Valutazione della possibilità di liquefazione.

LIVELLO III: Perimetrazione dettagliata. Spettri di risposta per un periodo di ritorno di 475 anni con smorzamento = 5% e mappe di amplificazione.

#### Acquisizione dei dati

LIVELLO I: Bibliografia

LIVELLO II: Indagini dirette finalizzate alla determinazione della profondità del bed-rock sismico. Valutazione effetti topografici.

LIVELLO III: Tramite indagine diretta

Nell'attesa che il Comune si doti di una nuova cartografia della pericolosità sismica locale ad una scala a maggior dettaglio rispetto a quella del PTCP, si recepiranno di seguito solamente le prescrizioni e indicazioni relative alle parti restanti.

## 6.2 CLASSIFICAZIONE DELLE AREE E DEI LIVELLI DI APPROFONDIMENTO RICHIESTI

Sulla base del quadro di riferimento di cui al punto precedente e dell'analisi riportata ai seguenti capitoli, vengono classificate le aree di studio, così come alla tabella riportata alla pagina seguente.

- AIL** Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
**AILT** Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
**APIL** Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
**APILT** Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
**AL** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche  
**ALT** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
**ALL** Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione  
**ALC** Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti  
**AT** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche  
**A** Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali

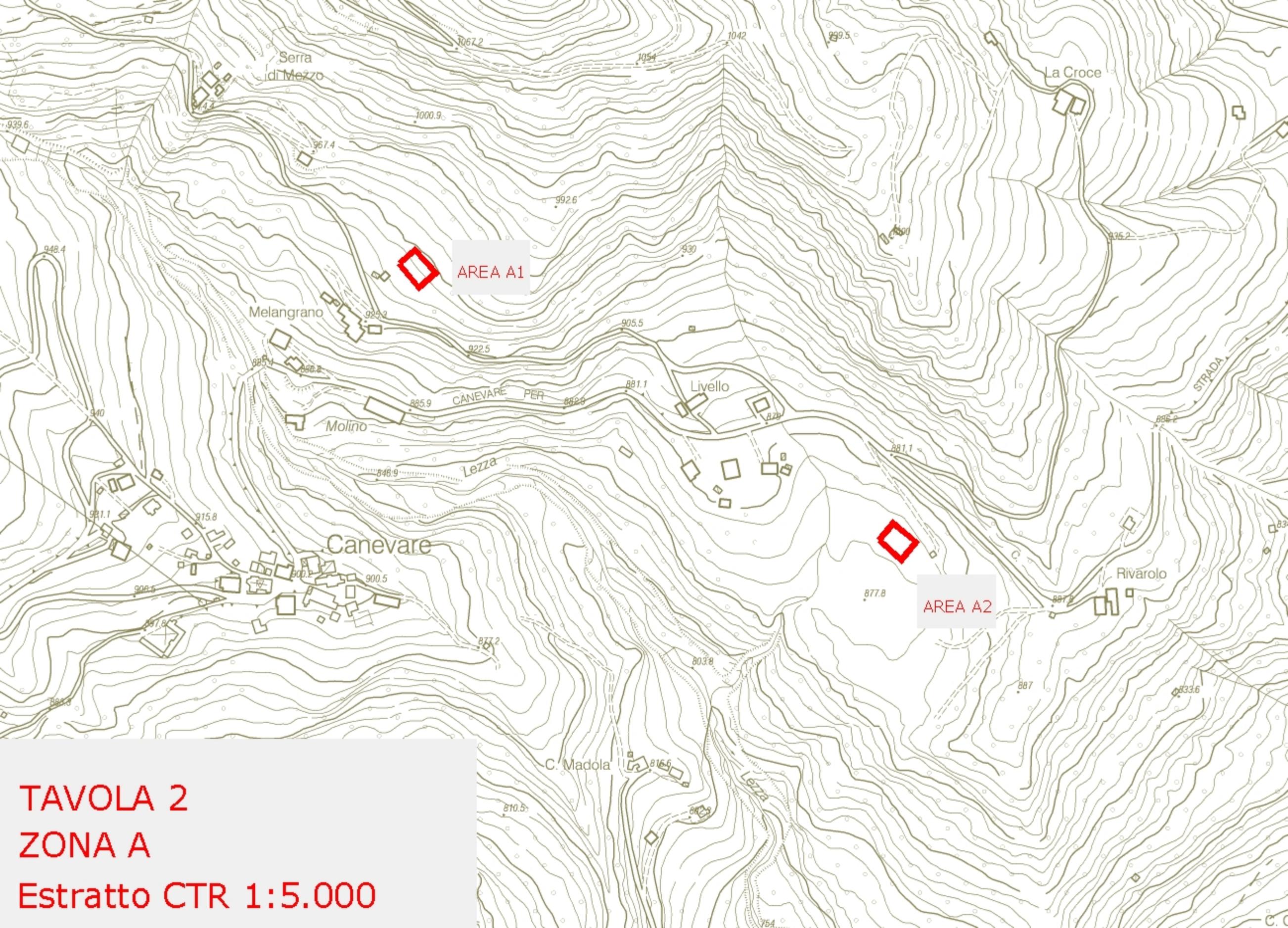
In colore rosso scuro le classi in cui si inseriscono le aree del presente studio.

Per quanto riguarda AT, essendo le  $V_{s30}$  sempre  $< 800\text{m/s}$  si procederà anche in questo caso con approfondimenti di II livello.

| <b>Effetti attesi in caso di evento sismico</b>                |             |            |           |
|----------------------------------------------------------------|-------------|------------|-----------|
| <b>Classificazione aree di studio</b>                          |             |            |           |
| <b>Microzonazione sismica :<br/>livelli di approfondimento</b> |             |            |           |
| <b>ZONA A : Canevare</b>                                       |             |            |           |
| AREA                                                           | Località    | CLASSE     | LIVELLO   |
| <b>A1</b>                                                      | Via Cervara | <b>ALT</b> | <b>II</b> |
| <b>A2</b>                                                      | Possessione | <b>AL</b>  | <b>II</b> |

| <b>ZONA B : Fanano - Lotta</b> |                 |            |           |
|--------------------------------|-----------------|------------|-----------|
| AREA                           | Località        | CLASSE     | LIVELLO   |
| <b>B1</b>                      | Ville di Sopra  | <b>ALT</b> | <b>II</b> |
| <b>B2</b>                      | Via Fontanine   | <b>AL</b>  | <b>II</b> |
| <b>B3</b>                      | Cucchi          | <b>AL</b>  | <b>II</b> |
| <b>B4</b>                      | Via del Merlo   | <b>AL</b>  | <b>II</b> |
| <b>B5</b>                      | Metatone        | <b>AL</b>  | <b>II</b> |
| <b>B6</b>                      | Monte di Sopra  | <b>AT</b>  | <b>II</b> |
| <b>B7</b>                      | Campo del Lungo | <b>AT</b>  | <b>II</b> |
| <b>B8</b>                      | Viale Europa    | <b>AT</b>  | <b>II</b> |

| <b>ZONA C : Trentino</b> |              |           |           |
|--------------------------|--------------|-----------|-----------|
| AREA                     | Località     | CLASSE    | LIVELLO   |
| <b>C1</b>                | Case Galassi | <b>AL</b> | <b>II</b> |
| <b>C2</b>                | Ca' Borghini | <b>AL</b> | <b>II</b> |
| <b>C3</b>                | Ca' Berleda  | <b>AL</b> | <b>II</b> |



**TAVOLA 2**  
**ZONA A**  
**Estratto CTR 1:5.000**

## 7.1 ZONA A - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI

I terreni in analisi si collocano sul versante in sinistra idrografica del torrente Fellicarolo, in corrispondenza della sponda sinistra del Fosso Lezza nella fascia fra Canevare e Rivarolo. La geologia della zona è rappresentata nella nuova Carta Geologica della Regione Emilia Romagna, di cui si riporta estratto alle pagine seguenti.

Dal punto di vista geologico il sito ricade su terreni appartenenti alle Unità tettoniche del Dominio Toscano. L'assetto strutturale della zona in esame, ricadente sul fronte d'affioramento delle suddette unità, può essere definito come una struttura a scaglie tettoniche sovrapposte, essendo i passaggi tra le diverse unità e formazioni spesso dovuti a sovrascorrimenti.

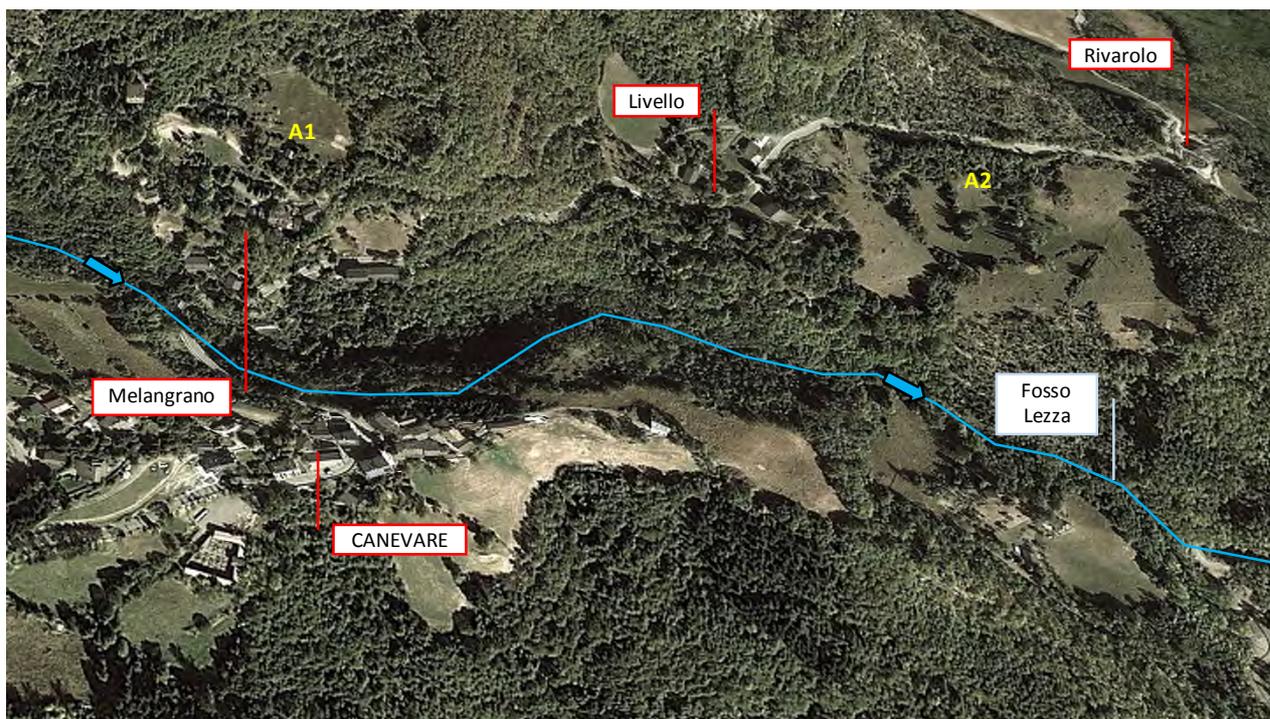


Figura 16 – Zona A : vista con Google Earth

Nella zona in esame affiora la successione di M. Cervarola, costituente tutto il versante che scende da M. Calvanella, fino al Torrente Fellicarolo.

## DOMINIO TOSCANO / SUCCESIONE CERVAROLA

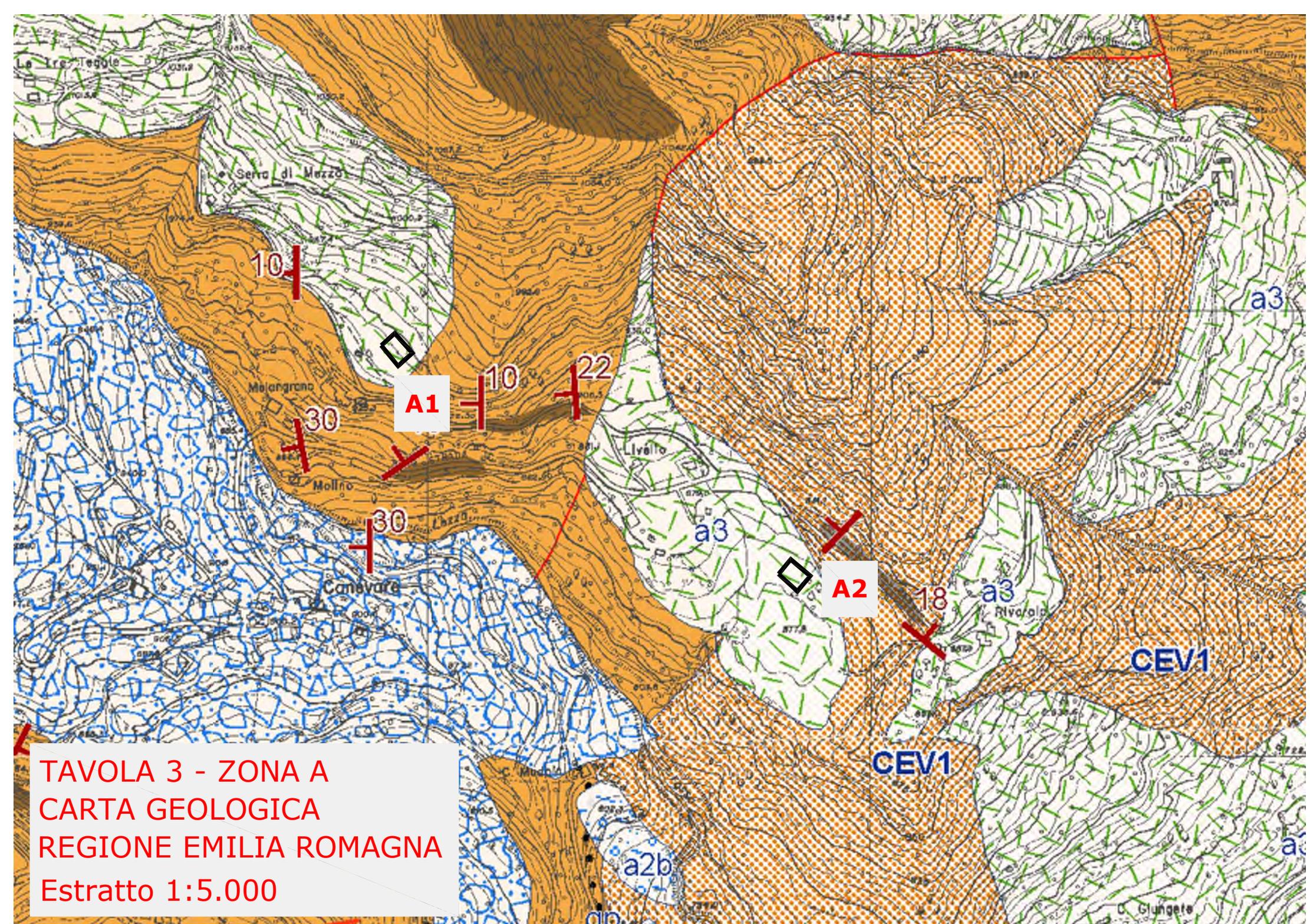
**CEV2** - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo

Torbiditi siltitico-pelitiche con rapporto A/P generalmente  $<1$  in strati sottili e medi cui si intercalano megatorbiditi, di spessore variabile da alcuni metri alle decine metri, a base arenitica medio-fine e tetto mammoso plurimetrico. A diverse altezze sono presenti intervalli ricchi di liste di selce nera e orizzonti da centimetrici a decimetrici di argilliti scure. In prossimità del contatto con CEV1 è presente lo strato guida **gp** (spesso circa 8 m) con base a grana da ruditica ad arenitica ricca di bioclasti, rip-up marnosi e frustoli carboniosi, e tetto marnososabbioso. A circa 100m dalla base è presente la coppia di megatorbiditi "Elisa" ed "Sandra" (es). A circa 450 m, 650 m e 730 m dalla base sono stati cartografati rispettivamente gli strati guida Fellicarolo1 (fe1), Fellicarolo2 (fe2) e Fellicarolo3 (fe3). Nella parte bassa del membro è localmente presente un deposito da slumping talora associato a un deposito da debris flow a elementi argilloso-calcarei di origine ligure e subligure (litofacies caotica CEV2a). Al tetto sono presenti marne e marne siltose laminate di colore grigio chiaro, con intercalati quattro strati calcsiltitici e siltitici di spessore centimetrico (CEV2b - litofacies pelitica); nella parte bassa di CEV2a è presente una vulcanoclastite di spessore centimetrico. Contatto inferiore non affiorante. Potenza parziale di oltre 1000 m. Burdigaliano

**CEV1** - Arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna

Torbiditi grossolane in strati spessi e molto spessi alternati con torbiditi siltitico-pelitiche in strati sottili e medi, depositi da slumping e debris flow spessi anche diversi metri. Spessore di alcune centinaia di metri. Burdigaliano

Il flysch arenaceo-pelitico si presenta ad ovest (CEV2) in assetto regolare con direzioni prevalenti all'incirca N-S ed immersioni ad ovest, mentre ad est (CEV1) gli assetti ruotano con immersioni a monte.



**TAVOLA 3 - ZONA A**  
**CARTA GEOLOGICA**  
**REGIONE EMILIA ROMAGNA**  
**Estratto 1:5.000**

### Depositi quaternari continentali

|                                                                                   |                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|  | a1a - deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento           |
|  | a1b - deposito di frana attiva per scivolamento                      |
|  | a1d - deposito di frana attiva per colamento lento                   |
|  | a1g - deposito di frana attiva complessa                             |
|  | a2 - deposito di frana quiescente di tipo indeterminato              |
|  | a2b - deposito di frana quiescente per scivolamento                  |
|  | a2d - deposito di frana quiescente per colamento lento               |
|  | a2g - deposito di frana quiescente complessa                         |
|  | a2h - deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV |
|  | a3 - deposito di versante s.l.                                       |
|  | a4 - deposito eluvio-colluviale                                      |
|  | b1 - deposito alluvionale in evoluzione                              |

### Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano

|                                                                                   |                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
|  | AES8 - subsistema di Ravenna |
|  | AES8a - unità di Modena      |

### Unità liguri

|                                                                                   |                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
|  | MOV - formazione di Monte Venere            |
|  | AVT - argille variegata di Grizzana Morandi |
|  | APM - arenarie del Poggio Mezzature         |
|  | APA - argille a palombini                   |

### Unità toscane

|                                                                                   |                                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
|  | CEV2 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo |
|  | CEV2b - arenarie di Monte Cervarola - litofacies pelitica            |
|  | CEV1 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna    |
|  | MOD - arenarie del Monte Modino                                      |
|  | VLR - arenarie di Vallorsara                                         |
|  | MMA - marne di Marmoreto                                             |
|  | FIU - argille di Fiumalbo                                            |
|  | BAP - brecce argillose poligeniche                                   |
|  | ABT - formazione dell'Abetina Reale                                  |
|  | AVC - argilliti variegata con calcari                                |

Figura 17 – Legenda Carta Geologica Zona A

## 7.2 ZONA A - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

### 7.2.1 Zona A - Geomorfologia e depositi continentali quaternari

In base alla genesi e allo stato d'attività, i depositi superficiali recenti (Quaternario) possono essere divisi in tre tipologie differenti; lo spessore è generalmente limitato a pochi metri per i depositi di versante e molto variabile, da pochi metri alla decina di metri, per i corpi di frana.

#### *Depositi di falda, di versante e di frane antiche, inattive o stabilizzate (a3)*

Materiali eterogenei ed eterometrici accumulati principalmente per l'azione della gravità in epoca per lo più remota. Nella zona in esame sono presenti in modo diffuso come coltri di ricoprimento di spessore modesto. Tra i processi di versante rientrano anche quelli di età più antica (Olocene non attuale – Wurm), dovuti a movimenti gravitativi e/o di soliflusso profondo, geliflusso e ruscellamento che hanno dato luogo alla formazione di depositi localmente conservati al piede di scarpate rocciose e anche su paleosuperfici e dorsali "relette"; tra questi rientrano anche i corpi di frane antiche e le numerose masse di arenarie disarticolate e dislocate diffusamente presenti nella zona

#### *Frane quiescenti (a2)*

Depositi caotici costituiti in modo prevalente da matrice pelitica, all'interno della quale sono frammisti litotipi eterogenei ed eterometrici, appartenenti alle formazioni del substrato prequaternario. Si tratta generalmente di frane miste di traslazione – rotazione o di colate di fango e detrito (le prime si sviluppano frequentemente nelle formazioni semirigide quali i flysch e le seconde nelle formazioni a dominante argillosa) di età recente generate da processi gravitativi profondi di versante che, con riprese di movimento successive (intermittenti), hanno dato luogo alla formazione di corpi di accumulo che inglobando anche grandi blocchi di arenarie probabilmente staccatisi dalle scarpate attive e rotolati sul pendio. Nella zona in esame si segnala la coltre che ricopre la dorsale di Canevare.

*Frane in evoluzioni o attive (a1)*

Le frane miste o le colate di fango e detrito presentano gli stessi caratteri litologici e strutturali delle frane quiescenti, e si diversificano esclusivamente per lo stato d'attività; nell'ambito della zona non sono presenti frane attive salvo piccoli fenomeni lungo le più ripide scarpate poste in fregio al Fosso della Lezza da cui si possono di tanto in tanto staccare piccole porzioni rocciose o singoli massi.

7.2.2 Zona A - Ricerca storico-documentale e cartografica

La ricerca effettuata non ha prodotto riscontri significativi per il versante in esame. Le informazioni riguardano l'abitato di Canevare e le sue pertinenze più prossime.

7.2.3 Zona A - Fattori antropici

Di scarso rilievo i fattori antropici per le fasce di versante in analisi. I luoghi sono comunque ben presidiati e in buono stato di manutenzione.

7.2.4 Zona A - Sicurezza del Territorio: Rischio da frana: Carta del dissesto

Si fa riferimento alla Carta del Dissesto del PTCP 2009

| Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità               |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                         |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|    |    |    | Aree interessate da frane attive                                                                        | Art.15  |
|    |    |    | Aree interessate da frane quiescenti                                                                    |         |
| Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità                           |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                         |         |
|  |  |  | Aree potenzialmente instabili                                                                           | Art.16  |
| Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato                                |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                                         |         |
|  | Codice scheda 2.1.1 NR                                                              |  | Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR) | Art.17  |
|  |                                                                                     |  | Aree a rischio idrogeologico molto elevato                                                              | Art.18A |
|  |                                                                                     |  | Aree a rischio da frana perimetrare e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)            | Art.18B |

Figura 18 - Legenda Carta del Dissesto PTCP 2009

Le aree in analisi non rientrano in zone caratterizzate da fenomeni di dissesto e instabilità, né da potenziale instabilità.

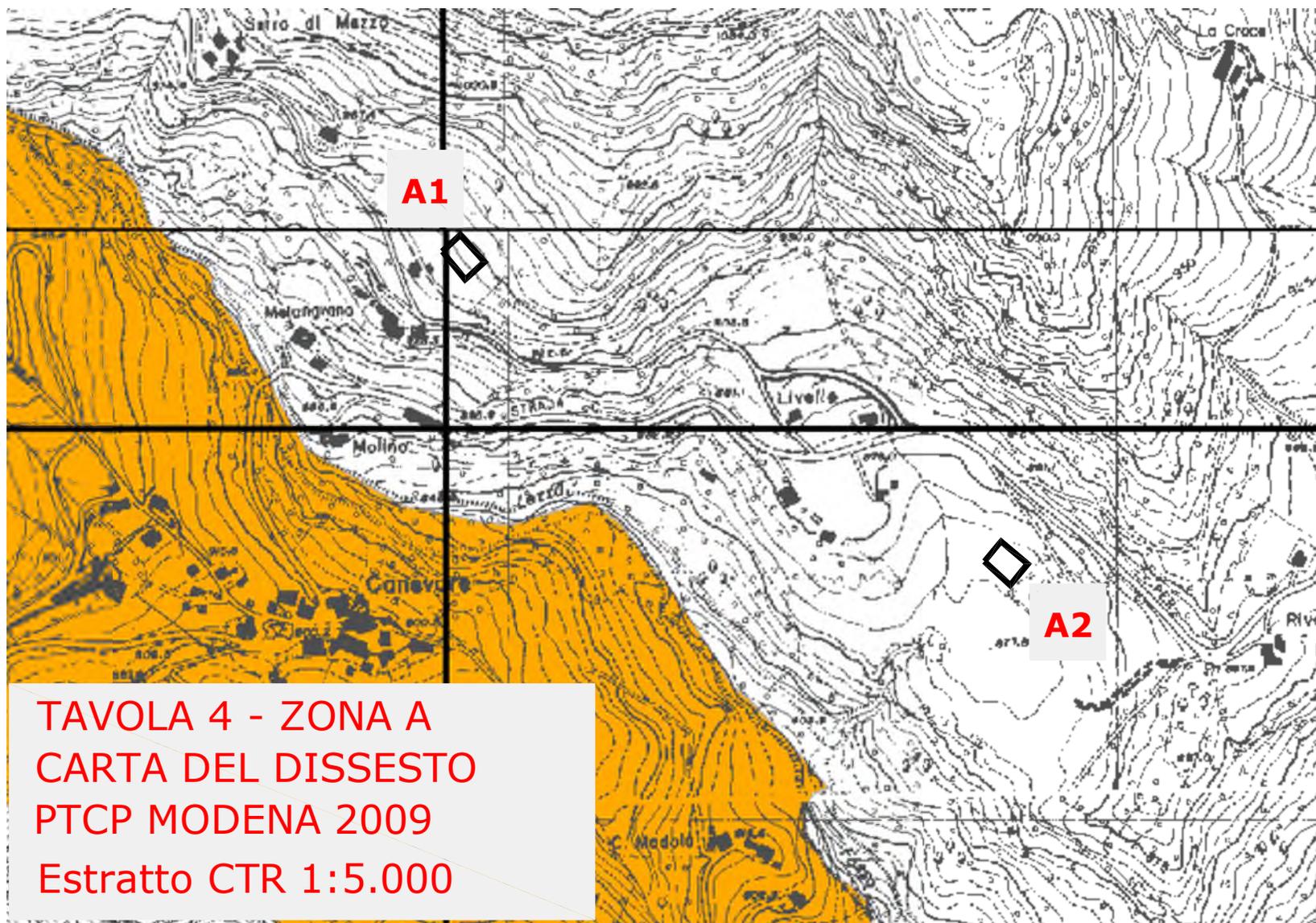


TAVOLA 4 - ZONA A  
CARTA DEL DISSESTO  
PTCP MODENA 2009  
Estratto CTR 1:5.000

## 7.3 ZONA A – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

### 7.3.1 Zona A – Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali

La CARTA DELLE AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI, realizzata per il Quadro Conoscitivo del PTCP della Provincia di Modena e di cui si riporta un estratto alla pagina che segue, deriva dalla carta geologica 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo

**L'Area A1** risulta qui in parte potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche (pendici con acclività superiori a 15°).

**L'Area A2** non risulta potenzialmente soggetta ad amplificazione.

| Effetti attesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di III livello.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>                                                                                                                                                                                                    |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di III livello.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>                                                                                                                                                                                                                                |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di II livello.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: approfondimenti di II livello.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti</b><br/> <i>studi</i>*: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><b>Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali</b><br/> <i>studi</i>*: indagini per caratterizzare <math>V_{S30}</math>; in caso <math>V_{S30}</math> maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p><b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche</b><br/> <i>studi</i>*: indagini per caratterizzare <math>V_{S30}</math> e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso <math>V_{S30}</math> maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;<br/> <i>microzonazione sismica</i>*: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso <math>V_{S30}</math> minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico.</p> |
| <p>* riferimento:<br/>           - Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2/5/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", pubblicata sul B.U. della Regione Emilia Romagna n.64 del 17/5/2007.</p> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

Figura 19 – Legenda Carta delle aree suscettibili di effetti locali – PTCP 2009

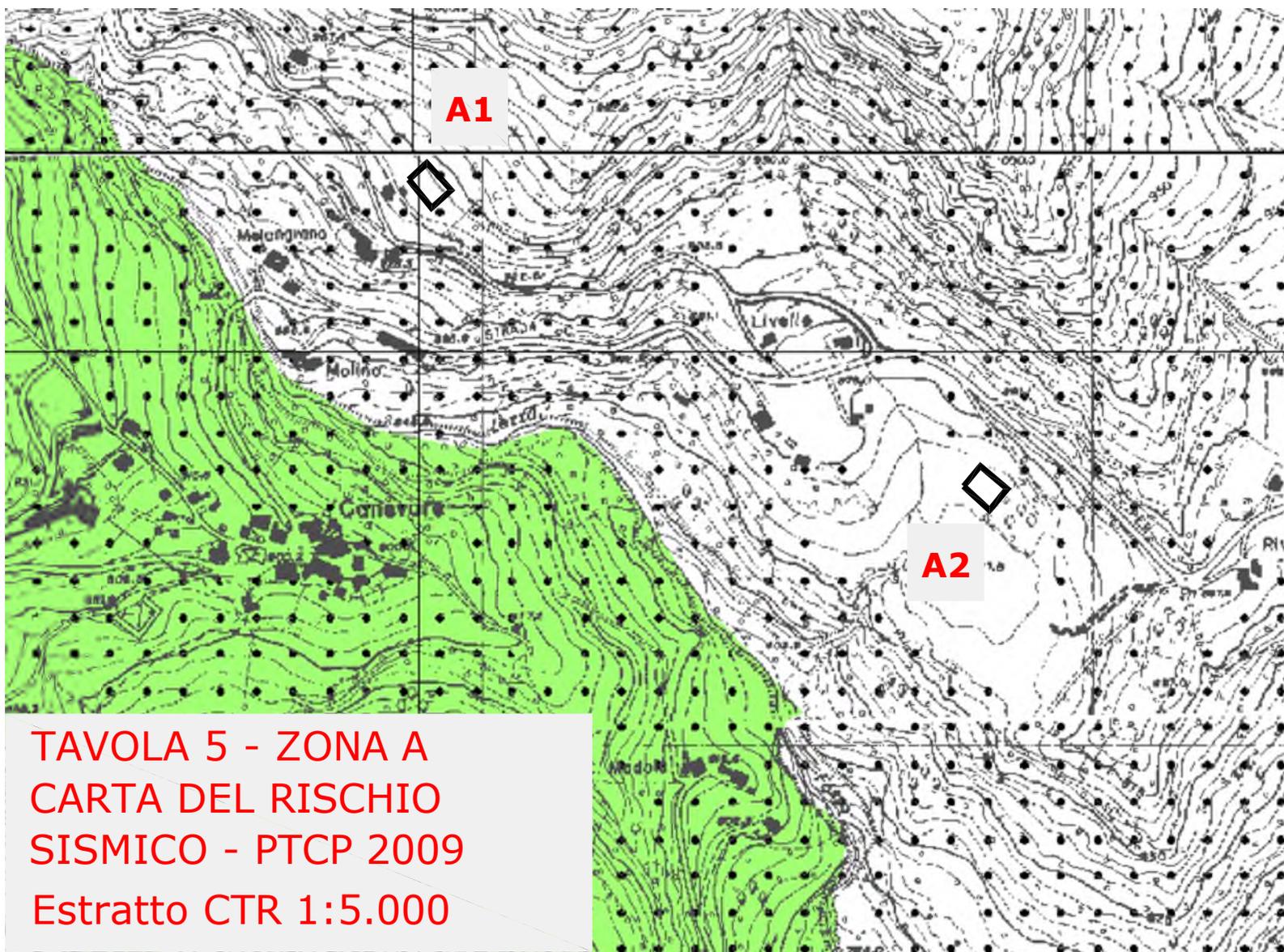


TAVOLA 5 - ZONA A  
CARTA DEL RISCHIO  
SISMICO - PTCP 2009  
Estratto CTR 1:5.000

## 8 ZONA A - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Un lavoro di questo tipo è sempre per me un'occasione per assemblare le conoscenze maturate sul versante in 30 anni di attività. Per questo motivo ho ritenuto interessante riprendere le prove e i sondaggi effettuati solamente nelle aree con un minimo di pertinenza di questo studio e di cui ho conservato documentazione, raggruppando le prove penetrometriche significative in un unico simbolo per area. Spero che ciò possa servire, oltre che agli approfondimenti di questa analisi, allo sviluppo delle conoscenze in generale e dunque ad una sempre più puntuale definizione dei modelli geotecnici di riferimento.

Per motivi pratici, in questa trattazione non verranno riportate le certificazioni delle indagini da bibliografia, ma vi farò comunque riferimento.

Successivamente, ho proceduto con l'organizzazione di campagna geognostica specifica, finalizzata alla caratterizzazione delle singole aree, anche in ottemperanza alla nuova normativa.

### 8.1 ZONA A - SONDAGGI DIRETTI A ROTAZIONE O ATTRAVERSO SCAVI

Gli affioramenti del flysch lungo la strada per Canevare e quella per Melangrano sono frequenti (vedi Carta Geologica). Gli scavi di cantiere a cui ho assistito sono ubicati nella Carta delle indagini di cui alla pagina seguente. Si tratta di asportazioni per un massimo di 3m che hanno riguardato direttamente lo strato superficiale del flysch (Sc1 Sc4) e la coltre di disfacimento (Sc2 Sc3). Non mi risultano sondaggi a carotaggio. Di seguito si riportano le stratigrafie più significative.

#### 8.1.1 Zona A - Stratigrafie

##### Sc1

da 0 a 2.5m : Arenarie e marne stratificate

Figura 20 – Zona A Area A1 Sc1



##### Sc2

da 0 a 3m : ALS grigia con lembi di arenaria fine e siltite

Figura 21 – Zona A Area A1 Sc2

#### 8.1.2 Zona A - Prove SPT in foro

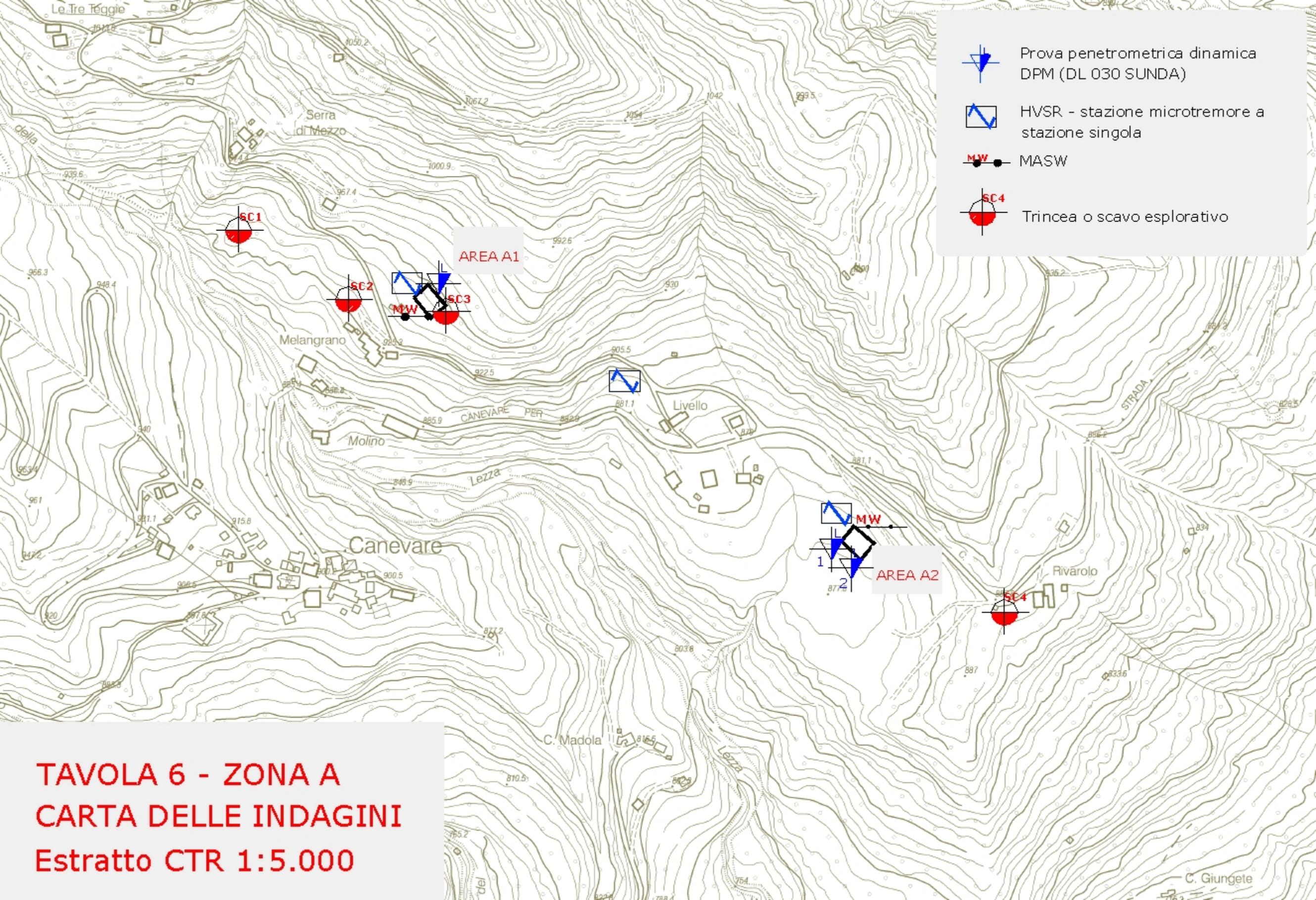
Non risultano sondaggi a carotaggio continuo

#### 8.1.3 Zona A - Piezometri

Non risultano piezometri installati

#### 8.1.4 Zona A - Inclinatori

Nessun inclinometro risulta installato nella zona in esame



-  Prova penetrometrica dinamica DPM (DL 030 SUNDA)
-  HVSR - stazione microtremore a stazione singola
-  MASW
-  SC4  
Trincea o scavo esplorativo

**TAVOLA 6 - ZONA A**  
**CARTA DELLE INDAGINI**  
**Estratto CTR 1:5.000**

## 8.2 ZONA A - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Non essendo disponibili prove penetrometriche in un intorno significativo ho proceduto ad eseguire prove dinamiche in corrispondenza delle due aree.



### 8.2.1 AREA A1 - PROVA DL1

Strumento utilizzato...DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 31/03/2014

Profondità prova 2.70 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Figura 22 - Zona A Area A1 Punto di prova DL1 - Ubicazione in Figura

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 3         | 0.855                              | 8.56                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.30           | 4         | 0.853                              | 11.39                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.40           | 5         | 0.851                              | 14.21                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.50           | 6         | 0.849                              | 17.01                                       | 20.04                               | 0.85                                                                       | 1.00                                                         |
| 0.60           | 6         | 0.847                              | 16.97                                       | 20.04                               | 0.85                                                                       | 1.00                                                         |
| 0.70           | 6         | 0.845                              | 16.93                                       | 20.04                               | 0.85                                                                       | 1.00                                                         |
| 0.80           | 22        | 0.743                              | 54.61                                       | 73.47                               | 2.73                                                                       | 3.67                                                         |
| 0.90           | 23        | 0.742                              | 54.05                                       | 72.89                               | 2.70                                                                       | 3.64                                                         |
| 1.00           | 14        | 0.790                              | 35.04                                       | 44.37                               | 1.75                                                                       | 2.22                                                         |
| 1.10           | 17        | 0.788                              | 42.45                                       | 53.87                               | 2.12                                                                       | 2.69                                                         |
| 1.20           | 13        | 0.786                              | 32.39                                       | 41.20                               | 1.62                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.30           | 11        | 0.835                              | 29.09                                       | 34.86                               | 1.45                                                                       | 1.74                                                         |
| 1.40           | 10        | 0.833                              | 26.39                                       | 31.69                               | 1.32                                                                       | 1.58                                                         |
| 1.50           | 11        | 0.831                              | 28.97                                       | 34.86                               | 1.45                                                                       | 1.74                                                         |
| 1.60           | 10        | 0.830                              | 26.29                                       | 31.69                               | 1.31                                                                       | 1.58                                                         |
| 1.70           | 9         | 0.828                              | 23.61                                       | 28.52                               | 1.18                                                                       | 1.43                                                         |
| 1.80           | 12        | 0.826                              | 31.42                                       | 38.03                               | 1.57                                                                       | 1.90                                                         |
| 1.90           | 17        | 0.775                              | 39.71                                       | 51.26                               | 1.99                                                                       | 2.56                                                         |
| 2.00           | 13        | 0.773                              | 30.31                                       | 39.20                               | 1.52                                                                       | 1.96                                                         |
| 2.10           | 18        | 0.772                              | 41.88                                       | 54.27                               | 2.09                                                                       | 2.71                                                         |
| 2.20           | 21        | 0.720                              | 45.60                                       | 63.32                               | 2.28                                                                       | 3.17                                                         |
| 2.30           | 20        | 0.769                              | 46.35                                       | 60.30                               | 2.32                                                                       | 3.02                                                         |
| 2.40           | 13        | 0.767                              | 30.07                                       | 39.20                               | 1.50                                                                       | 1.96                                                         |
| 2.50           | 5         | 0.816                              | 12.30                                       | 15.08                               | 0.61                                                                       | 0.75                                                         |
| 2.60           | 27        | 0.714                              | 58.14                                       | 81.41                               | 2.91                                                                       | 4.07                                                         |
| 2.70           | 70        | 0.613                              | 129.34                                      | 211.06                              | 6.47                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 8 - Prova A1 DL1 Dati

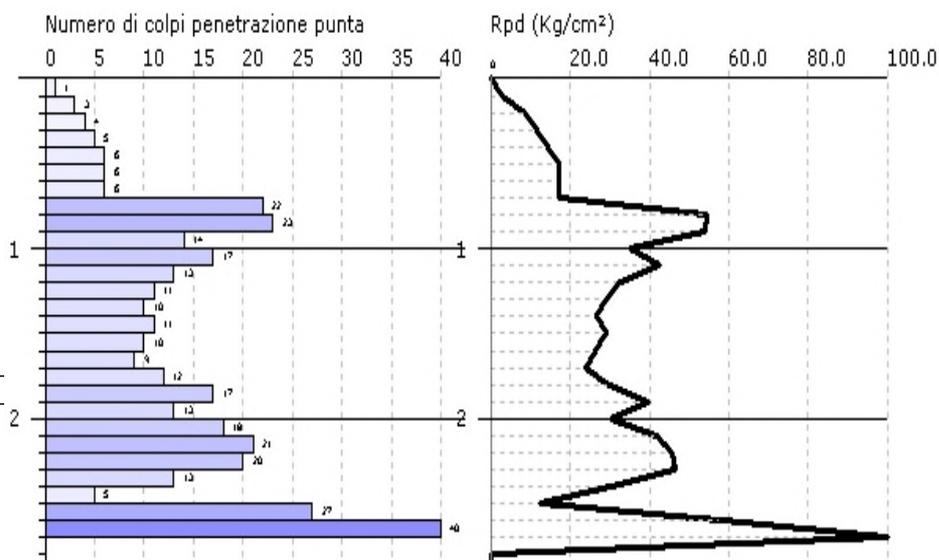


Figura 23 - Prova A1 DL1 Grafico

### 8.2.2 AREA A2 - PROVA DL1

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 2.40 mt  
 Falda non rilevata Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio



Figura 24 – Zona A Area A2 Punto di prova DL1

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 3         | 0.855                              | 8.56                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.30           | 2         | 0.853                              | 5.70                                        | 6.68                                | 0.28                                                                       | 0.33                                                         |
| 0.40           | 4         | 0.851                              | 11.36                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.50           | 4         | 0.849                              | 11.34                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.60           | 3         | 0.847                              | 8.49                                        | 10.02                               | 0.42                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.70           | 5         | 0.845                              | 14.11                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.80           | 5         | 0.843                              | 14.08                                       | 16.70                               | 0.70                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.90           | 5         | 0.842                              | 13.33                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.00           | 5         | 0.840                              | 13.31                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.10           | 6         | 0.838                              | 15.93                                       | 19.01                               | 0.80                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.20           | 8         | 0.836                              | 21.20                                       | 25.35                               | 1.06                                                                       | 1.27                                                         |
| 1.30           | 13        | 0.785                              | 32.32                                       | 41.20                               | 1.62                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.40           | 20        | 0.783                              | 49.62                                       | 63.38                               | 2.48                                                                       | 3.17                                                         |
| 1.50           | 28        | 0.731                              | 64.88                                       | 88.73                               | 3.24                                                                       | 4.44                                                         |
| 1.60           | 14        | 0.780                              | 34.59                                       | 44.37                               | 1.73                                                                       | 2.22                                                         |
| 1.70           | 21        | 0.728                              | 48.44                                       | 66.55                               | 2.42                                                                       | 3.33                                                         |
| 1.80           | 79        | 0.626                              | 156.80                                      | 250.35                              | 7.84                                                                       | 12.52                                                        |
| 1.90           | 79        | 0.625                              | 148.81                                      | 238.19                              | 7.44                                                                       | 11.91                                                        |
| 2.00           | 25        | 0.723                              | 54.51                                       | 75.38                               | 2.73                                                                       | 3.77                                                         |
| 2.10           | 35        | 0.672                              | 70.88                                       | 105.53                              | 3.54                                                                       | 5.28                                                         |
| 2.20           | 42        | 0.620                              | 78.53                                       | 126.63                              | 3.93                                                                       | 6.33                                                         |
| 2.30           | 35        | 0.669                              | 70.56                                       | 105.53                              | 3.53                                                                       | 5.28                                                         |
| 2.40           | 70        | 0.617                              | 130.25                                      | 211.06                              | 6.51                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 9 – Prova A2 DL1 Dati

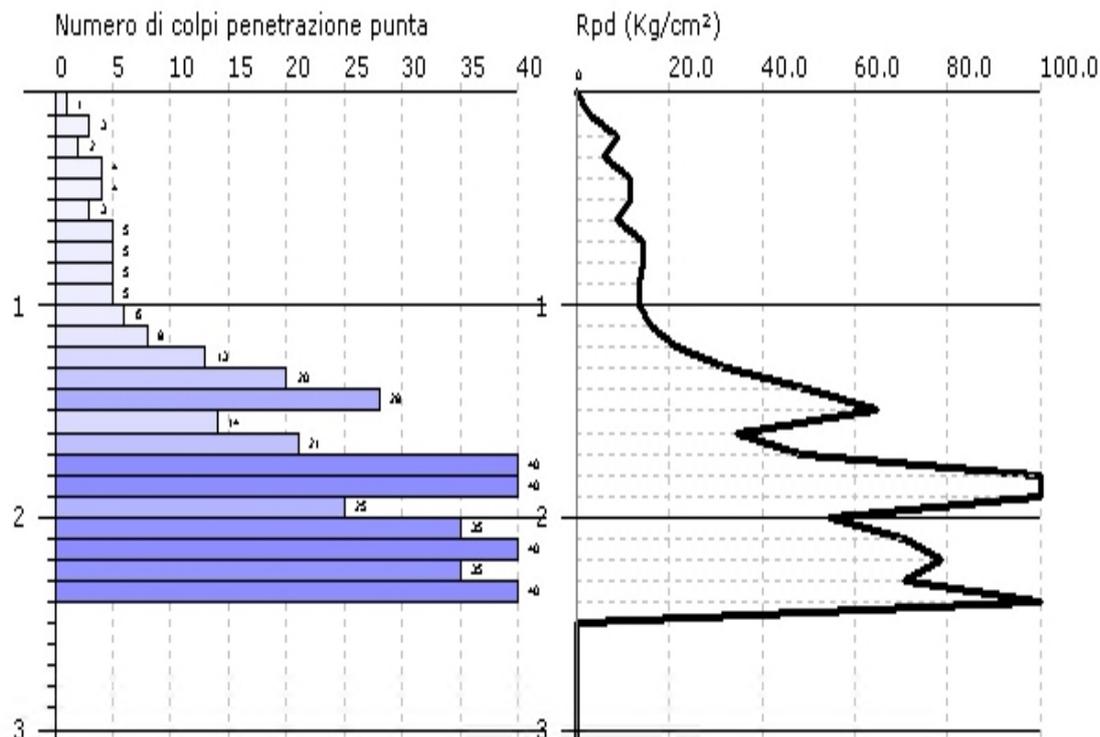


Figura 25 – Prova A2 DL1 Grafico

### 8.2.3 AREA A2 - PROVA DL2

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 31/03/2014

Profondità prova 2.20 mt

Falda non rilevata Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 3         | 0.855                              | 8.56                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.30           | 3         | 0.853                              | 8.54                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.40           | 3         | 0.851                              | 8.52                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.50           | 3         | 0.849                              | 8.50                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.60           | 2         | 0.847                              | 5.66                                        | 6.68                                | 0.28                                                                       | 0.33                                                         |
| 0.70           | 4         | 0.845                              | 11.29                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.80           | 5         | 0.843                              | 14.08                                       | 16.70                               | 0.70                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.90           | 5         | 0.842                              | 13.33                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.00           | 5         | 0.840                              | 13.31                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.10           | 6         | 0.838                              | 15.93                                       | 19.01                               | 0.80                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.20           | 6         | 0.836                              | 15.90                                       | 19.01                               | 0.80                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.30           | 7         | 0.835                              | 18.51                                       | 22.18                               | 0.93                                                                       | 1.11                                                         |
| 1.40           | 12        | 0.833                              | 31.67                                       | 38.03                               | 1.58                                                                       | 1.90                                                         |
| 1.50           | 15        | 0.781                              | 37.13                                       | 47.54                               | 1.86                                                                       | 2.38                                                         |
| 1.60           | 11        | 0.830                              | 28.92                                       | 34.86                               | 1.45                                                                       | 1.74                                                         |
| 1.70           | 21        | 0.728                              | 48.44                                       | 66.55                               | 2.42                                                                       | 3.33                                                         |
| 1.80           | 39        | 0.626                              | 77.41                                       | 123.59                              | 3.87                                                                       | 6.18                                                         |
| 1.90           | 18        | 0.775                              | 42.05                                       | 54.27                               | 2.10                                                                       | 2.71                                                         |
| 2.00           | 11        | 0.823                              | 27.30                                       | 33.17                               | 1.37                                                                       | 1.66                                                         |
| 2.10           | 8         | 0.822                              | 19.82                                       | 24.12                               | 0.99                                                                       | 1.21                                                         |
| 2.20           | 70        | 0.620                              | 130.88                                      | 211.06                              | 6.54                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 10 – Prova A2 DL2 Dati

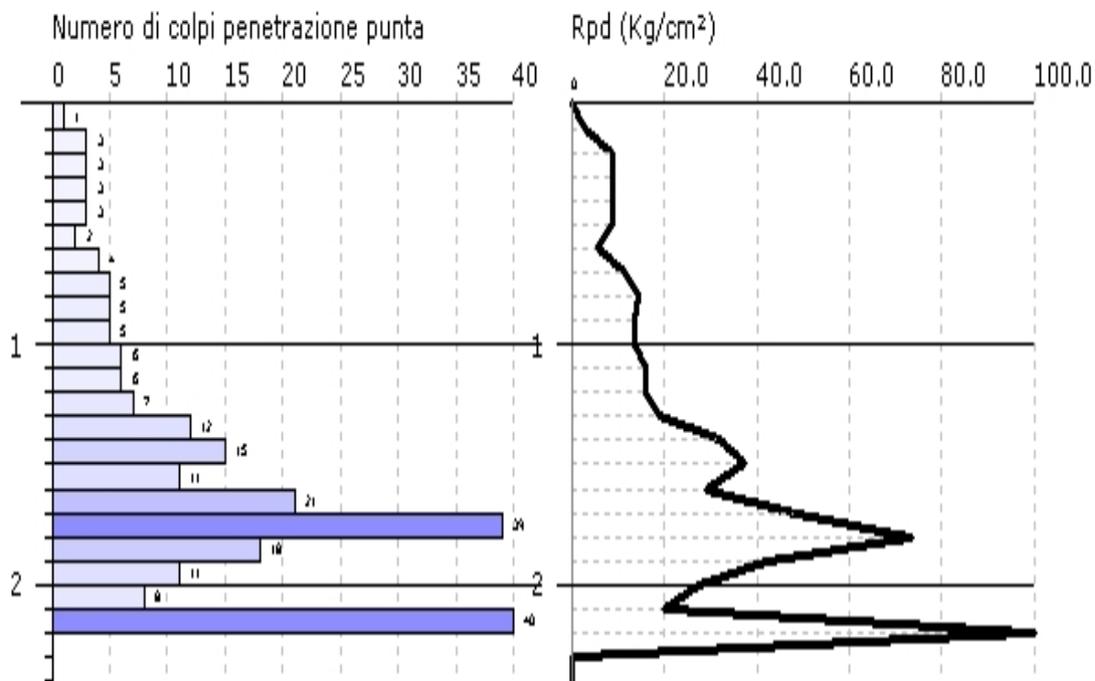


Figura 26 – Prova A2 DL2 Grafico



Figura 27 – Ubicazione di dettaglio indagini Area A1

- MASW 
- HVSR 
- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 
- SCAVO 

Figura 28 – Ubicazione di dettaglio indagini Area A2



### 8.3 ZONA A - INDAGINE GEOFISICA - PROVE SISMICHE $V_{s30}$ CON METODO MASW E MISURE HVSR

La prova HVSR di repertorio, effettuata con il Tromino, ha messo in evidenza la frequenza tipica, significativa da un punto di vista dell'ingegneria, per il deposito esaminato:

| Frequenze e periodo di risonanza del deposito, significative per l'ingegneria |           |          |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|----------|
|                                                                               | Frequenza | Periodo  |
| T 1                                                                           | 16 Hz     | 0.06 sec |

Al fine di integrare e verificare i dati assunti attraverso le indagini descritte ai punti precedenti, si è predisposta l'effettuazione di 2 prospezioni sismiche MASW e due misure HVSR, ubicate alla pagina precedente sulle singole aree. Le stesse sono state effettuate nel marzo 2014.

#### 8.3.1 AREA A1 – MASW e MISURE HVSR

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | $V_{s30}$ m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|-----------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                 |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_A1 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | <b>541</b>      | <b>B</b>        | 44°12'11,3"  | 10°45'49,6"   |

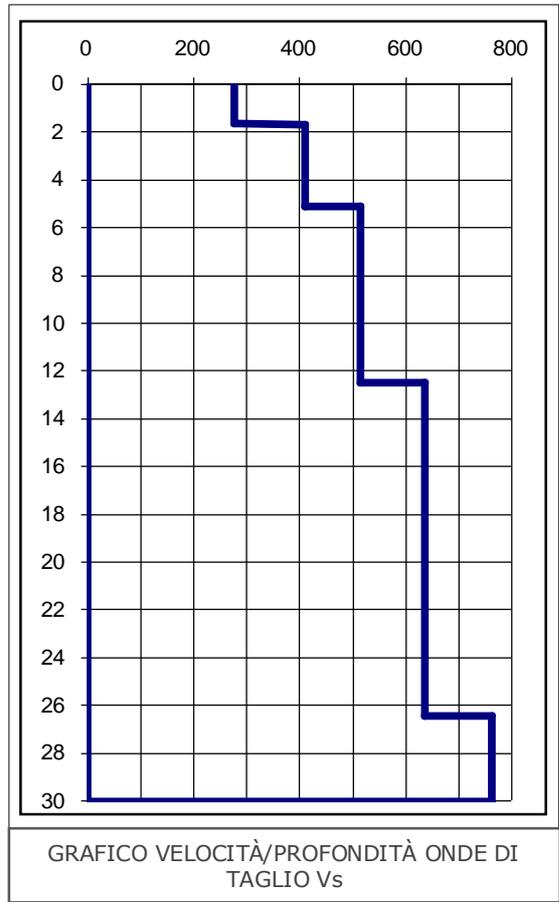
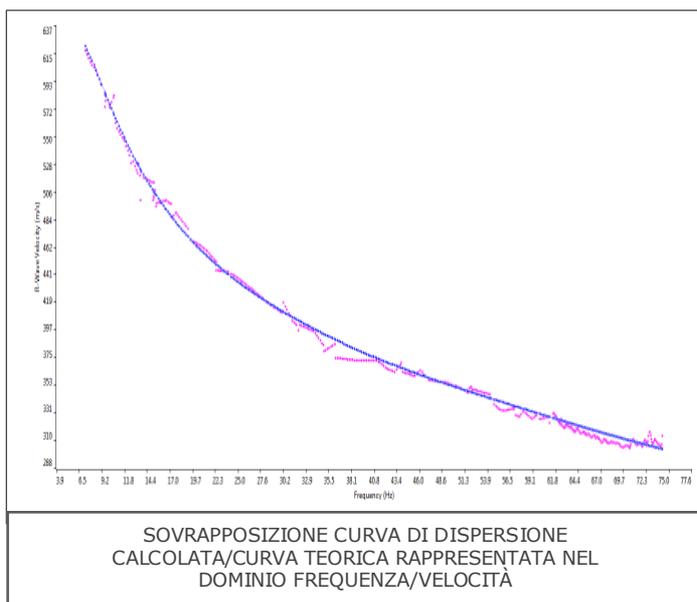
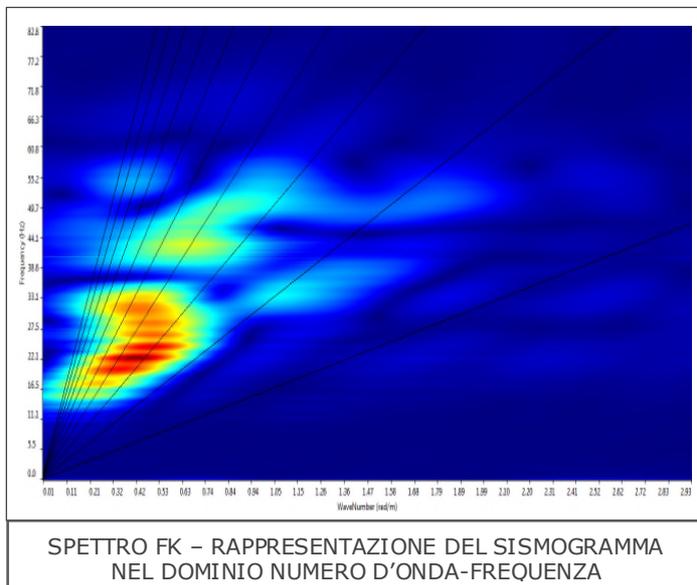
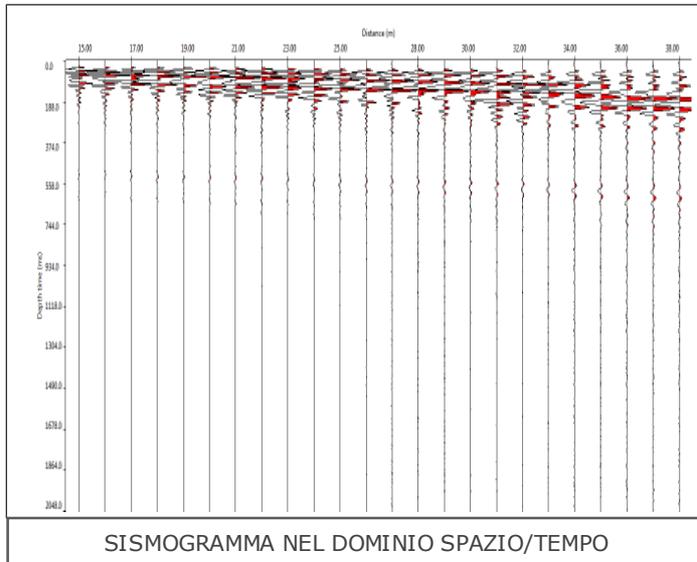


Figura 29 – Zona A Area A1 : PIAZZAMENTO MASW MW\_A1



Figura 30 – Zona A Area A1 : PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_A1

8.3.2 AREA A1 – RISULTATI INDAGINE MASW



**Risultati Elaborazione MW\_A1**

| Strato  | profondità |       | Spessore<br>m | Vel.<br>m/sec |
|---------|------------|-------|---------------|---------------|
|         | da         | a     |               |               |
| Strato1 | 0,0        | 1.67  | 1.67          | <b>276</b>    |
| Strato2 | 1.67       | 5.12  | 3.45          | <b>409</b>    |
| Strato3 | 5.12       | 12.49 | 7.37          | <b>514</b>    |
| Strato4 | 12.49      | 26.44 | 13.95         | <b>636</b>    |
| Strato5 | 26.44      | 30.00 | 3.56          | <b>761</b>    |
|         |            |       |               |               |
|         |            |       |               |               |

**Vs<sub>30</sub> = 541 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 1 – Zona A Area A1 : Risultati prova MASW MW\_A1

### 8.3.3 AREA A1 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 14:42:56 End recording: 13/03/14 15:02:57

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 88% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

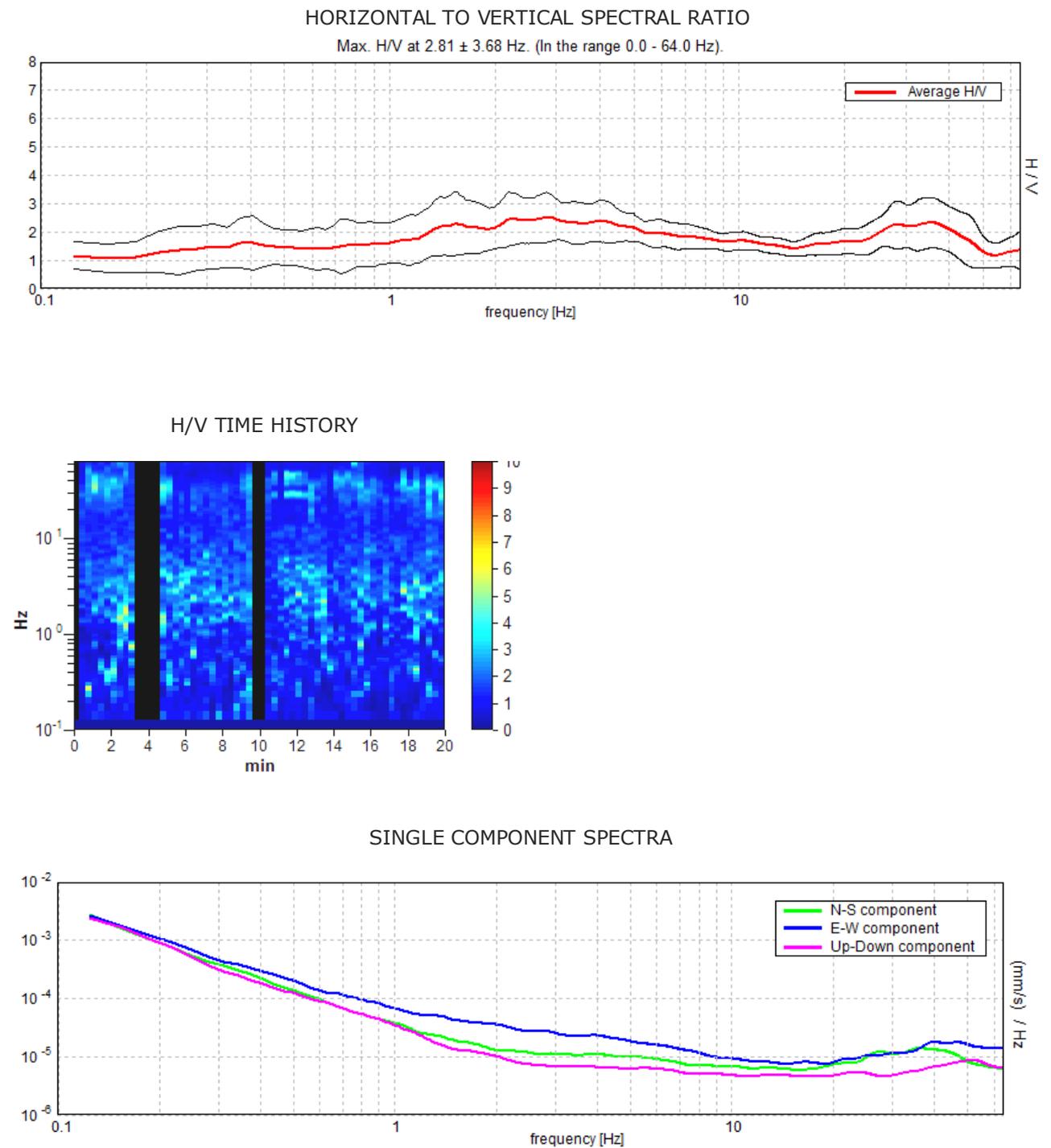


Figure 2 – Zona A Area A1 : Risultati misura HVSR

Max. H/V at  $2.81 \pm 3.68$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |           |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | $2.81 > 0.50$               | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | $2981.3 > 200$              | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 136 times | <b>OK</b> |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                     |           |           |
|-------------------------------------------------------------|---------------------|-----------|-----------|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                     |           | <b>NO</b> |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    |                     |           | <b>NO</b> |
| $A_0 > 2$                                                   | $2.52 > 2$          | <b>OK</b> |           |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.64585  < 0.05$  |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | $1.81644 < 0.14063$ |           | <b>NO</b> |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | $0.4368 < 1.58$     | <b>OK</b> |           |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Freq. range [Hz]                                | Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |           |            |            |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                                                 | < 0.2                                               | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | $0.25 f_0$                                          | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0                                                 | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48                                                | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 8.3.4 AREA A2 – MASW e MISURA HVSR

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_A2 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | <b>510</b>             | <b>B</b>        | 44°12'04,6"  | 10°46'09,7"   |

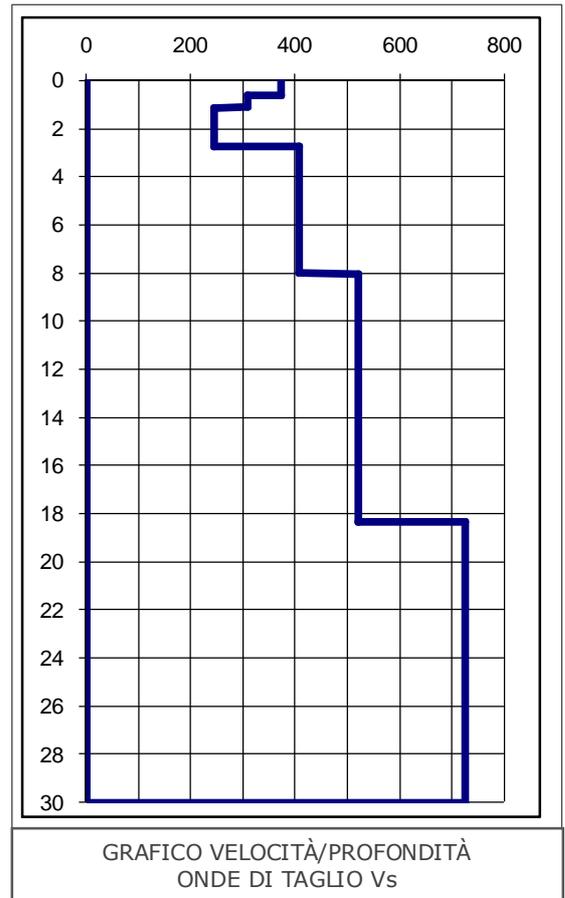
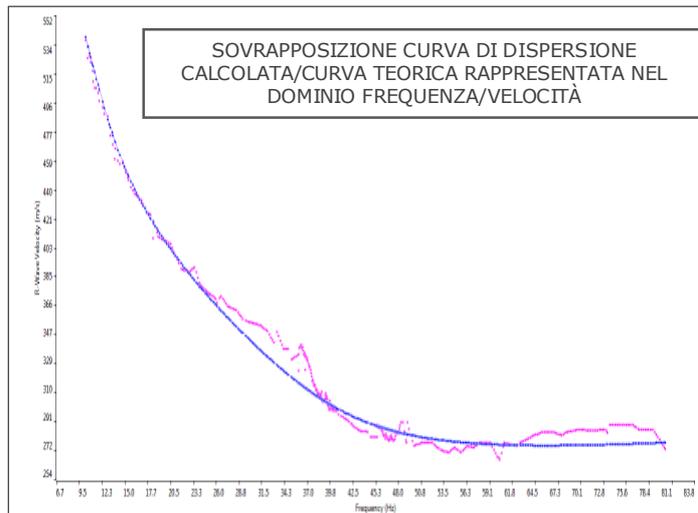
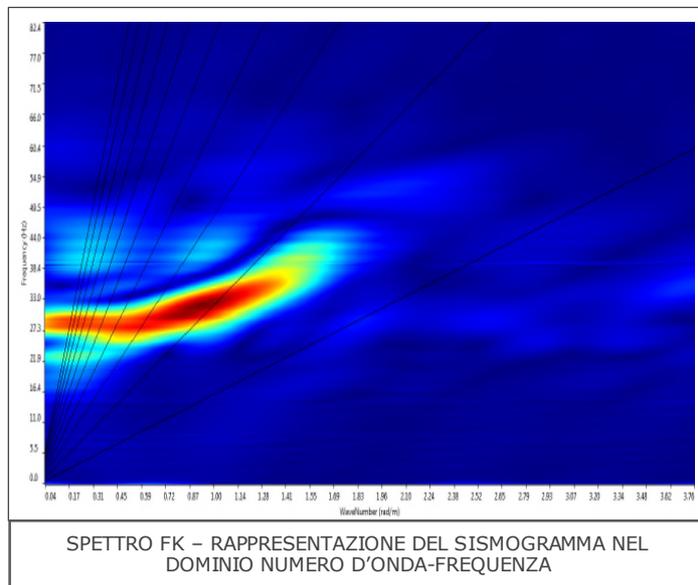
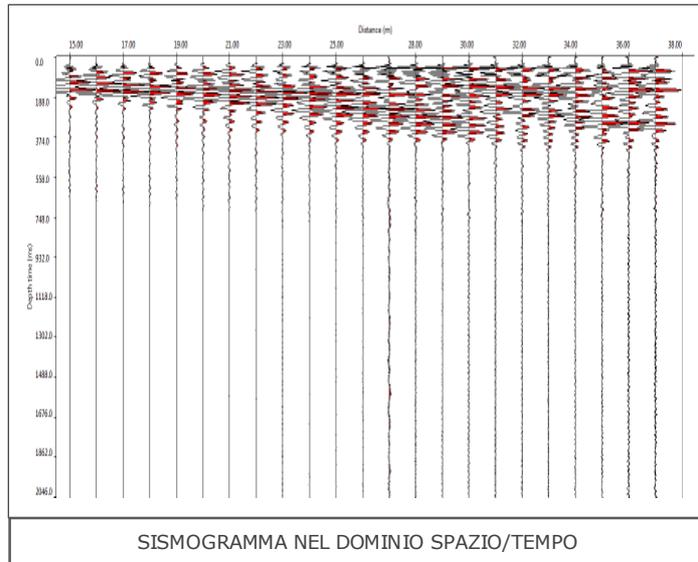


Figura 31 – Zona A Area A2 : PIAZZAMENTO MASW MW\_A2



Figura 32 – Zona A Area A2 : PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_A2

### 8.3.5 AREA A2 – RISULTATI INDAGINE MASW



**Risultati Elaborazione MW A2**

| Strato  | profondità |       | Spessore<br>m | Vel.<br>m/sec |
|---------|------------|-------|---------------|---------------|
|         | da         | a     |               |               |
| Strato1 | 0,0        | 0.64  | 0.64          | <b>373</b>    |
| Strato2 | 0.64       | 1.13  | 0.49          | <b>309</b>    |
| Strato3 | 1.13       | 2.74  | 1.61          | <b>244</b>    |
| Strato4 | 2.74       | 8.02  | 5.28          | <b>407</b>    |
| Strato5 | 8.02       | 18.34 | 10.32         | <b>519</b>    |
| Strato6 | 18.34      | 30.00 | 11.66         | <b>724</b>    |
|         |            |       |               |               |
|         |            |       |               |               |

**Vs<sub>30</sub> = 510 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 3 - Zona A Area A2 : Risultati prova MASW MW\_A2

### 8.3.6 AREA A2 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 15:48:10 End recording: 13/03/14 16:08:11

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

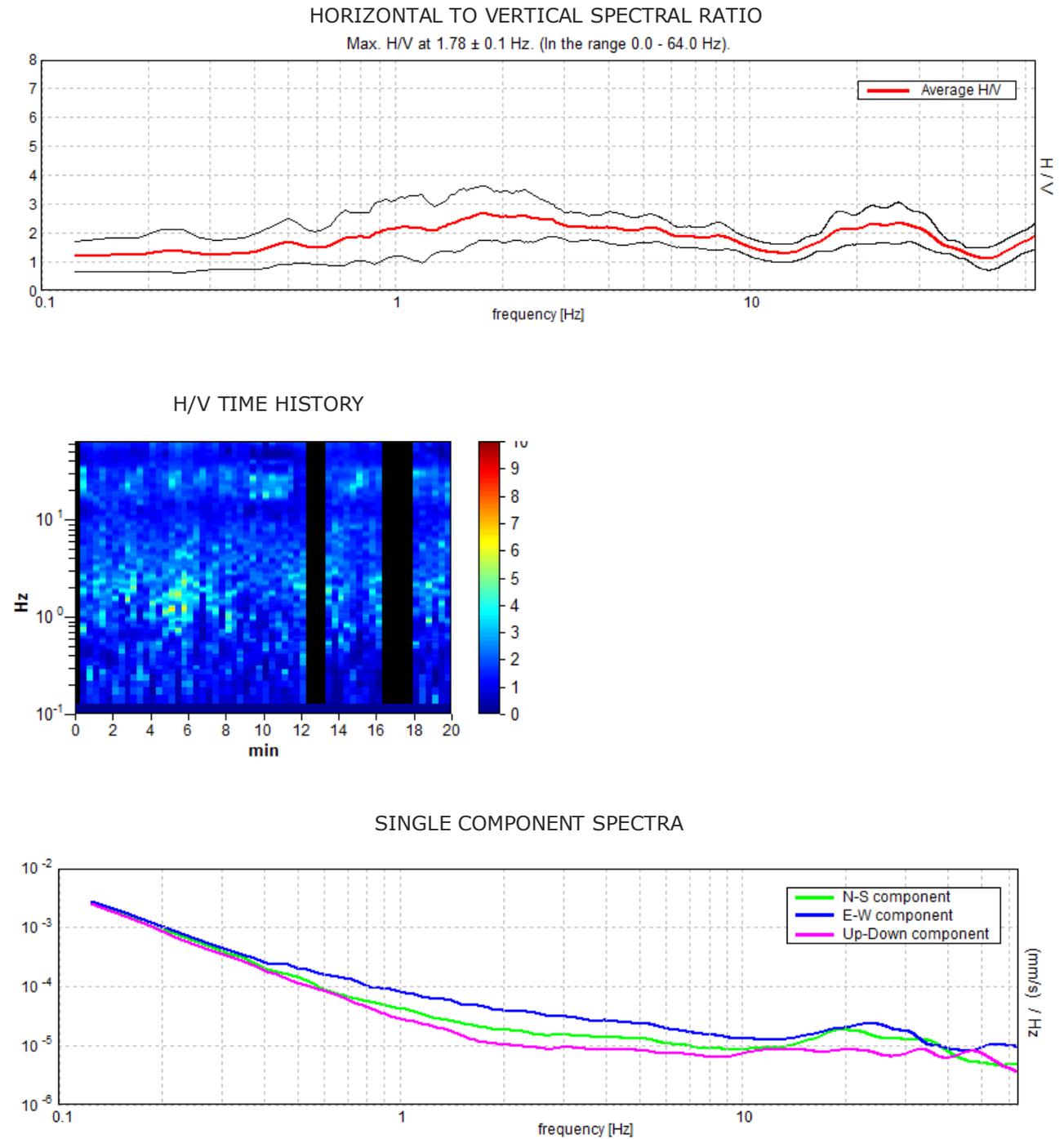


Figure 4 - Zona A Area A2 : Risultati misura HVRS

Max. H/V at  $1.78 \pm 0.1$  Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                            |           |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | $1.78 > 0.50$              | <b>OK</b> |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | $1816.9 > 200$             | <b>OK</b> |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 86 times | <b>OK</b> |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |           |           |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|-----------|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$  |                    |           | <b>NO</b> |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$   |                    |           | <b>NO</b> |
| $A_0 > 2$                                                   | $2.68 > 2$         | <b>OK</b> |           |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.02656  < 0.05$ | <b>OK</b> |           |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | $0.0473 < 0.17813$ | <b>OK</b> |           |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | $0.4589 < 1.78$    | <b>OK</b> |           |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | $0.25 f_0$ | $0.2 f_0$ | $0.15 f_0$ | $0.10 f_0$ | $0.05 f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

Di seguito si riportano infine le determinazioni delle  $V_{S30}$ , al fine della classificazione sismica.

| AREA      | Località     | sigla | $V_{S30}$<br>m/sec |
|-----------|--------------|-------|--------------------|
| <b>A1</b> | Via Cervara  | MW_A1 | <b>541</b>         |
| <b>A2</b> | Via Canevare | MW_A2 | <b>510</b>         |

## 9.1 ZONA A - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

## 9.1.1 AREA A1

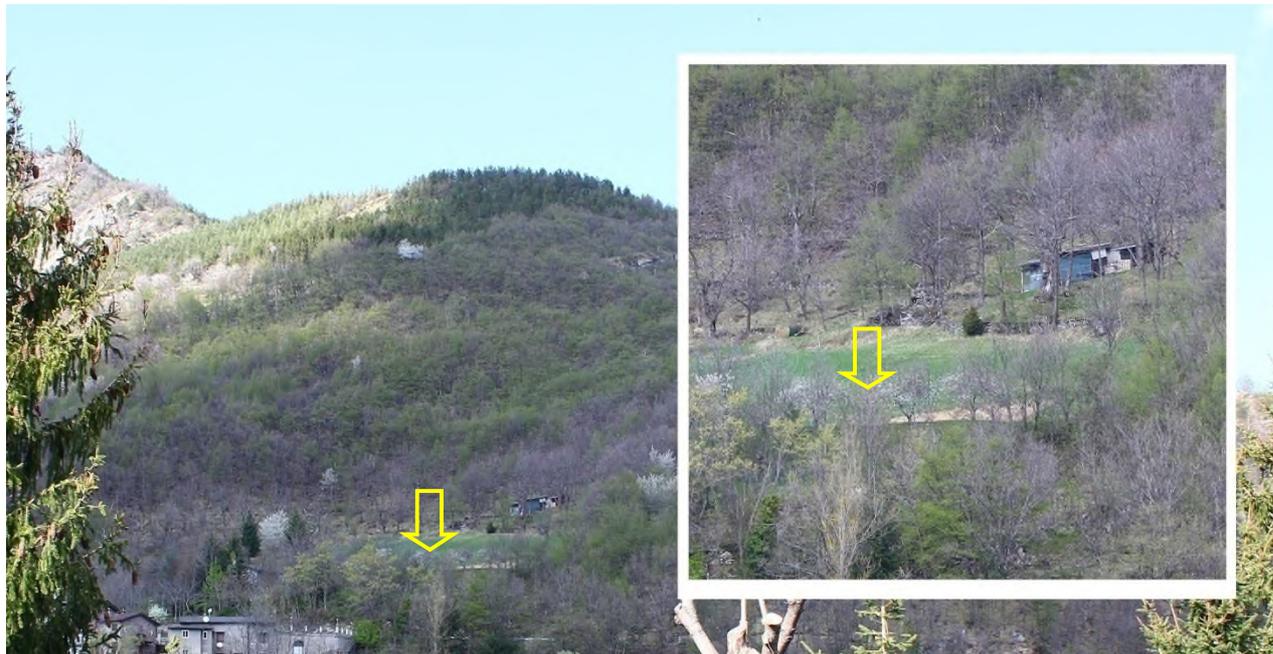


Figura 33 – Zona A Area A1 : Panoramiche

L'area A1 (945msm) è impostata sulla Formazione delle Arenarie di M. Cervarola, formate da alternanze di strati di arenarie gradate con argilliti e siltiti marnose grigie. L'assetto generale della roccia evidenzia direzioni intorno a N-S e immersioni ad ovest, cioè in leggero frana poggio con pendenze uguali o superiori al pendio.

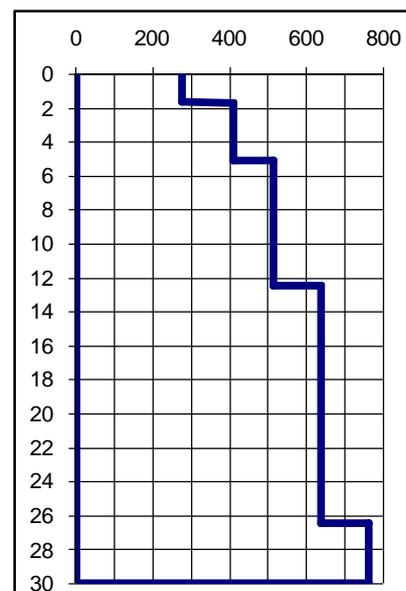
Strutturalmente si pone fra i contrafforti della dorsale del Monte Calvanella ed il fondovalle del Fosso della Lezza per una fascia di versante di 500m circa, da 1100 a 880msm. Lo stesso è caratterizzato, a partire da 975msm e fino al fosso, da forme distensive che hanno detensionato il substrato in fase neotettonica per uno spessore di 12m circa.

Il Flysch si presenta con alternanze di strati fissili di siltiti e siltiti arenacee con arenarie fini e medie. Gli spessori degli strati di siltiti variano da 50 a 70cm, i banchi arenacei da 80 a oltre 100cm.

La roccia è parzialmente ricoperta da blocchi e pietre di arenarie e siltiti di disfacimento della stessa. Si tratta di una falda di detriti che raccorda la ripida scarpata di monte con lo stretto ripiano della parte più alta della borgata Melangrano.

Lo spessore del deposito sovrastante il substrato roccioso è qui di 2m. Oltre e fino a 5m si riscontra uno spessore eluviale di disfacimento in sito del flysch con  $V_s = 409\text{m/s}$  e dunque ben addensato.

Infine il flysch di Cervarola quale substrato geologico non rigido in tre spessori: da 5 a 12.5m con  $V_s = 514\text{m/s}$ , da 12.5 a 26.5m  $636\text{m/s}$  e oltre  $V_s = 761\text{m/s}$

Figura 34 – Area A1 : Stratigrafia delle  $V_s$

L'analisi geomorfologica e dell'edificato a valle conferma l'assenza di processi erosivi potenziali o in atto e l'idoneità dell'area ad accogliere la previsione di insediamento residenziale.

### 9.1.2 AREA A2

L'area (879msm) si pone in corrispondenza del gradone strutturale intermedio fra la dorsale rocciosa che scende dal Calvanella con direzione NO-SE e il Fosso della Lezza.

Il substrato è formato dal Flysch arenaceo pelitico del Cervarola in facies CEV1, nella fascia di contatto fagliato con CEV2.



Figura 35 - Zona A Area A2 : Panoramiche

La struttura dislocata per faglia diretta è ricoperta da un accumulo di detriti di falda provenienti dalle scarpate rocciose subito a monte. L'abitato di Livello è interessato da accumulo di detriti in forma di conoide con alimentazione dal canalone con asse N-S subito a monte.

La forma sub pianeggiante è ricoperta da detriti di falda addensati ( $V_s = 407\text{m/s}$ ) per uno spessore di  $5\div 7\text{m}$  e da sovrastante modesto deposito colluviale ( $1\div 1.5\text{m}$  vedi prove DL).

A monte, lungo la strada comunale, affiora con continuità il substrato del flysch con assetti NE-SO ed immersioni ad ovest (reggipoggio). Lo stesso substrato si presenta con  $V_s$  comprese fra 519 (fino a 18m) e 714m/s (oltre 18m).

Il ripiano in oggetto, sede di un piccolo antico fabbricato rurale e di una sorgente perenne è stato coltivato a canapa fino ai primi decenni del secolo scorso.

L'analisi geomorfologica conferma l'assenza di processi erosivi potenziali o in atto e l'idoneità dell'area ad accogliere la previsione di insediamento residenziale.

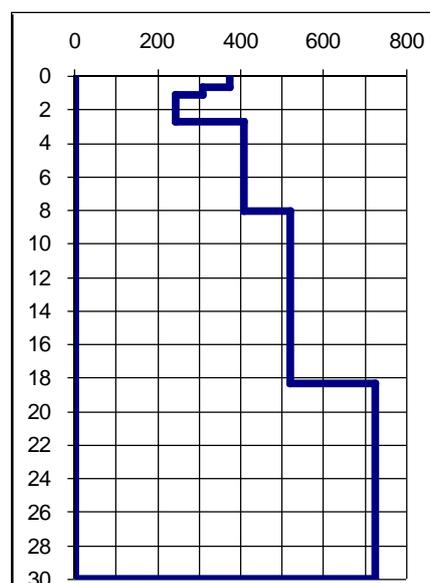


Figura 36 - Area A2 : stratigrafia delle Vs

Non si rilevano inoltre interferenze negative fra le previsioni di insediamento e la rete di scoli superficiali.

Non si prevedono infine possibili impatti negativi con le acque profonde. Le sorgenti presenti in prossimità delle aree saranno da salvaguardare quale patrimonio naturale dei modesti singoli insediamenti.

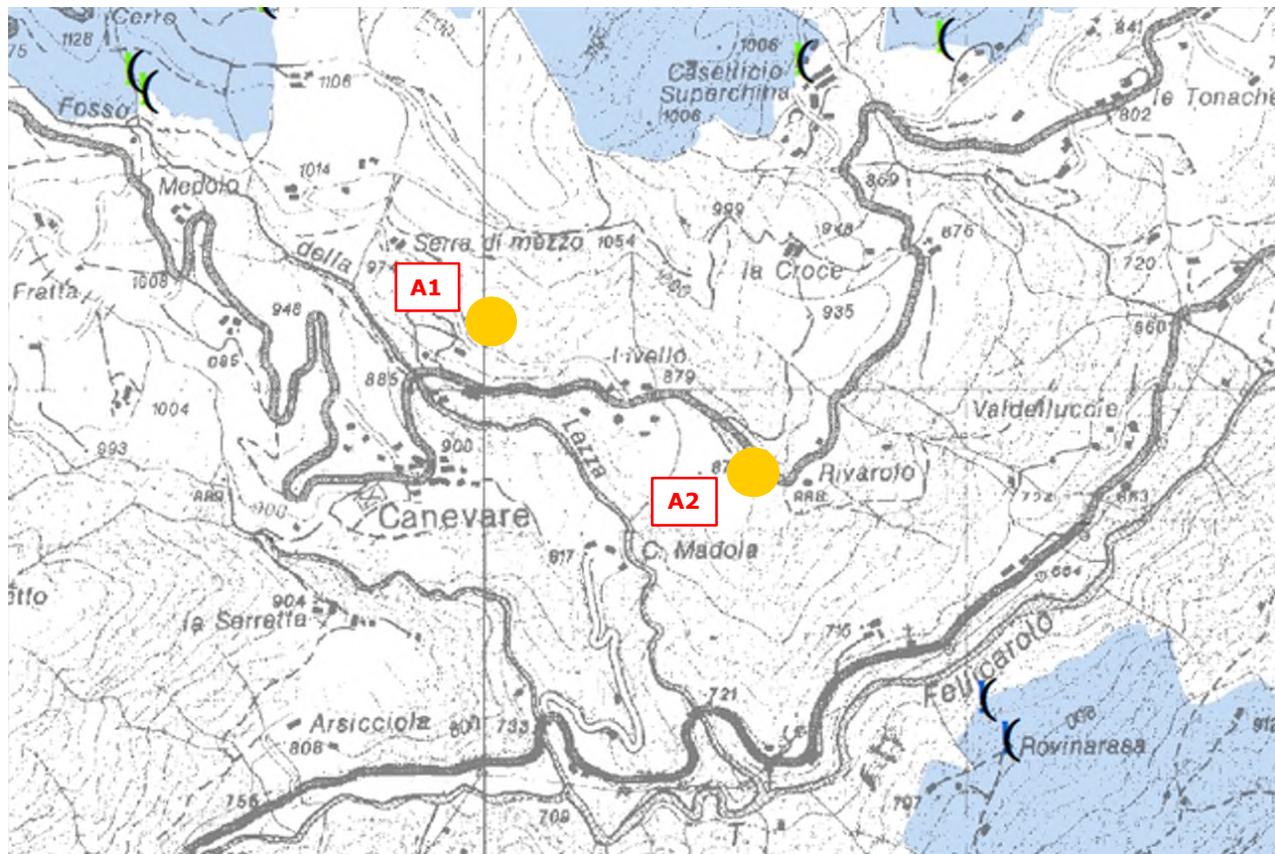


Figura 37 – PTCP 2009 – ESTRATTO CARTA RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

| Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare montano |                                                |          |
|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------|
| ⌋                                                                           | Sorgente captata ad uso idropotabile "SP"      | Art. 12B |
| ⌋                                                                           | Sorgente di interesse "AS"                     |          |
|                                                                             | Aree di possibile alimentazione delle sorgenti |          |

## 9.2 ZONA A - PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

La parametrizzazione dei volumi indagati per le aree di studio viene effettuata sulla scorta delle prospezioni sismiche puntuali per quanto riguarda la stratigrafia e con correlazioni alle prove penetrometriche effettuate, con verifica rispetto ai valori già utilizzati per la progettazione dell'edificio che hanno fornito esiti positivi. Per entrambe è possibile prevedere fondazioni superficiali continue.

| AREA | Località  | Prof. m | Vs m/sec | $\phi'$ ° | Cu kN/m <sup>2</sup> | $\gamma$ kN/m <sup>3</sup> |
|------|-----------|---------|----------|-----------|----------------------|----------------------------|
| A1   | Melagrano | 0.7     |          | 23        | 3                    | 18                         |
|      |           | 3       | 409      | 30        | 10                   | 20                         |
|      |           | 5       | 409      | 31        |                      | 22                         |
| A2   | Rivarolo  | 1.3     | 309      | 22        | 2                    | 18                         |
|      |           | 2.1     | 244      | 29        | 80                   | 20                         |
|      |           | 8       | 407      | 30        |                      | 22                         |

Tabella 11 – Parametri geotecnici preliminari

### 9.3 ZONA A - MICROZONAZIONE SISMICA

Le Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008, sono state emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n. 380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.. Esse raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

Detta normativa prevede la definizione delle categorie di sottosuolo secondo la seguente tabella:

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

#### 9.3.1 EFFETTI DI SITO

Escludendo effetti locali per instabilità generale, liquefazione e cedimenti, si passa a valutare l'amplificazione determinata dalle caratteristiche litologiche e topografiche.

La misurazione delle  $V_{s30}$  porta ai seguenti valori e conseguenti tipi di sottosuolo ai quali si aggiunge la categoria topografica determinata attraverso la misura della pendenza della fascia di versante, espressa in gradi:

| AREA      | Località   | $V_{s30}$<br>m/s | Tipo<br>Suolo | Pendio<br>° | Cat.<br>Topog. |            |
|-----------|------------|------------------|---------------|-------------|----------------|------------|
| <b>A1</b> | Melangrano | 541              | <b>B</b>      | 17          | <b>T2</b>      | <b>ALT</b> |
| <b>A2</b> | Rivarolo   | 510              | <b>B</b>      | 11          | <b>T1</b>      | <b>AL</b>  |

**ALT** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche  
**AL** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

Tabella 12 – Dati per il calcolo dei fattori di amplificazione

Nella tabelle alle pagine che seguono si riportano i dati completi per quanto concerne la valutazione dei parametri sismici delle 2 aree, secondo il D.M.14/01/08 e secondo la Delibera n. 112/07 della RER.

### 9.3.2 AREA A1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2031300[°] Longitudine (WGS84): 10.7638300 [°]  
 Latitudine (ED50): 44.2040800 [°] Longitudine (ED50): 10.7648300 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18053 | 44.201960                | 10.701010                 |
| 2     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 3     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |
| 4     | 17831 | 44.251930                | 10.698750                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.061     | 2.456     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.078     | 2.437     | 0.261      |
| SLV          | 475          | 0.192     | 2.377     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.239     | 2.415     | 0.298      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.477     | 0.250      |
| SLD          | 50           | 0.075     | 2.455     | 0.261      |
| SLV          | 475          | 0.173     | 2.495     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.216     | 2.520     | 0.306      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.468     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.391     | 0.299      |

9.3.3 AREA A1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30}$  maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $Cu_{30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

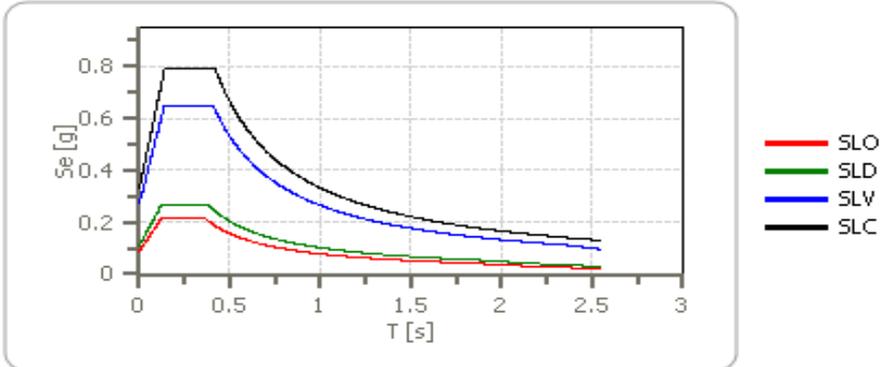
**T2:** Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.017 | 0.022 | 0.065 | 0.093 |
| kv                       | 0.009 | 0.011 | 0.032 | 0.046 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.851 | 1.083 | 2.655 | 3.248 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

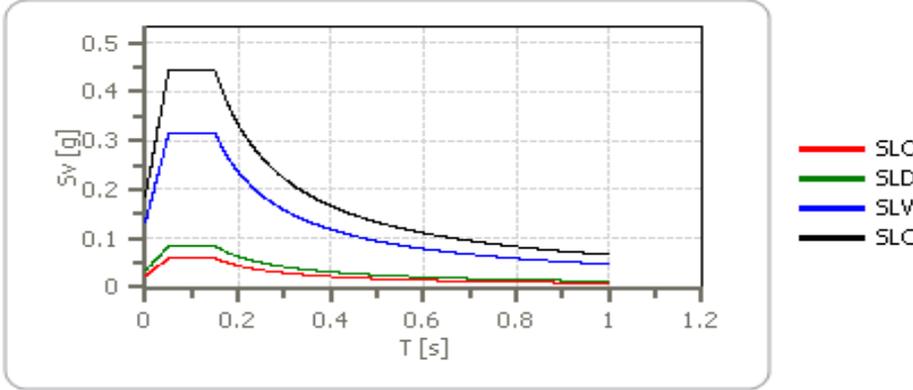
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 38 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|            | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|------------|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO        | 1.0 | 0.060  | 2.468  | 0.251   | 1.200  | 1.450  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.121  | 0.364  | 1.841  | 0.087     | 0.214      |
| SLD        | 1.0 | 0.077  | 2.444  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.907  | 0.110     | 0.270      |
| <b>SLV</b> | 1.0 | 0.188  | 2.387  | 0.291   | 1.200  | 1.410  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.137  | 0.410  | 2.352  | 0.271     | 0.646      |
| SLC        | 1.0 | 0.236  | 2.391  | 0.299   | 1.170  | 1.400  | 1.200  | 1.404 | 1.000      | 0.140  | 0.419  | 2.544  | 0.331     | 0.792      |

Figura 39 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.468  | 0.251   | 1      | 1.450  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.024     | 0.059      |
| SLD | 1.0 | 0.077  | 2.444  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.034     | 0.084      |
| SLV | 1.0 | 0.188  | 2.387  | 0.291   | 1      | 1.410  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.132     | 0.315      |
| SLC | 1.0 | 0.236  | 2.391  | 0.299   | 1      | 1.400  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.186     | 0.444      |

9.3.4 AREA A1 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati:

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 5.12m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura → **V<sub>sH</sub>**

—  $V_{s_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  **$V_{sH} = 5.12 / [(1.67/276) + (3.45/409)] = 353 \text{ m/s}$**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

9.3.5 AREA A1 - MICROZONAZIONE SISMICA

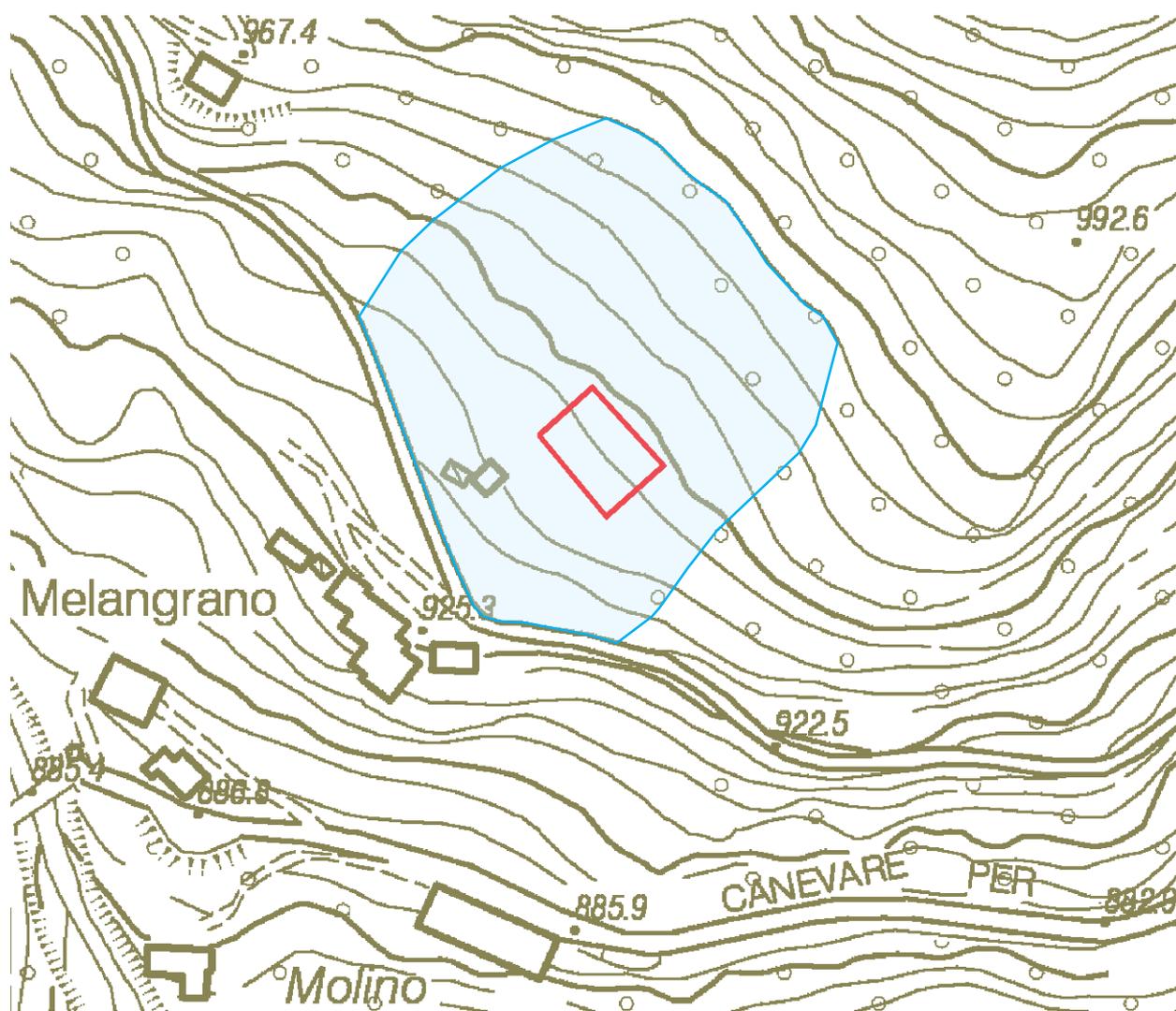


Figura 40 - AREA A1 - Carta microzonazione sismica - base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                      |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                    | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{ref}$ )                          | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                    | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                   | 5.12 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )         | 353 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                           | 26.44 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                       | 761 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                               | 541 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                   | 1.2                                    |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                   | 1.4                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$ )                            | 1.4                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$ )                            | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_g/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.300</b>                           |

Tabella 13 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 9.3.6 AREA A2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 - GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2006900[°] Longitudine (WGS84): 10.7695600 [°]  
 Latitudine (ED50): 44.2016400 [°] Longitudine (ED50): 10.7705600 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18053 | 44.201960                | 10.701010                 |
| 2     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 3     | 18276 | 44.153600                | 10.772980                 |
| 4     | 18275 | 44.151980                | 10.703400                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.061     | 2.456     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.078     | 2.437     | 0.261      |
| SLV          | 475          | 0.192     | 2.377     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.239     | 2.415     | 0.298      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.062     | 2.447     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.079     | 2.430     | 0.261      |
| SLV          | 475          | 0.199     | 2.378     | 0.286      |
| SLC          | 975          | 0.254     | 2.388     | 0.289      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.062     | 2.437     | 0.250      |
| SLD          | 50           | 0.080     | 2.434     | 0.258      |
| SLV          | 475          | 0.200     | 2.384     | 0.285      |
| SLC          | 975          | 0.257     | 2.393     | 0.288      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.468     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.443     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.386     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.237     | 2.386     | 0.299      |

9.3.7 AREA A2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

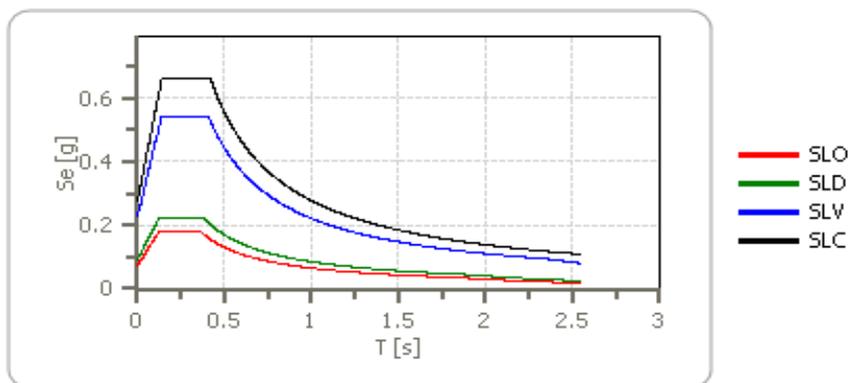
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.054 | 0.078 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.027 | 0.039 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.709 | 0.903 | 2.217 | 2.716 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

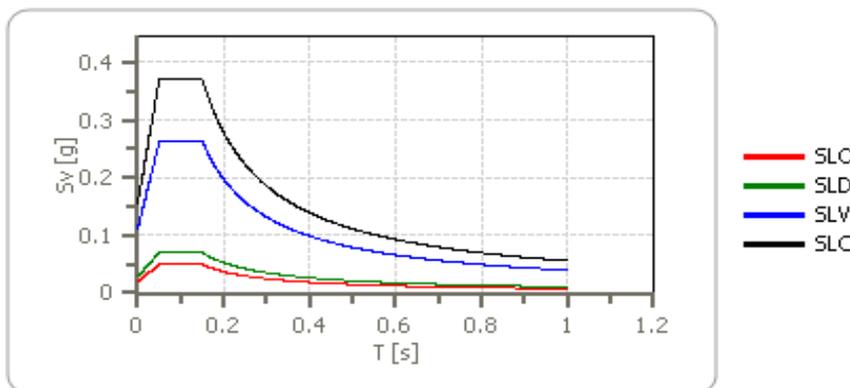
ag = accelerazione orizzontale massima  
 $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$  = coefficiente sismico verticale  
 $A_{max}$  = accelerazione massima attesa al suolo  
 $\beta$  = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 41 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.468  | 0.251   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.121  | 0.364  | 1.841  | 0.072     | 0.179      |
| SLD | 1.0 | 0.077  | 2.443  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.907  | 0.092     | 0.225      |
| SLV | 1.0 | 0.188  | 2.386  | 0.291   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.137  | 0.410  | 2.353  | 0.226     | 0.539      |
| SLC | 1.0 | 0.237  | 2.386  | 0.299   | 1.170  | 1.400  | 1.000  | 1.170 | 1.000      | 0.140  | 0.419  | 2.547  | 0.277     | 0.661      |

Figura 42 - SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.468  | 0.251   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.020     | 0.049      |
| SLD | 1.0 | 0.077  | 2.443  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.029     | 0.070      |
| SLV | 1.0 | 0.188  | 2.386  | 0.291   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.110     | 0.263      |
| SLC | 1.0 | 0.237  | 2.386  | 0.299   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.155     | 0.371      |

9.3.8 AREA A2 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 8.02m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  **$V_{sH} = 8.02 / [(0.64/373) + (0.49/309) + (1.61/244) + (5.28/407)] = 351 \text{m/s}$**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

9.3.9 AREA A2 – MICROZONAZIONE SISMICA

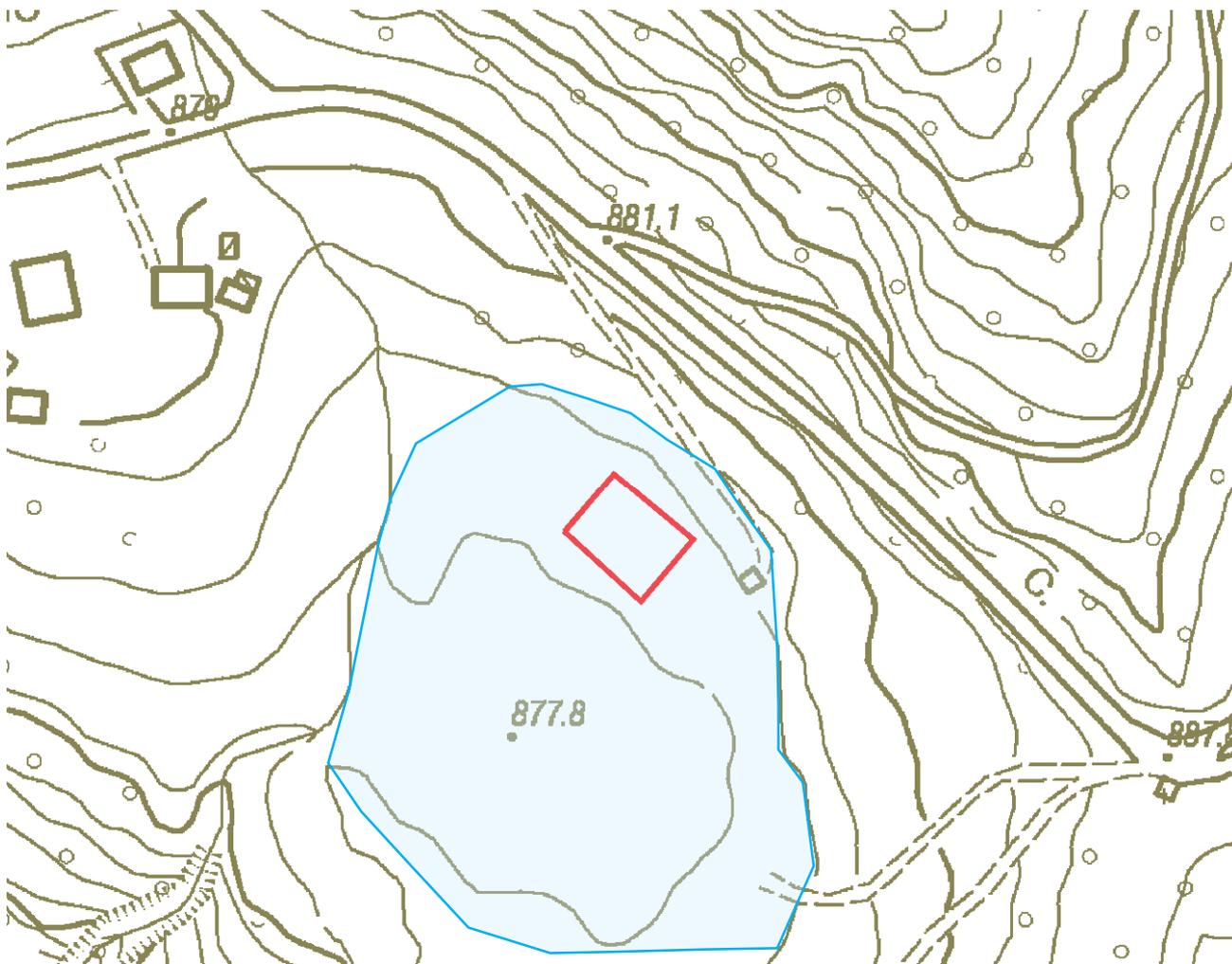
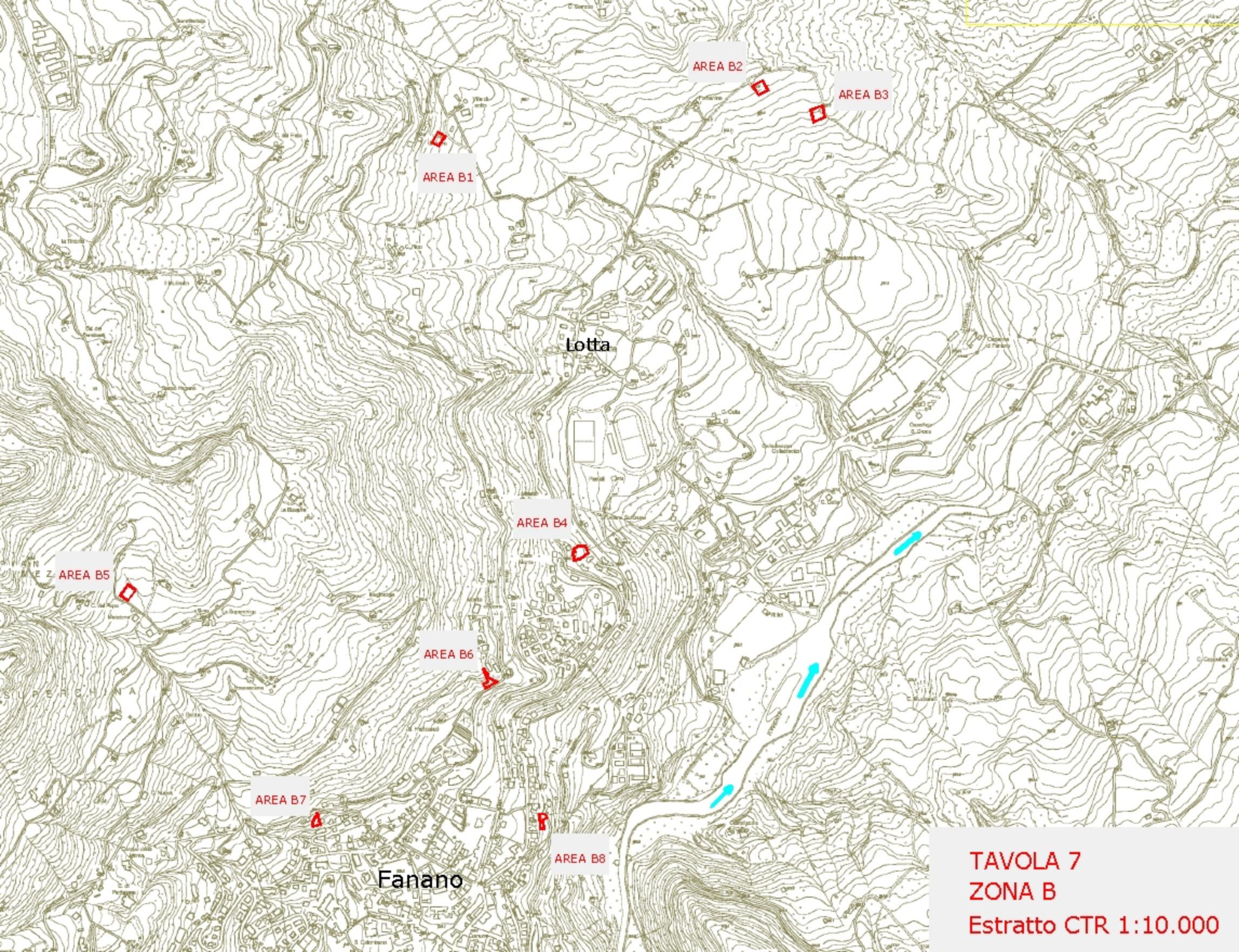


Figura 43 – AREA A1 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s<$ )                                     | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 8.02 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 351 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 18.34 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 724 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 510 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.269</b>                           |

Tabella 14 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07



AREA B1

AREA B2

AREA B3

Lotta

AREA B4

AREA B5

AREA B6

AREA B7

AREA B8

Fanano

TAVOLA 7  
ZONA B  
Estratto CTR 1:10.000

Figura 44 -  
**Zona B :**  
vista con Google  
Earth



## 10.1 ZONA B - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI

I terreni in analisi si collocano sul versante in sinistra idrografica del torrente Leo, in corrispondenza o ai margini del centro urbano di Fanano e dell'abitato di Lotta.

La geologia della zona è rappresentata nella nuova Carta Geologica della Regione Emilia Romagna, di cui si riporta estratto alle pagine seguenti.

Dal punto di vista geologico ricade in corrispondenza della fascia di passaggio fra i terreni appartenenti alle Unità tettoniche del Dominio Toscano, all'insieme stratigrafico - strutturale delle Liguridi.

L'assetto strutturale può essere definito del tipo a scaglie tettoniche sovrapposte, essendo i passaggi tra le diverse unità e formazioni spesso dovuti a sovrascorrimenti.

Le unità del Dominio Toscano sono rappresentate dalle Successioni Modino – Cervarola comprendenti, in particolare, le sottounità Pievepelago – Cervarola e Sestola – Vidiciatico. L'Unità delle Arenarie di M. Cervarola è intensamente ripiegata, rovesciata nel suo margine occidentale (anticlinale di Roncoscaglia) e avanscorsa secondo un piano di scorrimento poco inclinato verso Sud (Lotta). Il fronte delle stesse arenarie è accompagnato dall'Unità Sestola - Vidiciatico, sulla quale si accavalla.

La zona è stata studiata da vari Autori e mostra caratteri di complessità anche a causa delle estese coperture superficiali.

Gli affioramenti più ampi, visibili al margine W della cartografia riportata, sono costituiti da litologie meccanicamente molto resistenti, in particolare le Arenarie del Monte Cervarola e le Arenarie del Monte Modino, affioranti al margine N del centro storico di Sestola, nella zona del Castello. A oriente di questi rilievi si trovano versanti poco acclivi intensamente coltivati: negli scarsi affioramenti si rinvengono litologie a dominante argillosa quali le Argilliti Variegate con Calcari, dominanti nell'area posta a valle dell'abitato di Sestola, e le Argille a Palombini), presenti a quote inferiori ai 600msm, ad est dell'abitato di Lotta. Al margine nord orientale lungo l'incerta linea di cresta comprendente Prà di Lotta, Cà Serretto e La Torre, affiorano limitatamente anche litologie diverse da quelle citate, in particolare Argille Variegate di Grizzana Morandi (AVT), Arenarie di Vallorsara (VLR) e Breccie Argillose Poligeniche (BAP), associate a altri lembi di MMA (Marne di Marmoreto). Le unità del Dominio Toscano sono rappresentate dalle Unità Modino – Cervarola comprendenti, in particolare, le sottounità Pievepelago – Cervarola e Sestola – Vidiciatico; le unità Liguridi sono rappresentate dalle Unità Leo – Monghidoro comprese nel Sistema della val Rossenna.

L'Unità delle Arenarie di M. Cervarola è intensamente ripiegata, rovesciata nel suo margine occidentale e avanscorsa secondo un piano di scorrimento poco inclinato verso Sud.

Il fronte delle stesse arenarie è accompagnato dall'Unità Sestola - Vidiciatico, sulla quale si accavalla, e seguito da formazioni alloctone di provenienza ligure individuate nella successione pre - flysch già indicata con il termine "complessi di base".

Le unità descritte s'immergono sotto la successione di Monte Venere – Monghidoro che è scollata a livello delle Argille a Palombini con ofioliti.

DOMINIO LIGURE

CAO Flysch di Monte Caio (*Campaniano Sup.-Maastrichtiano*)

SUCCESSIONE DELLA VAL ROSSENNA

MOH Formazione di Monghidoro (*Maastrichtiano Sup.-Paleocene Sup.*)

MOV Formazione di Montevenere (*Campaniano Sup.-Maastrichtiano Sup.*)

AVT Argille varicolori (*Cenomaniano Sup.-Santoniano Sup.*)

APP Argille a palombini con arenarie (*Cretaceo Inf.-Turoniano*)

FORMAZIONI PRE-FLYSCH

SCB Arenarie di Scabiazza (*Turoniano Sup.-Campaniano Inf.*)

## DOMINIO TOSCANO

### SUCCESSIONE CERVAROLA

CEV Arenarie di Monte Cervarola (*Aquitaniense-Burdigaliano*)

CIV Marne di Civago (*Aquitaniense-Burdigaliano*)

### SUCCESSIONE MODINO

MOD Arenarie di Monte Modino (*Aquitaniense*)

MMA Marne di Marmoreto (*Chattiano-Aquitaniense*)

FIU Argille di Fiumalbo (*Bartoniano-Rupeliano Sommitale*)

AVC Unità argilloso-calcareo (*Cretaceo Inf.-Eocene*)

Alla successione di M. Cervarola, alla quale appartengono le Arenarie omonime costituenti la dorsale che scende da M. Calvanella, segue l'Unità di Sestola – Vidiciatico consistente in un melange che ingloba lembi tettonizzati d'unità, normalmente poste e alla base e lateralmente della successione di M. Modino, con le Arenarie omonime costituenti il contrafforte roccioso della Rupe di Sestola, le Argille ed Arenarie di Fiumalbo (FIU), le Marne di Marmoreto (MMA) che includono le Arenarie di Vallorsara (VLR), frequentemente associate a breccie argillose poligeniche (BAP), oltre che a un complesso argilloso calcareo varicolore (AVC).

Della successione di M. Modino, che può essere separata in due porzioni principali, nella zona circostante il sito affiora solo la porzione basale molto deformata in quanto costituita da terreni precedenti la fase tettonica ligure, compresi nella denominazione informale di "formazioni argillose e calcaree ad affinità ligure e subligure".

Questa prima porzione comprende le seguenti unità formazionali:

Arenarie di Vallorsara (VLR)

Breccie argillose poligeniche (BAP)

Unità argilloso – calcareo (AVC)

Alla seconda porzione costituita principalmente dalle Argille di Fiumalbo (FIU), dalle Marne di Marmoreto (MMA) e dalle Arenarie di M. Modino (MOD) seguono, le unità liguri pre - flysch affioranti a NE di Poggioraso rappresentate da formazioni a dominante argillosa (APP - AVT-SCB), deposte in ambiente di bacino profondo durante il Cretaceo, sulle quali si sono sedimentate le potenti successioni di torbiditi calcareo – marnose od arenacee (Flysch ad Elmintoidi – MOV - MOH) del Cretaceo sup. e del Paleocene quale quella di M. Emiliano.

Sono di seguito descritte le principali formazioni geologiche del Dominio Toscano :

### SUCCESSIONE CERVAROLA

#### Arenarie di M. Cervarola (CEV)

Alternanze torbiditiche arenaceo – pelitiche in strati da sottili a molto spessi costituiti da una porzione basale di arenarie fini o medie, gradate, passanti a marna argillosa di colore prevalentemente grigio, intensamente bioturbate. Nelle arenarie sono prevalenti le strutture torbiditiche T c-e della sequenza di Bouma. Rapporto A/P > 1. Locali livelli millimetrici arricchiti in selce nera. Sporadici banchi di spessore plurimetrico di areniti ibride passanti a marna calcaree biancastre. Verso il tetto è stata distinta una litofacies siltoso – marnosa /CeVa) costituita in prevalenza da siltiti grigie, in strati sottili, alternate a marne siltose, grigio chiare, in strati sottili o medi, debolmente silicee, con rapporto A/P < 1 (Aquitaniense – Burdigaliano).

### SUCCESSIONE MODINO

#### Arenarie di M. Modino (MOD)

Alternanze arenaceo - pelitiche, grigie, in strati da sottili a spessi, costituiti da una base arenacea fine passante a marne con rapporto A/P < 1 o poco > 1. Si alternano pacchi di strati medi spessi costituiti di arenarie medie e grossolane con al letto, a luoghi, marne argillose spesse pochi centimetri. Rapporto A/P >> 1. Potenza di alcune centinaia di metri. Contatto inferiore su MMA nell'area tipo, non affiorante nel Foglio, forma la Rupe di Sestola (Aquitaniense).

#### Arenarie di Vallorsara (VLR)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente <1. Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate. Frequenti depositi da slumping di spessore non elevato. Torbiditi di margine di bacino. Passaggio per alternanza su MMA con cui l'unità è anche eteropica. Potenza parziale massima di 200 m circa. *Chattiano p.p –Aquitaniense*

### Marne di Marmoreto (MMA)

Marne e marne calcaree, grigie, massicce o a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti e arenarie fini grigio – chiare, giallastre per alterazione. Contatto inferiore stratigrafico, ora tettonizzato, su FIU. Depositi di scarpata. Interdigitazione su BAP (Chiattiano – Aquitaniano). Affiorano a Teggia del Medico, a Serraventata e a Villa Pini; a questa formazione apparteneva forse anche l'affioramento di marne un tempo presente a monte della chiesa di Poggioraso.

### Argille di Fiumalbo (FIU)

Argilliti siltoso – marnose rosse e verdastre e marne siltose grigio – rosate con stratificazione poco evidente. Rari strati molto sottili di areniti finissime grigio verdi. Contiene al suo interno il membro delle Arenarie di Monte Sassolera (FIU 1) affiorante a sud di Poggioraso. Contatto inferiore sempre tettonizzato; stratigrafico discordante su AVC, BAP e FMP (Formazione dell'Abetina Reale) nell'area tipo. Interdigitazione con BAP. Deposito di ambiente marino profondo o di scarpata (Bartoniano - Rupeliano).

### Brecce argillose poligeniche (BAP)

Brecce poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre con clasti di calcari micritici grigio – giallastri, siltiti nerastre, marne calcaree grigie e rare arenarie e brecce a elementi ofiolitici. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (*debris flow*) in ambiente marino profondo. Presenta interdigitazioni con AVC, FIU e MMA (Cretaceo inferiore – Eocene).

### Unità argilloso – calcarea (AVC)

Argille bruno – verdastre in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili (Rapporto A/C > 1). Il contatto inferiore non è affiorante. Presenta interdigitazione con BAP. Deposito di ambiente marino profondo (Cretaceo inferiore – Eocene).

#### Depositi quaternari continentali

|  |                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------|
|  | a1a - deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento           |
|  | a1b - deposito di frana attiva per scivolamento                      |
|  | a1d - deposito di frana attiva per colamento lento                   |
|  | a1g - deposito di frana attiva complessa                             |
|  | a2 - deposito di frana quiescente di tipo indeterminato              |
|  | a2b - deposito di frana quiescente per scivolamento                  |
|  | a2d - deposito di frana quiescente per colamento lento               |
|  | a2g - deposito di frana quiescente complessa                         |
|  | a2h - deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV |
|  | a3 - deposito di versante s.l.                                       |
|  | a4 - deposito eluvio-colluviale                                      |
|  | b1 - deposito alluvionale in evoluzione                              |

#### Successione neogenico-quaternaria del margine appenninico padano

|  |                              |
|--|------------------------------|
|  | AES8 - subsistema di Ravenna |
|  | AES8a - unità di Modena      |

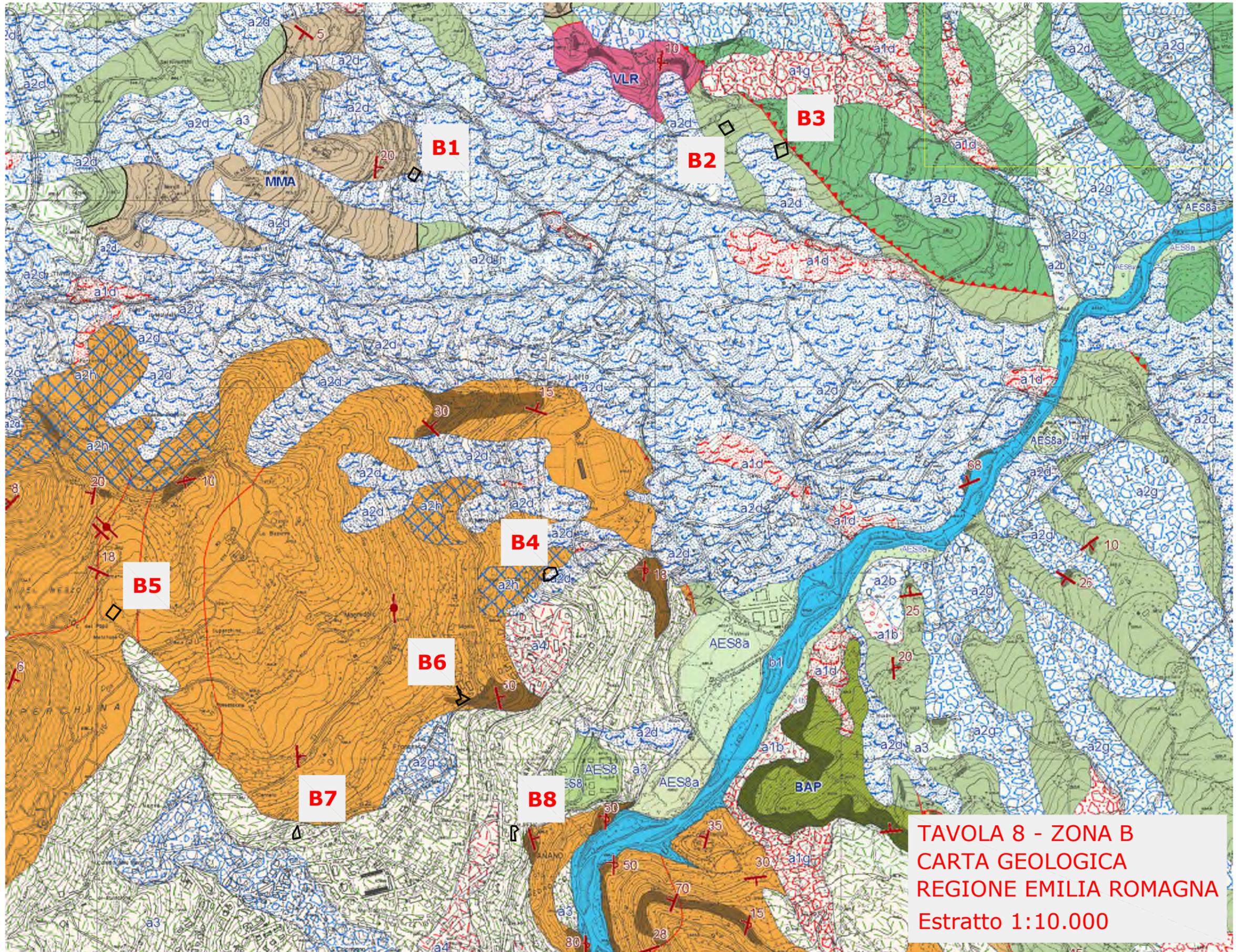
#### Unità liguri

|  |                                             |
|--|---------------------------------------------|
|  | MOV - formazione di Monte Venere            |
|  | AVT - argille variegata di Grizzana Morandi |
|  | APM - arenarie del Poggio Mezzature         |
|  | APA - argille a palombini                   |

#### Unità toscane

|  |                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------|
|  | CEV2 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo |
|  | CEV2b - arenarie di Monte Cervarola - litofacies pelitica            |
|  | CEV1 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna    |
|  | MOD - arenarie del Monte Modino                                      |
|  | VLR - arenarie di Vallorsara                                         |
|  | MMA - marne di Marmoreto                                             |
|  | FIU - argille di Fiumalbo                                            |
|  | BAP - brecce argillose poligeniche                                   |
|  | ABT - formazione dell'Abetina Reale                                  |
|  | AVC - argilliti variegata con calcari                                |

Figura 45 – Legenda Carta Geologica Zona B



**TAVOLA 8 - ZONA B**  
**CARTA GEOLOGICA**  
**REGIONE EMILIA ROMAGNA**  
**Estratto 1:10.000**

## 10.2 ZONA B - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

### 10.2.1 Zona B - Geomorfologia e depositi continentali quaternari

Il settore SW risulta caratterizzato da rilievi ad acclività elevate per l'affioramento di rocce arenacee e presenza di scarpate strutturali rimodelate da fenomeni franosi, mentre nel settore NE le forme del terreno sono per gran parte condizionate dalla presenza di estesi corpi di frana e substrato argilloso, che producono morfologie blande con contropendenze diffuse. L'idrografia del versante è influenzata principalmente dal comportamento dei depositi di superficie: la maggior parte delle aste considerate è interessata dalla presenza di qualche corpo di frana. La parte bassa del versante (piede sul Torrente Leo), in virtù delle prevalenti litologie fini presenti, mostra un reticolo idrografico molto sviluppato e le aste dei corsi d'acqua sono profondamente incise.

In base alla genesi e allo stato d'attività, i depositi superficiali recenti (Quaternario) possono essere divisi in tre tipologie differenti (vedi Carta Geologica); lo spessore è generalmente limitato a pochi metri per i depositi di versante e molto variabile, da pochi metri alle decine di metri, per i corpi di frana.

#### *Depositi di falda, di versante e di frane antiche, inattive o stabilizzate (a3)*

Materiali eterogenei ed eterometrici accumulati principalmente per l'azione della gravità in epoca per lo più remota. Nella zona in esame sono presenti in modo diffuso come coltri di ricoprimento di spessore modesto. Tra i processi di versante rientrano anche quelli di età più antica (Olocene non attuale - Wurm), dovuti a movimenti gravitativi e/o di soliflusso profondo, geliflusso e ruscellamento che hanno dato luogo alla formazione di depositi localmente conservati al piede di scarpate rocciose e anche su paleosuperfici e dorsali "relette"; tra questi rientrano anche i corpi di frane antiche e le numerose masse di arenarie disarticolate e dislocate diffusamente presenti nella zona

#### *Frane quiescenti (a2)*

Depositi caotici costituiti in modo prevalente da matrice pelitica, all'interno della quale sono frammisti litotipi eterogenei ed eterometrici, appartenenti alle formazioni del substrato prequaternario. Si tratta generalmente di frane miste di traslazione - rotazione o di colate di fango e detrito (le prime si sviluppano frequentemente nelle formazioni semirigide quali i flysch e le seconde nelle formazioni a dominante argillosa) di età recente generate da processi gravitativi profondi di versante che, con riprese di movimento successive (intermittenti), hanno dato luogo alla formazione di corpi di accumulo che inglobando anche grandi blocchi di arenarie probabilmente staccatisi dalle scarpate attive e rotolati sul pendio. Nella zona in esame si segnala la coltre che ricopre la dorsale di Canevare

#### *Frane in evoluzioni o attive (a1)*

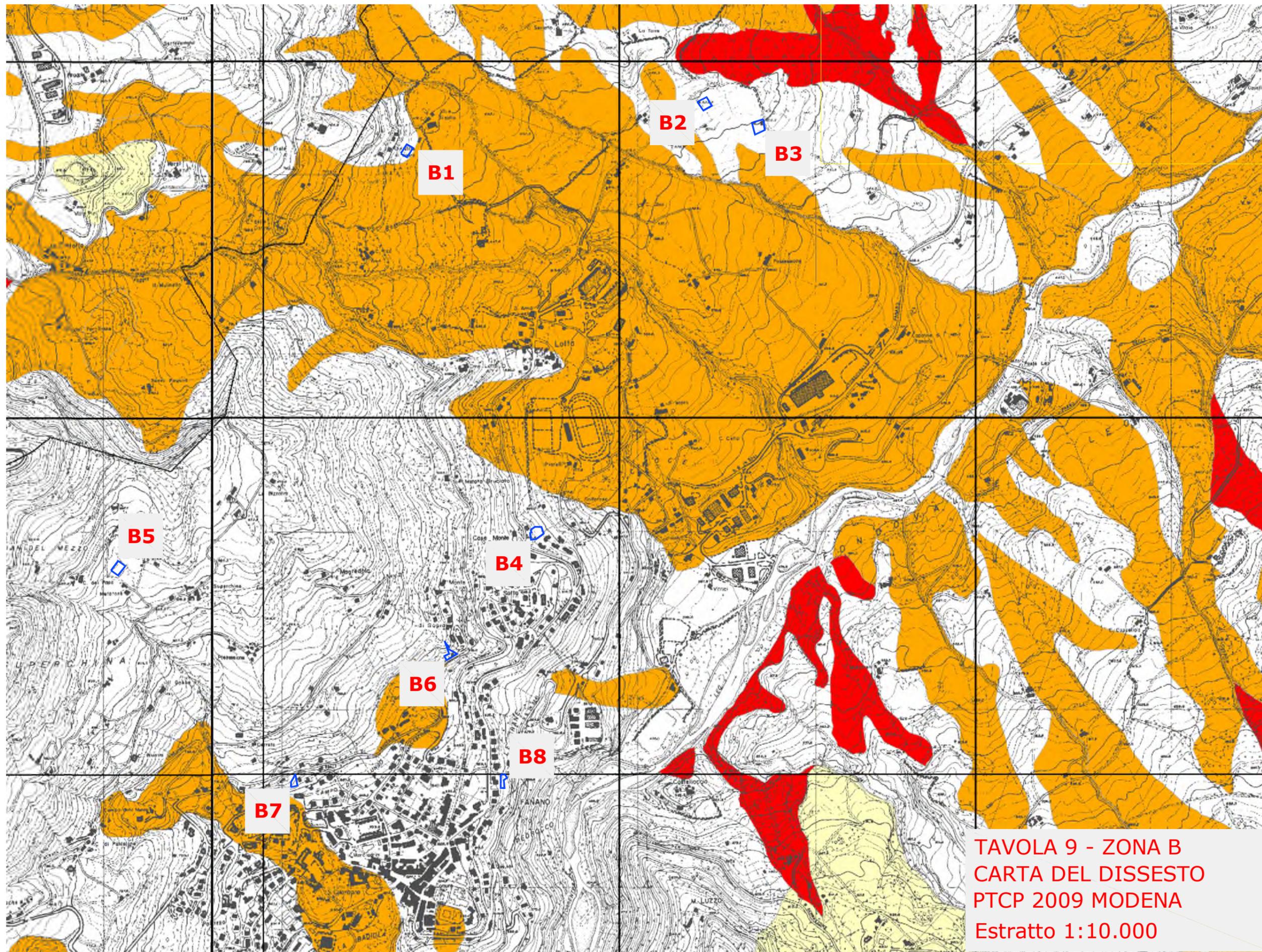
Le frane miste o le colate di fango e detrito presentano gli stessi caratteri litologici e strutturali delle frane quiescenti, e si diversificano esclusivamente per lo stato d'attività; nell'ambito della zona non sono presenti frane attive salvo piccoli fenomeni lungo le più ripide scarpate poste in fregio al Fosso della Lezza da cui si possono di tanto in tanto staccare piccole porzioni rocciose o singoli massi.

### 10.2.2 Zona B - Ricerca storico-documentale e cartografica

La ricerca effettuata non ha prodotto riscontri significativi interessanti le aree in esame di cui si dirà nel dettaglio più avanti.

### 10.2.3 Zona B - Sicurezza del Territorio: Rischio da frana: Carta del dissesto

Si fa riferimento alla Carta del Dissesto del PTCP 2009 di cui si riporta estratto alla pagina successiva.



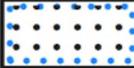
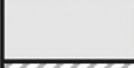
| Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità             |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                                            |         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|  |                                                                                   |                                                                                   | Aree interessate da frane attive                                                                           | Art.15  |
|                                                                                   |  |                                                                                   | Aree interessate da frane quiescenti                                                                       |         |
| Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità                         |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                                            |         |
|                                                                                   |                                                                                   |  | Aree potenzialmente instabili                                                                              | Art.16  |
| Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato                              |                                                                                   |                                                                                   |                                                                                                            |         |
|  | Codice<br>scheda<br>2.1.1<br>NR                                                   |                                                                                   | Abitati da consolidare o da trasferire<br>(perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR) | Art.17  |
|  |                                                                                   |                                                                                   | Aree a rischio idrogeologico molto elevato                                                                 | Art.18A |
|  |                                                                                   |                                                                                   | Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate<br>a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)            | Art.18B |

Figura 46 – Legenda Carta del Dissesto PTC 2009

Le aree in analisi non rientrano in zone caratterizzate da fenomeni di dissesto e instabilità, né da potenziale instabilità.

### 10.3 ZONA B – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

#### 10.3.1 Zona B – Sicurezza del Territorio: Rischio sismico: Aree suscettibili di effetti locali

La CARTA DELLE AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI, realizzata per il Quadro Conoscitivo del PTC della Provincia di Modena e di cui si riporta un estratto alla pagina che segue, deriva dalla carta geologica 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo

Nel dettaglio :

L'Area B1 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

L'Area B2 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

L'Area B3 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

L'Area B4 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche solamente in una stretta fascia di monte

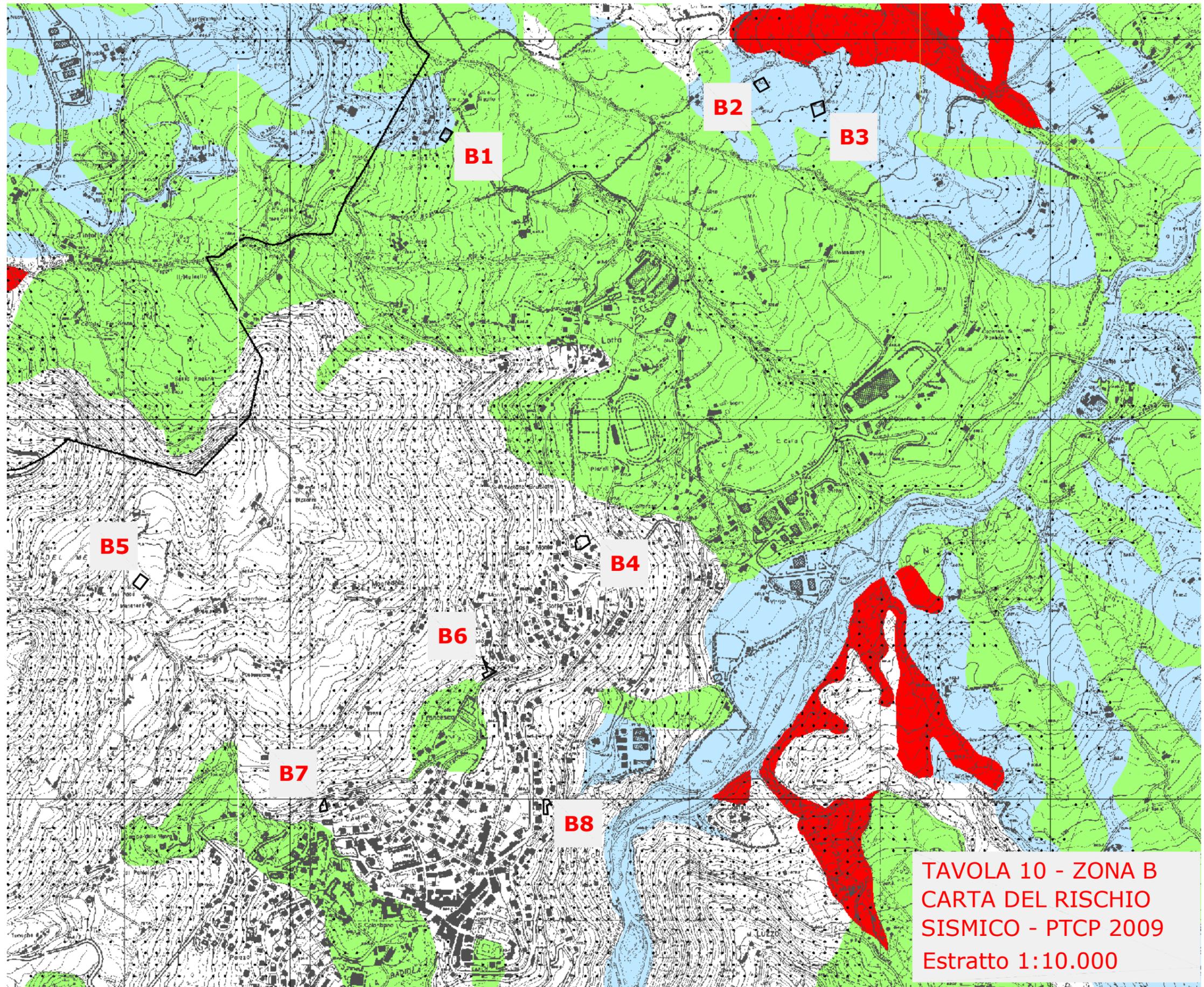
L'Area B5 non risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione

L'Area B6 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche

L'Area B7 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche

L'Area B8 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche

**Le indagini eseguite e l'analisi di dettaglio hanno permesso di verificare la necessità di rivedere in parte questo inquadramento di base.**



| Effetti attesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di III livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di III livello: nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di III livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di III livello: nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                                    |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;<br><b>microzonazione sismica</b> *: approfondimenti di II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti</b><br><b>studi</b> *: valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;<br><b>microzonazione sismica</b> *: sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali</b><br><b>studi</b> *: indagini per caratterizzare $V_{S30}$ ; in caso $V_{S30}$ maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br><b>microzonazione sismica</b> *: non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti di II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche</b><br><b>studi</b> *: indagini per caratterizzare $V_{S30}$ e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso $V_{S30}$ maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;<br><b>microzonazione sismica</b> *: valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico. |
| * riferimento:<br>- Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2/5/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", pubblicata sul B.U. della Regione Emilia Romagna n.64 del 17/5/2007. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

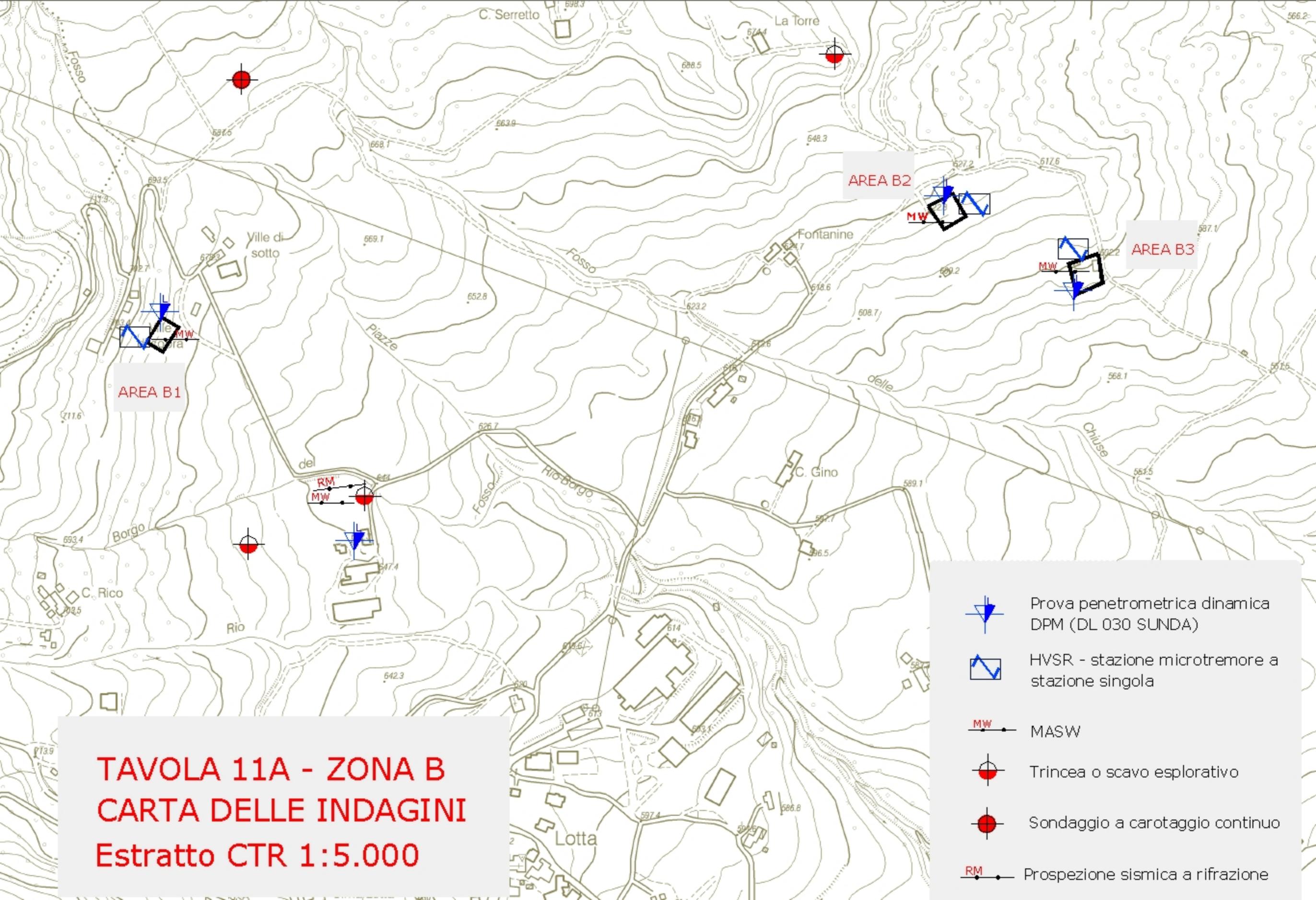
Figura 47 – Legenda Carta delle aree suscettibili di effetti locali – PTCP 2009

## 11 ZONA B - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Un lavoro di questo tipo è sempre per me un'occasione per assemblare le conoscenze maturate sul versante in 30 anni di attività. Per questo motivo ho ritenuto interessante riprendere le prove e i sondaggi effettuati solamente nelle aree con un minimo di pertinenza di questo studio e di cui ho conservato documentazione, raggruppando le prove penetrometriche significative in un unico simbolo per area. Spero che ciò possa servire, oltre che agli approfondimenti di questa analisi, allo sviluppo delle conoscenze in generale e dunque ad una sempre più puntuale definizione dei modelli geotecnici di riferimento.

Per motivi pratici, in questa trattazione non verranno riportate le certificazioni delle indagini da bibliografia, ma vi farò comunque riferimento.

Successivamente, ho proceduto con l'organizzazione di campagna geognostica specifica, finalizzata alla caratterizzazione delle singole aree, anche in ottemperanza alla nuova normativa.



AREA B2

AREA B3

AREA B1

**TAVOLA 11A - ZONA B  
CARTA DELLE INDAGINI  
Estratto CTR 1:5.000**



Prova penetrometrica dinamica  
DPM (DL 030 SUNDA)



HVSR - stazione microtremore a  
stazione singola



MASW



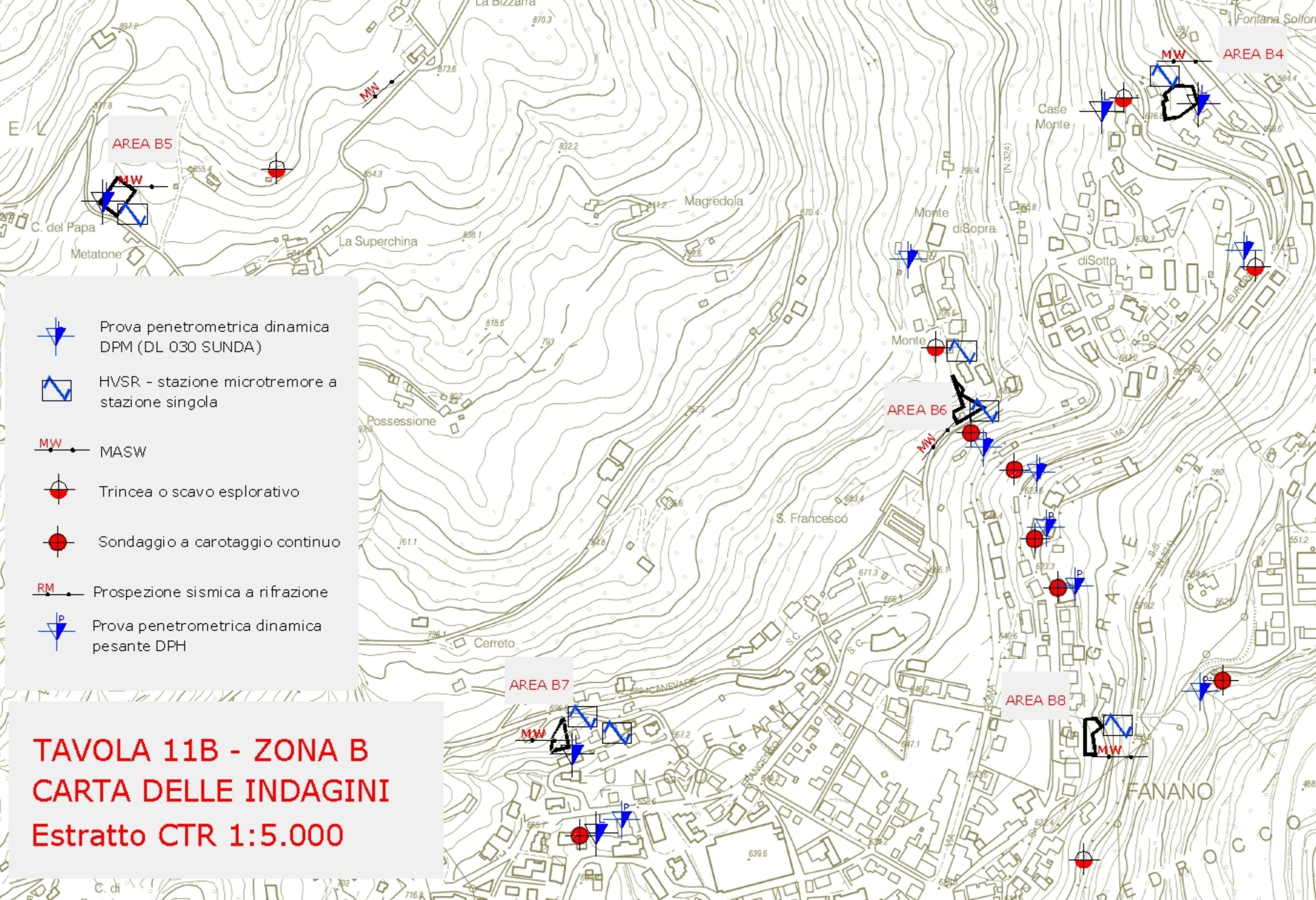
Trincea o scavo esplorativo



Sondaggio a carotaggio continuo



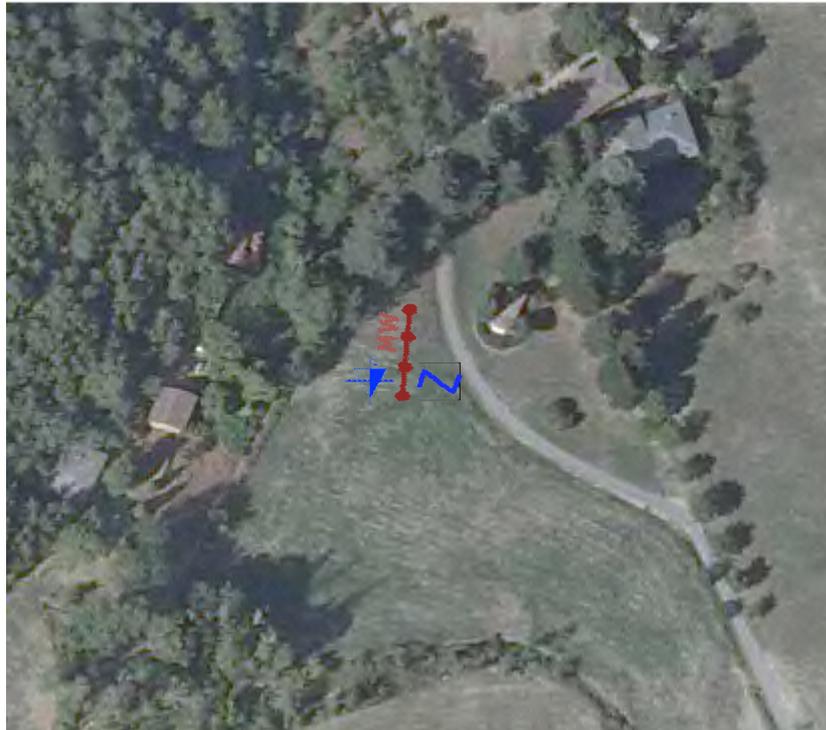
Prospezione sismica a rifrazione



-  Prova penetrometrica dinamica DPM (DL 030 SUNDA)
-  HVSR - stazione microtremore a stazione singola
-  MASW
-  Trincea o scavo esplorativo
-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Prospezione sismica a rifrazione
-  Prova penetrometrica dinamica pesante DPH

**TAVOLA 11B - ZONA B**  
**CARTA DELLE INDAGINI**  
**Estratto CTR 1:5.000**

## 11.1 AREA B1 – MASW E MISURA HVSR



MASW   
 HVSR   
 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 

Figura 48 – AREA B1: UBICAZIONE PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |              |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|--------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | LongitudineE |
| MW_B1 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | <b>478</b>             | <b>B</b>        | 44°13'34,7"  | 10°47'40,4"  |

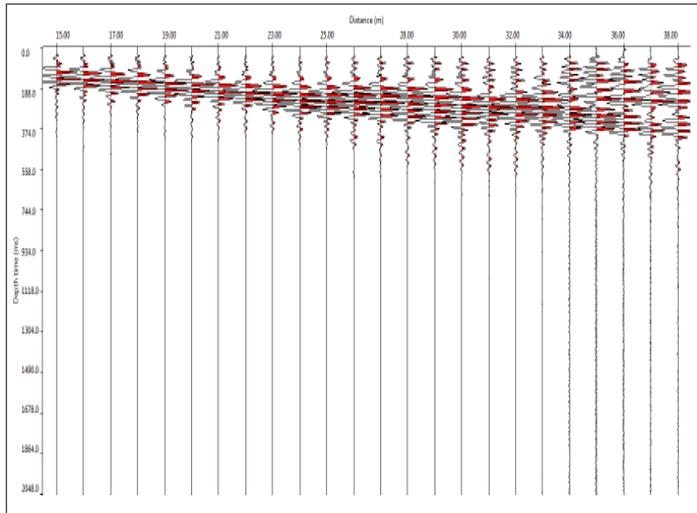


Figura 49 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B1

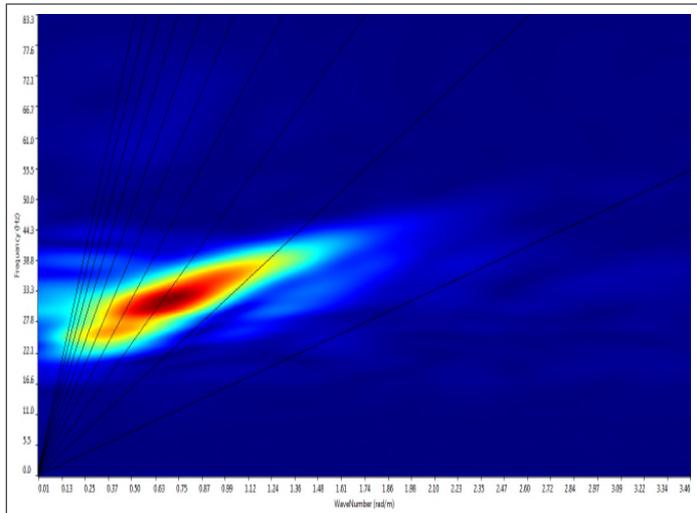


Figura 50 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B1

11.1.1 AREA B1 – RISULTATI INDAGINE MASW



SISMOGRAMMA NEL DOMINIO SPAZIO/TEMPO



SPETTRO FK – RAPPRESENTAZIONE DEL SISMOGRAMMA NEL DOMINIO NUMERO D'ONDA-FREQUENZA

SOVRAPPOSIZIONE CURVA DI DISPERSIONE CALCOLATA/CURVA TEORICA RAPPRESENTATA NEL DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ

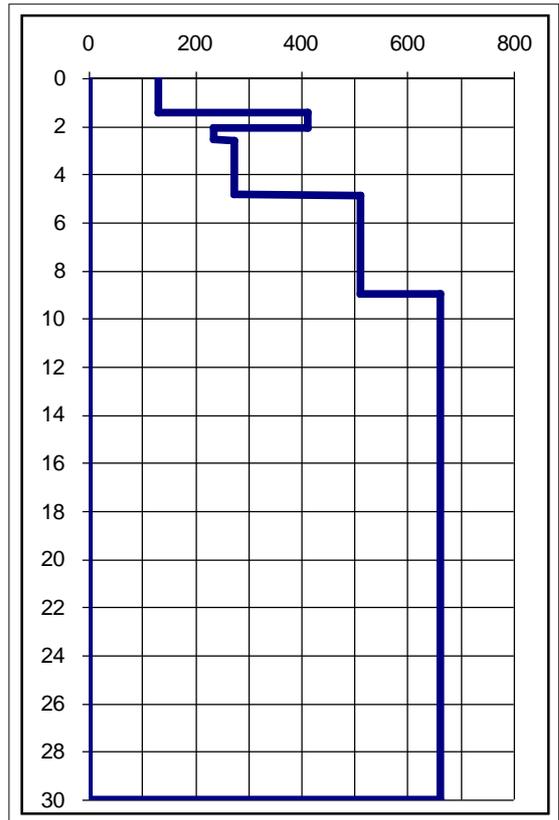
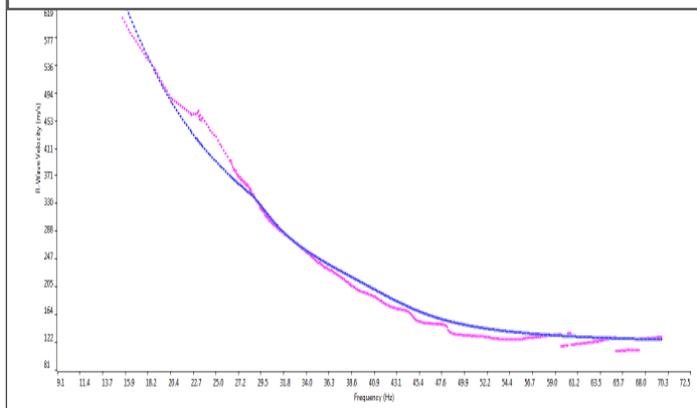


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs

**Risultati Elaborazione MW B1**

| Strato  | profondità |       | Spessore<br>m | Vel.<br>m/sec |
|---------|------------|-------|---------------|---------------|
|         | da         | a     |               |               |
| Strato1 | 0,0        | 1.40  | 1.40          | <b>129</b>    |
| Strato2 | 1.40       | 2.07  | 0.67          | <b>410</b>    |
| Strato3 | 2.07       | 2.56  | 0.49          | <b>233</b>    |
| Strato4 | 2.56       | 4.84  | 1.68          | <b>274</b>    |
| Strato5 | 4.84       | 8.97  | 4.73          | <b>510</b>    |
| Strato6 | 8.97       | 30.00 | 21.03         | <b>661</b>    |
|         |            |       |               |               |

**Vs<sub>30</sub> = 478 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 5 – Zona B Area B1 : Risultati prova MASW MW\_B1

### 11.1.2 AREA B1 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 10:48:34 End recording: 13/03/14 11:08:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

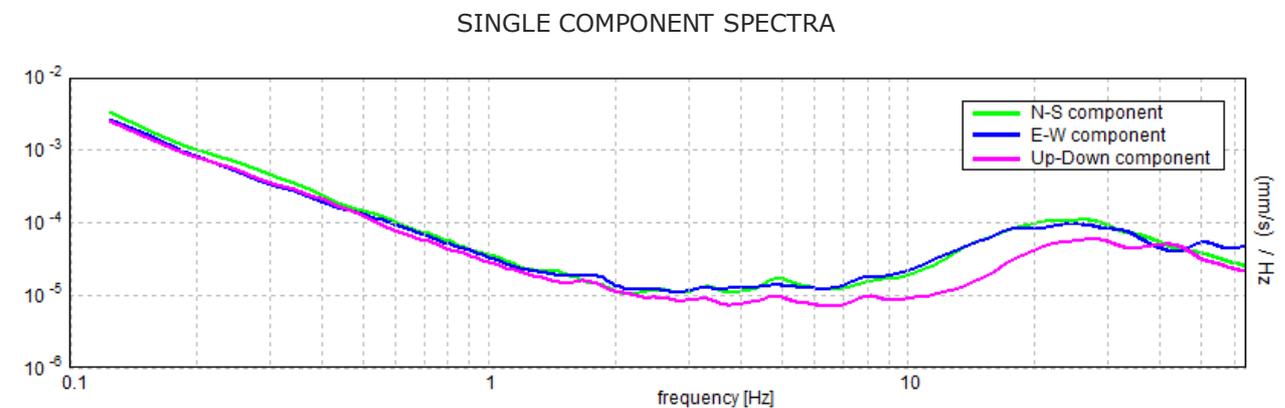
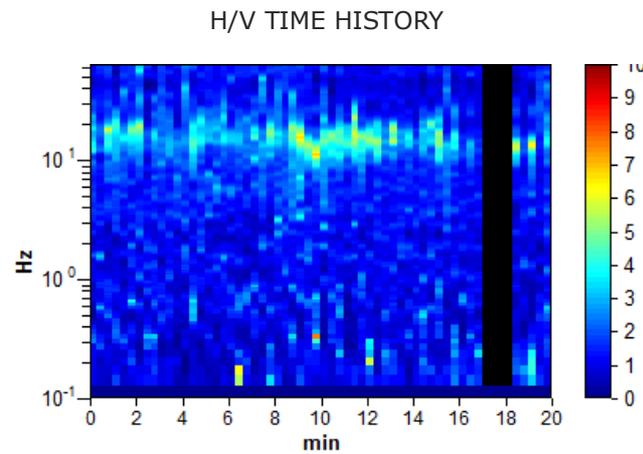
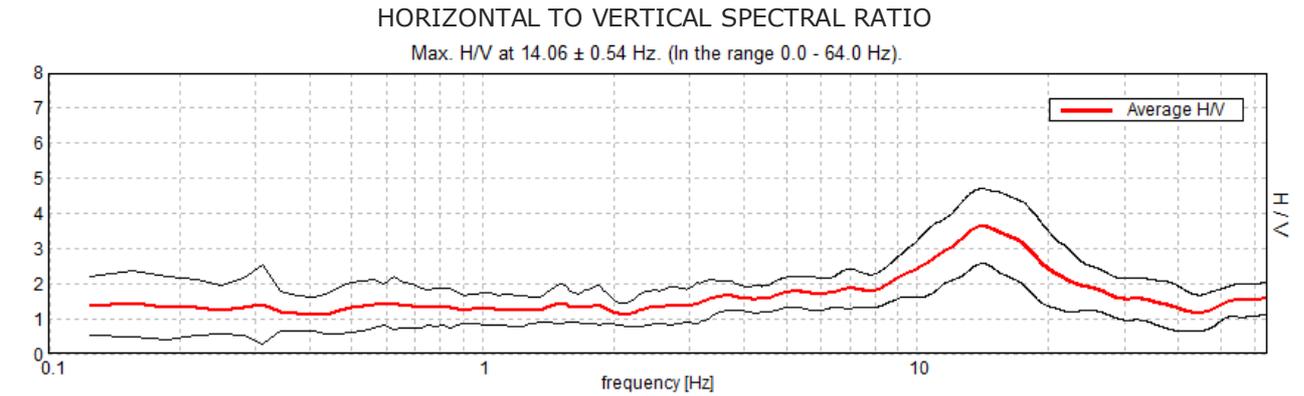


Figure 6 – Zona B Area B1 : Risultati misura HVSR

Max. H/V at 14.06 ± 0.54 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 14.06 > 0.50                | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 15750.0 > 200               | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 676 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   | 8.063 Hz           | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 26.125 Hz          | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                   | 3.63 > 2           | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.01885  < 0.05$ | OK |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.26515 < 0.70313  | OK |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.5269 < 1.58      | OK |  |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Freq. range [Hz]                                | Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |           |            |            |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                                                 | < 0.2                                               | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$                                          | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0                                                 | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48                                                | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 11.1.3 AREA B1 - PROVA DL1

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 5.00 mt  
 Falda non rilevata



Figura 51 – Zona B Area B1 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       |
| 0.20           | 3         | 0.855                              | 8.56                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       |
| 0.30           | 2         | 0.853                              | 5.70                                        | 6.68                                | 0.28                                                                       |
| 0.40           | 4         | 0.851                              | 11.36                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       |
| 0.50           | 4         | 0.849                              | 11.34                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       |
| 0.60           | 3         | 0.847                              | 8.49                                        | 10.02                               | 0.42                                                                       |
| 0.70           | 3         | 0.845                              | 8.47                                        | 10.02                               | 0.42                                                                       |
| 0.80           | 4         | 0.843                              | 11.27                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       |
| 0.90           | 4         | 0.842                              | 10.67                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       |
| 1.00           | 3         | 0.840                              | 7.98                                        | 9.51                                | 0.40                                                                       |
| 1.10           | 4         | 0.838                              | 10.62                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       |
| 1.20           | 3         | 0.836                              | 7.95                                        | 9.51                                | 0.40                                                                       |
| 1.30           | 4         | 0.835                              | 10.58                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       |
| 1.40           | 3         | 0.833                              | 7.92                                        | 9.51                                | 0.40                                                                       |
| 1.50           | 4         | 0.831                              | 10.54                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       |
| 1.60           | 6         | 0.830                              | 15.77                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       |
| 1.70           | 5         | 0.828                              | 13.12                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       |
| 1.80           | 6         | 0.826                              | 15.71                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       |
| 1.90           | 6         | 0.825                              | 14.92                                       | 18.09                               | 0.75                                                                       |
| 2.00           | 7         | 0.823                              | 17.37                                       | 21.11                               | 0.87                                                                       |
| 2.10           | 8         | 0.822                              | 19.82                                       | 24.12                               | 0.99                                                                       |
| 2.20           | 9         | 0.820                              | 22.25                                       | 27.14                               | 1.11                                                                       |
| 2.30           | 8         | 0.819                              | 19.75                                       | 24.12                               | 0.99                                                                       |
| 2.40           | 8         | 0.817                              | 19.71                                       | 24.12                               | 0.99                                                                       |
| 2.50           | 9         | 0.816                              | 22.13                                       | 27.14                               | 1.11                                                                       |
| 2.60           | 10        | 0.814                              | 24.55                                       | 30.15                               | 1.23                                                                       |
| 2.70           | 10        | 0.813                              | 24.51                                       | 30.15                               | 1.23                                                                       |
| 2.80           | 10        | 0.811                              | 24.46                                       | 30.15                               | 1.22                                                                       |
| 2.90           | 10        | 0.810                              | 23.29                                       | 28.75                               | 1.16                                                                       |
| 3.00           | 10        | 0.809                              | 23.25                                       | 28.75                               | 1.16                                                                       |
| 3.10           | 9         | 0.807                              | 20.89                                       | 25.88                               | 1.04                                                                       |
| 3.20           | 7         | 0.806                              | 16.22                                       | 20.13                               | 0.81                                                                       |
| 3.30           | 8         | 0.805                              | 18.51                                       | 23.00                               | 0.93                                                                       |
| 3.40           | 8         | 0.803                              | 18.48                                       | 23.00                               | 0.92                                                                       |
| 3.50           | 8         | 0.802                              | 18.45                                       | 23.00                               | 0.92                                                                       |
| 3.60           | 7         | 0.801                              | 16.12                                       | 20.13                               | 0.81                                                                       |
| 3.70           | 10        | 0.800                              | 22.99                                       | 28.75                               | 1.15                                                                       |
| 3.80           | 13        | 0.748                              | 27.98                                       | 37.38                               | 1.40                                                                       |
| 3.90           | 8         | 0.797                              | 17.53                                       | 21.98                               | 0.88                                                                       |
| 4.00           | 9         | 0.796                              | 19.69                                       | 24.73                               | 0.98                                                                       |
| 4.10           | 8         | 0.795                              | 17.47                                       | 21.98                               | 0.87                                                                       |
| 4.20           | 9         | 0.794                              | 19.63                                       | 24.73                               | 0.98                                                                       |
| 4.30           | 9         | 0.793                              | 19.60                                       | 24.73                               | 0.98                                                                       |
| 4.40           | 8         | 0.791                              | 17.40                                       | 21.98                               | 0.87                                                                       |
| 4.50           | 9         | 0.790                              | 19.55                                       | 24.73                               | 0.98                                                                       |
| 4.60           | 9         | 0.789                              | 19.52                                       | 24.73                               | 0.98                                                                       |
| 4.70           | 9         | 0.788                              | 19.49                                       | 24.73                               | 0.97                                                                       |
| 4.80           | 9         | 0.787                              | 19.47                                       | 24.73                               | 0.97                                                                       |
| 4.90           | 8         | 0.786                              | 16.55                                       | 21.05                               | 0.83                                                                       |
| 5.00           | 8         | 0.785                              | 16.53                                       | 21.05                               | 0.83                                                                       |
| 5.10           | 70        | 0.584                              | 107.58                                      | 184.21                              | 5.38                                                                       |

Tabella 15 – Area B1 Prova DL1 Dati

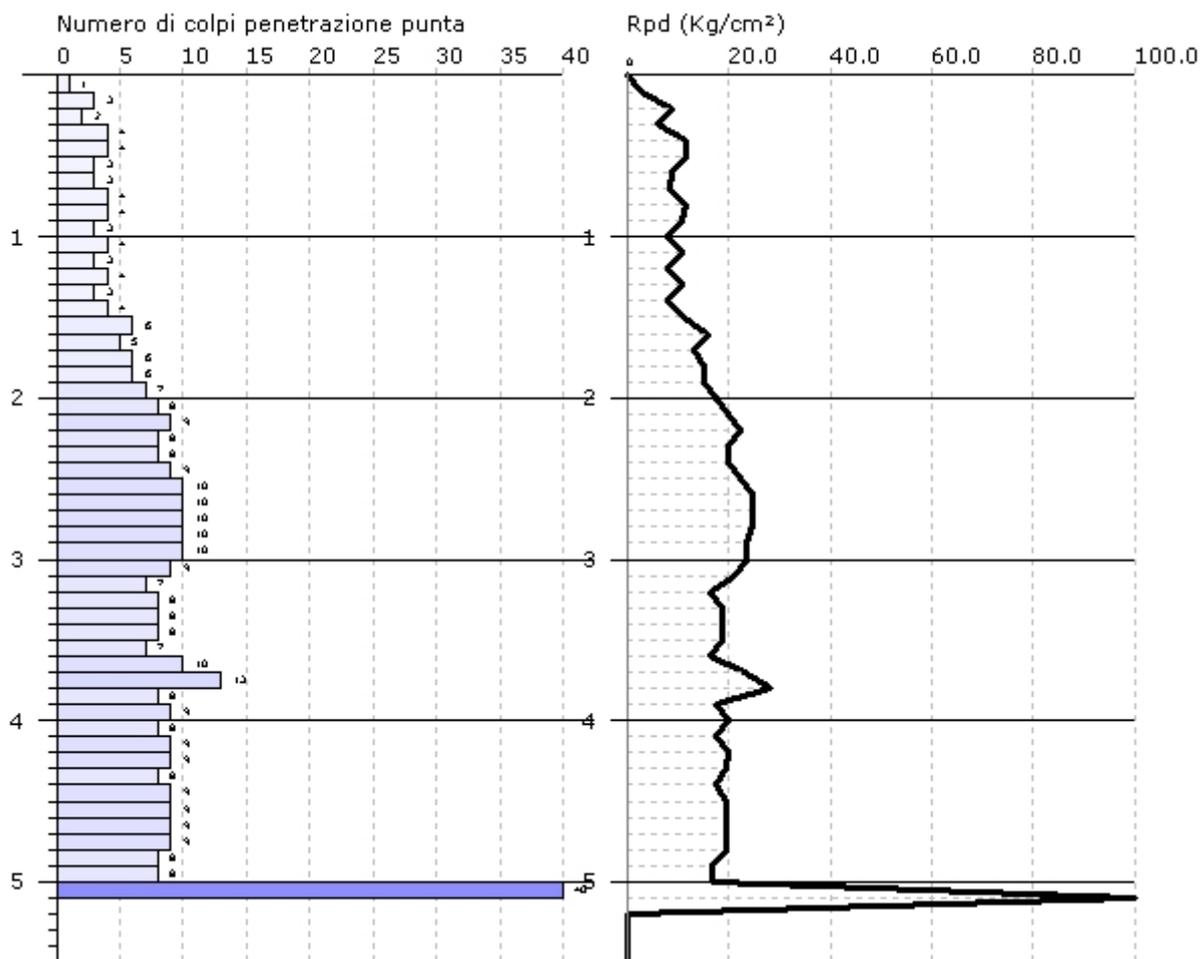


Figura 52 - Area B1 Prova DL1 Grafico

## 11.2 AREA B2 – MASW E MISURA HVSR



MASW 

HVSR 

PROVA PENETROMETRICA  
DINAMICA 

Figura 53 – AREA B2: UBICAZIONE  
PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B2 | 24          | 1,0                | 23              | 12            | 35               | <b>495</b>             | <b>B</b>        | 44°13'38,28" | 10°48'17,28"  |



Figure 54 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B2 e MISURA HVSR\_B2

11.2.1 AREA B2 – RISULTATI INDAGINE MASW

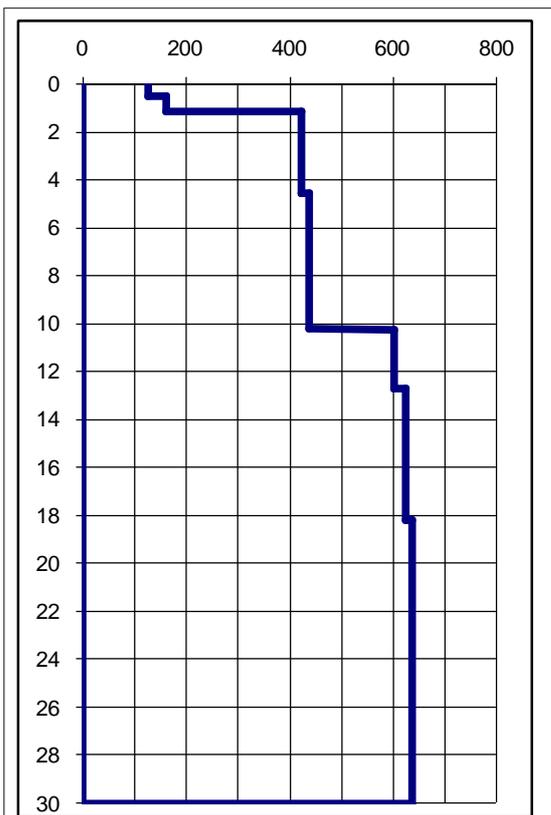
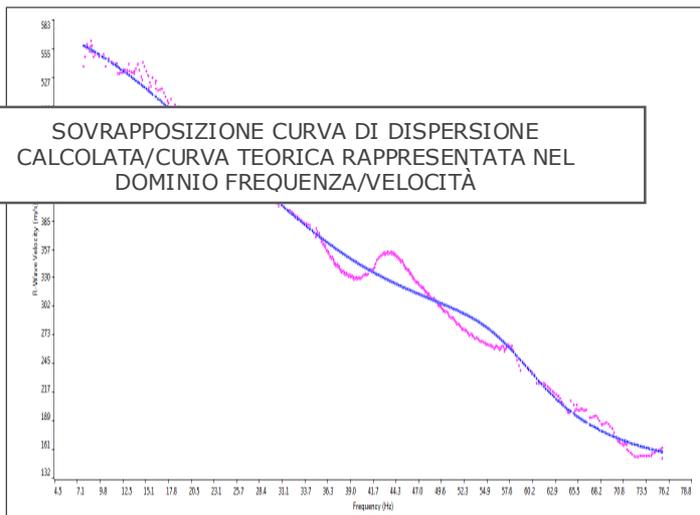
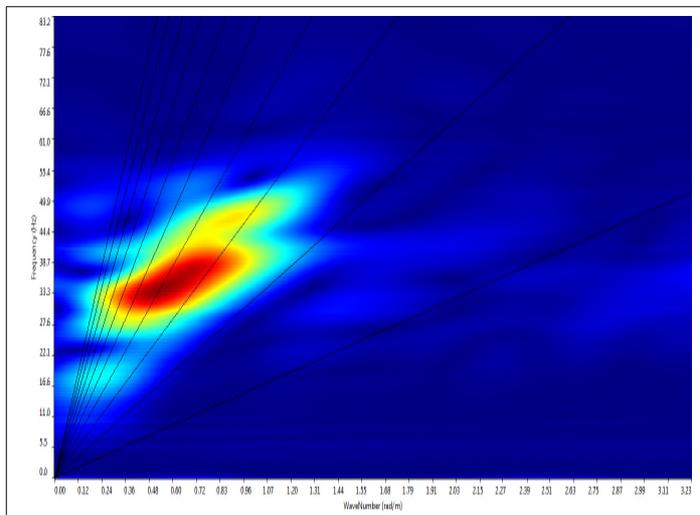
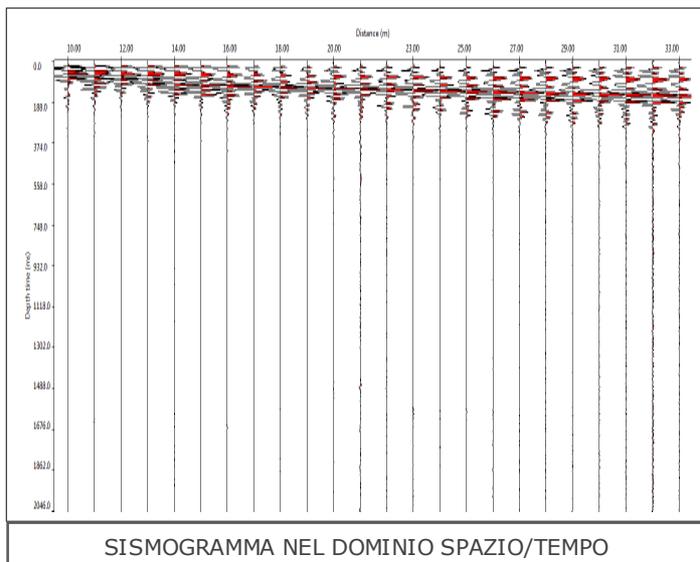


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs

**Risultati Elaborazione MW\_B2**

| Strato  | profondità |       | Spessore m | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|------------|------------|
|         | da         | a     |            |            |
| Strato1 | 0,0        | 0.53  | 0.53       | <b>126</b> |
| Strato2 | 0.53       | 1.15  | 0.62       | <b>162</b> |
| Strato3 | 1.15       | 4.55  | 3.40       | <b>421</b> |
| Strato4 | 4.55       | 10.23 | 5.68       | <b>436</b> |
| Strato5 | 10.23      | 12.70 | 2.47       | <b>600</b> |
| Strato6 | 12.70      | 18.17 | 5.47       | <b>624</b> |
| Strato7 | 18.17      | 30.00 | 11.83      | <b>637</b> |

**Vs<sub>30</sub> = 495 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 7 – Zona B Area B2 : Risultati prova MASW MW\_B2

### 11.2.2 AREA B2 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 02/04/14 10:03:03 End recording: 02/04/14 10:23:04

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

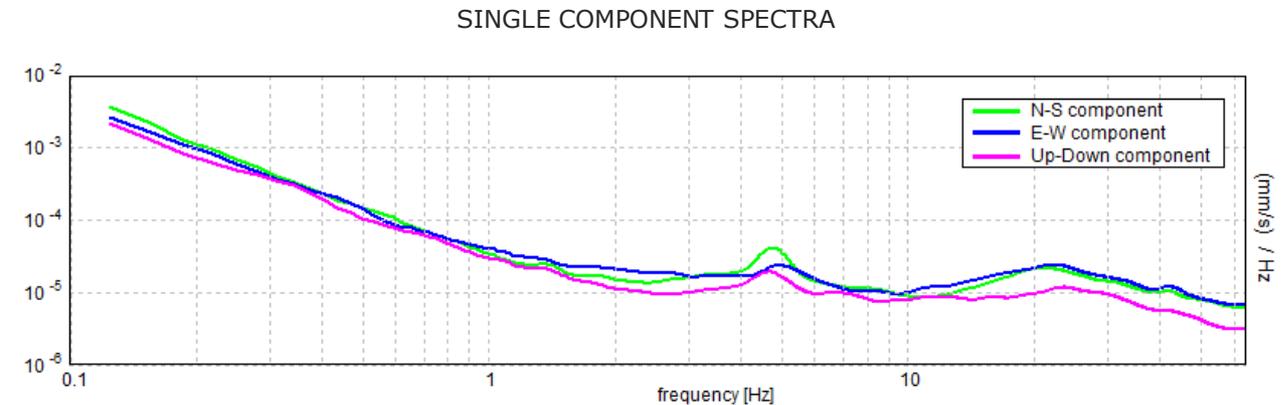
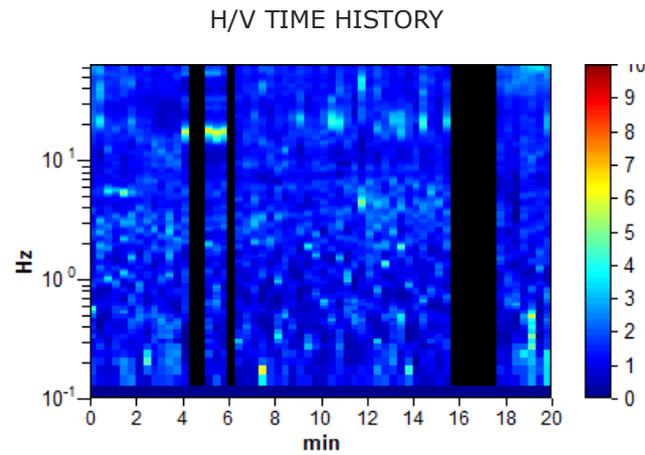
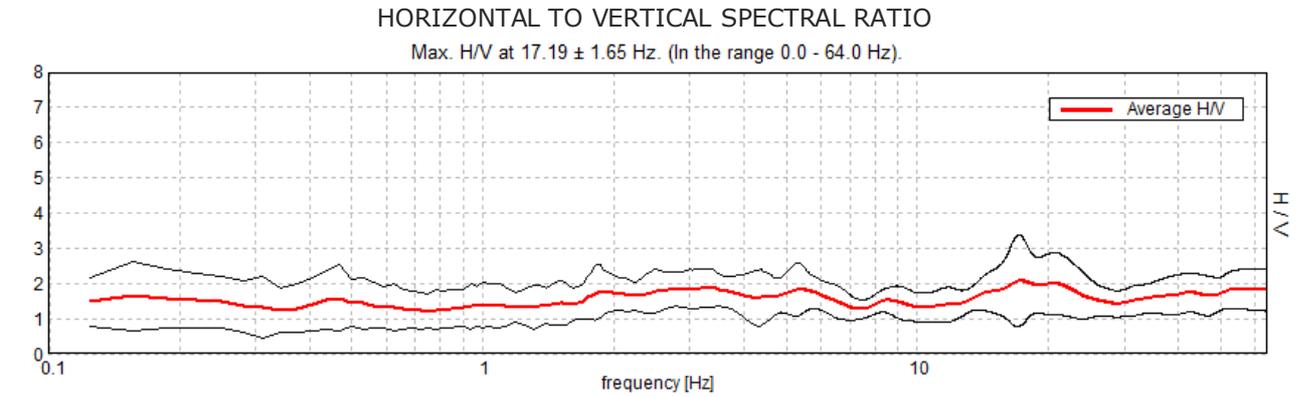


Figure 8 – Zona B Area B2 : Risultati misura HVRS

Max. H/V at 17.19 ± 1.65 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 17.19 > 0.50                | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 17531.3 > 200               | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 826 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$  |                    |    | NO |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$   |                    |    | NO |
| $A_0 > 2$                                                   | 2.08 > 2           | OK |    |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.04718  < 0.05$ | OK |    |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.81098 < 0.85938  | OK |    |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.6441 < 1.58      | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

| Freq. range [Hz]                                | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
|-------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 11.2.3 AREA B2 - PROVA DL1

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Profondità prova 6.00 mt  
 Falda non rilevata

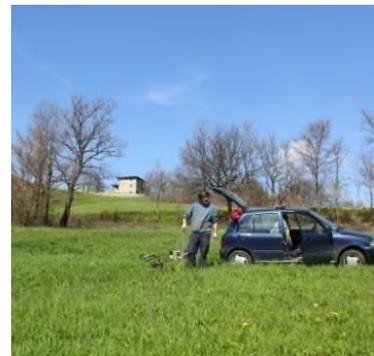


Figura 55 – Zona B Area B2 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 1         | 0.855                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.30           | 1         | 0.853                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.40           | 2         | 0.851                              | 5.68                                        | 6.68                                | 0.28                                                                       | 0.33                                                         |
| 0.50           | 1         | 0.849                              | 2.83                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.60           | 1         | 0.847                              | 2.83                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.70           | 1         | 0.845                              | 2.82                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.80           | 1         | 0.843                              | 2.82                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.90           | 1         | 0.842                              | 2.67                                        | 3.17                                | 0.13                                                                       | 0.16                                                         |
| 1.00           | 5         | 0.840                              | 13.31                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.10           | 10        | 0.838                              | 26.56                                       | 31.69                               | 1.33                                                                       | 1.58                                                         |
| 1.20           | 4         | 0.836                              | 10.60                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.30           | 5         | 0.835                              | 13.22                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.40           | 4         | 0.833                              | 10.56                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.50           | 14        | 0.781                              | 34.66                                       | 44.37                               | 1.73                                                                       | 2.22                                                         |
| 1.60           | 18        | 0.780                              | 44.47                                       | 57.04                               | 2.22                                                                       | 2.85                                                         |
| 1.70           | 17        | 0.778                              | 41.91                                       | 53.87                               | 2.10                                                                       | 2.69                                                         |
| 1.80           | 14        | 0.776                              | 34.44                                       | 44.37                               | 1.72                                                                       | 2.22                                                         |
| 1.90           | 16        | 0.775                              | 37.37                                       | 48.24                               | 1.87                                                                       | 2.41                                                         |
| 2.00           | 20        | 0.773                              | 46.62                                       | 60.30                               | 2.33                                                                       | 3.02                                                         |
| 2.10           | 70        | 0.622                              | 131.20                                      | 211.06                              | 6.56                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 16 – Area B2 Prova DL1 Dati

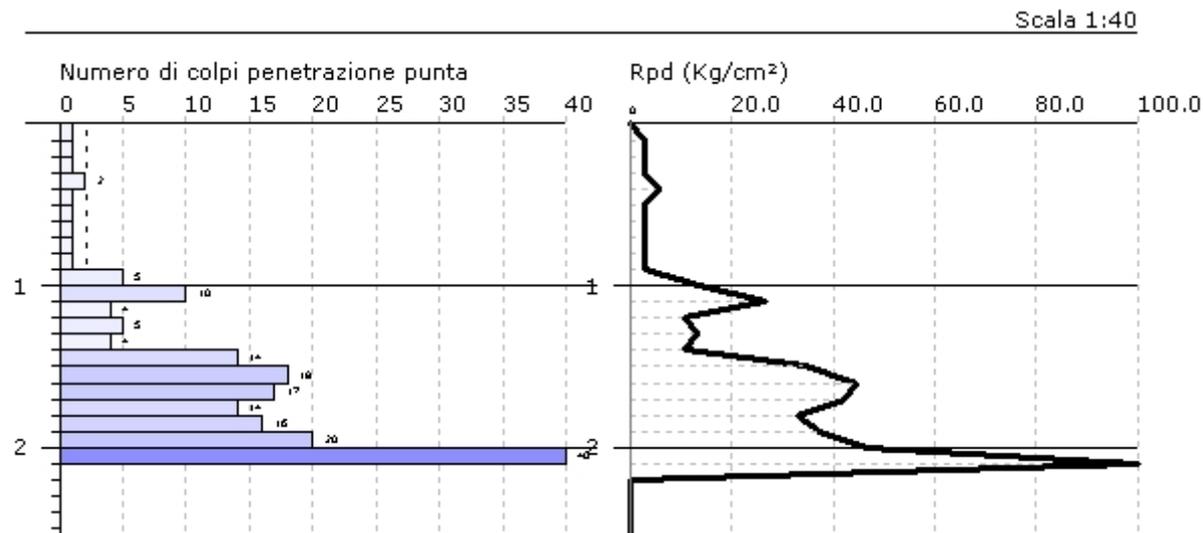


Figura 56 – Area B2 Prova DL1 Grafico

### 11.3 AREA B3 – MASW E MISURA HVSR



MASW 

HVSR 

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 

Figura 57 – AREA B3: UBICAZIONE PROVE e MISURE

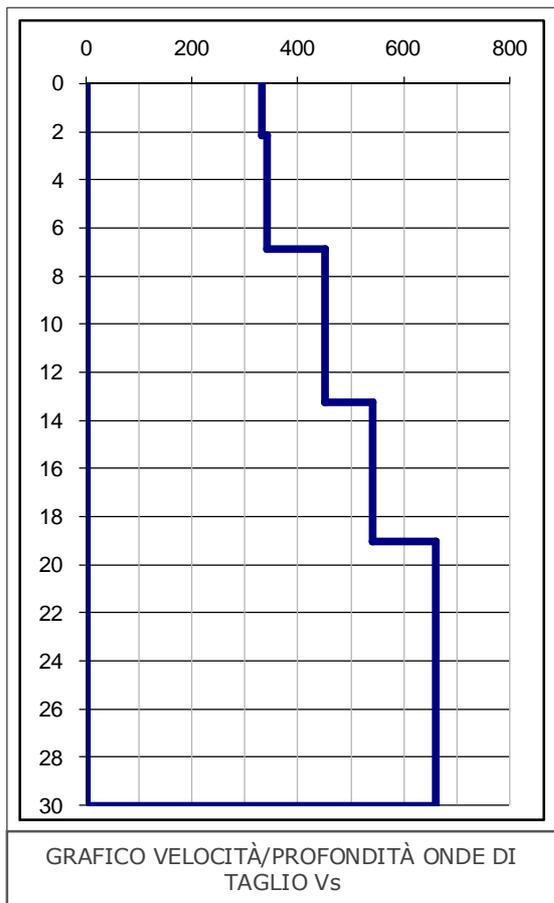
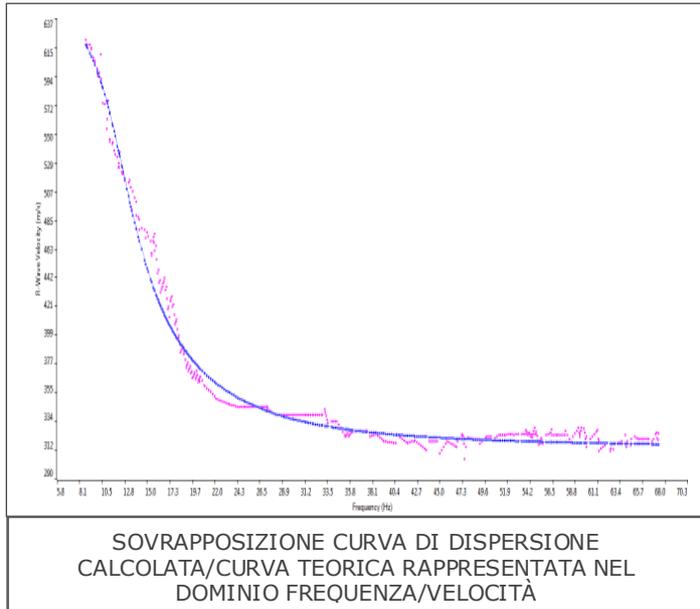
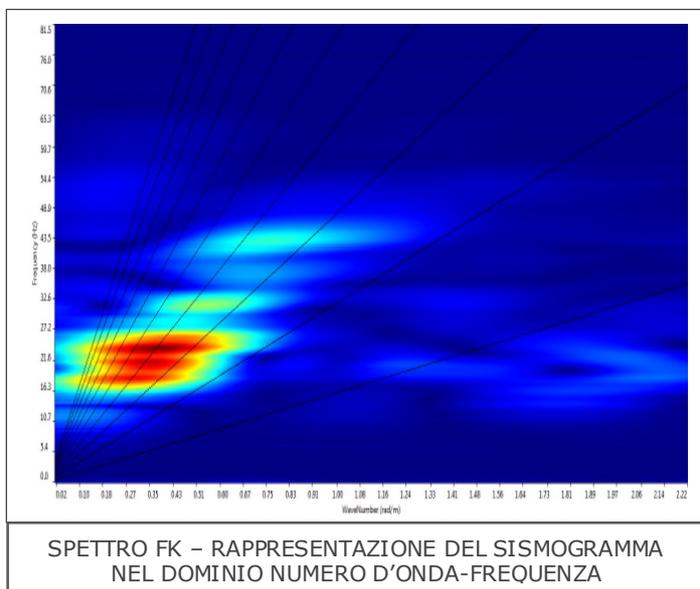
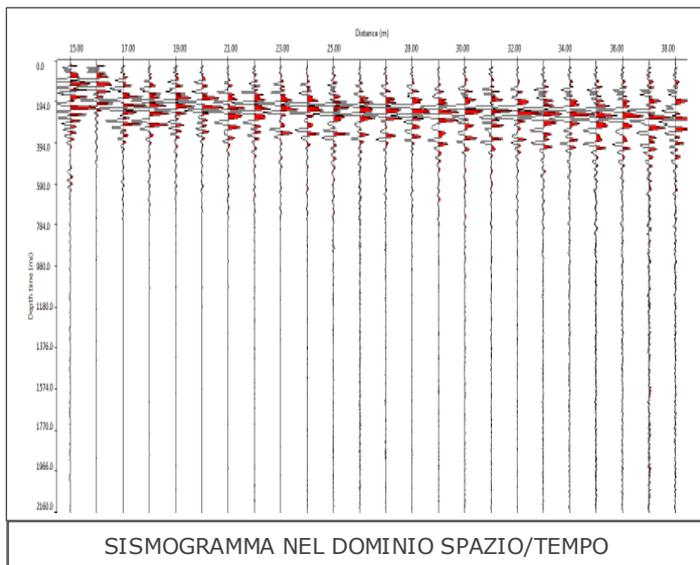
| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B3 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | <b>486</b>             | <b>B</b>        | 44°13'36,5"  | 10°48'24,7"   |

Figura 58 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B3



Figura 59 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B3

11.3.1 AREA B3 – RISULTATI INDAGINE MASW



**Risultati Elaborazione MW\_B3**

| Strato  | profondità |       | Spessore<br>m | Vel.<br>m/sec |
|---------|------------|-------|---------------|---------------|
|         | da         | a     |               |               |
| Strato1 | 0,0        | 2.15  | 2.15          | <b>331</b>    |
| Strato2 | 2.15       | 6.87  | 4.72          | <b>342</b>    |
| Strato3 | 6.87       | 13.23 | 6.36          | <b>452</b>    |
| Strato4 | 13.23      | 19.01 | 5.78          | <b>542</b>    |
| Strato5 | 19.01      | 30.00 | 10.99         | <b>659</b>    |
|         |            |       |               |               |
|         |            |       |               |               |

**Vs<sub>30</sub> = 486 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 9 – Zona B Area B3 : Risultati prova MASW MW\_B3

11.3.2 AREA B3 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 09:48:51 End recording: 13/03/14 10:08:52

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 95% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

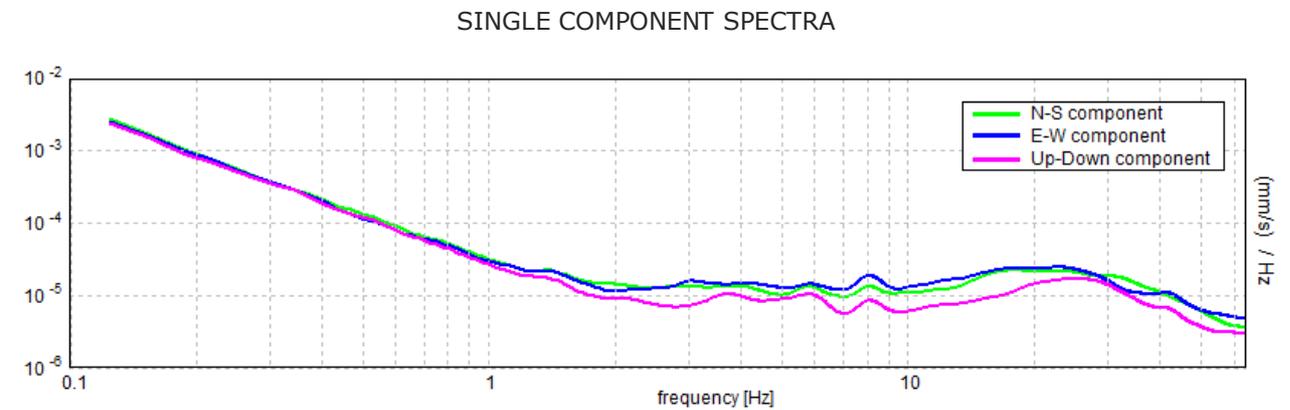
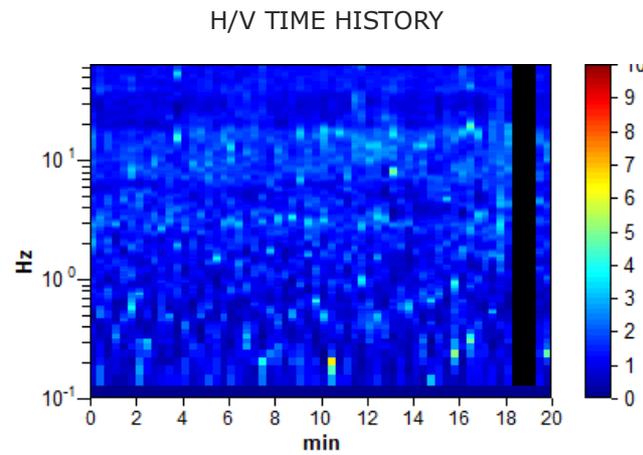
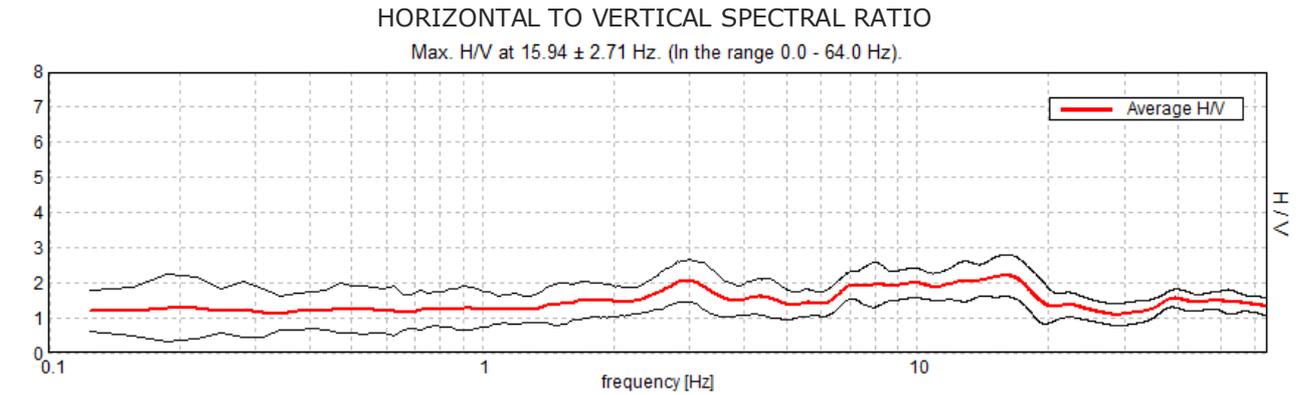


Figure 10 – Zona B Area B3 : Risultati misura HVSR

Max. H/V at 15.94 ± 2.71 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 15.94 > 0.50                | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 18168.8 > 200               | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 766 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                    |    | NO |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 27.844 Hz          | OK |    |
| $A_0 > 2$                                                   | 2.19 > 2           | OK |    |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.08404  < 0.05$ |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 1.33945 < 0.79688  |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.2891 < 1.58      | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Freq. range [Hz]                                | Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |           |            |            |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                                                 | < 0.2                                               | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$                                          | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0                                                 | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48                                                | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 11.3.3 AREA B3 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 2.5 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio



Figura 60 – Zona B Area B3 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 4         | 0.857                              | 11.44                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.20           | 9         | 0.855                              | 25.69                                       | 30.06                               | 1.28                                                                       | 1.50                                                         |
| 0.30           | 5         | 0.853                              | 14.24                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.40           | 4         | 0.851                              | 11.36                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.50           | 5         | 0.849                              | 14.17                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.60           | 13        | 0.797                              | 34.60                                       | 43.41                               | 1.73                                                                       | 2.17                                                         |
| 0.70           | 13        | 0.795                              | 34.52                                       | 43.41                               | 1.73                                                                       | 2.17                                                         |
| 0.80           | 14        | 0.793                              | 37.09                                       | 46.75                               | 1.85                                                                       | 2.34                                                         |
| 0.90           | 36        | 0.692                              | 78.89                                       | 114.08                              | 3.94                                                                       | 5.70                                                         |
| 1.00           | 56        | 0.640                              | 113.53                                      | 177.46                              | 5.68                                                                       | 8.87                                                         |
| 1.10           | 65        | 0.638                              | 131.42                                      | 205.99                              | 6.57                                                                       | 10.30                                                        |
| 1.20           | 45        | 0.636                              | 90.74                                       | 142.61                              | 4.54                                                                       | 7.13                                                         |
| 1.30           | 14        | 0.785                              | 34.81                                       | 44.37                               | 1.74                                                                       | 2.22                                                         |
| 1.40           | 19        | 0.783                              | 47.14                                       | 60.21                               | 2.36                                                                       | 3.01                                                         |
| 1.50           | 19        | 0.781                              | 47.04                                       | 60.21                               | 2.35                                                                       | 3.01                                                         |
| 1.60           | 30        | 0.730                              | 69.36                                       | 95.07                               | 3.47                                                                       | 4.75                                                         |
| 1.70           | 35        | 0.678                              | 75.19                                       | 110.92                              | 3.76                                                                       | 5.55                                                         |
| 1.80           | 23        | 0.726                              | 52.94                                       | 72.89                               | 2.65                                                                       | 3.64                                                         |
| 1.90           | 24        | 0.725                              | 52.44                                       | 72.36                               | 2.62                                                                       | 3.62                                                         |
| 2.00           | 21        | 0.723                              | 45.79                                       | 63.32                               | 2.29                                                                       | 3.17                                                         |
| 2.10           | 17        | 0.772                              | 39.55                                       | 51.26                               | 1.98                                                                       | 2.56                                                         |
| 2.20           | 18        | 0.770                              | 41.80                                       | 54.27                               | 2.09                                                                       | 2.71                                                         |
| 2.30           | 17        | 0.769                              | 39.40                                       | 51.26                               | 1.97                                                                       | 2.56                                                         |
| 2.40           | 120       | 0.617                              | 223.29                                      | 361.81                              | 11.16                                                                      | 18.09                                                        |
| 2.50           | 70        | 0.616                              | 129.94                                      | 211.06                              | 6.50                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 17 – Area B3 Prova DL1 Dati

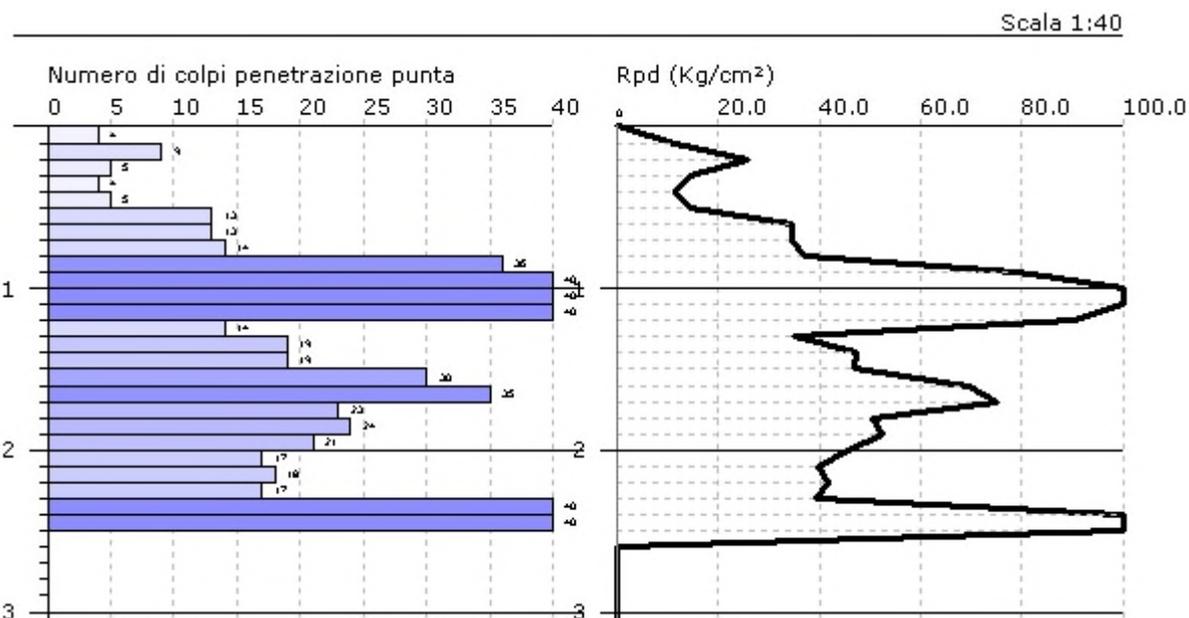
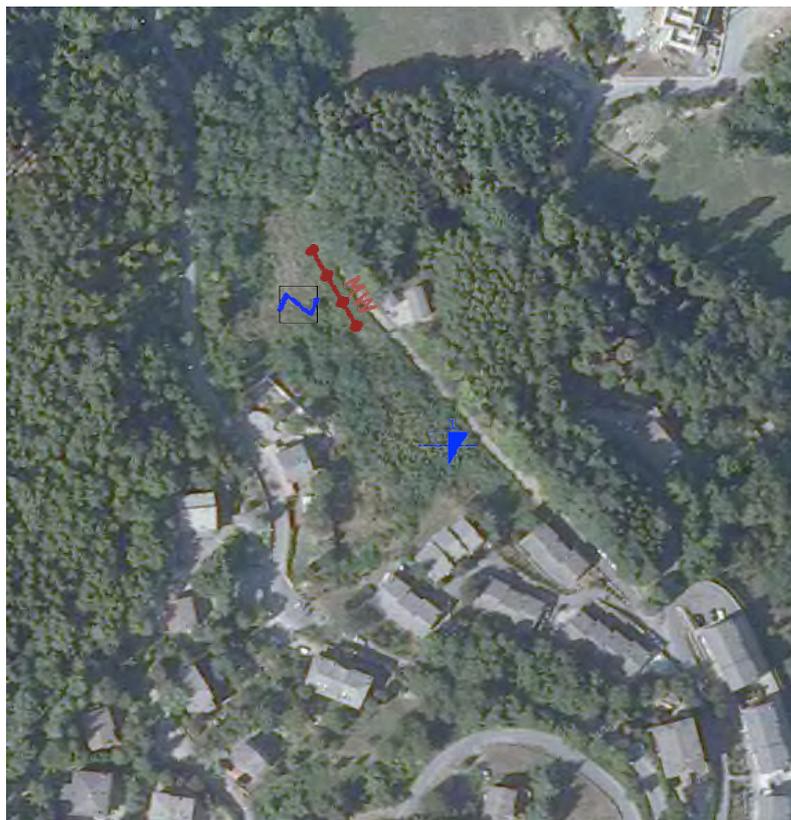


Figura 61 – Area B3 Prova DL1 Grafico

11.4 AREA B4 – MASW E MISURA HVSR



MASW   
 HVSR   
 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 

Figura 62 – AREA B4: UBICAZIONE PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B4 | 24          | 1,0                | 23              | 13            | 36               | <b>518</b>             | <b>B</b>        | 44°13'02,3"  | 10°47'54,5"   |

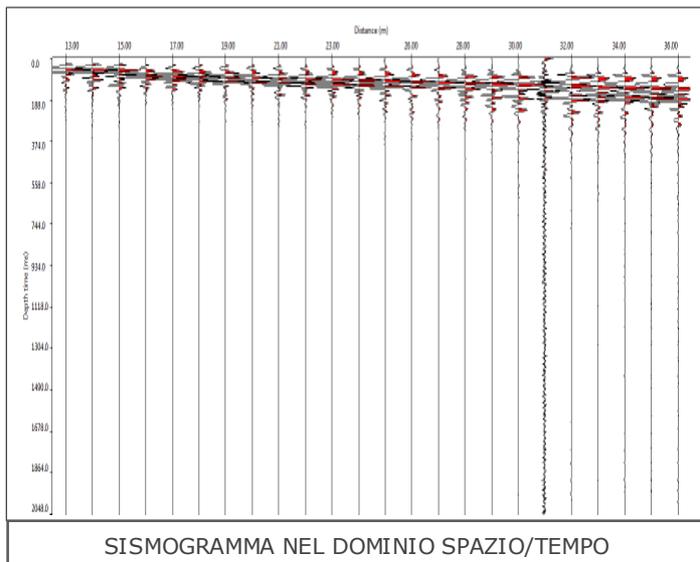


Figura 63 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B4

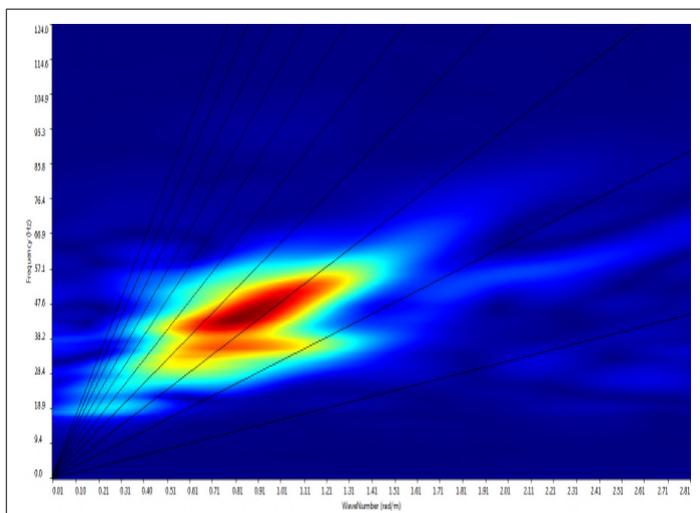


Figura 64 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B4

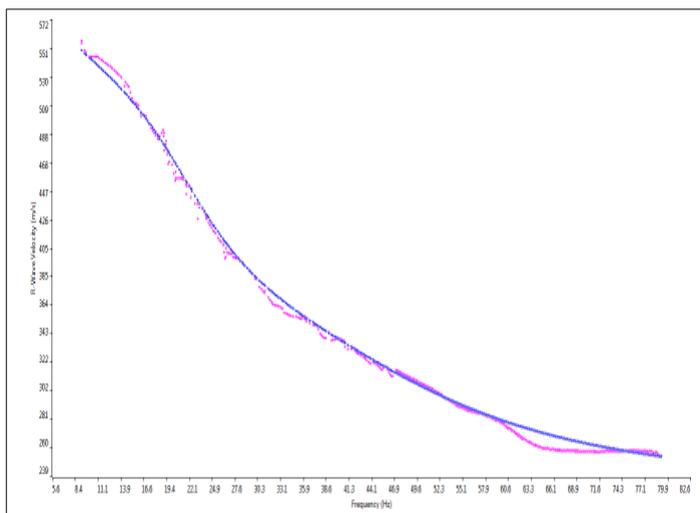
11.4.1 AREA B4 – RISULTATI INDAGINE MASW



SISMOGRAMMA NEL DOMINIO SPAZIO/TEMPO



SPETTRO FK – RAPPRESENTAZIONE DEL SISMOGRAMMA NEL DOMINIO NUMERO D'ONDA-FREQUENZA



SOVRAPPONIMENTO CURVA DI DISPERSIONE CALCOLATA/CURVA TEORICA RAPPRESENTATA NEL DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ

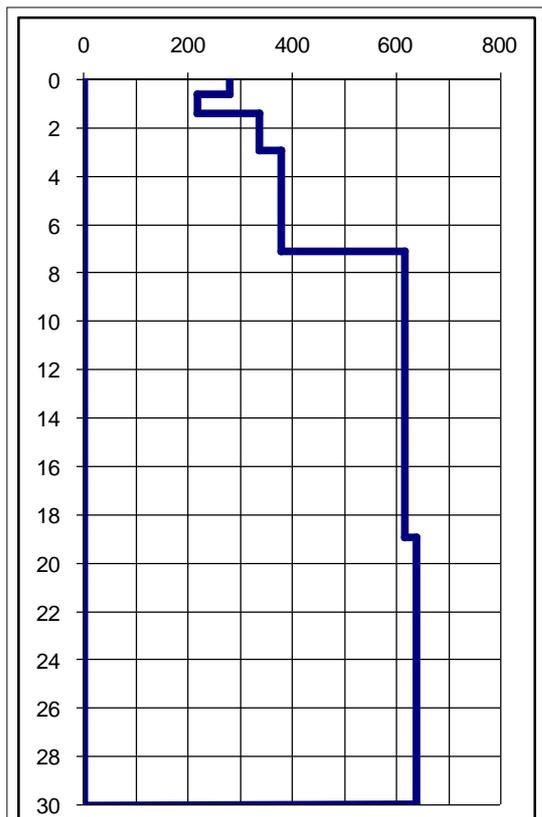


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs

**Risultati Elaborazione MW B4**

| Strato  | profondità |       | Spessore m | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|------------|------------|
|         | da         | a     |            |            |
| Strato1 | 0,0        | 0.63  | 0.63       | <b>279</b> |
| Strato2 | 0.63       | 1.40  | 0.77       | <b>218</b> |
| Strato3 | 1.40       | 2.96  | 1.56       | <b>336</b> |
| Strato4 | 2.96       | 7.12  | 4.16       | <b>380</b> |
| Strato5 | 7.12       | 18.93 | 11.81      | <b>615</b> |
| Strato6 | 18.93      | 30.00 | 11.07      | <b>638</b> |
|         |            |       |            |            |

**Vs<sub>30</sub> = 518 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 11 – Zona B Area B4 : Risultati prova MASW MW\_B4

### 11.4.2 AREA B4 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 11:33:45 End recording: 13/03/14 11:53:46

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 85% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

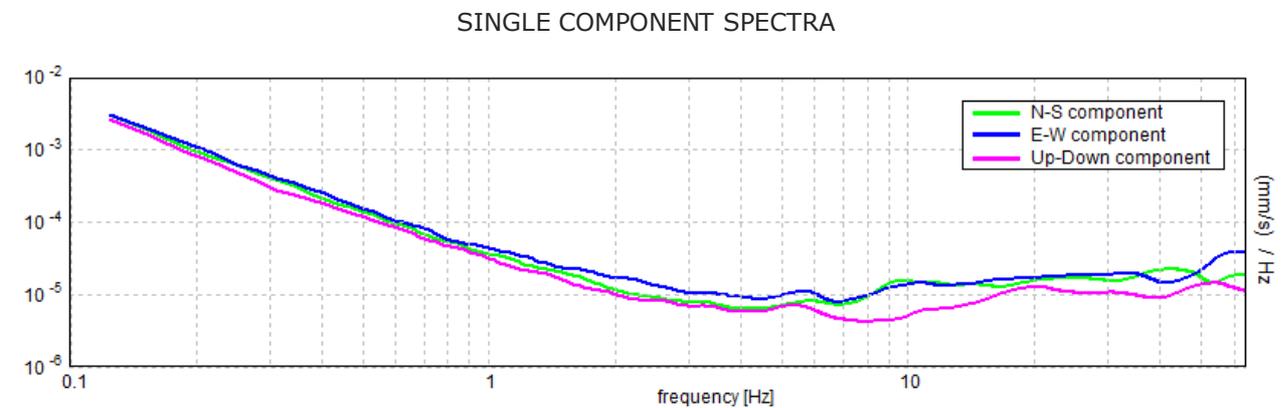
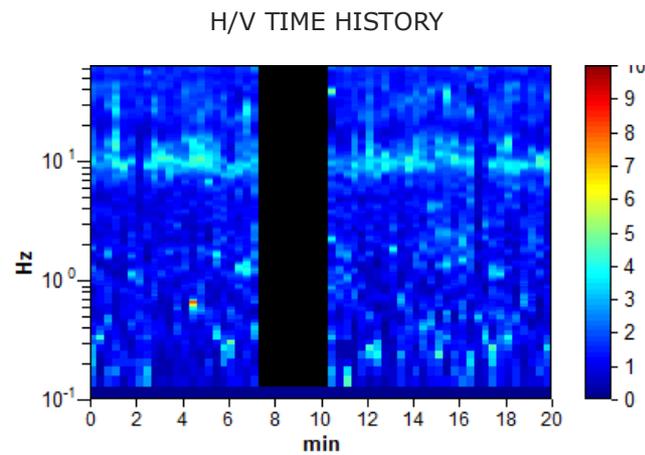
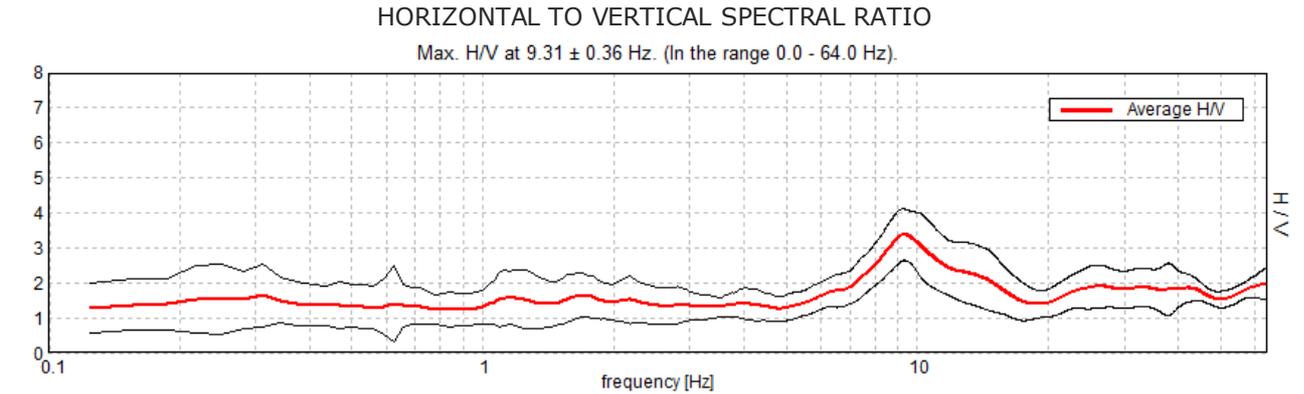


Figure 12 – Zona B Area B4 : Risultati prova MASW MW\_B4

Max. H/V at 9.31 ± 0.36 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 9.31 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 9498.8 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 448 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$     | 6.125 Hz           | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$      | 16.25 Hz           | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                   | 3.38 > 2           | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.01921  < 0.05$ | OK |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.17886 < 0.46563  | OK |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.3635 < 1.58      | OK |  |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 11.4.3 AREA B4 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 3.40 mt  
 Falda -2.3m



Figura 65 – Zona B Area B4 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 1         | 0.855                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.30           | 3         | 0.853                              | 8.54                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.40           | 3         | 0.851                              | 8.52                                        | 10.02                               | 0.43                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.50           | 5         | 0.849                              | 14.17                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.60           | 5         | 0.847                              | 14.14                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.70           | 4         | 0.845                              | 11.29                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.80           | 5         | 0.843                              | 14.08                                       | 16.70                               | 0.70                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.90           | 5         | 0.842                              | 13.33                                       | 15.85                               | 0.67                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.00           | 13        | 0.790                              | 32.54                                       | 41.20                               | 1.63                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.10           | 4         | 0.838                              | 10.62                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.20           | 3         | 0.836                              | 7.95                                        | 9.51                                | 0.40                                                                       | 0.48                                                         |
| 1.30           | 4         | 0.835                              | 10.58                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.40           | 6         | 0.833                              | 15.84                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.50           | 18        | 0.781                              | 44.56                                       | 57.04                               | 2.23                                                                       | 2.85                                                         |
| 1.60           | 13        | 0.780                              | 32.12                                       | 41.20                               | 1.61                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.70           | 9         | 0.828                              | 23.61                                       | 28.52                               | 1.18                                                                       | 1.43                                                         |
| 1.80           | 9         | 0.826                              | 23.57                                       | 28.52                               | 1.18                                                                       | 1.43                                                         |
| 1.90           | 12        | 0.825                              | 29.84                                       | 36.18                               | 1.49                                                                       | 1.81                                                         |
| 2.00           | 11        | 0.823                              | 27.30                                       | 33.17                               | 1.37                                                                       | 1.66                                                         |
| 2.10           | 10        | 0.822                              | 24.77                                       | 30.15                               | 1.24                                                                       | 1.51                                                         |
| 2.20           | 12        | 0.820                              | 29.67                                       | 36.18                               | 1.48                                                                       | 1.81                                                         |
| 2.30           | 10        | 0.819                              | 24.68                                       | 30.15                               | 1.23                                                                       | 1.51                                                         |
| 2.40           | 11        | 0.817                              | 27.10                                       | 33.17                               | 1.36                                                                       | 1.66                                                         |
| 2.50           | 11        | 0.816                              | 27.05                                       | 33.17                               | 1.35                                                                       | 1.66                                                         |
| 2.60           | 9         | 0.814                              | 22.10                                       | 27.14                               | 1.10                                                                       | 1.36                                                         |
| 2.70           | 9         | 0.813                              | 22.06                                       | 27.14                               | 1.10                                                                       | 1.36                                                         |
| 2.80           | 29        | 0.711                              | 62.20                                       | 87.44                               | 3.11                                                                       | 4.37                                                         |
| 2.90           | 30        | 0.710                              | 61.25                                       | 86.26                               | 3.06                                                                       | 4.31                                                         |
| 3.00           | 15        | 0.759                              | 32.72                                       | 43.13                               | 1.64                                                                       | 2.16                                                         |
| 3.10           | 62        | 0.607                              | 108.27                                      | 178.27                              | 5.41                                                                       | 8.91                                                         |
| 3.20           | 43        | 0.606                              | 74.93                                       | 123.64                              | 3.75                                                                       | 6.18                                                         |
| 3.30           | 23        | 0.705                              | 46.60                                       | 66.13                               | 2.33                                                                       | 3.31                                                         |
| 3.40           | 70        | 0.603                              | 121.45                                      | 201.28                              | 6.07                                                                       | 10.06                                                        |

Tabella 18 – Area B4 Prova DL1 Dati

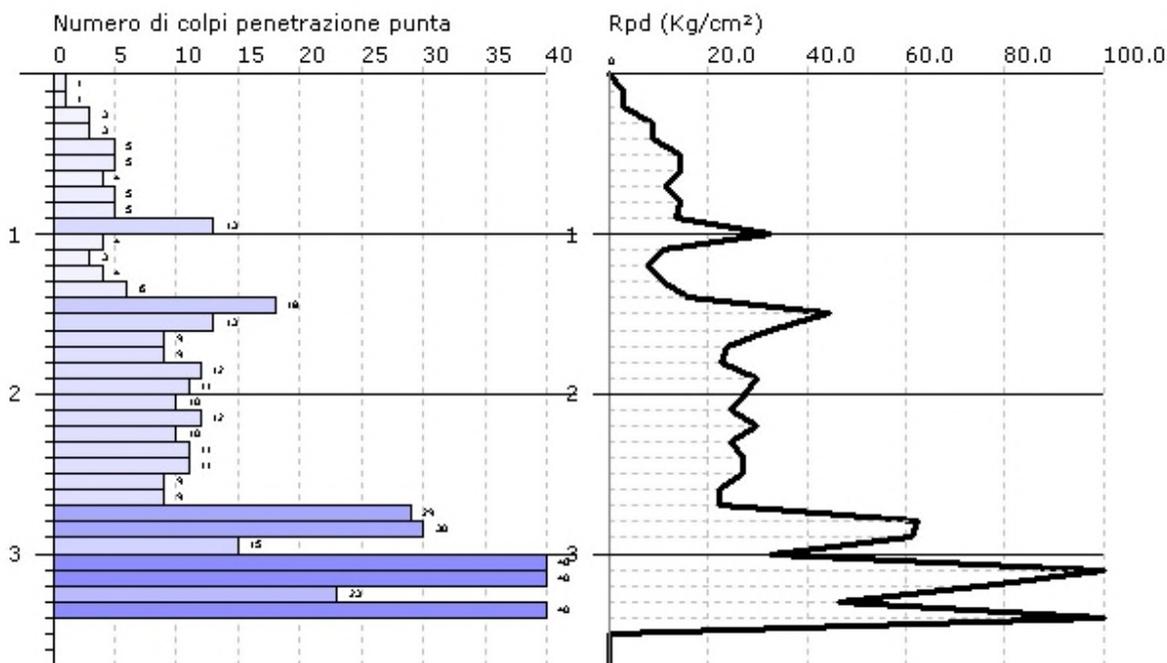
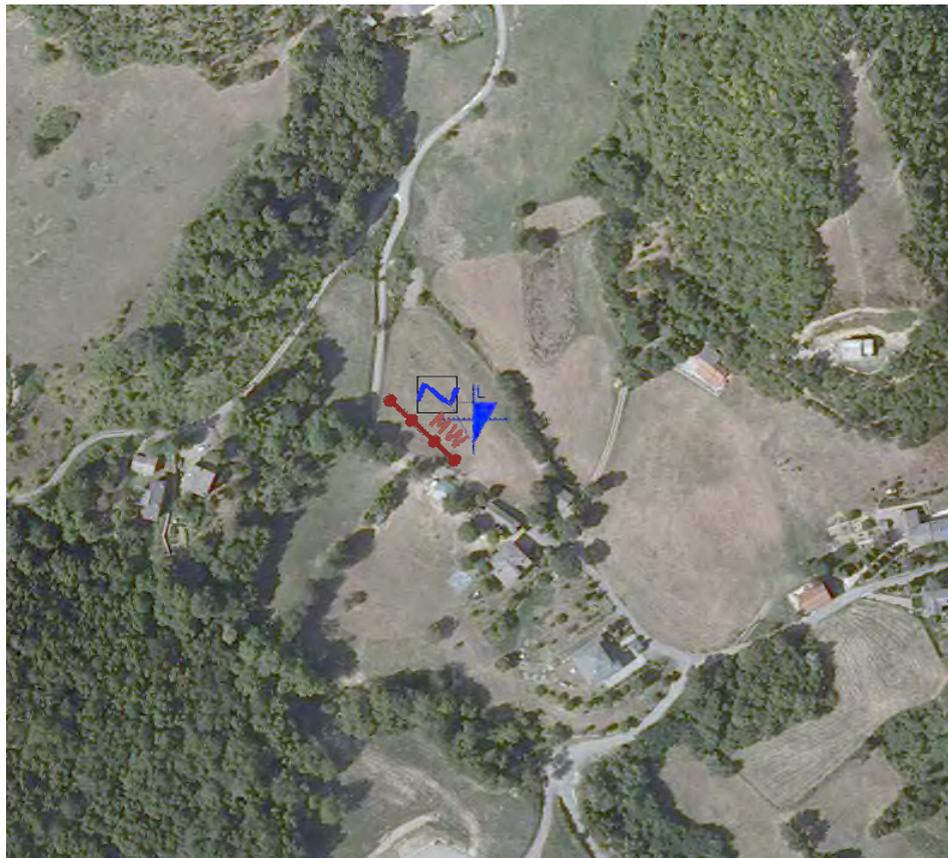


Figura 66 – Area B4 Prova DL1 Grafico

## 11.5 AREA B5 – MASW E MISURA HVSR



MASW   
 HVSR   
 PROVA PENETROMETRICA  
 DINAMICA 

Figura 67 – AREA B5:  
 UBICAZIONE PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B5 | 24          | 1,0                | 23              | 12            | 35               | 446                    | B               | 44°12'56,16" | 10°47'1,32"   |



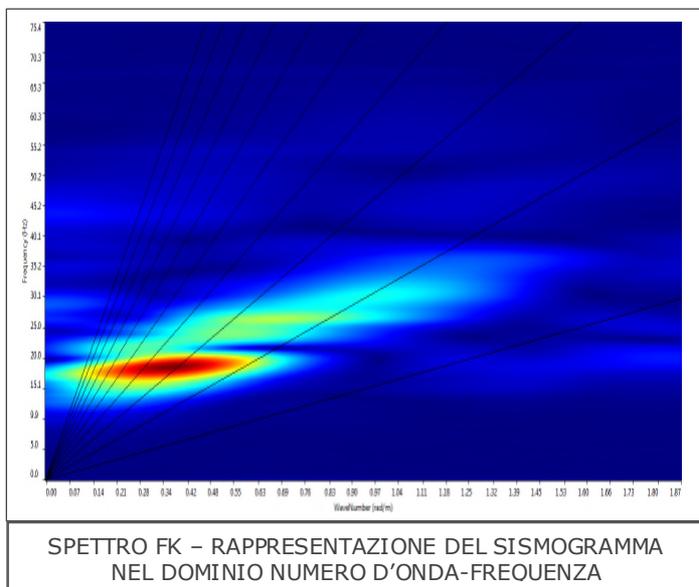
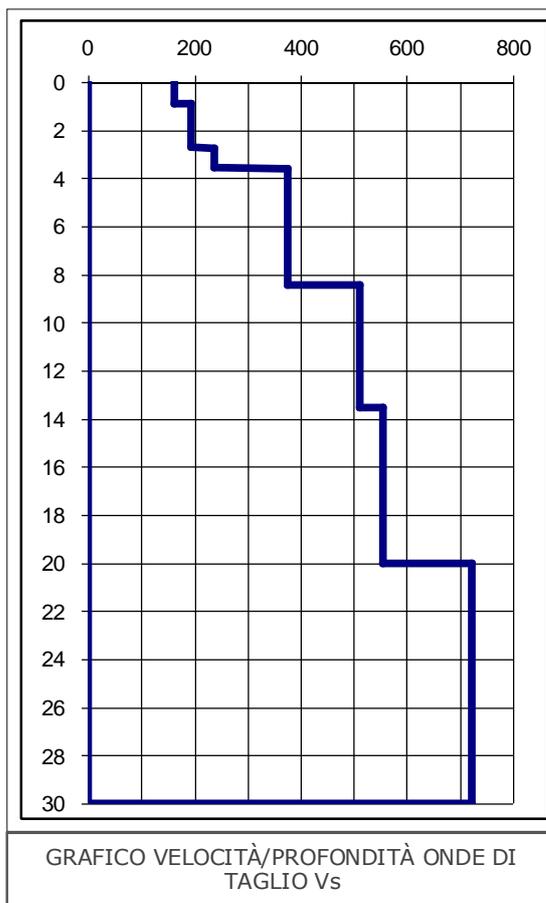
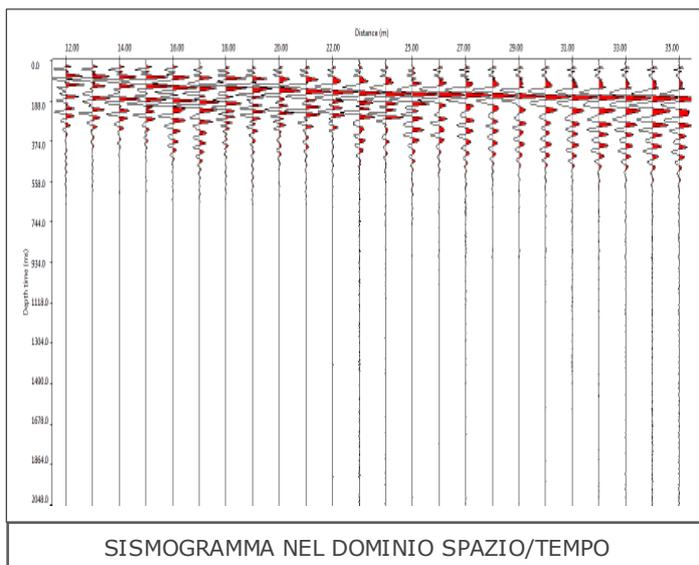
Figura 68 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B5



Figura 69 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B5

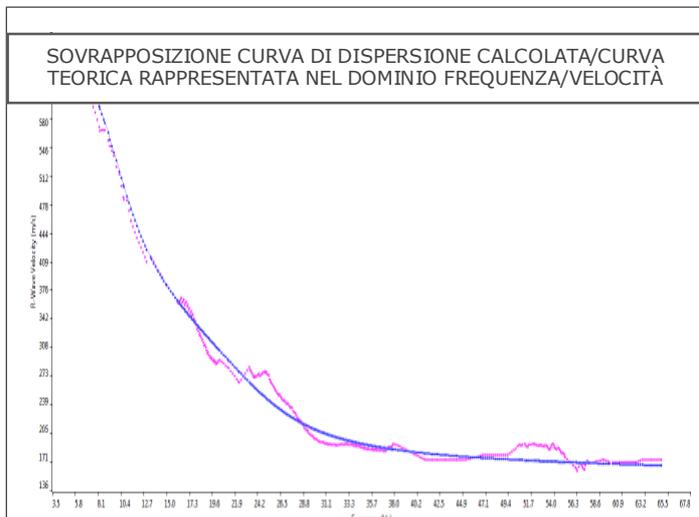
11.5.1 AREA B5 – RISULTATI INDAGINE MASW

Figure 13 – Zona B Area B5 : Risultati prova MASW MW\_B5



**Risultati Elaborazione MW B5**

| Strato  | profondità |       | Spessore m | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|------------|------------|
|         | da         | a     |            |            |
| Strato1 | 0,0        | 0.90  | 0.90       | <b>162</b> |
| Strato2 | 0.90       | 2.72  | 1.82       | <b>192</b> |
| Strato3 | 2.72       | 3.57  | 0.85       | <b>236</b> |
| Strato4 | 3.57       | 8.44  | 4.87       | <b>375</b> |
| Strato5 | 8.44       | 13.55 | 5.11       | <b>509</b> |
| Strato6 | 13.55      | 20.03 | 6.48       | <b>554</b> |
| Strato7 | 20.03      | 30.00 | 9.97       | <b>720</b> |



**Vs<sub>30</sub> = 446 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s*)

11.5.2 AREA B5 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10  
 Start recording: 02/04/14 11:25:03      End recording: 02/04/14 11:45:04  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 GPS data not available

Trace length: 0h20'00".      Analyzed 77% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

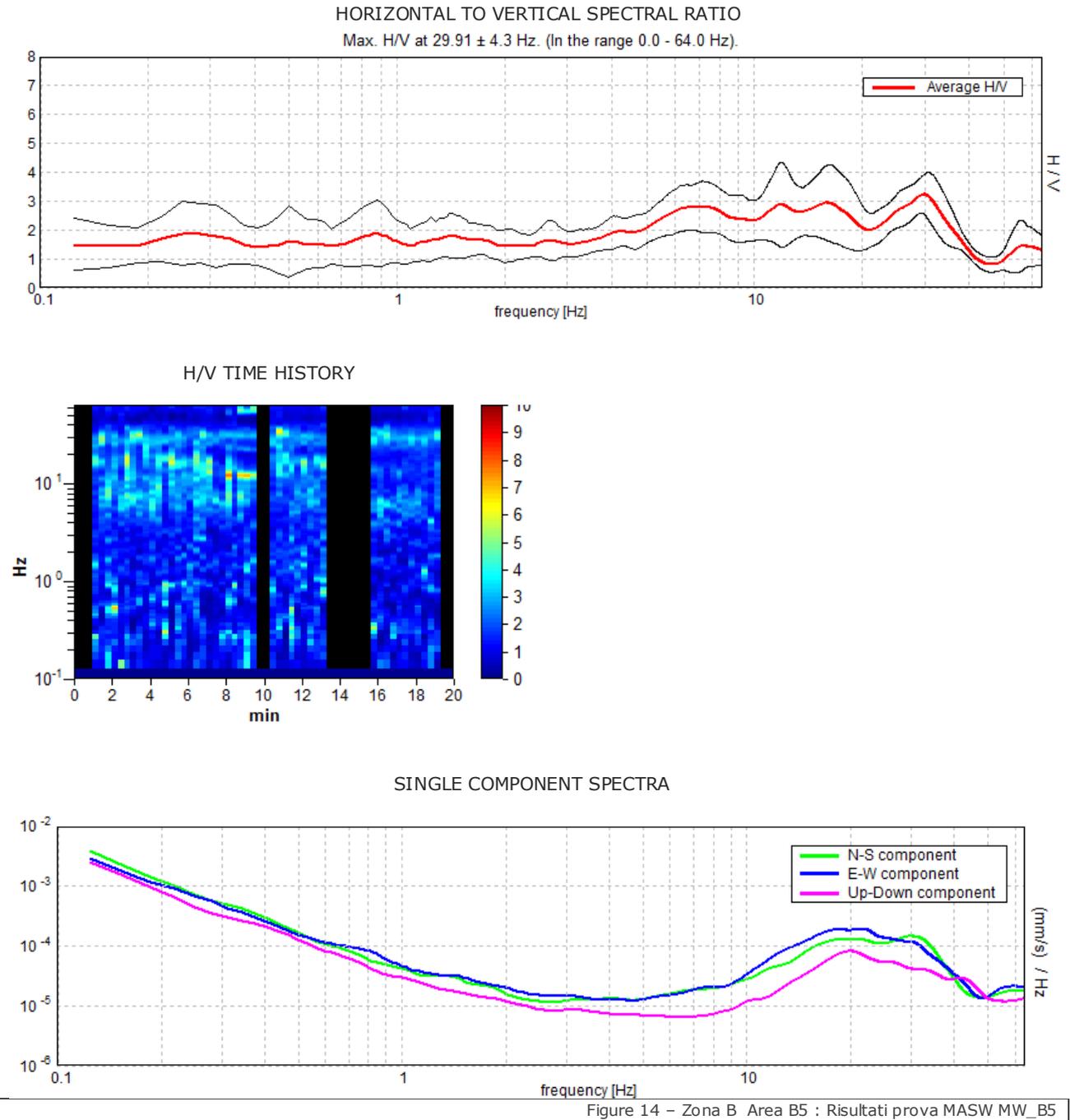


Figure 14 – Zona B Area B5 : Risultati prova MASW MW\_B5

Max. H/V at 29.91 ± 4.3 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                              |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 29.91 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 27513.8 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1436 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |    |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   |                    |    | NO |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 38.125 Hz          | OK |    |
| $A_0 > 2$                                                   | 3.23 > 2           | OK |    |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.07058  < 0.05$ |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 2.11071 < 1.49531  |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.3419 < 1.58      | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Freq. range [Hz]                                | Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |           |            |            |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                                                 | < 0.2                                               | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$                                          | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0                                                 | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48                                                | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 11.5.3 AREA B5 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 5.20 mt  
 Falda -2.2m

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Figura 70 – Zona B Area B5 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura



| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 1         | 0.855                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.30           | 1         | 0.853                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.40           | 1         | 0.851                              | 2.84                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.50           | 2         | 0.849                              | 5.67                                        | 6.68                                | 0.28                                                                       | 0.33                                                         |
| 0.60           | 4         | 0.847                              | 11.31                                       | 13.36                               | 0.57                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.70           | 4         | 0.845                              | 11.29                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.80           | 4         | 0.843                              | 11.27                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.90           | 3         | 0.842                              | 8.00                                        | 9.51                                | 0.40                                                                       | 0.48                                                         |
| 1.00           | 1         | 0.840                              | 2.66                                        | 3.17                                | 0.13                                                                       | 0.16                                                         |
| 1.10           | 2         | 0.838                              | 5.31                                        | 6.34                                | 0.27                                                                       | 0.32                                                         |
| 1.20           | 5         | 0.836                              | 13.25                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.30           | 5         | 0.835                              | 13.22                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.40           | 4         | 0.833                              | 10.56                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.50           | 5         | 0.831                              | 13.17                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.60           | 6         | 0.830                              | 15.77                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.70           | 7         | 0.828                              | 18.37                                       | 22.18                               | 0.92                                                                       | 1.11                                                         |
| 1.80           | 5         | 0.826                              | 13.09                                       | 15.85                               | 0.65                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.90           | 5         | 0.825                              | 12.43                                       | 15.08                               | 0.62                                                                       | 0.75                                                         |
| 2.00           | 4         | 0.823                              | 9.93                                        | 12.06                               | 0.50                                                                       | 0.60                                                         |
| 2.10           | 5         | 0.822                              | 12.39                                       | 15.08                               | 0.62                                                                       | 0.75                                                         |
| 2.20           | 3         | 0.820                              | 7.42                                        | 9.05                                | 0.37                                                                       | 0.45                                                         |
| 2.30           | 5         | 0.819                              | 12.34                                       | 15.08                               | 0.62                                                                       | 0.75                                                         |
| 2.40           | 4         | 0.817                              | 9.86                                        | 12.06                               | 0.49                                                                       | 0.60                                                         |
| 2.50           | 4         | 0.816                              | 9.84                                        | 12.06                               | 0.49                                                                       | 0.60                                                         |
| 2.60           | 4         | 0.814                              | 9.82                                        | 12.06                               | 0.49                                                                       | 0.60                                                         |
| 2.70           | 6         | 0.813                              | 14.70                                       | 18.09                               | 0.74                                                                       | 0.90                                                         |
| 2.80           | 4         | 0.811                              | 9.79                                        | 12.06                               | 0.49                                                                       | 0.60                                                         |
| 2.90           | 5         | 0.810                              | 11.65                                       | 14.38                               | 0.58                                                                       | 0.72                                                         |
| 3.00           | 5         | 0.809                              | 11.63                                       | 14.38                               | 0.58                                                                       | 0.72                                                         |
| 3.10           | 4         | 0.807                              | 9.29                                        | 11.50                               | 0.46                                                                       | 0.58                                                         |
| 3.20           | 6         | 0.806                              | 13.91                                       | 17.25                               | 0.70                                                                       | 0.86                                                         |
| 3.30           | 6         | 0.805                              | 13.88                                       | 17.25                               | 0.69                                                                       | 0.86                                                         |
| 3.40           | 6         | 0.803                              | 13.86                                       | 17.25                               | 0.69                                                                       | 0.86                                                         |
| 3.50           | 6         | 0.802                              | 13.84                                       | 17.25                               | 0.69                                                                       | 0.86                                                         |
| 3.60           | 10        | 0.801                              | 23.03                                       | 28.75                               | 1.15                                                                       | 1.44                                                         |
| 3.70           | 10        | 0.800                              | 22.99                                       | 28.75                               | 1.15                                                                       | 1.44                                                         |
| 3.80           | 14        | 0.748                              | 30.13                                       | 40.26                               | 1.51                                                                       | 2.01                                                         |
| 3.90           | 9         | 0.797                              | 19.72                                       | 24.73                               | 0.99                                                                       | 1.24                                                         |
| 4.00           | 12        | 0.796                              | 26.25                                       | 32.98                               | 1.31                                                                       | 1.65                                                         |
| 4.10           | 11        | 0.795                              | 24.03                                       | 30.23                               | 1.20                                                                       | 1.51                                                         |
| 4.20           | 12        | 0.794                              | 26.17                                       | 32.98                               | 1.31                                                                       | 1.65                                                         |
| 4.30           | 12        | 0.793                              | 26.14                                       | 32.98                               | 1.31                                                                       | 1.65                                                         |
| 4.40           | 12        | 0.791                              | 26.10                                       | 32.98                               | 1.30                                                                       | 1.65                                                         |
| 4.50           | 11        | 0.790                              | 23.89                                       | 30.23                               | 1.19                                                                       | 1.51                                                         |
| 4.60           | 14        | 0.739                              | 28.44                                       | 38.47                               | 1.42                                                                       | 1.92                                                         |
| 4.70           | 11        | 0.788                              | 23.83                                       | 30.23                               | 1.19                                                                       | 1.51                                                         |
| 4.80           | 12        | 0.787                              | 25.96                                       | 32.98                               | 1.30                                                                       | 1.65                                                         |
| 4.90           | 20        | 0.736                              | 38.74                                       | 52.63                               | 1.94                                                                       | 2.63                                                         |
| 5.00           | 17        | 0.735                              | 32.88                                       | 44.74                               | 1.64                                                                       | 2.24                                                         |
| 5.10           | 70        | 0.584                              | 107.58                                      | 184.21                              | 5.38                                                                       | 9.21                                                         |

Tabella 19 – Area B5 Prova DL5 Dati

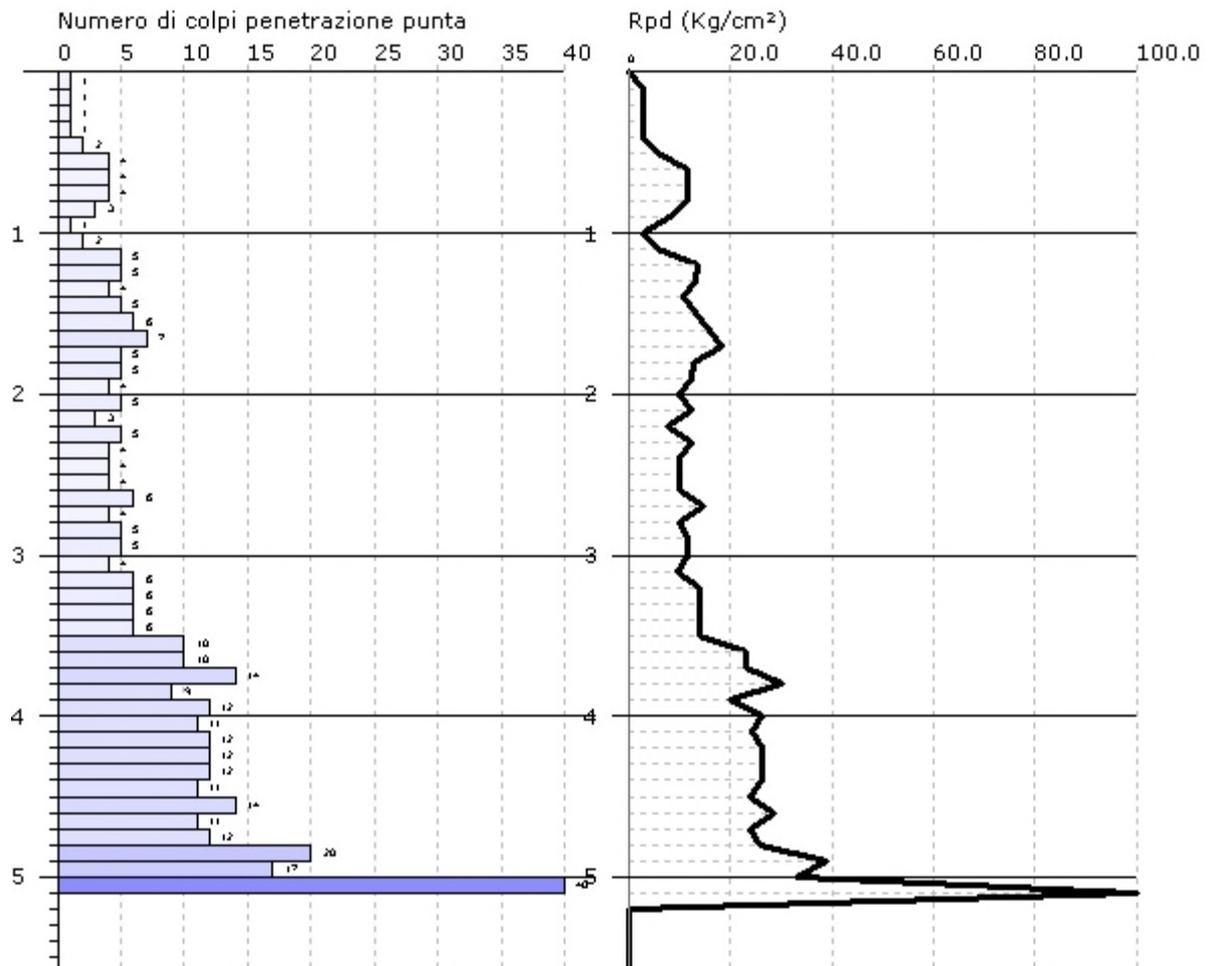


Figura 71 - Area B5 Prova DL1 Grafico

## 11.6 AREA B6 – MASW E MISURA HVSR



Figura 72 – AREA B6: UBICAZIONE SONDAGGI PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B6 | 24          | 1,0                | 23              | 12            | 35               | <b>475</b>             | <b>B</b>        | 44°12'47,16" | 10°47'43,08"  |

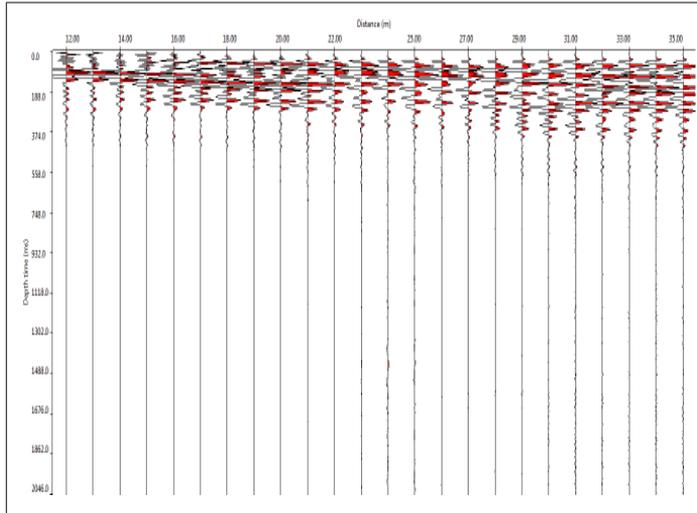


Figura 73 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B6



Figura 74 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B6

11.6.1 AREA B6 – RISULTATI INDAGINE MASW



SISMOGRAMMA NEL DOMINIO SPAZIO/TEMPO

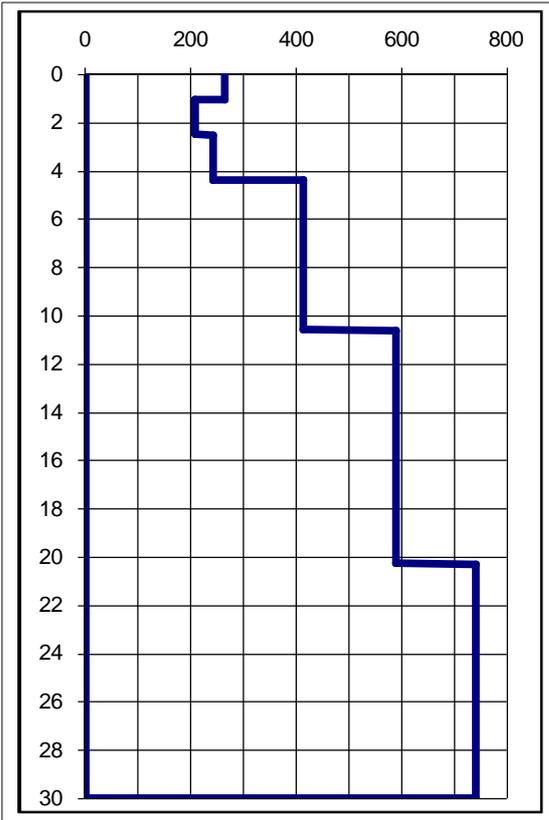
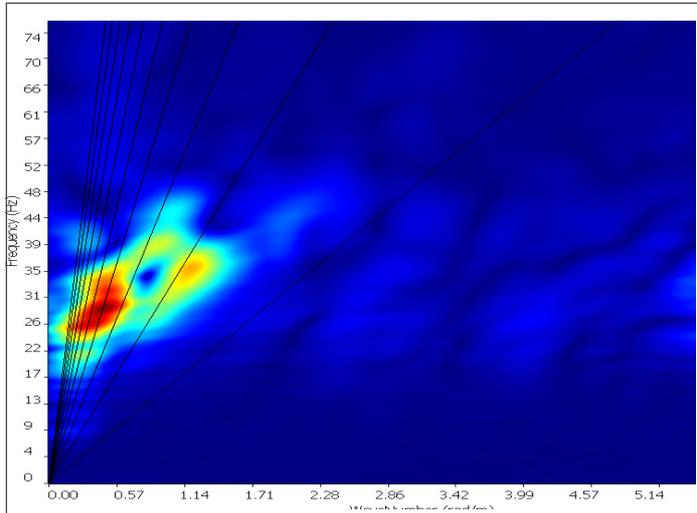
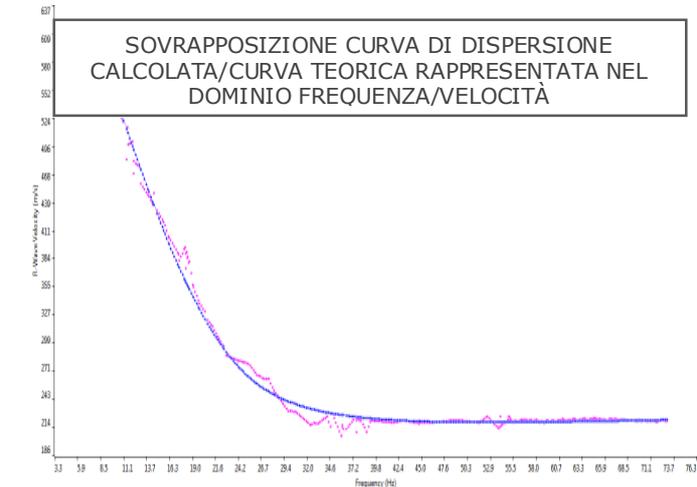


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs



SPETTRO FK – RAPPRESENTAZIONE DEL SISMOGRAMMA NEL DOMINIO NUMERO D'ONDA-FREQUENZA



SOVRAPPOSIZIONE CURVA DI DISPERSIONE CALCOLATA/CURVA TEORICA RAPPRESENTATA NEL DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ

**Risultati Elaborazione MW\_B6**

| Strato  | profondità |       | Spessore<br>m | Vel.<br>m/sec |
|---------|------------|-------|---------------|---------------|
|         | da         | a     |               |               |
| Strato1 | 0,0        | 1.04  | 1.04          | <b>265</b>    |
| Strato2 | 1.04       | 2.50  | 1.46          | <b>209</b>    |
| Strato3 | 2.50       | 4.36  | 1.86          | <b>243</b>    |
| Strato4 | 4.36       | 10.59 | 6.23          | <b>413</b>    |
| Strato5 | 10.59      | 20.28 | 9.69          | <b>590</b>    |
| Strato6 | 20.28      | 30.00 | 9.72          | <b>740</b>    |

**Vs<sub>30</sub> = 475 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 15 – Zona B Area B6 : Risultati prova MASW MW\_B6

### 11.6.2 AREA B6 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 02/04/14 10:44:14 End recording: 02/04/14 11:04:15

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

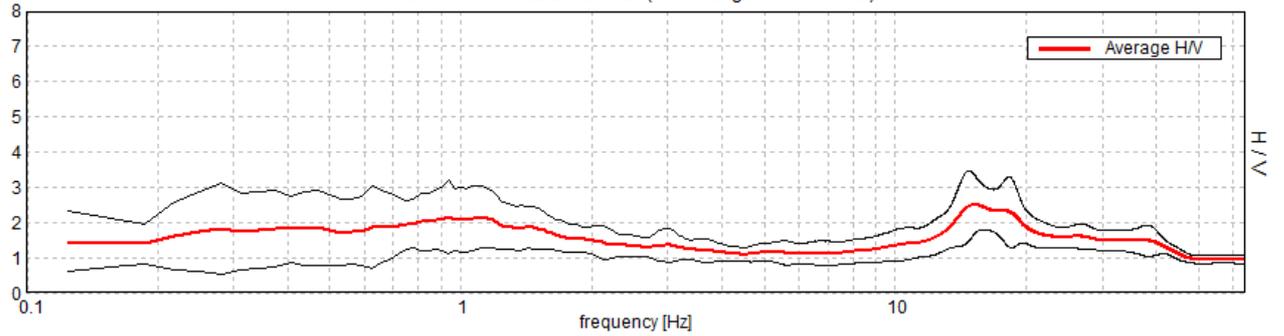
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

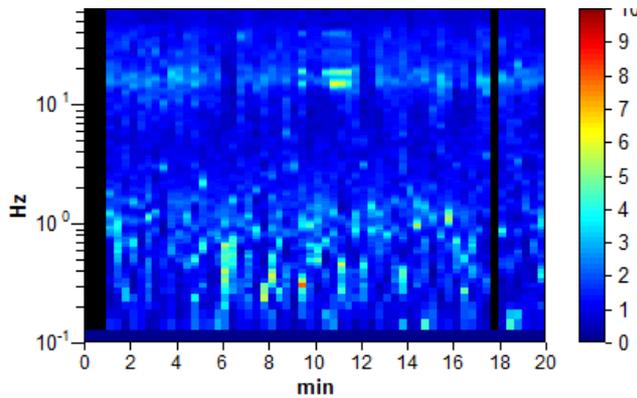
Smoothing: 10%

#### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

Max. H/V at 15.22 ± 1.26 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



#### H/V TIME HISTORY



#### SINGLE COMPONENT SPECTRA

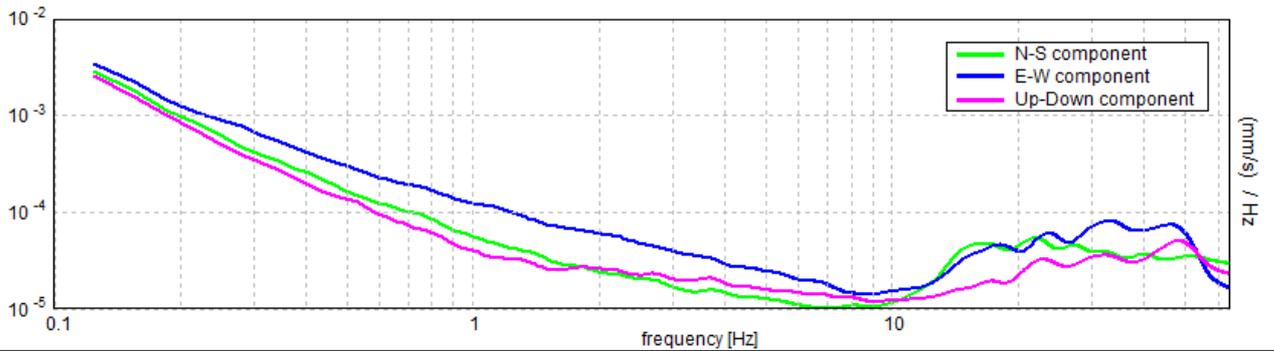


Figure 16 – Zona B Area B6 : Risultati prova MASW MW\_B6

Max. H/V at 15.22 ± 1.26 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 15.22 > 0.50                | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 17045.0 > 200               | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 732 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   | 9.156 Hz           | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 42.625 Hz          | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                   | 2.50 > 2           | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.04091  < 0.05$ | OK |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.62256 < 0.76094  | OK |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.4172 < 1.58      | OK |  |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Freq. range [Hz]                                | Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |           |            |            |            |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------|------------|------------|------------|
|                                                 | < 0.2                                               | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$                                          | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0                                                 | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48                                                | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

## 11.7 AREA B7 – MASW E MISURA HVSR

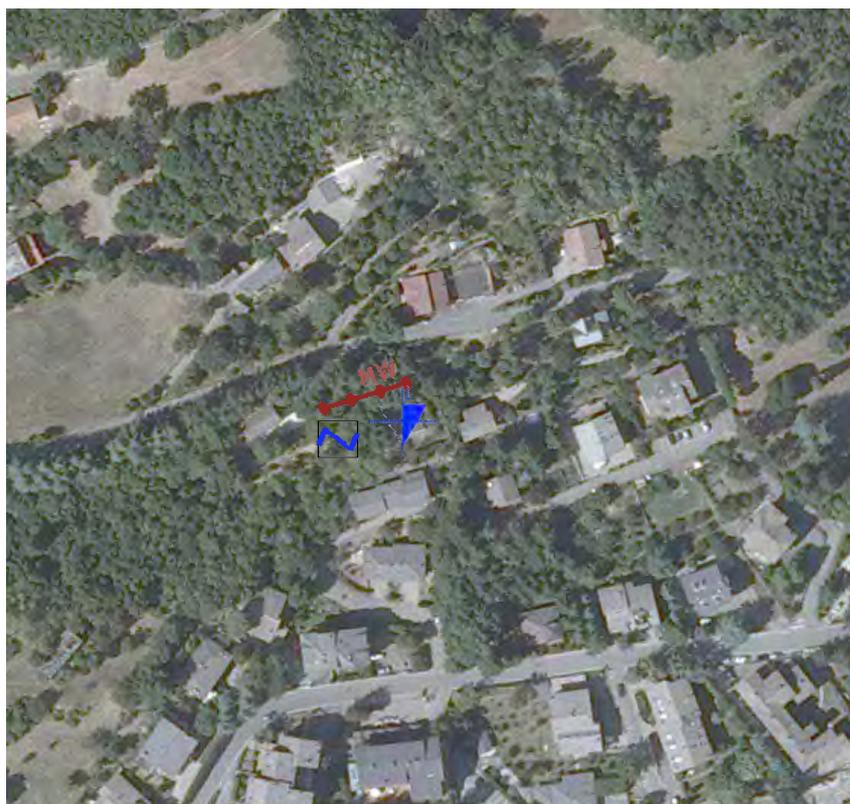


Figura 75 – AREA B7: UBICAZIONE PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B7 | 24          | 1,0                | 23              | 12            | 35               | 553                    | B               | 44°12'36,72" | 10°47'23,28"  |

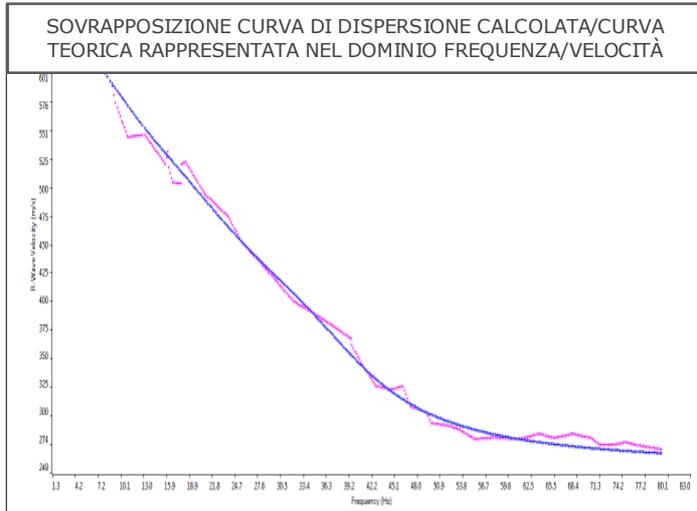
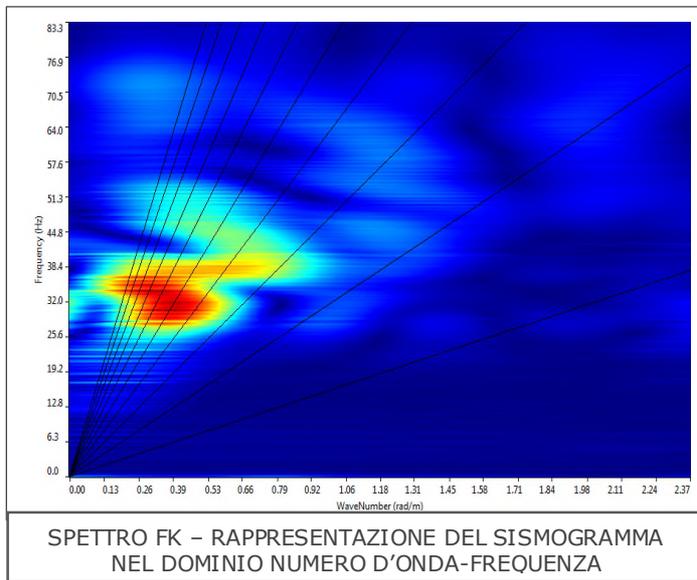
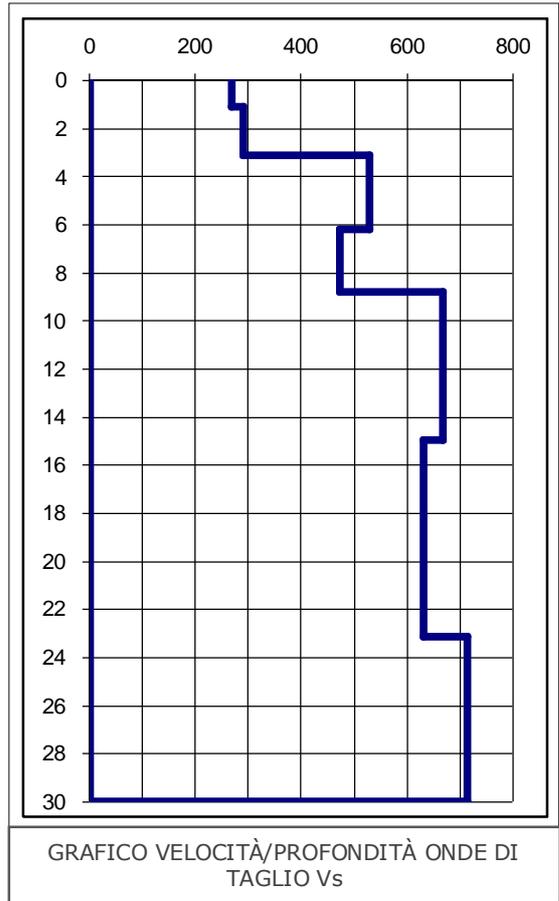
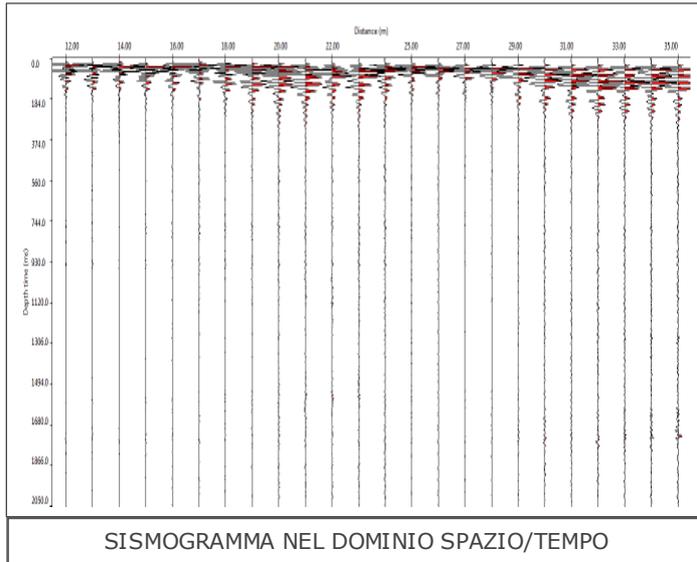


Figura 76 – PIAZZAMENTO MASW MW\_B7



Figura 77 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B7

11.7.1 AREA B7 – RISULTATI INDAGINE MASW



**Risultati Elaborazione MW B7**

| Strato  | profondità |       | Spessore m | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|------------|------------|
|         | da         | a     |            |            |
| Strato1 | 0,0        | 1.10  | 1.10       | <b>269</b> |
| Strato2 | 1.10       | 3.13  | 2.03       | <b>289</b> |
| Strato3 | 3.13       | 6.18  | 3.05       | <b>529</b> |
| Strato4 | 6.18       | 8.80  | 2.62       | <b>472</b> |
| Strato5 | 8.80       | 14.96 | 6.16       | <b>668</b> |
| Strato6 | 14.96      | 23.15 | 8.19       | <b>631</b> |
| Strato7 | 23.15      | 30.00 | 6.85       | <b>713</b> |

**Vs<sub>30</sub> = 553 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 17 - Zona B Area B4 : Risultati prova MASW MW\_B4

11.7.2 AREA B7 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 02/04/14 12:10:21 End recording: 02/04/14 12:30:22

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

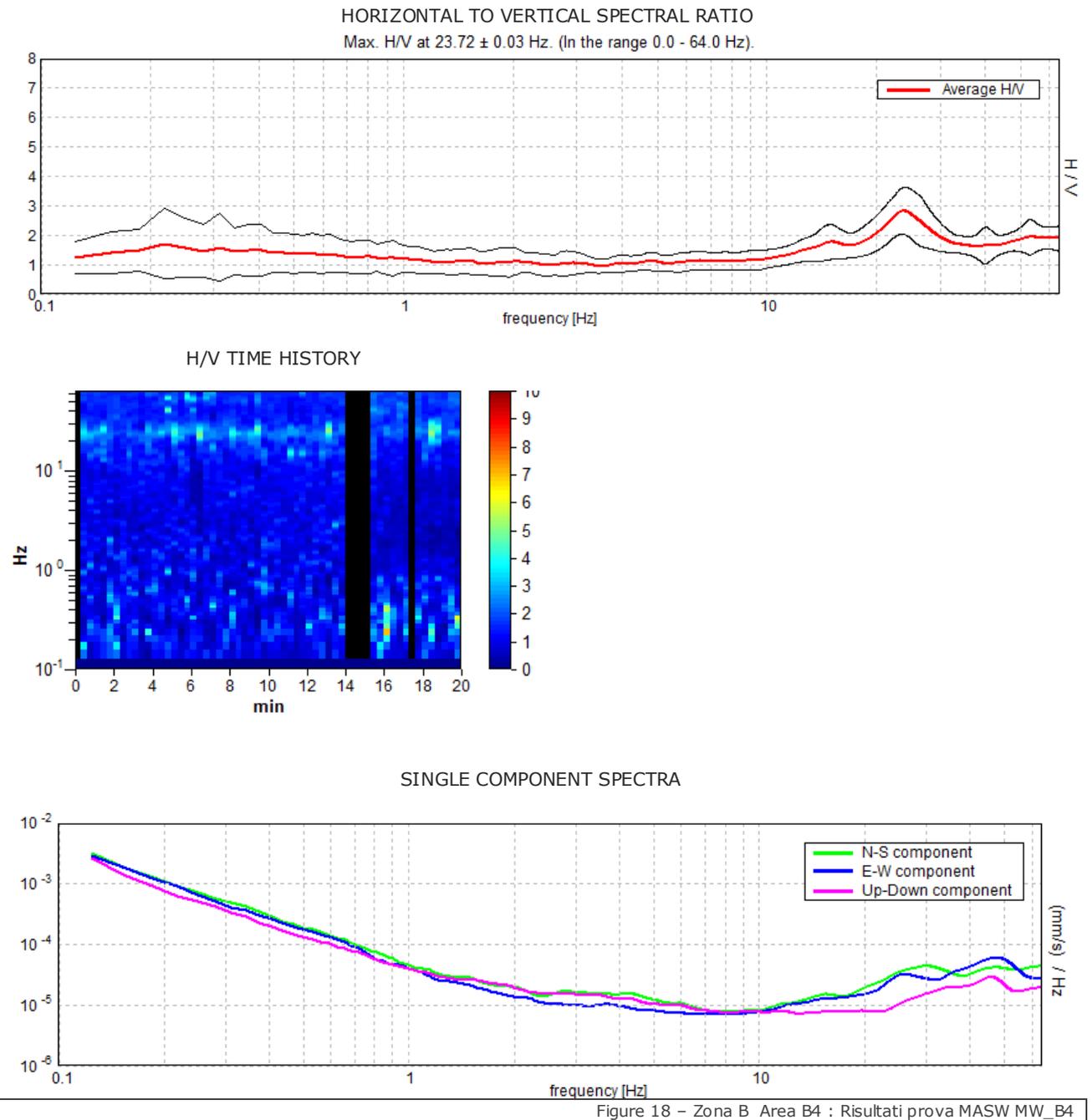
Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%



Max. H/V at 23.72 ± 0.03 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                              |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 23.72 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 25616.3 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1140 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                   |    |    |
|-------------------------------------------------------------|-------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$     | 12.094 Hz         | OK |    |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$      |                   |    | NO |
| $A_0 > 2$                                                   | 2.82 > 2          | OK |    |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.0006  < 0.05$ | OK |    |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.01416 < 1.18594 | OK |    |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.3873 < 1.58     | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

11.7.3 AREA B7 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 3.30 mt  
 Falda 1.3m

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

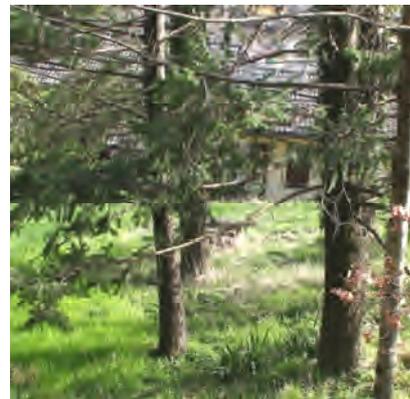


Figura 78 – Zona B Area B7 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                         | 0.17                                                         |
| 0.20           | 3         | 0.855                              | 8.56                                        | 10.02                               | 0.43                                                         | 0.50                                                         |
| 0.30           | 4         | 0.853                              | 11.39                                       | 13.36                               | 0.57                                                         | 0.67                                                         |
| 0.40           | 3         | 0.851                              | 8.52                                        | 10.02                               | 0.43                                                         | 0.50                                                         |
| 0.50           | 4         | 0.849                              | 11.34                                       | 13.36                               | 0.57                                                         | 0.67                                                         |
| 0.60           | 5         | 0.847                              | 14.14                                       | 16.70                               | 0.71                                                         | 0.83                                                         |
| 0.70           | 6         | 0.845                              | 16.93                                       | 20.04                               | 0.85                                                         | 1.00                                                         |
| 0.80           | 8         | 0.843                              | 22.53                                       | 26.72                               | 1.13                                                         | 1.34                                                         |
| 0.90           | 39        | 0.642                              | 79.29                                       | 123.59                              | 3.96                                                         | 6.18                                                         |
| 1.00           | 47        | 0.640                              | 95.29                                       | 148.94                              | 4.76                                                         | 7.45                                                         |
| 1.10           | 48        | 0.638                              | 97.05                                       | 152.11                              | 4.85                                                         | 7.61                                                         |
| 1.20           | 15        | 0.786                              | 37.38                                       | 47.54                               | 1.87                                                         | 2.38                                                         |
| 1.30           | 15        | 0.785                              | 37.29                                       | 47.54                               | 1.86                                                         | 2.38                                                         |
| 1.40           | 14        | 0.783                              | 34.73                                       | 44.37                               | 1.74                                                         | 2.22                                                         |
| 1.50           | 24        | 0.731                              | 55.61                                       | 76.06                               | 2.78                                                         | 3.80                                                         |
| 1.60           | 22        | 0.730                              | 50.86                                       | 69.72                               | 2.54                                                         | 3.49                                                         |
| 1.70           | 13        | 0.778                              | 32.05                                       | 41.20                               | 1.60                                                         | 2.06                                                         |
| 1.80           | 24        | 0.726                              | 55.24                                       | 76.06                               | 2.76                                                         | 3.80                                                         |
| 1.90           | 18        | 0.775                              | 42.05                                       | 54.27                               | 2.10                                                         | 2.71                                                         |
| 2.00           | 14        | 0.773                              | 32.64                                       | 42.21                               | 1.63                                                         | 2.11                                                         |
| 2.10           | 13        | 0.772                              | 30.25                                       | 39.20                               | 1.51                                                         | 1.96                                                         |
| 2.20           | 13        | 0.770                              | 30.19                                       | 39.20                               | 1.51                                                         | 1.96                                                         |
| 2.30           | 14        | 0.769                              | 32.44                                       | 42.21                               | 1.62                                                         | 2.11                                                         |
| 2.40           | 11        | 0.817                              | 27.10                                       | 33.17                               | 1.36                                                         | 1.66                                                         |
| 2.50           | 12        | 0.816                              | 29.51                                       | 36.18                               | 1.48                                                         | 1.81                                                         |
| 2.60           | 12        | 0.814                              | 29.46                                       | 36.18                               | 1.47                                                         | 1.81                                                         |
| 2.70           | 30        | 0.713                              | 64.48                                       | 90.45                               | 3.22                                                         | 4.52                                                         |
| 2.80           | 15        | 0.761                              | 34.44                                       | 45.23                               | 1.72                                                         | 2.26                                                         |
| 2.90           | 13        | 0.760                              | 28.41                                       | 37.38                               | 1.42                                                         | 1.87                                                         |
| 3.00           | 17        | 0.759                              | 37.09                                       | 48.88                               | 1.85                                                         | 2.44                                                         |
| 3.10           | 19        | 0.757                              | 41.37                                       | 54.63                               | 2.07                                                         | 2.73                                                         |
| 3.20           | 30        | 0.706                              | 60.90                                       | 86.26                               | 3.05                                                         | 4.31                                                         |
| 3.30           | 70        | 0.605                              | 121.71                                      | 201.28                              | 6.09                                                         | 10.06                                                        |

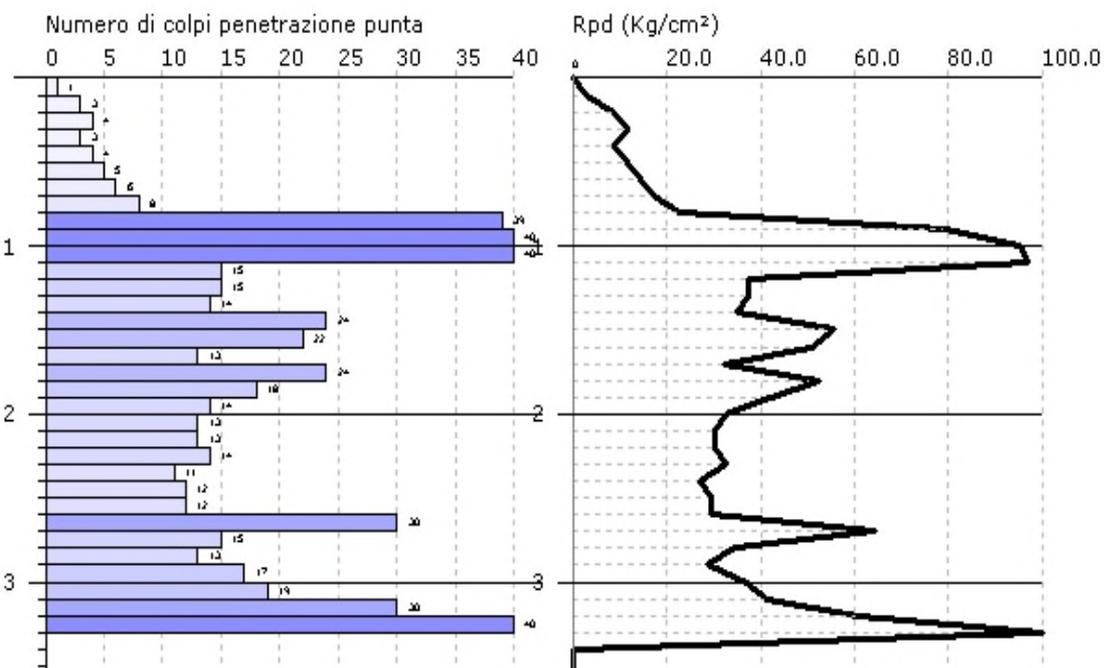
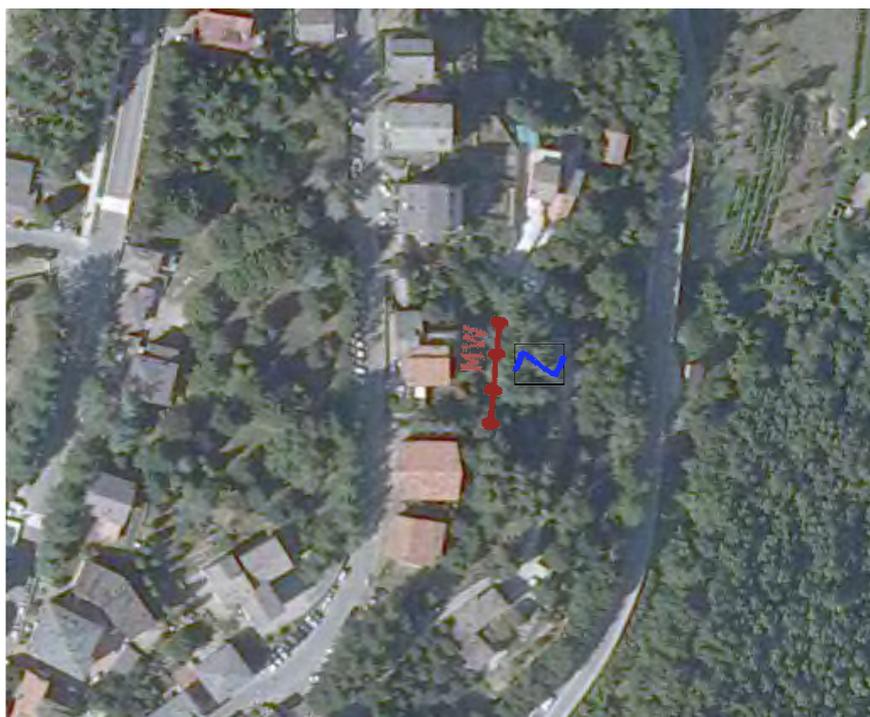


Tabella 20 – Area B7 Prova DL1 Dati

Figura 79 – Area B7 Prova DL1 Grafico

## 11.8 AREA B8 – MASW E MISURA HVSR



MASW 

HVSR 

Figura 80 – AREA B8: UBICAZIONE PROVE E MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_B8 | 24          | 1,0                | 23              | 12            | 35               | <b>572</b>             | <b>B</b>        | 44°12'32,64" | 10°47'49,20"  |

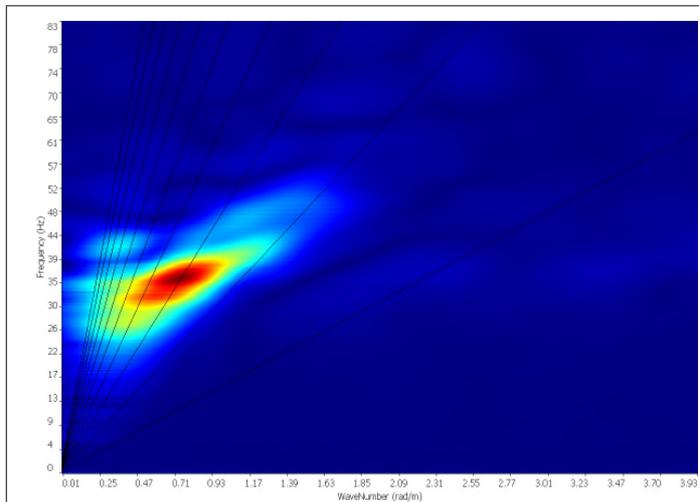
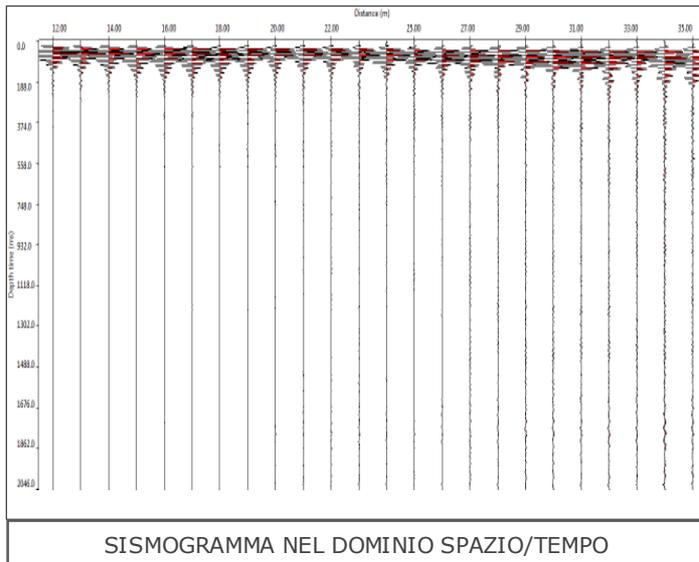


Figura 81 – a SX PIAZZAMENTO MASW MW\_B8



Figura 82 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_B8

### 11.8.1 AREA B8 – RISULTATI INDAGINE MASW



SPETTRO FK - RAPPRESENTAZIONE DEL SISMOGRAMMA NEL DOMINIO NUMERO D'ONDA-FREQUENZA

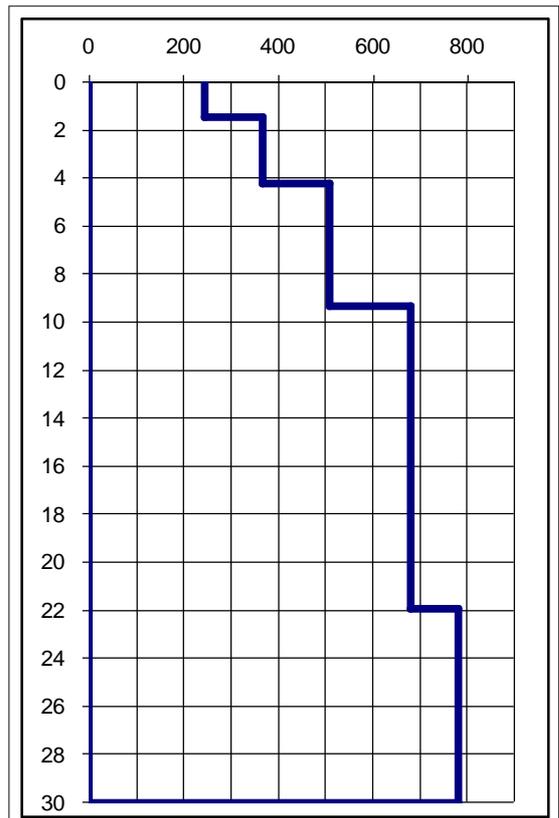
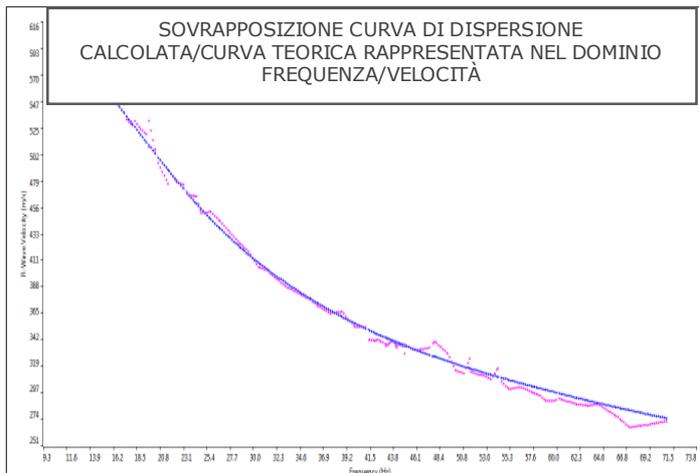


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs

**Risultati Elaborazione MW\_B8**

| Strato  | profondità |       | Spessore M | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|------------|------------|
|         | da         | a     |            |            |
| Strato1 | 0,0        | 1.48  | 1.48       | <b>244</b> |
| Strato2 | 1.48       | 4.22  | 2.74       | <b>367</b> |
| Strato3 | 4.22       | 9.34  | 5.12       | <b>508</b> |
| Strato4 | 9.34       | 21.95 | 12.61      | <b>680</b> |
| Strato5 | 21.95      | 30.00 | 8.05       | <b>780</b> |
|         |            |       |            |            |
|         |            |       |            |            |

**Vs<sub>30</sub> = 572 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 19 – Zona B Area B8 : Risultati prova MASW MW\_B8

### 11.8.2 AREA B8 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 02/04/14 08:59:34 End recording: 02/04/14 09:19:35

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

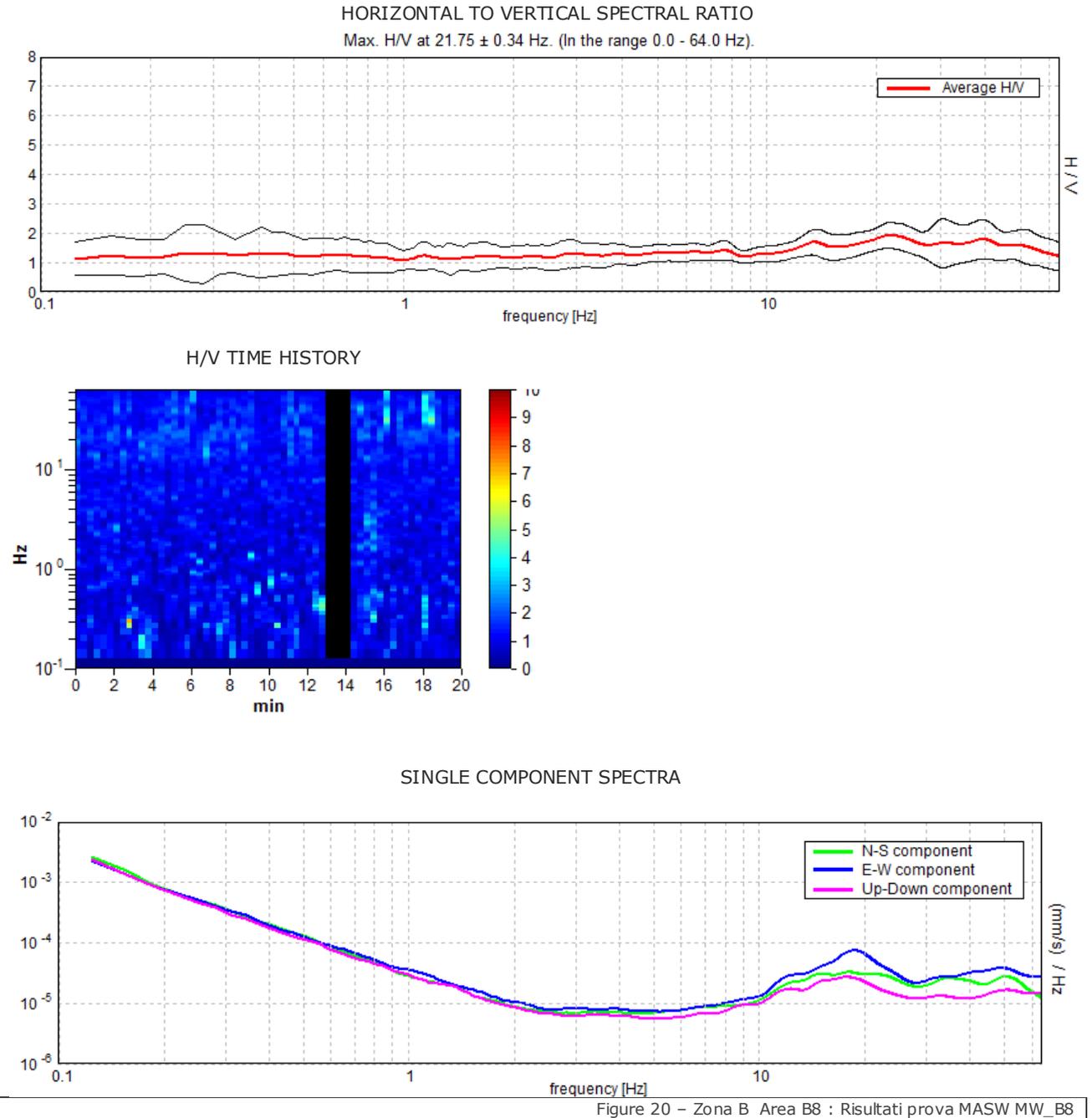
Trace length: 0h20'00". Analyzed 93% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%



Max. H/V at 21.75 ± 0.34 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                              |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 21.75 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 24360.0 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1045 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                              |                   |    |    |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$      |                   |    | NO |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$       |                   |    | NO |
| $A_0 > 2$                                                    | 1.92 > 2          |    | NO |
| $f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.0078  < 0.05$ | OK |    |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                | 0.1696 < 1.0875   | OK |    |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                | 0.2203 < 1.58     | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce 1) definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce 2) dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

12.1 ZONA B - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

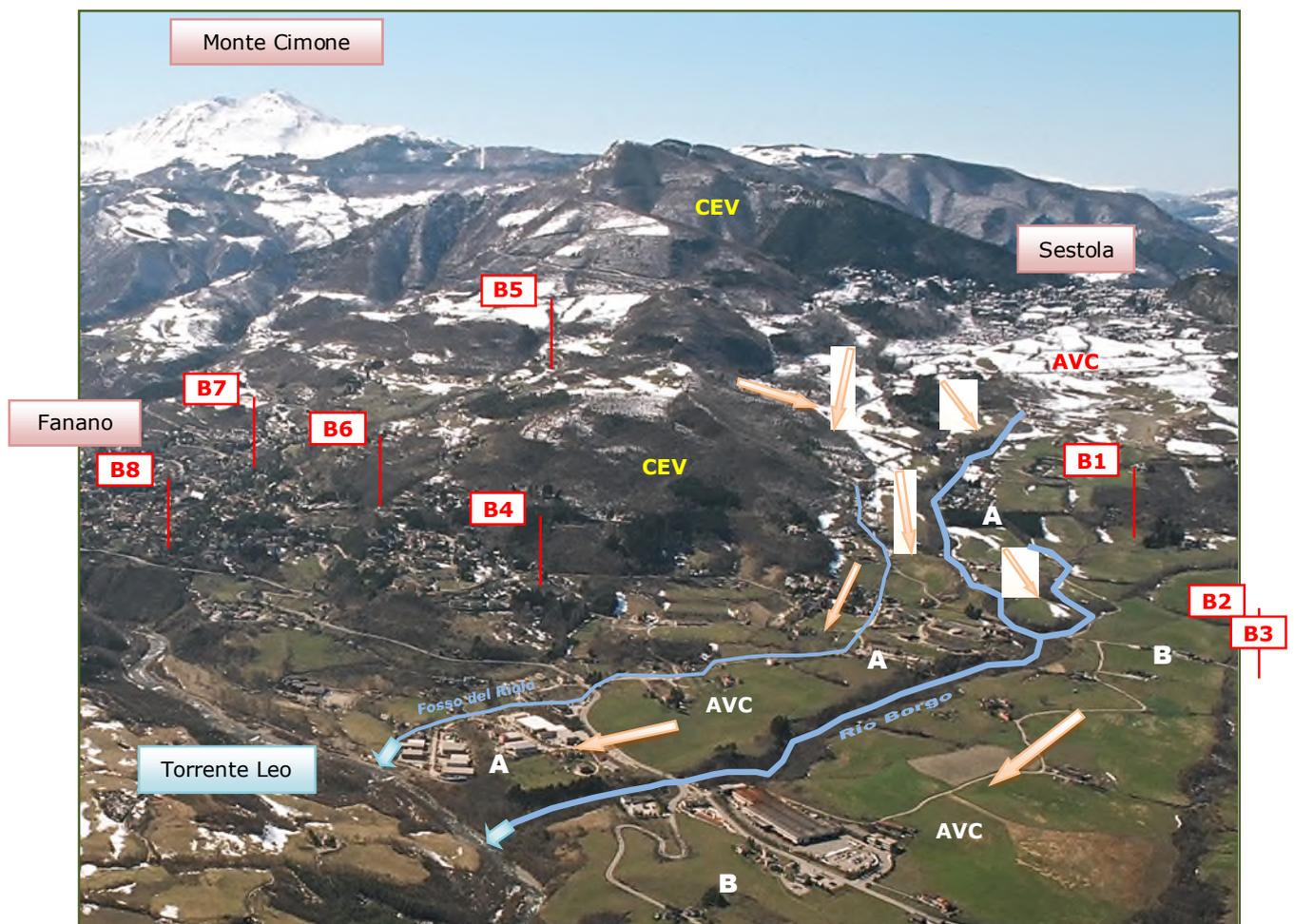


Figura 83 - Veduta aerea da est : fascia di contatto fra la Successione del Cervarola (CEV) e l'Unità argilloso - calcarea (AVC)  
A e B = coltri gravitative

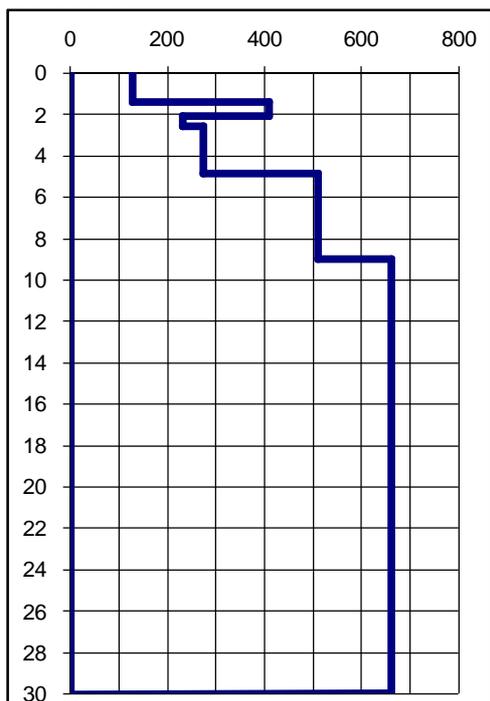
L'immagine definisce (Aree B2 e B3 esterne) una particolare di contesto significativa in cui le aree in analisi vengono contestualizzate rispetto alle strutture geologiche determinanti l'assetto del territorio. In arancione le frecce che definiscono l'orientamento dei principali processi gravitativi che segnano il versante settentrionale. L'estensione della zona induce ora a produrre dettagli sulle singole aree.

### 12.1.1 AREA B1



Figura 84 – Zona B Area B1 : Panoramiche

L'area B1 (685msm) è impostata in prossimità della fascia di contatto fra le Marne di Marmoreto (MMA a monte) e le Argille Variegate con calcari. Il diagramma di resistenza della prova penetrometrica, combinato con l'istogramma di rigidità della prova MASW fanno propendere per la presenza della marne in facies eluviale di prima alterazione in sito fra i 2 e i 5m. Fra i 5 e i 9m un secondo strato di alterazione più consistente ( $V_s = 510\text{m/s}$ ) ed oltre il bed-rock.



La velocità  $V_s$  registrata per quest'ultimo (660m/s) confrontata con le misura analoghe dell'intorno con substrato argilloso segnala una maggior rigidità della base.

L'assetto della roccia marnosa evidenzia direzioni intorno a N-S e immersioni ad est, cioè in leggero frana poggio con pendenze superiori al pendio.

Strutturalmente l'area appartiene al terminale emergente di valle della dorsale Pradole – Serraventata – Cerragneto che si pone come elemento residuale in posto degli importanti processi gravitativi che hanno caratterizzato tutto il versante fino al Torrente Leo.

Figura 85 – Area B1 : Stratigrafia delle  $V_s$

Una descrizione di alcuni eventi importanti si rinvia nell'opera "Studi geografici sulle frane in Italia", pubblicata da Roberto Almagià nel 1907:

*"...Più a valle, sulla sinistra del torrente [Leo], un altro grande scoscendimento si iniziò il 12 aprile 1590 poco*

*sotto Sestola e scendendo giù per lungo tratto fino al Leo, distrusse quasi interamente il villaggio di Lotta, diroccando la chiesa e 104 edifici, con strage grandissima di uomini e di animali; il torrente anche questa volta formò un lago temporaneo, il quale sembra fosse causa, in seguito, di miasmi e febbri; la strada provinciale Sestola – Fanano, è ancor oggi qui spesso danneggiata da movimenti di terreno..."* Tale riferimento all'evento è derivato dai testi di V. Santi, che, nell'opera "Le frane dell'Appennino modenese", riporta così l'evento:

"...Molto funesto per causa di frane fu pure l'anno 1590. << Ai 12 di aprile cominciò poco lungi da Sestola a manifestarsi una rovina, la quale atterrando la casa di Santo del Basine e poi allagando i terreni di Francesco Ciardi, marcìò alla Serra di Sasso Pagano all'Opio, e giunse a Lotta dove distrusse la chiesa, il campanile, e gli edifici nel numero di centoquattro, e finì nel Leo recandovi acque torbide, e in tanta copia, che ne formò un ampio lago, con strage grandissima di uomini e di animali >>. Questa frana ebbe anche conseguenze dannose per la salute di quelli abitanti. Infatti gio. Antonio Pocaterri, governatore di Sestola, il 21



settembre del 1590 riferiva al duca di Ferrara << ...da alcuni giorni in qua si sono ammalate più persone che non eran prima, massimamente nella villa di Lotta dove la alluvione et salamento di questa terra si sgorgò, e dove fece quel rivolgimento di terreno certoso (sic) ch'io già le scrissi, essendo anco restate in qualche luogo della ruina molte acque guaste che non si possono levare senza gran spesa rispetto alla povertà de' confinanti>>..."

Figura 86 – Affioramento Marne di Marmoreto subito a monte di B1

Le pendici identificate come frane quiescenti sono per lo più caratterizzate da insediamenti agricoli dedicati all'allevamento dei bovini da latte e dalle relative coltivazioni a foraggio. Lo stato di manutenzione dei pendii risulta, nonostante la dismissione della stalla più importante, buono.

Al piede dei due principali corpi di frana identificati in precedenza, in prossimità dell'alveo del Torrente Leo, sono state insediate aree produttive di tipo artigianale e industriale, a partire dagli anni '80 che non presentano elementi di instabilità, se si fa eccezione per l'edificio collegato al distributore di carburanti in fregio e in sinistra al Fosso Borgo.

Non si rilevano impatti negativi di rilievo di pertinenza delle aree di studio, attribuibili ad attività antropiche.

Le risultanze delle "Attività di studio integrato relativo a fenomeni franosi ricadenti nelle Province di Modena e Reggio Emilia, finalizzato al miglioramento della Cartografia Regionale dei Dissesti alla scala 1:10.000" pubblicate nel maggio 2007, riguardanti anche il versante Sestola-Lotta-Torrente Leo, costituiscono un momento di sintesi importante per l'interpretazione dei processi morfogenetici, avvenuti anche in tempi storici. E' da auspicare a questo punto, per ricostruire le geometrie e i volumi dei depositi olocenici, l'assemblaggio e l'analisi dei numerosi dati di sondaggi e prospezioni che nel lavoro citato non sono stati ripresi. Sarebbe poi bene procedere con studi sedimentologici volti alla ricostruzione cronologica degli eventi principali.

Tra i due corpi di frana delineati a est (A) e ad ovest (B) del Rio Borgo che li divide in modo netto, si può senz'altro stabilire una differenza importante riguardante il tipo di alimentazione e dunque la litologia e la consolidazione. Il complesso gravitativo A, posto sull'allineamento Casa Ricò - Lotta - Case Cella - terrazzo del Torrente Leo, ha mostrato in successivi affioramenti prodotti da scavi anche rilevanti e osservati dallo scrivente, numerosi ed enormi (anche 10mc) blocchi di bellissime arenarie grigie a grana media (Cervarola o Modino?) tanto che a memoria si ricordano almeno due cave attive che rifornivano materiale anche in esterno.

Tuttora l'attività prosegue in una di queste, quale integrazione di reddito agricolo. La frana B (linea Poggioraso - Cà Lama - Possessione - Ponte Leo) ha invece alimentazione e substrato francamente argillosi, con presenza prevalente di marne e calcari. I due riscontri riflettono bene le formazioni di testata del versante. Ovviamente i disfacimenti progressivi ci lasciano matrici prevalenti limo-sabbiose in A, con importante componente ghiaiosa e limo-argillose in B. Ciò si traduce, a parità di condizioni, in consolidazioni più rapide per il tipo A.

La seconda, rilevante differenza fra A e B riguarda il rapporto del piede con l'attuale situazione erosiva del Torrente Leo. La scarpata del piede A (alta 20m circa) si adagia su uno dei terrazzi più recenti del fiume, sul quale è insediato comparto artigianale. Dunque da tempo è protetta dall'erosione fluviale e mostra un buono stato di consolidazione, con pendenza dell'80% circa ed edifici in sommità e al piede senza problemi. In B invece, il largo fronte di 800m è soggetto in buona parte all'azione del torrente, in particolare in corrispondenza dell'ansa di deviazione provocata dalla stessa frana allo sbocco del Rio Borgo. Questo comporta un'attività molto più ampia rispetto a quella segnalata dallo Studio di riferimento, con un'80% del fronte da considerarsi in lento movimento.

Infine le forme. Il corpo A presenta forme superficiali più irregolari e meno rimodellate del corpo B che invece mostra forme più intensamente rimodellate da processi superficiali.

La stabilizzazione dei corpi B è poi testimoniata da un lato dal buono stato degli 87 edifici posizionati sulla loro superficie (solo sull'area cartografata in scala 1:5000) e dall'altro dalle risultanze delle indagini geognostiche sopra descritte. Il complesso gravitativo A mostra infine di possedere, a valle del forte restringimento di Lotta, un buon grado di drenaggio delle acque dovuto sia alla profondità raggiunta dalle incisioni laterali ed in particolare del Rio Borgo, e sia al fatto che sin da epoca remota il piede dell'accumulo ha sormontato lo spesso terrazzo alluvionale sottostante che sta alla base del versante.

L'analisi geomorfologica e dell'edificato conferma l'assenza di processi gravitativi in atto e l'idoneità dell'area ad accogliere la previsione di insediamento residenziale.

Per quanto riguarda la borgata di Ville di Sopra, impostata sull'orlo della ripida scarpata prospiciente l'area in analisi, è da tempo abbandonata e vetusta e solo l'importante edificio al limite meridionale mostra segni di deformazioni con orientamenti a sud dovuti a cedimenti del terreno/struttura in quel settore, ai bordi del corpo di frana quiescente. Ad un'analisi esterna grossolana non si evidenziano componenti deformative longitudinali al pendio ed è possibile ipotizzare che il corpo del fabbricato sconti cedimenti differenziali per fondazioni poste su due sedimi diversamente consistenti.

Si consigliano i seguenti approfondimenti : Sondaggio con escavatore e verifiche di stabilità dei fronti di scavo una volta individuato il corpo di edificio.

Si prescrive comunque l'ottenimento preliminare a progetto del bilanciamento fra detensionamento per asportazione terreno e insediamento carico struttura.

### 12.1.1.2 AREA B2

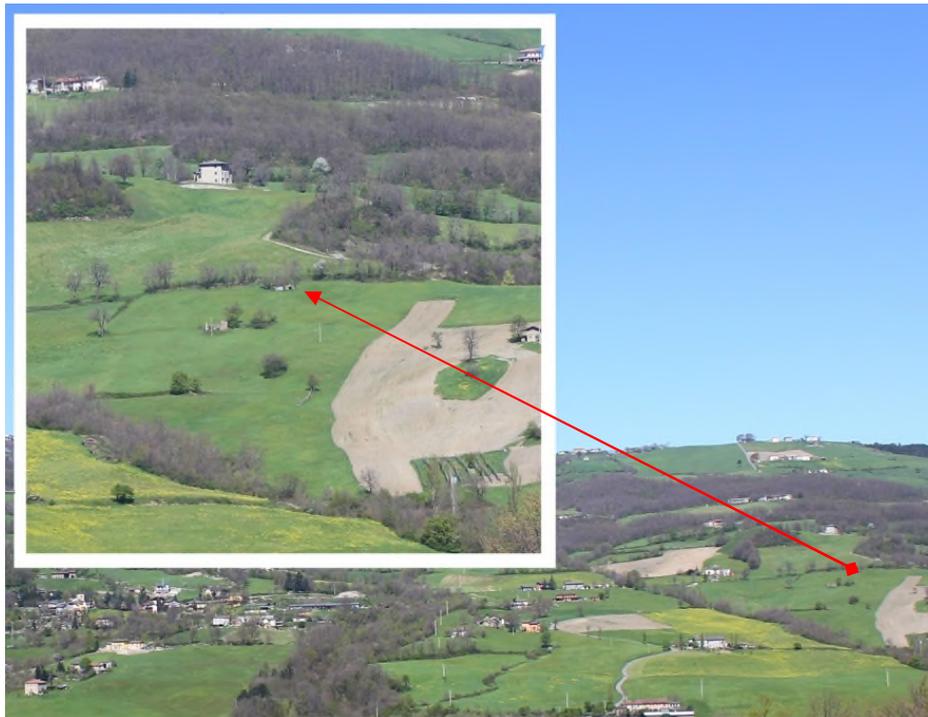
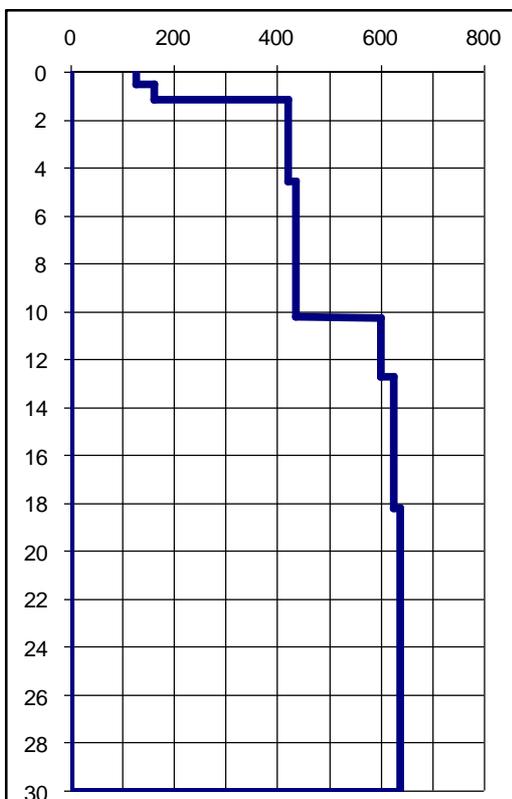


Figura 87 – Zona B Area B2 : Panoramiche

E' posta a 625msm in testata di pendice regolare e di bassa acclività, impostata direttamente sulla formazione argillosa AVC in facies eluviale di alterazione in sito per uno spessore da 1.2 a 10m ( $V_s = 421 \div 436 \text{m/s}$ ).



Non si rilevano processi erosivi potenziali o in atto. L'area è idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Figura 88 – Area B2 : stratigrafia delle  $V_s$

### 12.1.3 AREA B3



Figura 89 – Zona B Area B3 : Panoramiche

E' posta a 602msm in asse di dorsale, impostata direttamente sulla formazione argillosa AVC in facies eluviale di alterazione in sito per uno spessore di 13m ( $V_s = 331 \div 452 \text{m/s}$ ).

Non si rilevano processi di erosione potenziale o in atto.

L'area, già edificata all'intorno, è idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

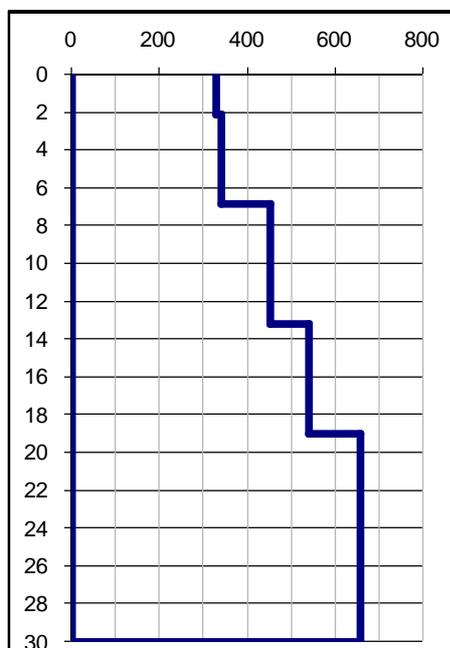


Figura 90 – Area B3 : stratigrafia delle Vs

12.1.4 AREA B4



Figura 91 – Zona B Area B4 :  
Panoramiche

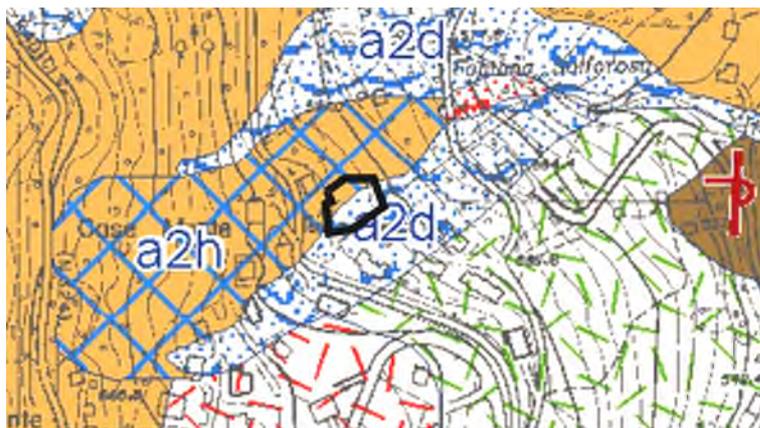


Figura 92 – Estratto Carta Geologica ER con  
revisione 30/08/2007

La Carta Geologica assunta a riferimento per il presente studio ha introdotto nell'agosto 2007 una diversa interpretazione dei processi morfogenetici del versante. In particolare la fascia subito a valle della SS324 (Case Monte) fino a Fontana Solfiorosa viene definita come uno scivolamento in blocco di

CEV2 ripreso da due fenomeni per colamento lento ai fianchi che chiudono a valle di Fontana

Solfiorosa. Ciò mi ha indotto ad un approfondimento in merito alle conoscenze acquisite in 30 anni di attività sul luogo. Certamente tutto il versante è caratterizzato da strutture distensive che qui hanno piede nell'affioramento di flysch riportato nella carta di figura 93. Dunque l'accumulo di materiali di disfacimento era noto. Una nuova ricognizione sull'edificato (14 edifici) coinvolto nei depositi "quiescenti" ha permesso di verificare che anche i fabbricati più datati (oltre 40 anni) non mostrano qui segni di passate deformazioni.

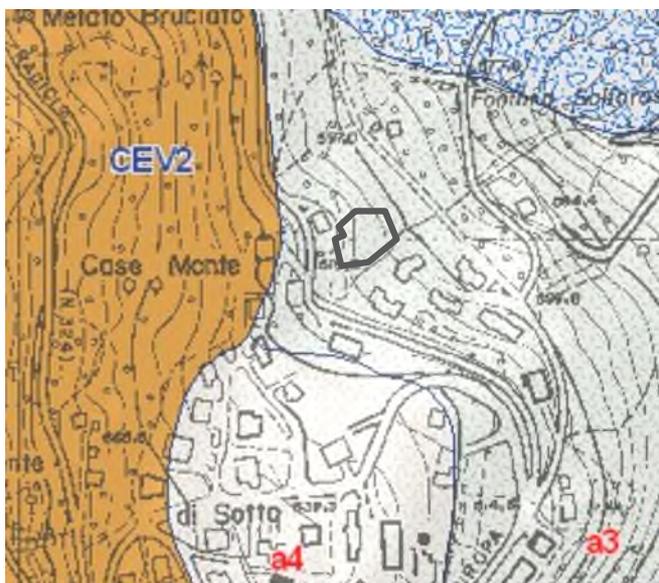


Figura 93 - Estratto Carta Geologica ER maggio 2007

Solamente un edificio del Villaggio Magnanini ha mostrato quest'anno lesioni imputabili ad assenza di armatura nel corpo di base e sedime corrispondente in parte a materiale di riporto.

Il limite sud del colamento lento quiescente identificato interseca 4 corpi di fabbrica che non portano segni. Per quanto riguarda la massa dislocata non ho riscontrato corrispondenti volumi "mancanti" a monte e le pendici pur accidentate mostrano continuità di allineamento morfologico sia a nord che a sud. La "colata" meridionale è stata cartografata in zona completamente rimodellata dall'insediamento antropico e si fatica a riprenderne il filo.

Per queste ragioni ritengo di confermare l'interpretazione cartografica definita fino al maggio 2007.

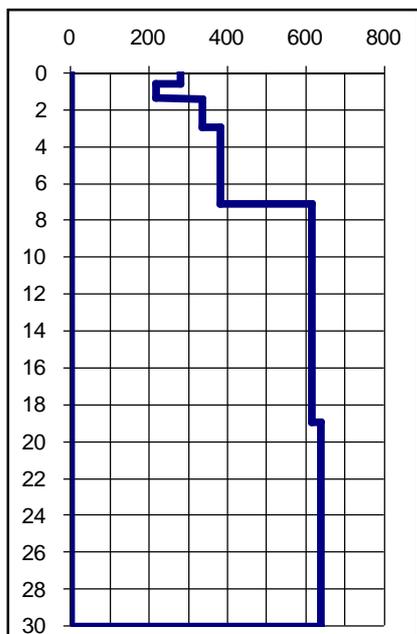


Figura 94 - Area B4 : stratigrafia delle Vs

La prova MASW, eseguita subito a nord dell'area in analisi, evidenzia una coltre di detriti fino a 7m con  $V_s = 336 \div 380 \text{ m/s}$  e dunque in buono stato di addensamento. Si propende per una loro collocazione morfogenetica "depositi di versante sl". Il limite inferiore di questo spessore corrisponde ad un netto gradino di rigidità da attribuire alla presenza del substrato con  $V_s = 615 \div 638 \text{ m/s}$

Ritengo che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Si consigliano i seguenti approfondimenti : verifiche di stabilità dei fronti di scavo una volta individuato il corpo di edificio.

Si prescrive comunque l'ottenimento preliminare a progetto

del bilanciamento fra detensionamento per asportazione terreno e insediamento carico della struttura. E' inoltre necessario procedere a verificare la funzionalità della tubazione del fosso al margine sud.

### 12.1.5 AREA B5



Figura 95 – Zona B Area B5 : Panoramiche

L'area si trova in ampia e dolce vallecicola interna ai contrafforti del flysch. A differenza di quanto riportato sulla Carta Geologica, l'area (863msm) si pone su coltre detritica di disfacimento della formazione del Cervarola con un primo spessore poco consolidato di 3m circa, seguito da uno strato più consistente con  $V_s = 375\text{m/s}$  fino a 8.4m. Oltre, lo spessore alterato di flysch fino a 20m con  $V_s = 509\div 554\text{m/s}$  Infine il bed rock con  $V_s = 720\text{m/s}$

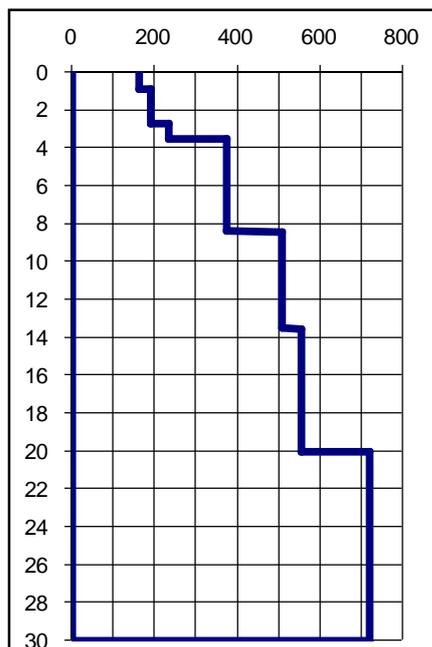


Figura 96 – Area B5 : stratigrafia delle Vs

E' stata rilevata falda libera a 2.2m

Le pendici sono in buono stato di manutenzione e l'edificato all'intorno non mostra problematiche particolari.

Ritengo che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Approfondimenti consigliati : Sondaggio con escavatore fino a 5m

Prescrizioni : drenaggio in asse alla vallecicola (fossetto esistente) profondo 3.5m

12.1.6 AREA B6



Figura 97 – Zona B Area B6 :  
Panoramiche

L’inserimento dell’area (685msm) è finalizzato all’ampliamento delle pertinenze esistenti. La zona si colloca sul fronte di affioramento della Formazione delle Arenarie di M.Cervarola. Il flysch arenaceo-pelitico è costituito da alternanze di arenaria con marne siltose grigie e siltiti. Nell’area prevale la facies marnosa.

La stratificazione, ben evidente nell’affioramento

del Cinghio, presenta direzioni NS ed immersioni ad est comprese fra i 30° e i 55°, evidenziando una giacitura a franapoggio con inclinazioni superiori o uguali a quelle delle pendici.

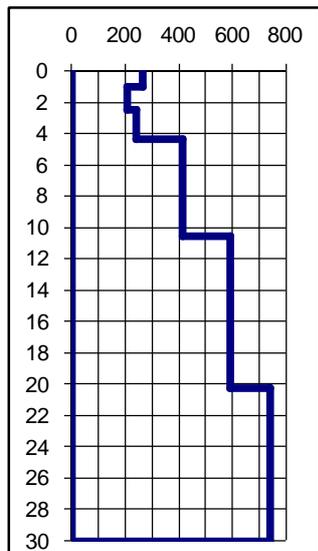


Figura 98 – Area B6 : stratigrafia delle Vs

La prova MASW è stata effettuata, per ragioni pratiche, più a valle dove compare la facies detritica e dunque è rappresentativa per le velocità del bed-rock e per la determinazione cautelativa della microzonazione sismica.



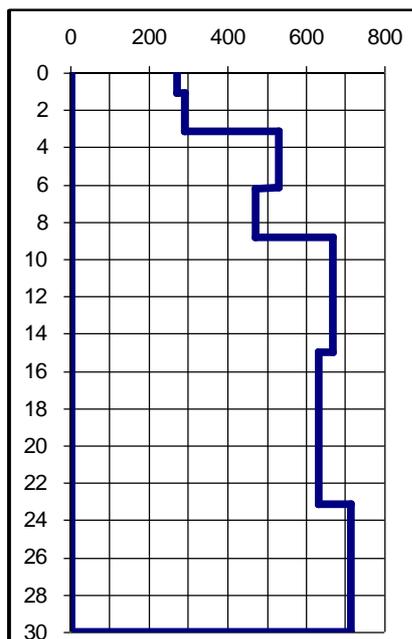
Figura 99 – Scavo recente in corrispondenza di B6

Ritengo che l’area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica. Approfondimenti consigliati : Verifica dei sistemi di litoclasti in rapporto alle strutture da insediare.

### 12.1.7 AREA B7



Figura 100 – Zona B Area B7 : Panoramiche



L'area (690msm) si pone nella fascia di versante di monte dell'abitato di Fanano, in sinistra del Fosso Cirio. La pendice è caratterizzata da elevata acclività (19°). La stratigrafia Vs e la prova DL evidenziano un primo spessore detritico di 3m mediamente consistente a cui fa seguito uno strato eluviale di alterazione in sito del flysch fino a 8.8m (Vs=472÷529m/s) e a seguire il bed-rock (631÷713m/s). Lo stesso risulta stratificato con direzioni N-S ed immersioni ad est.

Figura 101 – Area B7 : stratigrafia delle Vs

L'analisi dell'edificato nell'intorno non ha evidenziato particolari problematiche e non si registrano processi di erosione potenziali o in atto. Ritengo quindi che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Approfondimenti consigliati : Sondaggio con escavatore per verifica giaciture manto eluviale.

Prescrizioni : Non gravare con carichi derivanti da masse aggiunte e dunque ricercare l'equilibrio fra asportazione terreno e carichi portati dalle nuove strutture.

12.1.8 AREA B8



Figura 102 – Zona B Area B8 : Panoramiche

L'area (605msm) si pone sul bordo di passaggio fra le dolci forme del settore nord del centro urbano di Fanano e la ripida scarpata rocciosa che degrada al Torrente Leo. Qui il Flysch di Cervarola si presenta con stratificazione regolare (direzioni N-S ed immersioni ad est) in assetto a reggipoggio con inclinazioni superiori a quelle del pendio.

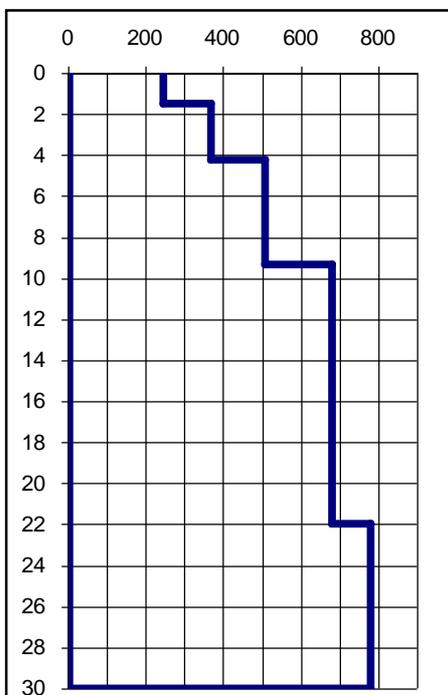


Figura 103 – Area B8 : stratigrafia delle Vs

La stratigrafia Vs evidenzia un primo spessore di suolo di 1.5m mediamente consistente a cui fanno seguito : uno strato di detriti fino a 4m ( $V_s=367\text{m/s}$ ) e strati progressivi eluviali di alterazione in sito del flysch fino a 9.3m ( $V_s=508\text{m/s}$ ). A seguire il bed-rock ( $680\div 780\text{m/s}$ ).

L'analisi dell'edificato nell'intorno non ha evidenziato particolari problematiche e non si registrano processi di erosione potenziali o in atto. Ritengo quindi che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Approfondimenti consigliati : Sondaggio con escavatore per verifica giaciture manto eluviale.

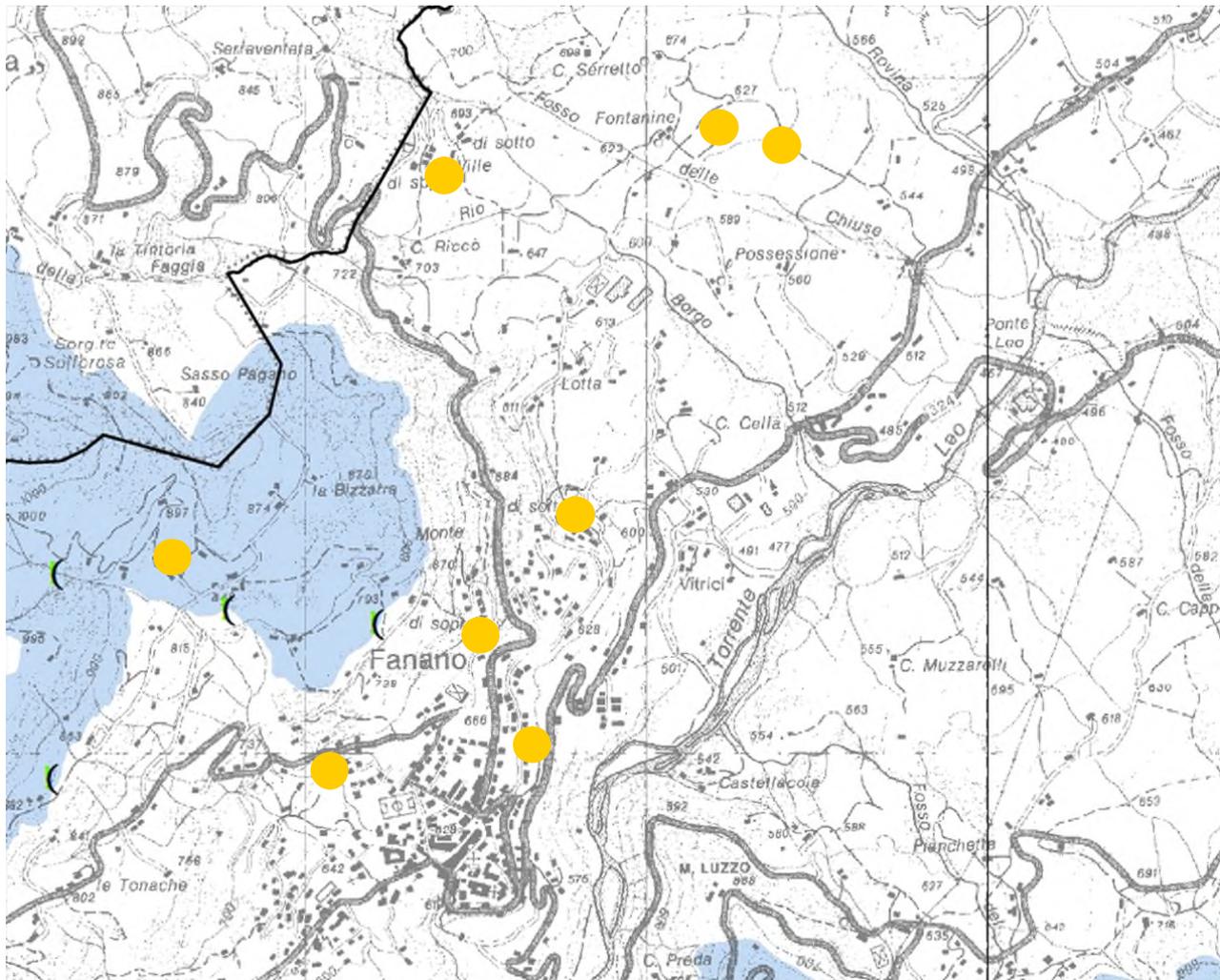


Figura 104 – PTCP 2009 – ESTRATTO CARTA RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

| Zone di protezione delle acque sotterranee nel territorio collinare montano         |                                                                                                          |          |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| (                                                                                   | Sorgente captata ad uso idropotabile "SP"                                                                | Art. 12B |
| (                                                                                   | Sorgente di interesse "AS"                                                                               |          |
|                                                                                     | Aree di possibile alimentazione delle sorgenti                                                           |          |
| Zone di protezione delle acque superficiali                                         |                                                                                                          |          |
| ?                                                                                   | Opera di captazione in corpo idrico superficiale                                                         | Art. 12C |
|  | Zona di protezione - bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione                                   |          |
|  | Zona di protezione - porzione di bacino imbrifero a monte dell'opera di captazione (10 Km <sup>2</sup> ) |          |

Non si registrano interferenze negative fra le previsioni urbanistiche, la rete idrografica superficiale e gli acquiferi destinati al consumo umano.

## 12.2 ZONA B - PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA PRELIMINARE

Sulla base delle prove effettuate direttamente e delle casistiche locali già verificate in opera, si fornisce un quadro preliminare dei valori caratteristici dello spessore superficiale (interessato dalle opere) dei terreni.

| AREA      | Località        | Prof. m | Vs m/sec | SPT  | $\phi'$ ° | Cu kN/m <sup>2</sup> | $\gamma$ kN/mc |
|-----------|-----------------|---------|----------|------|-----------|----------------------|----------------|
| <b>B1</b> | Ville di sopra  | 1.5÷4   | 288      | 8    | 26        | 57                   | 20             |
| <b>B2</b> | Fontanine       | 1÷3.5   | 421      | 12   | 23        | 82                   | 21             |
| <b>B3</b> | Cucchi          | 0.5÷3   | 331      | 12.8 | 24        | 87                   | 21             |
| <b>B4</b> | Via del Merlo   | 1.4÷3.5 | 284      | 13.6 | 29        | 90                   | 21             |
| <b>B5</b> | Metatone        | 1.1÷5   | 192      | 5÷12 | 24÷28     | 40÷90                | 20             |
| <b>B6</b> | Monte di Sopra  | 2       | 265      |      | 34        |                      | 24             |
| <b>B7</b> | Campo del Lungo | 0.4÷3   | 289      | 19   | 30        | 130                  | 22             |
| <b>B8</b> | Viale Europa    | 0÷4     | 312      |      | 30        |                      | 22             |

Tabella 21 – Parametri geotecnici caratteristici preliminari

## 12.3 ZONA B - MICROZONAZIONE SISMICA

Le Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008, sono state emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n. 380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.. Esse raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

Detta normativa prevede la definizione delle categorie di sottosuolo secondo la seguente tabella:

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

### 12.3.1 EFFETTI DI SITO

Escludendo effetti locali per instabilità generale, liquefazione e cedimenti, si passa a valutare l'amplificazione determinata dalle caratteristiche litologiche e topografiche.

La misurazione delle  $V_{S30}$  porta ai seguenti valori e conseguenti tipi di sottosuolo ai quali si aggiunge la categoria topografica determinata attraverso la misura della pendenza della fascia di versante, espressa in gradi:

| AREA | Località        | $V_{S30}$<br>m/sec | Tipo<br>Suolo | Pendio<br>° | Cat.<br>Topog. |     |
|------|-----------------|--------------------|---------------|-------------|----------------|-----|
| B1   | Ville di sopra  | 478                | B             | 18          | T2             | ALT |
| B2   | Fontanine       | 495                | B             | 11          | T1             | AL  |
| B3   | Cucchi          | 486                | B             | 16          | T2             | AL  |
| B4   | Via del Merlo   | 518                | B             | 12          | T1             | AL  |
| B5   | Metatone        | 446                | B             | 10          | T1             | AL  |
| B6   | Monte di Sopra  | 475                | B             | 24          | T2             | AT  |
| B7   | Campo del Lungo | 553                | B             | 19          | T2             | AT  |
| B8   | Viale Europa    | 572                | B             | 23          | T2             | AT  |

**ALT** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche

**AL** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

**AT** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche

Tabella 22 – Dati per il calcolo dei fattori di amplificazione

Nella tabelle alle pagine che seguono si riportano i dati completi per quanto concerne la valutazione dei parametri sismici delle 8 aree, secondo il D.M.14/01/08 e secondo la Delibera n. 112/07 della RER.

### 12.3.2 AREA B1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2262300[°] Longitudine (WGS84): 10.7945600[°]

Latitudine (ED50): 44.2271800[°] Longitudine (ED50): 10.7955600[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

**Punto d'indagine**

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.478     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.075     | 2.455     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.177     | 2.467     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.222     | 2.475     | 0.303      |

### 12.3.3 AREA B1 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

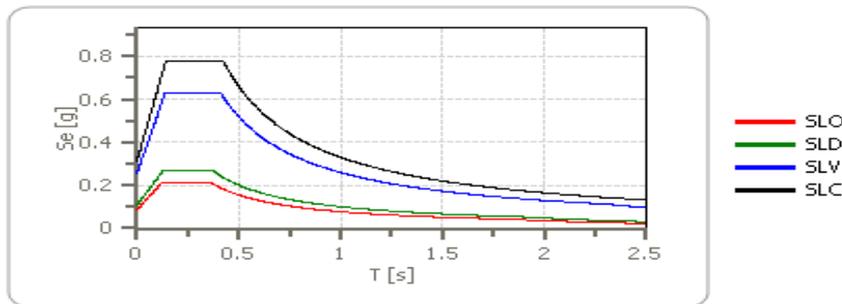
**T2:** Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.017 | 0.022 | 0.061 | 0.088 |
| kv                       | 0.009 | 0.011 | 0.031 | 0.044 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.838 | 1.060 | 2.495 | 3.077 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

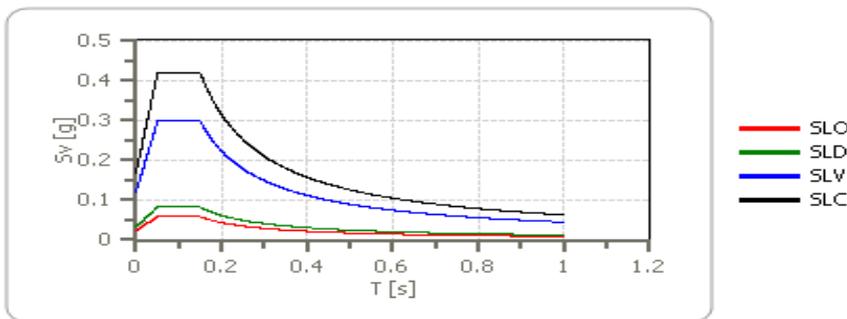
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 105 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.478  | 0.251   | 1.200  | 1.450  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.837  | 0.085     | 0.212      |
| SLD | 1.0 | 0.075  | 2.455  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.126  | 0.378  | 1.900  | 0.108     | 0.265      |
| SLV | 1.0 | 0.177  | 2.467  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.137  | 0.412  | 2.307  | 0.254     | 0.628      |
| SLC | 1.0 | 0.222  | 2.475  | 0.303   | 1.180  | 1.400  | 1.200  | 1.416 | 1.000      | 0.141  | 0.424  | 2.486  | 0.314     | 0.777      |

Figura 106 – SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.478  | 0.251   | 1      | 1.450  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.023     | 0.058      |
| SLD | 1.0 | 0.075  | 2.455  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.033     | 0.082      |
| SLV | 1.0 | 0.177  | 2.467  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.120     | 0.297      |
| SLC | 1.0 | 0.222  | 2.475  | 0.303   | 1      | 1.400  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.169     | 0.418      |

12.3.4 AREA B1 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{S30} < 800\text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock sismico → **H = 9m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura → **V<sub>S<sub>H</sub></sub>**

—  $V_{S_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso **V<sub>S<sub>H</sub></sub>** =  $9 / [(1.40/129) + (0.67/410) + (0.49/233) + (1.68/274) + (4.73/510)] = 300\text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20             | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25             | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30             | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35             | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40             | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1\text{s} < T_0 < 0.5\text{s}$

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20             | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25             | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30             | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35             | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40             | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5\text{s} < T_0 < 1.0\text{s}$

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20             | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25             | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30             | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35             | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40             | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.5 AREA B1 – MICROZONAZIONE SISMICA

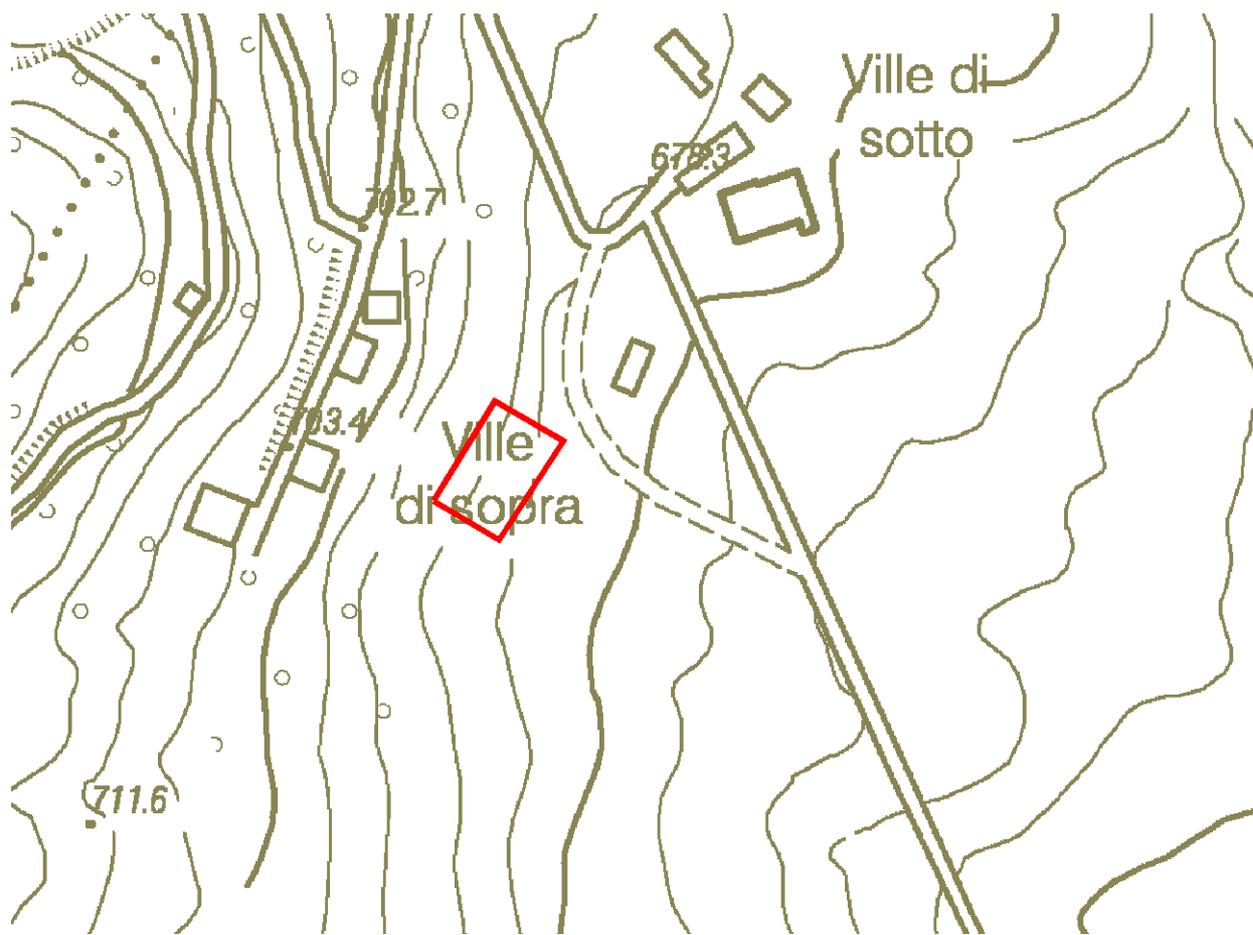


Figura 107 - AREA B1 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                      | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 9 m                                    |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 300 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 9 m                                    |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 661 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 478 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1.2                                    |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.8                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.7                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.387</b>                           |
|                                                                                                        |                                        |

Tabella 23 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.6 AREA B2 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]

Classe d'uso: II

Coefficiente d'uso (Cu): 1

Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2272100[°] Longitudine (WGS84): 10.8049100[°]

Latitudine (ED50): 44.2281600[°] Longitudine (ED50): 10.8059100[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

**Punto d'indagine**

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.479     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.075     | 2.457     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.175     | 2.477     | 0.293      |
| SLC          | 975          | 0.220     | 2.483     | 0.303      |

### 12.3.7 AREA B2 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

#### Categoria sottosuolo:

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

#### Categoria topografica:

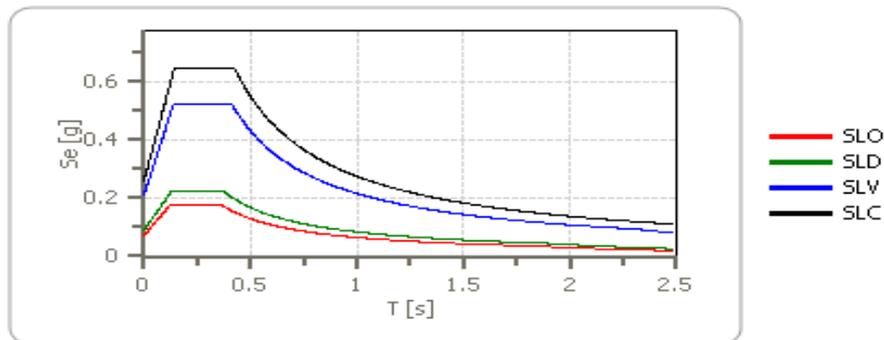
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

#### Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV          | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|--------------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.051        | 0.073 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.025        | 0.036 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.697 | 0.881 | <b>2.065</b> | 2.549 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240        | 0.280 |

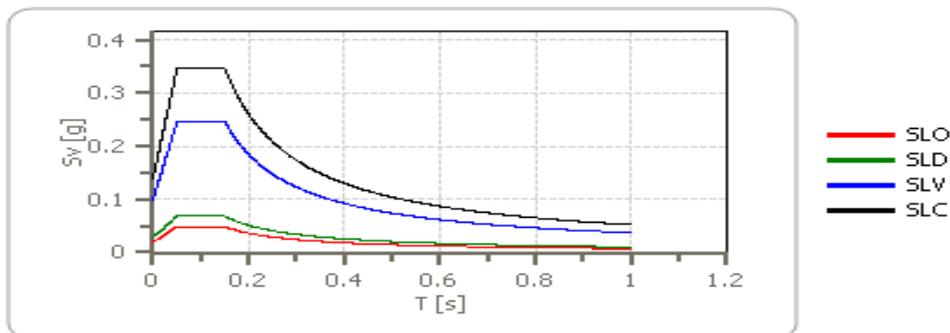
ag = accelerazione orizzontale massima  
 $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_{c^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$  = coefficiente sismico verticale  
 $A_{max}$  = accelerazione massima attesa al suolo  
 $Beta$  = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 108 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g]       | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g]    | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|--------------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059        | 2.479  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.837  | 0.071        | 0.176      |
| SLD | 1.0 | 0.075        | 2.457  | 0.263   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.378  | 1.899  | 0.090        | 0.221      |
| SLV | 1.0 | <b>0.175</b> | 2.477  | 0.293   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.138  | 0.413  | 2.302  | <b>0.211</b> | 0.522      |
| SLC | 1.0 | 0.220        | 2.483  | 0.303   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.142  | 0.425  | 2.481  | 0.260        | 0.645      |

Figura 109 - SPETTRO DI RISPOSTA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.479  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.019     | 0.048      |
| SLD | 1.0 | 0.075  | 2.457  | 0.263   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.028     | 0.068      |
| SLV | 1.0 | 0.175  | 2.477  | 0.293   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.099     | 0.246      |
| SLC | 1.0 | 0.220  | 2.483  | 0.303   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.140     | 0.347      |

12.3.8 AREA B2 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock sismico → **H = 10.23m**

la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{s_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{sH} = 9 / [(0.53/126) + (0.62/162) + (3.4/421) + (5.68/436)] = 351 \text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.9 AREA B2 – MICROZONAZIONE SISMICA

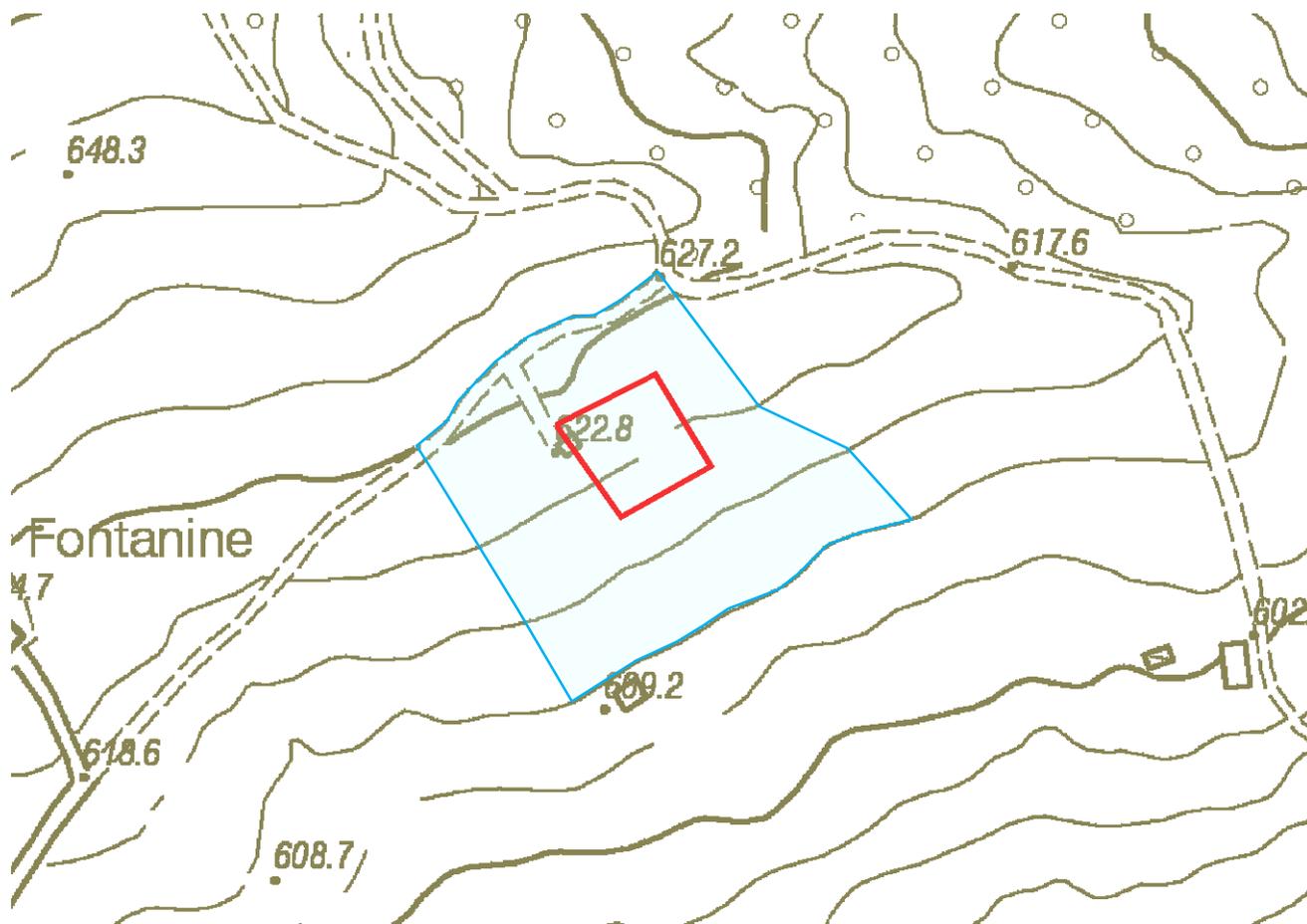


Figura 110 - AREA B2 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                      | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 10.23 m                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 351 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 10.23 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 637 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 495 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.286</b>                           |
|                                                                                                        |                                        |

Tabella 24 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.10 AREA B3 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2265900[°] Longitudine (WGS84): 10.8069000[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2275400[°] Longitudine (ED50): 10.8079000[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.479     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.075     | 2.457     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.175     | 2.477     | 0.293      |
| SLC          | 975          | 0.220     | 2.483     | 0.303      |

12.3.11 AREA B3 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

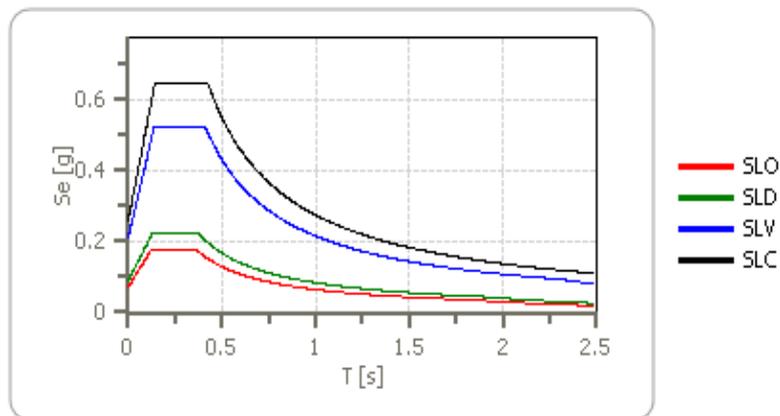
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.051 | 0.073 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.025 | 0.036 |
| amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.697 | 0.881 | 2.065 | 2.550 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

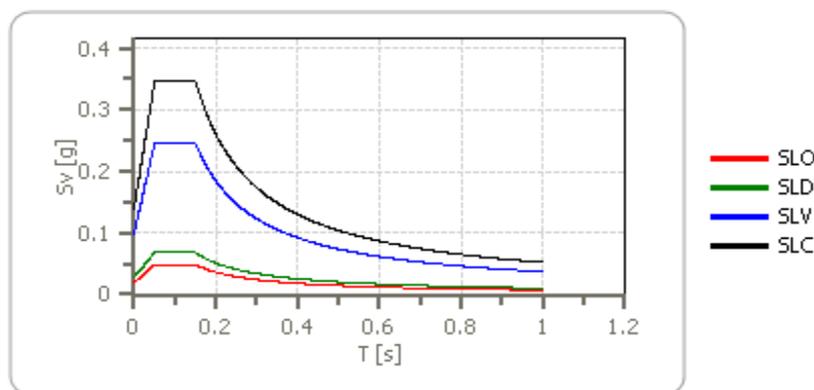
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 111 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.479  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.837  | 0.071     | 0.176      |
| SLD | 1.0 | 0.075  | 2.457  | 0.263   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.378  | 1.900  | 0.090     | 0.221      |
| SLV | 1.0 | 0.175  | 2.477  | 0.293   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.137  | 0.412  | 2.302  | 0.211     | 0.522      |
| SLC | 1.0 | 0.220  | 2.483  | 0.303   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.142  | 0.425  | 2.481  | 0.260     | 0.646      |

Figura 112 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.479  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.019     | 0.048      |
| SLD | 1.0 | 0.075  | 2.457  | 0.263   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.028     | 0.068      |
| SLV | 1.0 | 0.175  | 2.477  | 0.293   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.099     | 0.246      |
| SLC | 1.0 | 0.220  | 2.483  | 0.303   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.140     | 0.347      |

12.3.12 AREA B3 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007): FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{S30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock sismico → **H = 13.23m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura → **V<sub>S</sub>H**

—  $V_{S_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso **V<sub>S</sub>H = 13.23/[(2.15/331)+(4.72/342)+(6.36/452)] = 385m/s**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20             | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25             | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30             | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35             | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40             | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.1s < T<sub>0</sub> < 0.5s

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20             | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25             | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30             | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35             | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40             | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - 0.5s < T<sub>0</sub> < 1.0s

| $V_{S_H}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5              | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10             | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15             | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20             | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25             | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30             | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35             | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40             | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.13 AREA B3 – MICROZONAZIONE SISMICA

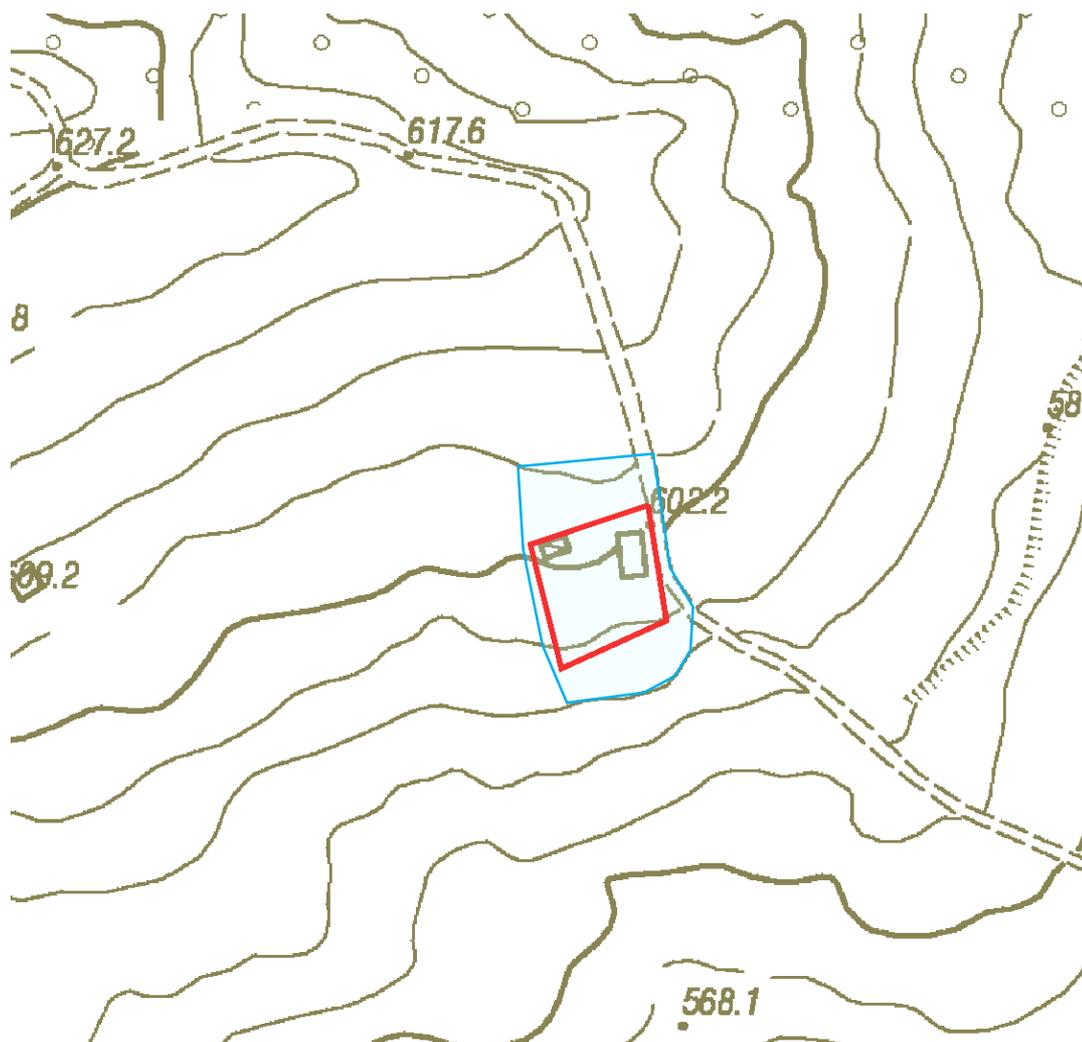


Figura 113 - AREA B3 -Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                   | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                        | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                   | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                  | 5.12 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )        | 353 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                          | 26.44 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                      | 761 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                              | 541 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                  | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                  | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                          | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                          | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $ag/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.300</b>                           |

Tabella 25 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.14 AREA B4 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2165000[°] Longitudine (WGS84): 10.7988000[°]

Latitudine (ED50): 44.2174500[°] Longitudine (ED50): 10.7998000[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.475     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.452     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.179     | 2.451     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.451     | 0.303      |

12.3.15 AREA B4 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_s$ , 30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_u$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

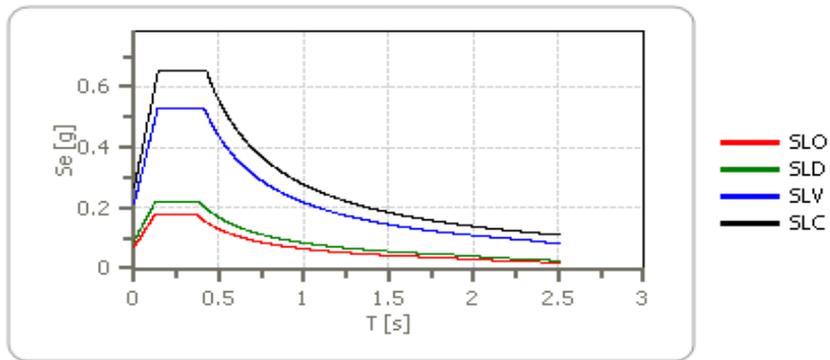
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.052 | 0.075 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.026 | 0.037 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.701 | 0.889 | 2.112 | 2.611 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

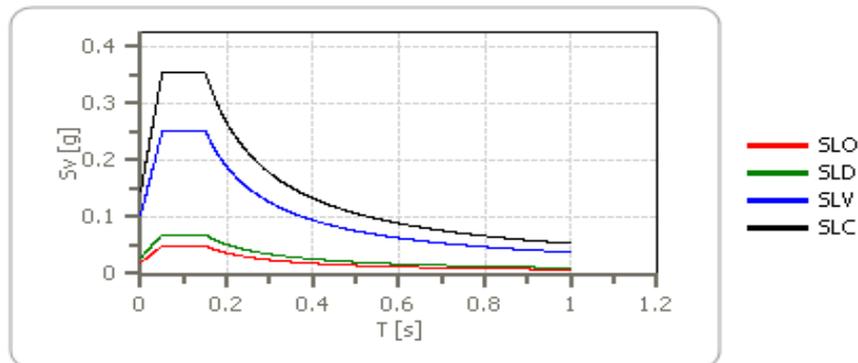
ag = accelerazione orizzontale massima  
 $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$  = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 114 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.475  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.838  | 0.072     | 0.177      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.452  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.378  | 1.902  | 0.091     | 0.222      |
| SLV | 1.0 | 0.179  | 2.451  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.137  | 0.412  | 2.318  | 0.215     | 0.528      |
| SLC | 1.0 | 0.226  | 2.451  | 0.303   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.141  | 0.424  | 2.503  | 0.266     | 0.653      |

Figura 115 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.475  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.020     | 0.049      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.452  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.028     | 0.069      |
| SLV | 1.0 | 0.179  | 2.451  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.103     | 0.252      |
| SLC | 1.0 | 0.226  | 2.451  | 0.303   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.145     | 0.355      |

12.3.16 AREA B4 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock sismico → **H = 7.12m**

la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{sH} = 7.12 / [(0.63/279) + (0.77/218) + (1.56/336) + (4.16/380)] = 333 \text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.17 AREA B4 – MICROZONAZIONE SISMICA

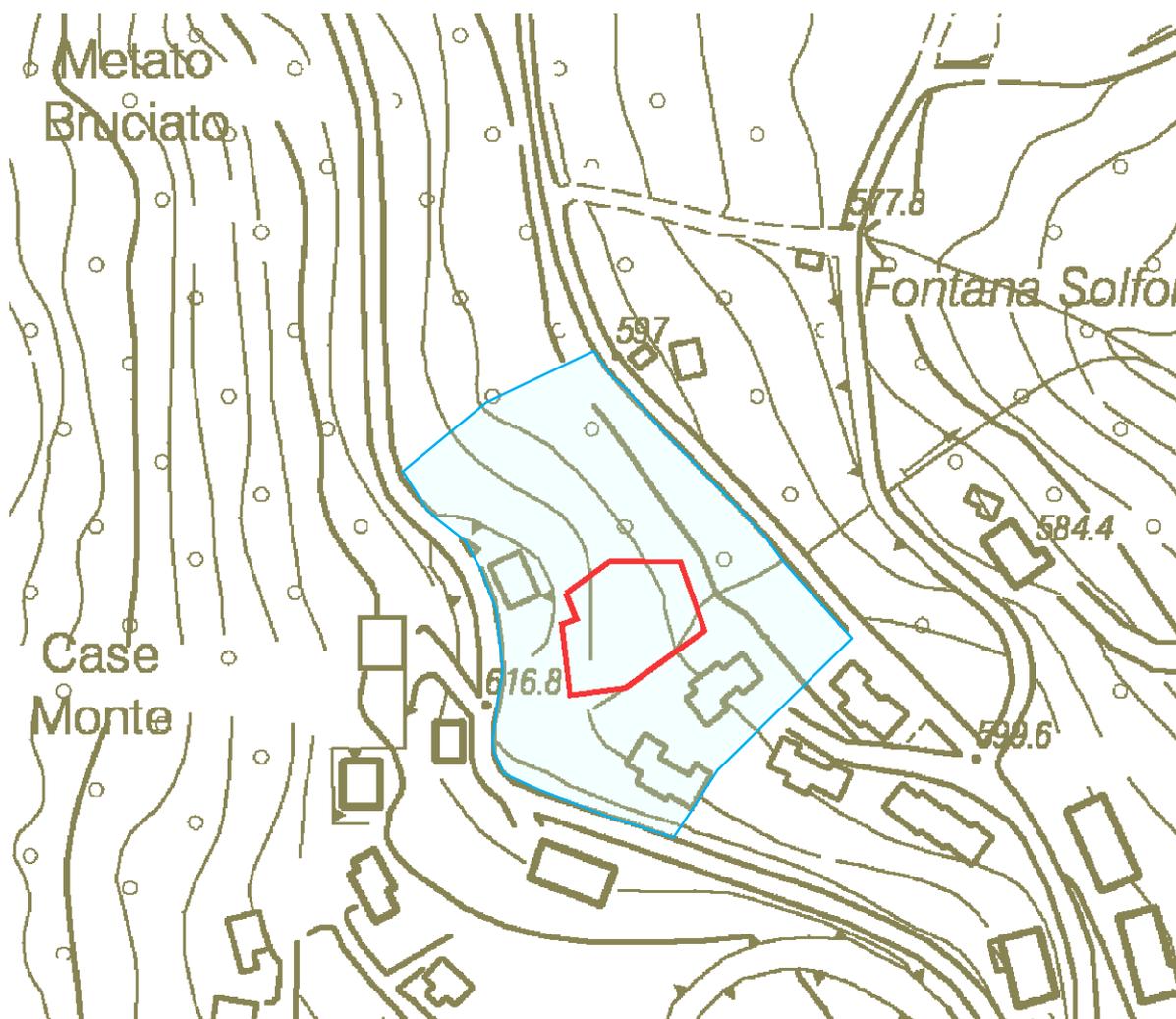


Figura 116 - AREA B4 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                      |                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                    | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                         | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                    | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                   | 7.12 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )         | 333 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                           | 7.12 m                                 |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                       | 626 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                               | 518 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                   | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                   | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$ .)                           | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$ .)                           | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_g/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.286</b>                           |
|                                                                                                      |                                        |

Tabella 26 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.18 AREA B5 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2157200[°] Longitudine (WGS84): 10.7839700[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2166700[°] Longitudine (ED50): 10.7849700[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.474     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.450     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.181     | 2.435     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.228     | 2.439     | 0.302      |

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

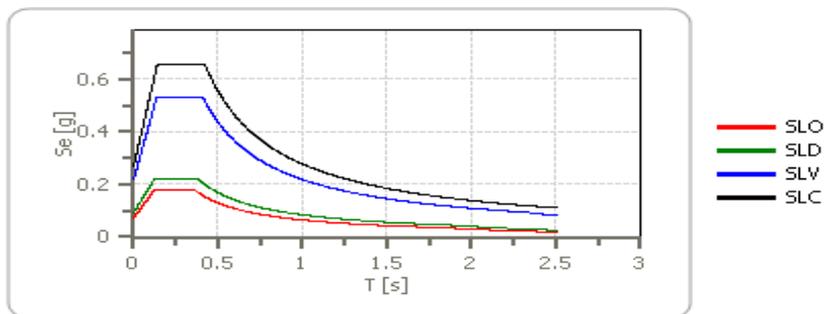
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.052 | 0.075 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.026 | 0.038 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.703 | 0.891 | 2.134 | 2.634 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

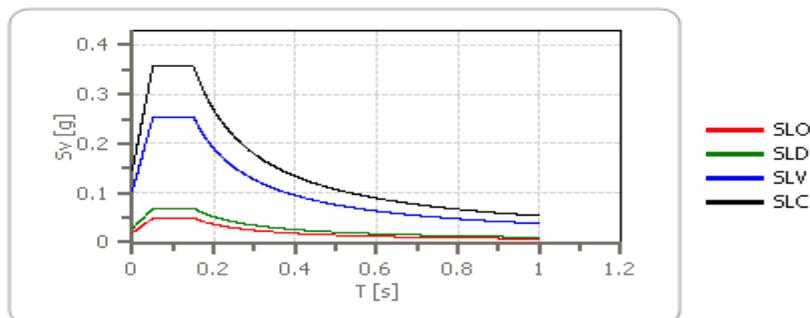
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 117 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.251   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.839  | 0.072     | 0.177      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.450  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.903  | 0.091     | 0.223      |
| SLV | 1.0 | 0.181  | 2.435  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.137  | 0.411  | 2.325  | 0.218     | 0.530      |
| SLC | 1.0 | 0.228  | 2.439  | 0.302   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.141  | 0.422  | 2.511  | 0.269     | 0.655      |

Figura 118 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.251   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.020     | 0.049      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.450  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.028     | 0.069      |
| SLV | 1.0 | 0.181  | 2.435  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.104     | 0.254      |
| SLC | 1.0 | 0.228  | 2.439  | 0.302   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.147     | 0.358      |

12.3.20 AREA B5 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock sismico → **H = 20.03m**

la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{sH} = 20.03 / [(0.9/162) + (1.82/192) + (0.85/236) + (4.87/375) + (5.11/509) + (6.48/554)] = 375 \text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.21 AREA B5 – MICROZONAZIONE SISMICA

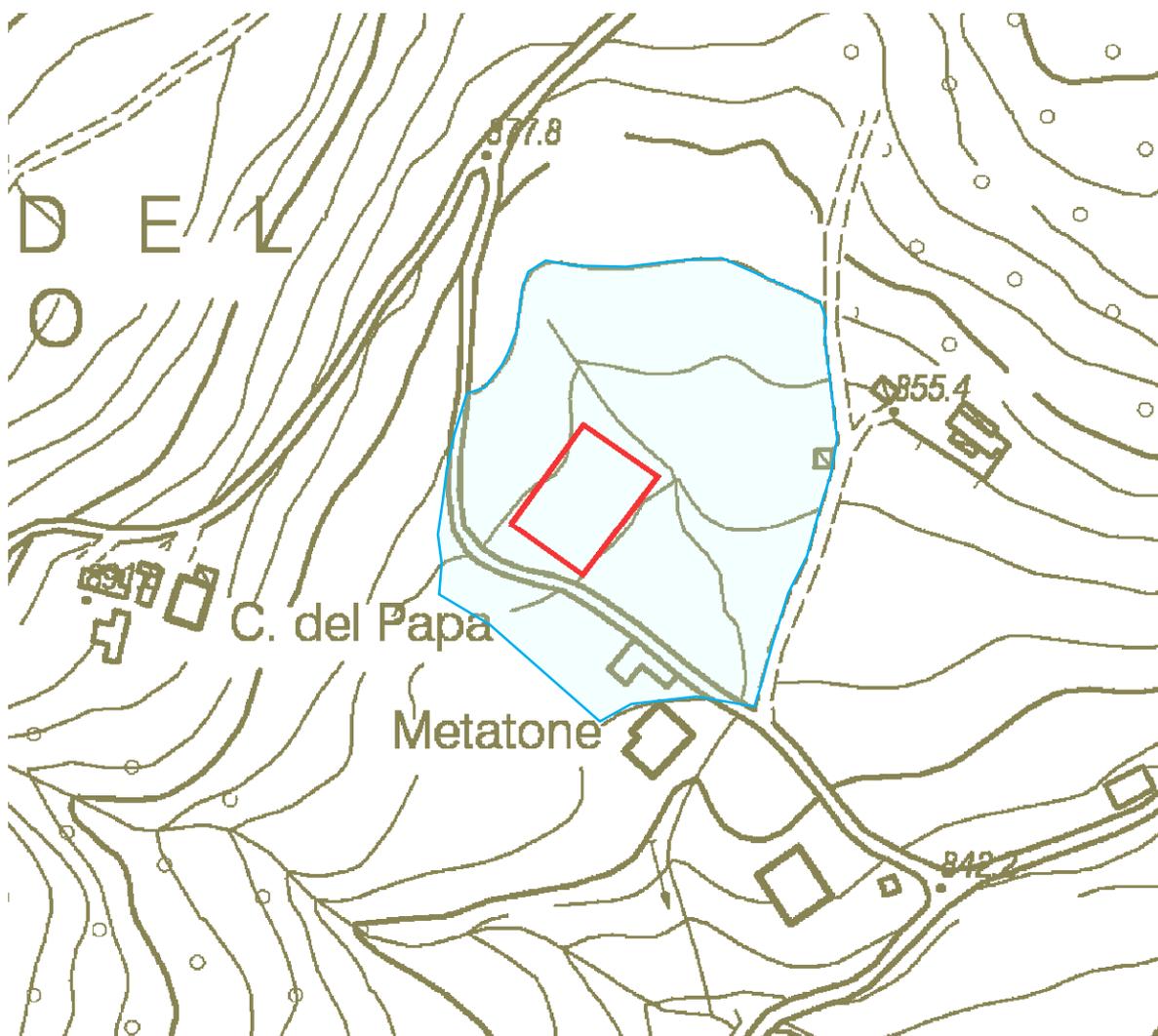


Figura 119 - AREA B5 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                      | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 20.03 m                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 375 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 20.03 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 720 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 446 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.7                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.7                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.304</b>                           |
|                                                                                                        |                                        |

Tabella 27 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.22 AREA B6 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2134700[°] Longitudine (WGS84): 10.7959000[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2144200[°] Longitudine (ED50): 10.7969000[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.474     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.450     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.181     | 2.442     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.227     | 2.441     | 0.302      |

12.3.23 AREA B6 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto 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 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

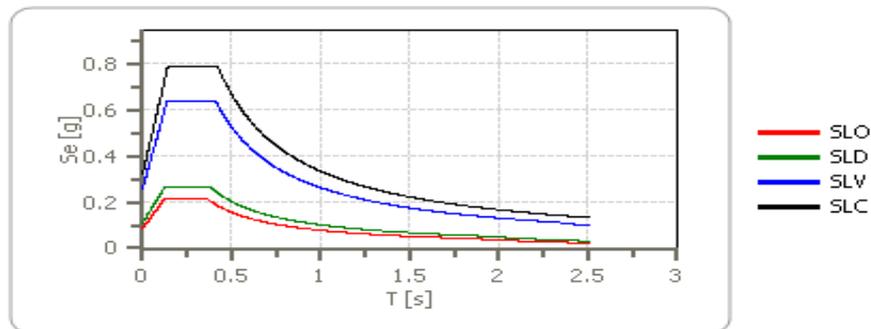
**T2:** Pendii con inclinazione media maggiore di  $15^\circ$

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.017 | 0.022 | 0.062 | 0.090 |
| kv                       | 0.009 | 0.011 | 0.031 | 0.045 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.843 | 1.070 | 2.553 | 3.157 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

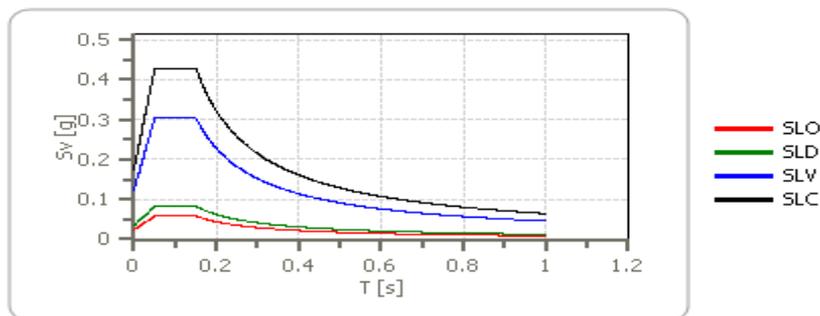
ag = accelerazione orizzontale massima  
 $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 120 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.839  | 0.086     | 0.213      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.450  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.903  | 0.109     | 0.267      |
| SLV | 1.0 | 0.181  | 2.442  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.137  | 0.411  | 2.323  | 0.260     | 0.636      |
| SLC | 1.0 | 0.227  | 2.441  | 0.302   | 1.180  | 1.400  | 1.200  | 1.416 | 1.000      | 0.141  | 0.423  | 2.509  | 0.322     | 0.786      |

Figura 121 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.024     | 0.058      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.450  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.034     | 0.083      |
| SLV | 1.0 | 0.181  | 2.442  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.125     | 0.304      |
| SLC | 1.0 | 0.227  | 2.441  | 0.302   | 1      | 1.400  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.176     | 0.429      |

12.3.24 AREA B6 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{S30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 10.59m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{SH}$**

—  $V_{Si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  **$V_{SH} = 10.59 / [(1.04/265) + (1.46/209) + (1.86/243) + (6.23/413)] = 315 \text{m/s}$**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.25 AREA B6 – MICROZONAZIONE SISMICA

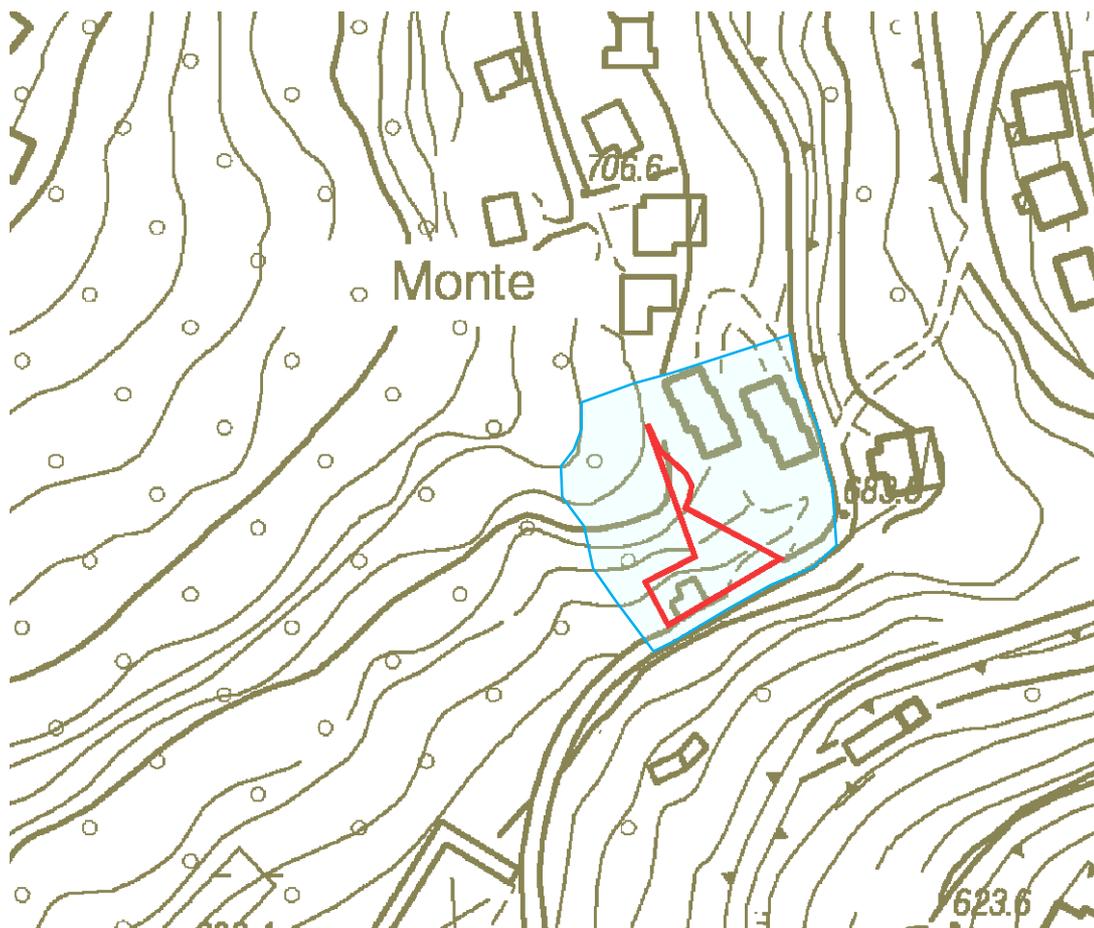


Figura 122 - AREA B6 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                   | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                        | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                   | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                  | 10.59 m                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )        | 315 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                          | 20.28 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                      | 740 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                              | 475 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                  | 1.2                                    |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                  | 1.8                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$ .)                          | 1.7                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$ .)                          | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $ag/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.322</b>                           |
|                                                                                                     |                                        |

Tabella 28 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.26 AREA B7 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2102600[°] Longitudine (WGS84): 10.7900900[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2112100[°] Longitudine (ED50): 10.7910900[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.473     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.449     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.183     | 2.429     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.230     | 2.427     | 0.302      |

12.3.27 AREA B7 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

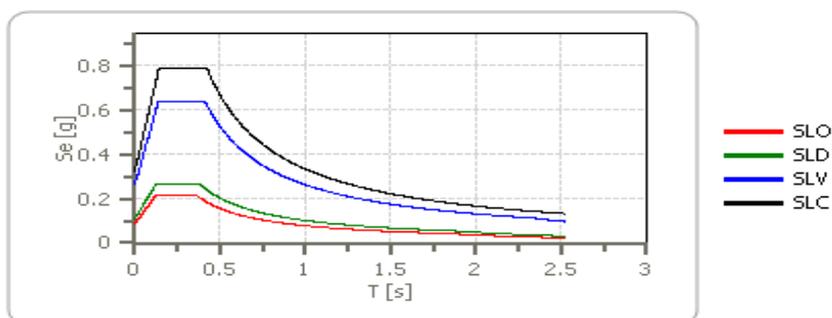
**T2:** Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.017 | 0.022 | 0.063 | 0.091 |
| kv                       | 0.009 | 0.011 | 0.032 | 0.046 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.845 | 1.073 | 2.578 | 3.188 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

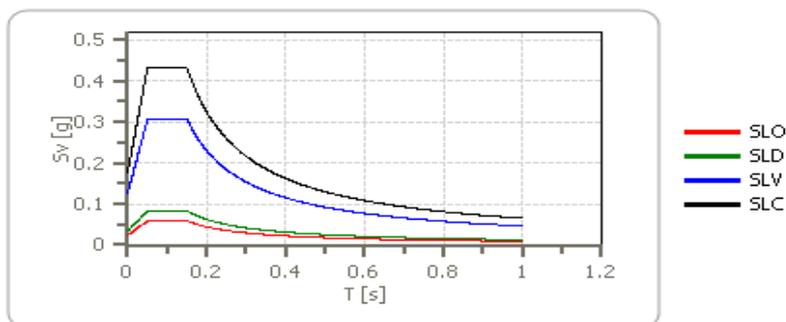
ag = accelerazione orizzontale massima  
 $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 $K_h$  = coefficiente sismico orizzontale  
 $K_v$  = coefficiente sismico verticale  
 $A_{max}$  = accelerazione massima attesa al suolo  
 $\beta$  = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 123 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.473  | 0.251   | 1.200  | 1.450  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.839  | 0.086     | 0.213      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.449  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.904  | 0.109     | 0.268      |
| SLV | 1.0 | 0.183  | 2.429  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.137  | 0.411  | 2.330  | 0.263     | 0.639      |
| SLC | 1.0 | 0.230  | 2.427  | 0.302   | 1.180  | 1.400  | 1.200  | 1.416 | 1.000      | 0.141  | 0.422  | 2.518  | 0.325     | 0.789      |

Figura 124 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.473  | 0.251   | 1      | 1.450  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.024     | 0.059      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.449  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.034     | 0.083      |
| SLV | 1.0 | 0.183  | 2.429  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.126     | 0.307      |
| SLC | 1.0 | 0.230  | 2.427  | 0.302   | 1      | 1.400  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.178     | 0.433      |

12.3.28 AREA B7 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{S30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 8.8m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{SH}$**

—  $V_{Si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{SH} = 8.8 / [(1.1/269) + (2.03/289) + (3.05/529) + (2.62/472)] = 392 \text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{SH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.29 AREA B7 – MICROZONAZIONE SISMICA

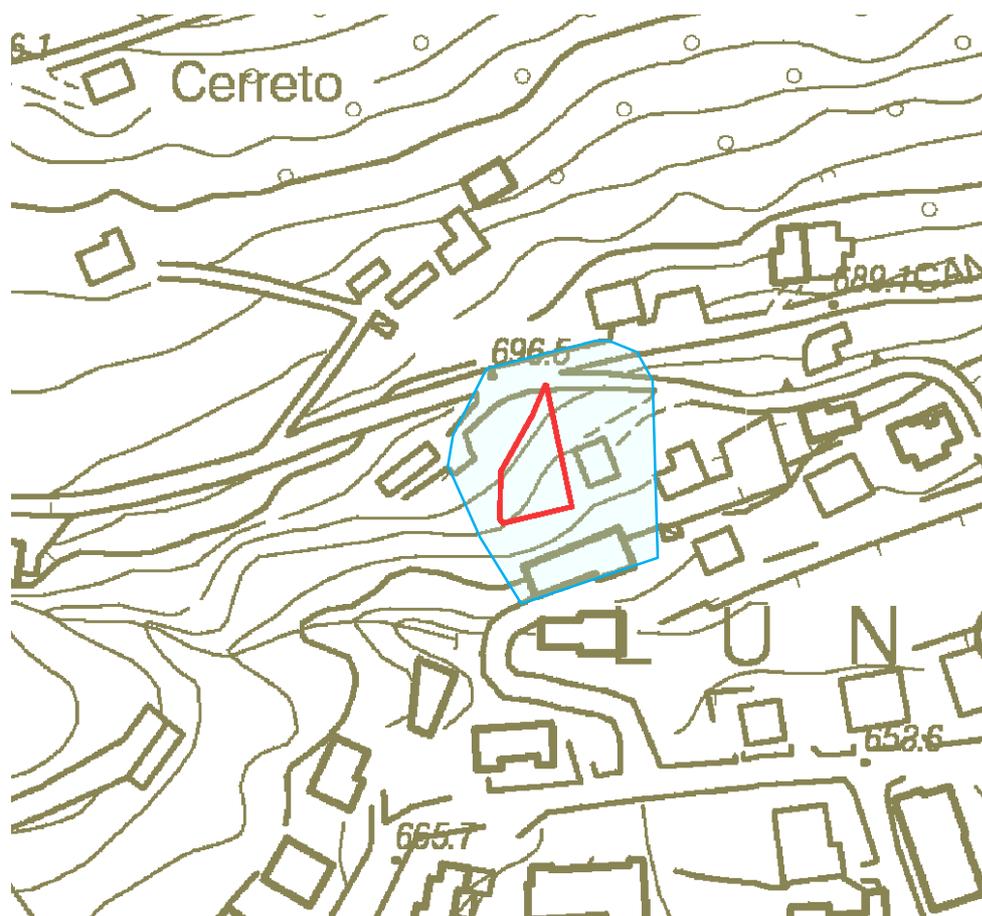


Figura 125 - AREA B7 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                      | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 8.8 m                                  |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 392 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 8.8 m                                  |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 666 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 553 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1.2                                    |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.322</b>                           |
|                                                                                                        |                                        |

Tabella 29 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

### 12.3.30 AREA B8 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]  
 Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2102500[°] Longitudine (WGS84): 10.7973500[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2112000[°] Longitudine (ED50): 10.7983500[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |
| 2     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 3     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 4     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

#### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

#### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

#### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

#### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

#### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.474     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.449     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.182     | 2.437     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.229     | 2.433     | 0.302      |

12.3.31 AREA B8 – PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, 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 NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

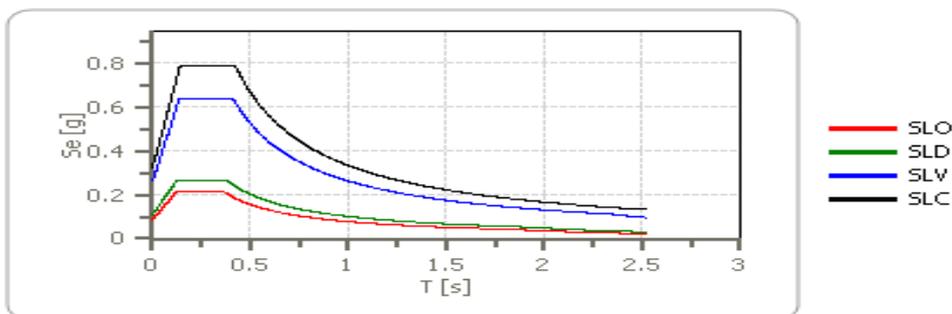
**T2:** Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.017 | 0.022 | 0.063 | 0.091 |
| kv                       | 0.009 | 0.011 | 0.031 | 0.045 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.845 | 1.072 | 2.566 | 3.175 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

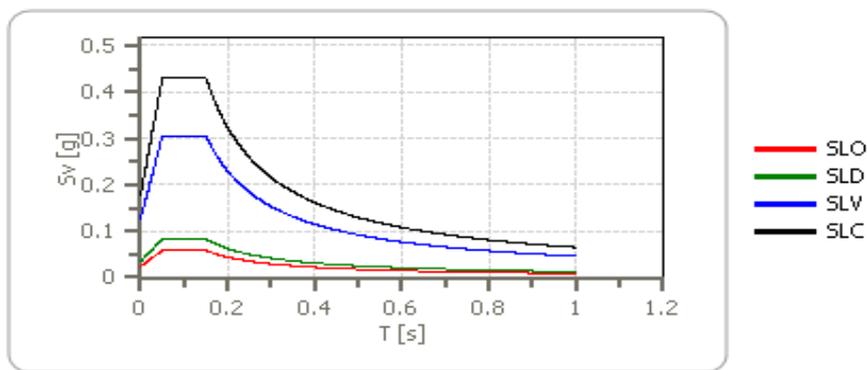
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 126 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.839  | 0.086     | 0.213      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.449  | 0.262   | 1.200  | 1.440  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.126  | 0.377  | 1.904  | 0.109     | 0.268      |
| SLV | 1.0 | 0.182  | 2.437  | 0.292   | 1.200  | 1.410  | 1.200  | 1.440 | 1.000      | 0.137  | 0.411  | 2.327  | 0.262     | 0.638      |
| SLC | 1.0 | 0.229  | 2.433  | 0.302   | 1.180  | 1.400  | 1.200  | 1.416 | 1.000      | 0.141  | 0.423  | 2.515  | 0.324     | 0.788      |

Figura 127 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.060  | 2.474  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.024     | 0.059      |
| SLD | 1.0 | 0.076  | 2.449  | 0.262   | 1      | 1.440  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.034     | 0.083      |
| SLV | 1.0 | 0.182  | 2.437  | 0.292   | 1      | 1.410  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.125     | 0.306      |
| SLC | 1.0 | 0.229  | 2.433  | 0.302   | 1      | 1.400  | 1.200  | 1.200 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.177     | 0.431      |

12.3.32 AREA B8 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 9.34m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{s_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{sH} = 9.34 / [(1.48/244) + (2.74/367) + (5.12/508)] = 396 \text{m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

12.3.33 AREA B8 – MICROZONAZIONE SISMICA

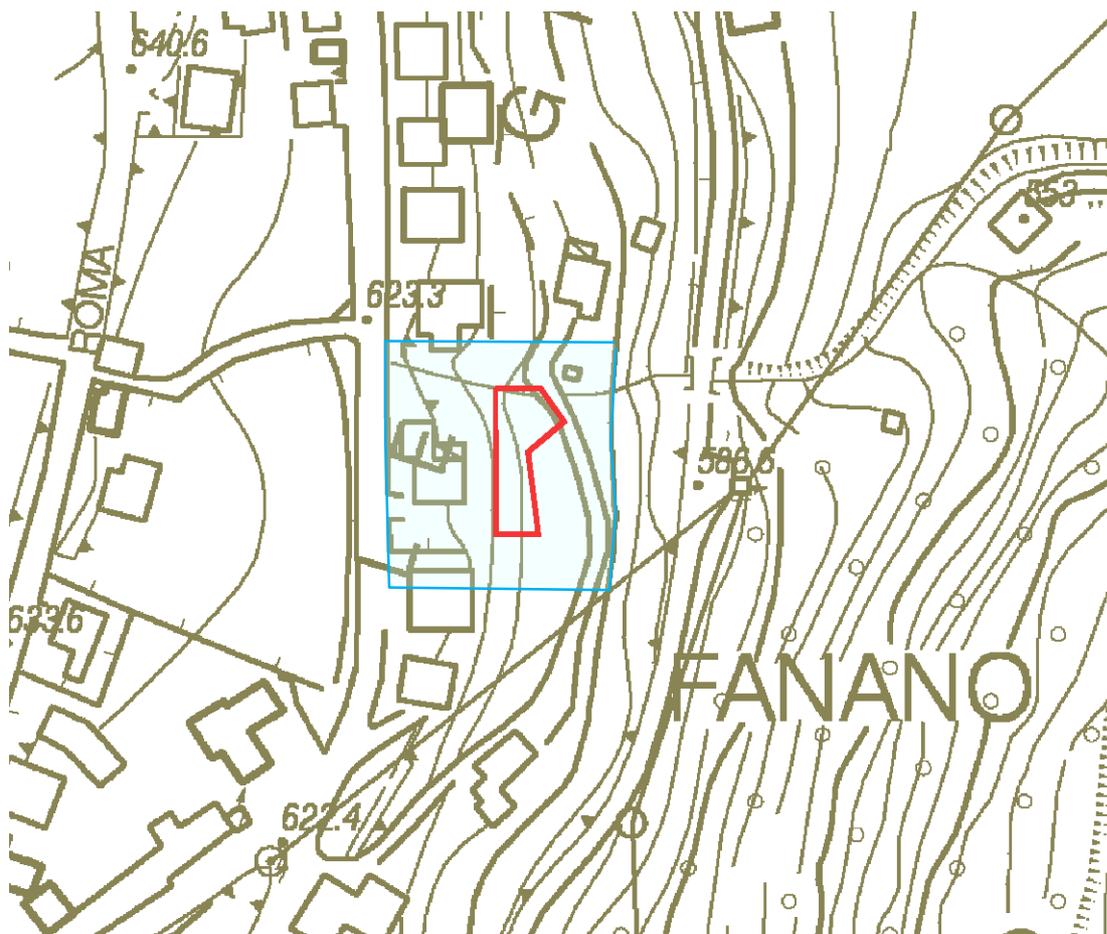
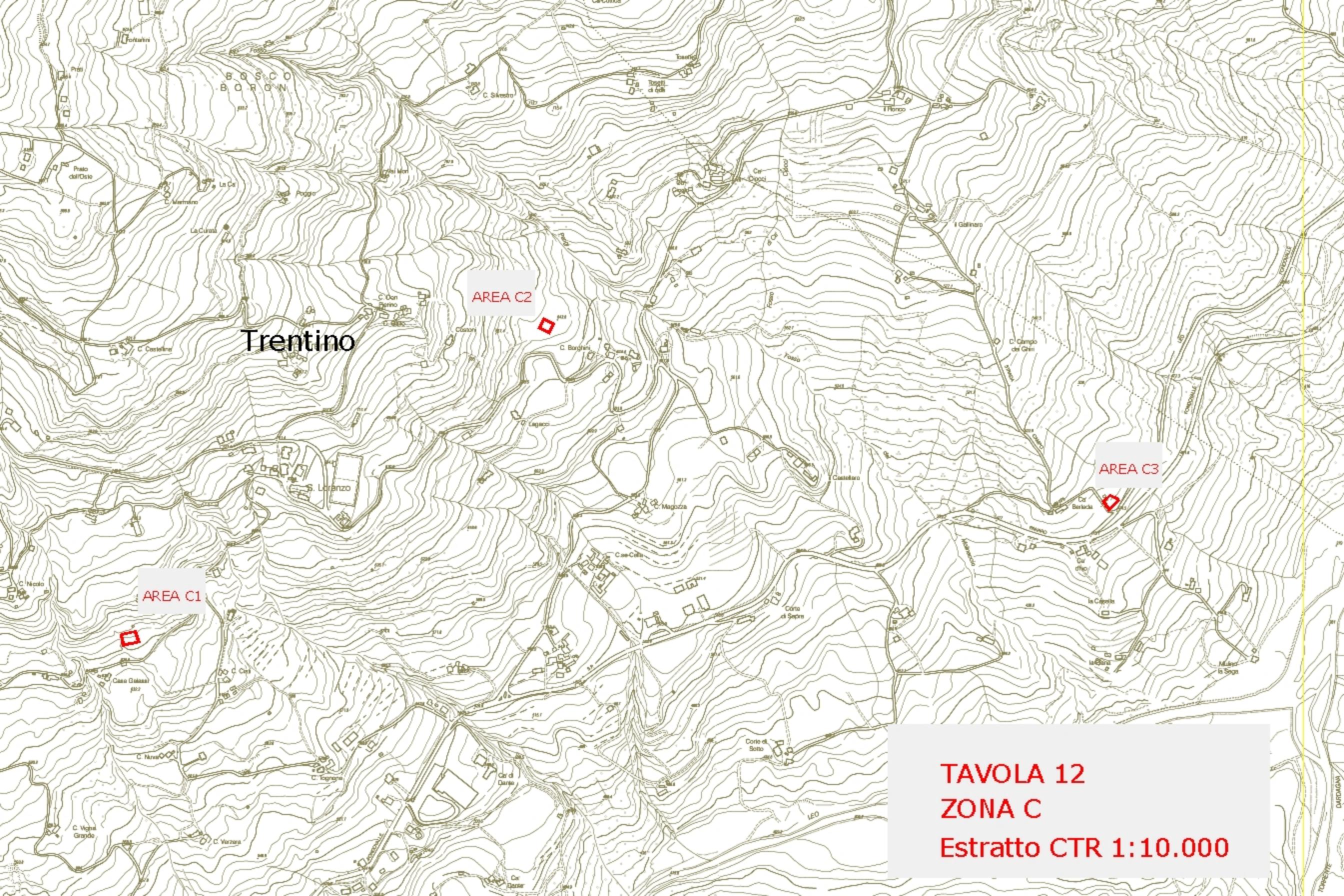


Figura 128 - AREA B8 - Carta microzonazione sismica - base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                   | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                        | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                   | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                  | 9.34 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )        | 396 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                          | 9.34 m                                 |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                      | 716 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30m ( $V_{s30}$ )                               | 572 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                  | 1.2                                    |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                  | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                          | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                          | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $ag/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.322</b>                           |
|                                                                                                     |                                        |

Tabella 30 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07



Trentino

AREA C2

AREA C3

AREA C1

**TAVOLA 12**  
**ZONA C**  
**Estratto CTR 1:10.000**



Figura 129 - **Zona C** : vista con Google Earth

### 13.1 ZONA C - CARATTERISTICHE GEOLOGICHE GENERALI

I rilievi eseguiti in zona hanno consentito di confermare sostanzialmente i dati strutturali e litostratigrafici emergenti da bibliografia e riportati nella cartografia che segue. La fascia di versante fa parte della placca di torbiditi calcareo marnose e arenaceo pelitiche, ascrivibili di recente alla Formazione di M. Venere (MOV) (Cretaceo sup. - Paleocene), il cui elemento più elevato è costituito dal M. Emiliano (972msm).

Essa è in contatto tettonico con le Argille a Palombini di base (APA) (Cretaceo inf - Cenomaniano).

Gli affioramenti della formazione torbiditica sono nell'intorno alquanto rari e nella zona cartografata limitati alle ripe di incisione antropica ove si presenta per lo più in facies detritica o intensamente fratturata. Non è stato quindi possibile il rilievo degli assetti stratigrafici che solo da misure effettuate in affioramenti lontani e da interpretazione morfologica, è possibile ipotizzare a reggipoggio. La zona è posta strutturalmente sul fianco sud della dorsale di M. Revedei - M. Emiliano, in chiusura verso NE.

La testata del versante mostra i segni di una marcata azione tettonica determinante sistemi di faglie e fratture in reticolo tipicamente appenninico (NO-SE e NE-SO) a cui si intersecano litoclasti in sistemi secondari. I flysch evidenziano marginalmente volumi dislocati verso sud la cui presenza, in lembi distensivi formanti gradoni via via più scollati, caratterizza tutto versante, fino al Torrente Leo. Il movimento delle masse rocciose ha poi favorito l'accumulo di detriti che le ricoprono in parte. Questi sono costituiti da depositi di falda al piede delle principali scarpate e da limi argillosi o argille limose, contenenti pietrame arenaceo di pezzatura eterogenea, di genesi tettonica e colluviale.

I clasti hanno origine nel disfacimento della roccia torbiditica. Gli spessori delle coltri detritiche vengono stimati in 5÷10m.

#### **La stratigrafia ricomprende le seguenti Unità Liguri**

##### **MOV** - Formazione di Monte Venere

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m. Campaniano sup. - Maastrichtiano sup.

##### **AVT** - Argille variegata di Grizzana Morandi

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Potenza fino a 200 m circa.

Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?

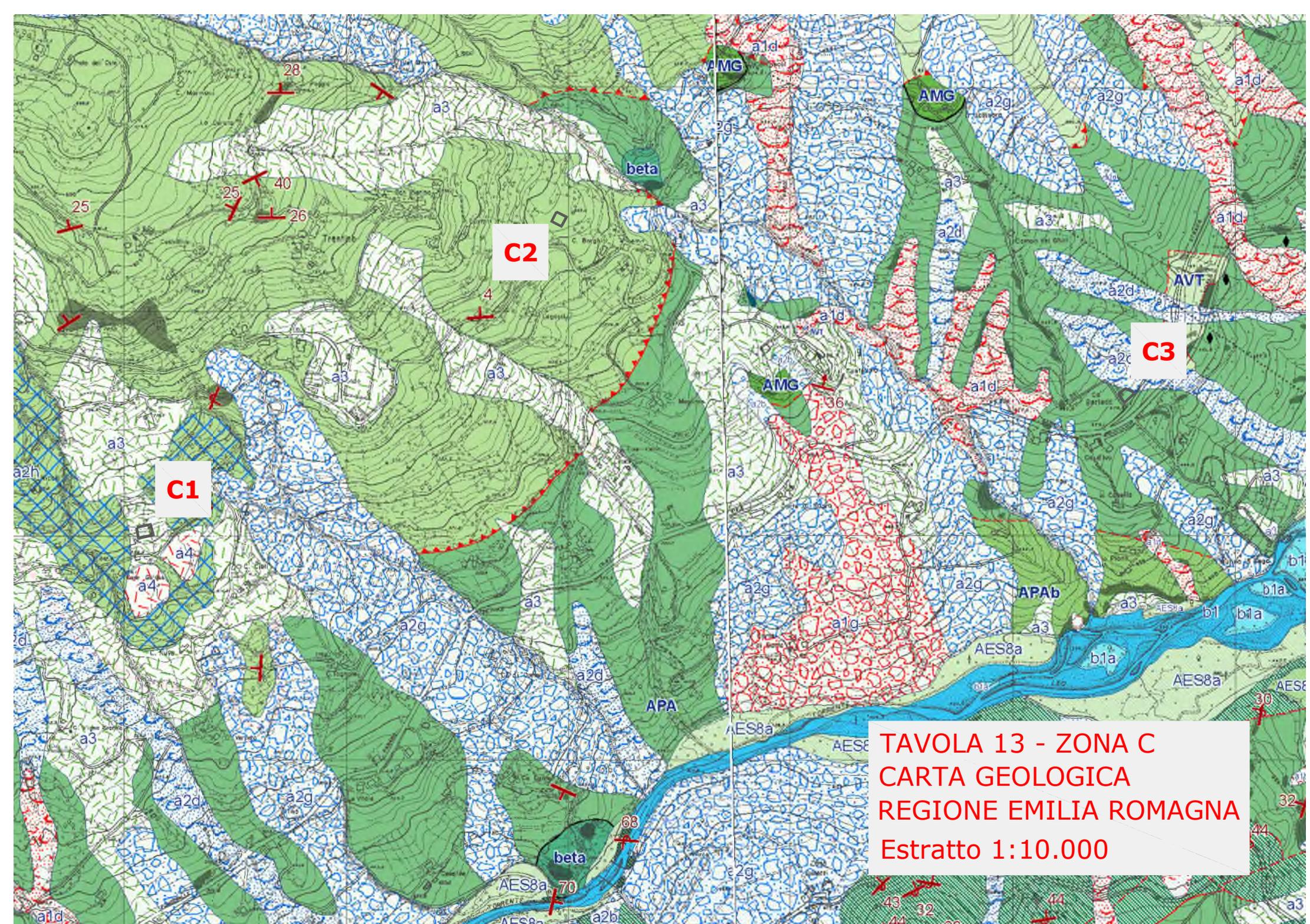
##### **APM** - Arenarie del Poggio Mezzature

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a molto spessi costituiti di arenarie grigio-verdastre medie o grossolane, a luoghi microconglomeratiche, passanti ad arenarie fini e ad

argille grigio-verdi. Rapporto A/P >1. Contatto inferiore per alternanze alla formazione sottostante, o tettonizzato su AVT e AVTa. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di alcune centinaia di metri. Santoniano sup. - Campaniano inf.

**APA** - Argille a palombini

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcarea quasi sempre >1. Frequenti intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini (talora mangesifere) a tetto pelitico in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro (o beige se alterate). La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". Nei Fogli 219 -236 all'interno della formazione sono talora presenti lembi di ofioliti (of) giurassiche, spesso distinte in: arenarie ofiolitiche (ao), brecce ofiolitiche (bo), brecce poligeniche a elementi magmatici, calcarei e diasprigni: (bp1), basalt Contatti ovunque tettonici o non affioranti. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. Barremiano - Turoniano?



**C1**

**C2**

**C3**

**TAVOLA 13 - ZONA C**  
**CARTA GEOLOGICA**  
**REGIONE EMILIA ROMAGNA**  
**Estratto 1:10.000**

### Depositi quaternari continentali

|  |                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------|
|  | a1a - deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento           |
|  | a1b - deposito di frana attiva per scivolamento                      |
|  | a1d - deposito di frana attiva per colamento lento                   |
|  | a1g - deposito di frana attiva complessa                             |
|  | a2 - deposito di frana quiescente di tipo indeterminato              |
|  | a2b - deposito di frana quiescente per scivolamento                  |
|  | a2d - deposito di frana quiescente per colamento lento               |
|  | a2g - deposito di frana quiescente complessa                         |
|  | a2h - deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV |
|  | a3 - deposito di versante s.l.                                       |
|  | a4 - deposito eluvio-colluviale                                      |
|  | b1 - deposito alluvionale in evoluzione                              |

### Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano

|  |                              |
|--|------------------------------|
|  | AES8 - subsistema di Ravenna |
|  | AES8a - unità di Modena      |

### Unità liguri

|  |                                             |
|--|---------------------------------------------|
|  | MOV - formazione di Monte Venere            |
|  | AVT - argille variegata di Grizzana Morandi |
|  | APM - arenarie del Poggio Mezzature         |
|  | APA - argille a palombini                   |

### Unità toscane

|  |                                                                      |
|--|----------------------------------------------------------------------|
|  | CEV2 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Fellicarolo |
|  | CEV2b - arenarie di Monte Cervarola - litofacies pelitica            |
|  | CEV1 - arenarie di Monte Cervarola - membro del Torrente Dardagna    |
|  | MOD - arenarie del Monte Modino                                      |
|  | VLR - arenarie di Vallorsara                                         |
|  | MMA - marne di Marmoreto                                             |
|  | FIU - argille di Fiumalbo                                            |
|  | BAP - brecce argillose poligeniche                                   |
|  | ABT - formazione dell'Abetina Reale                                  |
|  | AVC - argilliti variegata con calcari                                |

### Unità incertae sedis

|  |                               |
|--|-------------------------------|
|  | AMG - arenarie di Monte Gabba |
|--|-------------------------------|

Figura 130 – Legenda Carta Geologica Zona C

## 13.2 ZONA C - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE GENERALI

### 13.2.1 Zona C - Geomorfologia e depositi continentali quaternari

In base alla genesi ed allo stato d'attività, i depositi superficiali recenti (Quaternario) possono essere divise in tre tipologie differenti; lo spessore è generalmente limitato a pochi metri per i depositi di versante e molto variabile, da pochi metri alla decina di metri, per i corpi di frana. Si riportano le descrizioni delle tipologie di sedimento che interessano la fascia di versante cartografata.

**a1a** - Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento Deposito originato da distacco di rocce litoidi da un pendio acclive e messo in posto con processi di caduta libera, rimbalzo e rotolamento di ciottoli e massi. L'accumulo detritico è costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm3 e decine di m3, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica a luoghi alterata e pedogenizzata. E' caratteristica la riattivazione improvvisa e la estrema velocità del movimento.

#### **a1b** - Deposito di frana attiva per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

#### **a1d** - Deposito di frana attiva per colamento lento

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

#### **a1g** - Deposito di frana attiva complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

#### **a2** - Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

**a2b** - Deposito di frana quiescente per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

**a2d** - Deposito di frana quiescente per colamento lento

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

**a2g** - Deposito di frana quiescente complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

**a2h** - Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV

Movimento gravitativo in massa complesso e profondo che interessa grandi ammassi rocciosi, talora con relative coperture superficiali, e si attua attraverso una deformazione per lo più lenta e progressiva della massa rocciosa, senza una superficie di scorrimento ben determinabile.

**a3** - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

**a4** - Deposito eluvio-colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

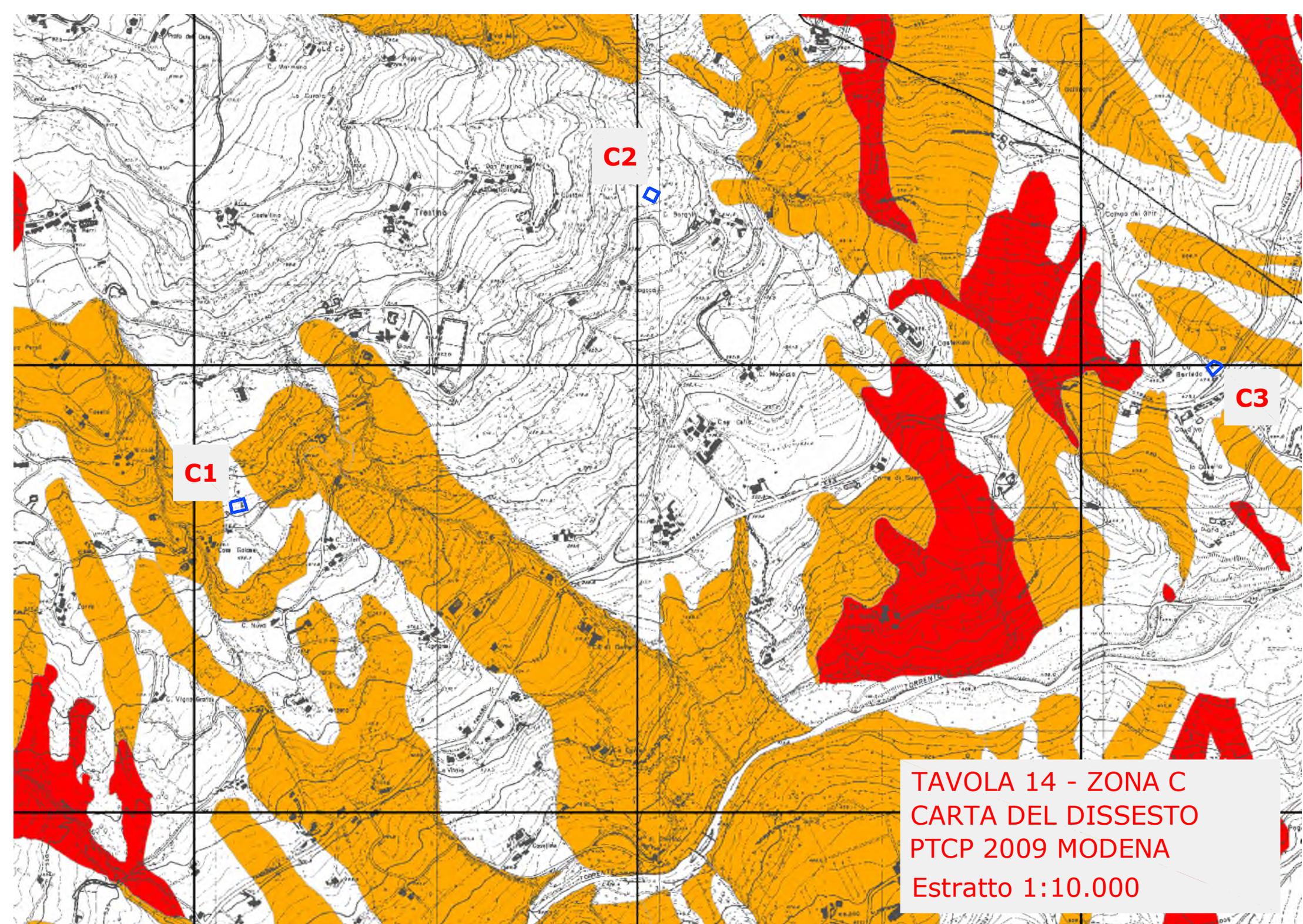
**b1** - Deposito alluvionale in evoluzione

Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (b1a).

Alla pagina seguente è riportato uno stralcio della Carta della sicurezza del territorio – 2.1 Rischi di frana – Carta del dissesto – Tav. 2.1 allegata alla variante al PTC

| Zone ed elementi caratterizzati da fenomeni di dissesto e instabilità |                        |  |                                                                                                         |         |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|                                                                       |                        |  | Aree interessate da frane attive                                                                        | Art.15  |
|                                                                       |                        |  | Aree interessate da frane quiescenti                                                                    |         |
| Zone ed elementi caratterizzati da potenziale instabilità             |                        |  |                                                                                                         |         |
|                                                                       |                        |  | Aree potenzialmente instabili                                                                           | Art.16  |
| Aree a rischio idrogeologico elevato e molto elevato                  |                        |  |                                                                                                         |         |
|                                                                       | Codice scheda 2.1.1 NR |  | Abitati da consolidare o da trasferire (perimetrazione approvata ai sensi dell'art.29 comma 2 del PTPR) | Art.17  |
|                                                                       |                        |  | Aree a rischio idrogeologico molto elevato                                                              | Art.18A |
|                                                                       |                        |  | Aree a rischio da frana perimetrate e zonizzate a rischio molto elevato (R4) ed elevato (R3)            | Art.18B |

Figura 131 – Legenda Carta del Dissesto PTC 2009



C1

C2

C3

TAVOLA 14 - ZONA C  
CARTA DEL DISSESTO  
PTCP 2009 MODENA  
Estratto 1:10.000

### 13.3 ZONA C – PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

#### 13.3.1 Zona C – Sicurezza del Territorio : Rischio sismico : Aree suscettibili di effetti locali

La CARTA DELLE AREE POTENZIALMENTE SOGGETTE AD EFFETTI LOCALI, realizzata per il Quadro Conoscitivo del PTCP della Provincia di Modena e di cui si riporta un estratto alla pagina che segue, deriva dalla carta geologica 1:10.000 dell'Appennino Emiliano-Romagnolo

Nel dettaglio :

L'Area C1 non risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione

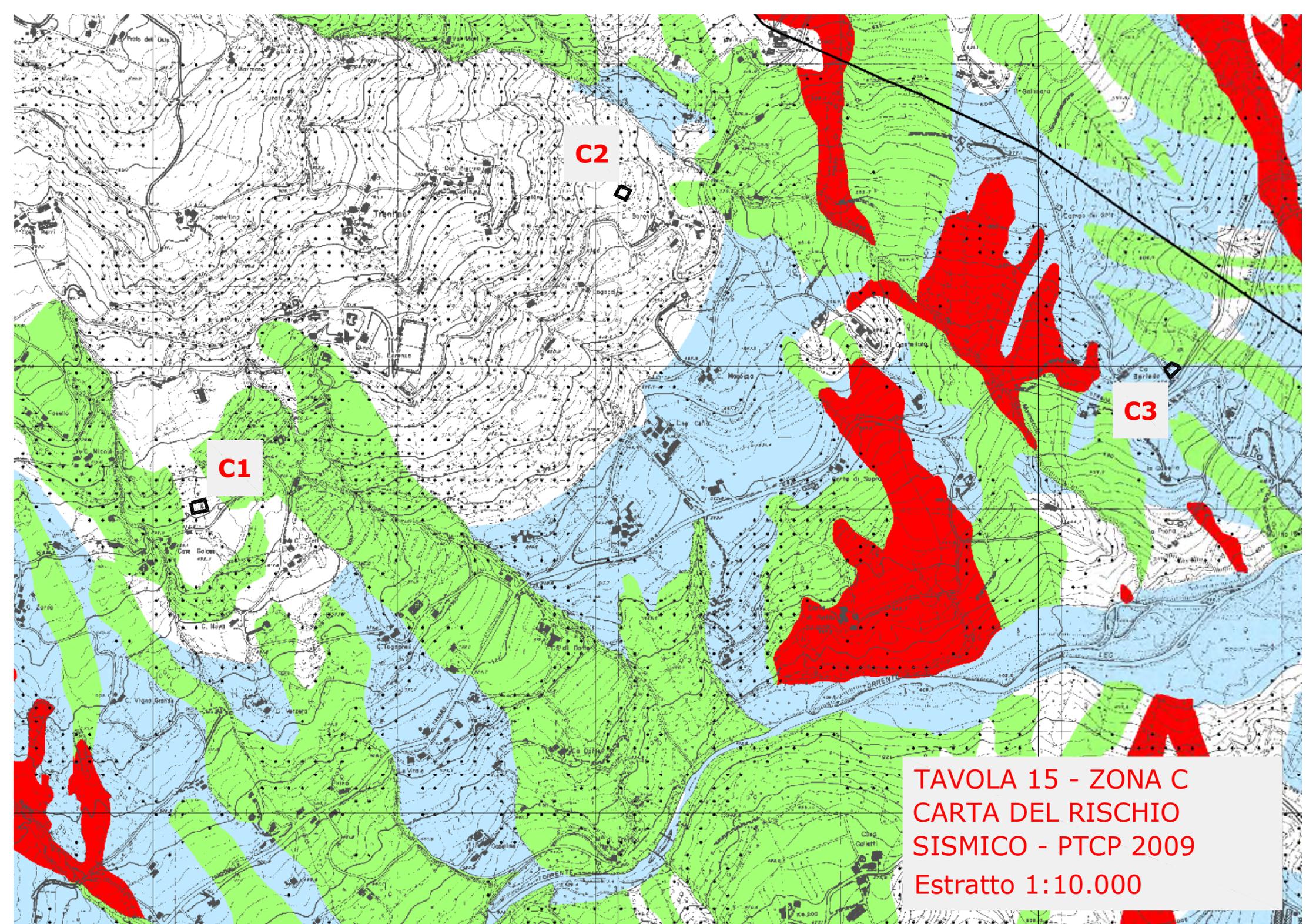
L'Area C2 non risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione

L'Area C3 risulta qui potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

**Le indagini eseguite e l'analisi di dettaglio hanno permesso di verificare la necessità di rivedere in parte questo inquadramento di base.**

| Effetti attesi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di III livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità in condizioni dinamiche o pseudostatiche (nei casi in cui siano ammessi interventi);<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                     |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di III livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico e del grado di stabilità del versante in condizioni dinamiche o pseudostatiche;<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di III livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                                    |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e topografico;<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di II livello; nelle aree prossime ai bordi superiori di scarpate o a quote immediatamente superiori agli ambiti soggetti ad amplificazione per caratteristiche topografiche e nelle zone con accentuato contrasto di pendenza, lo studio di microzonazione sismica deve valutare anche gli effetti della topografia.                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziale liquefazione</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico, del potenziale di liquefazione e dei cedimenti attesi;<br><small>microzonazione sismica*:</small> approfondimenti di II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e potenziali cedimenti</b><br><small>studi*:</small> valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e dei cedimenti attesi;<br><small>microzonazione sismica*:</small> sono ritenuti sufficienti approfondimenti di II livello per la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico e sono richiesti approfondimenti di III livello per la stima degli eventuali cedimenti.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali</b><br><small>studi*:</small> indagini per caratterizzare $V_{S30}$ ; in caso $V_{S30}$ maggiore/uguale di 800 m/s non è richiesta nessuna ulteriore indagine, in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s è richiesta la valutazione del coefficiente di amplificazione litologico;<br><small>microzonazione sismica*:</small> non richiesta nel primo caso, nel secondo caso approfondimenti del II livello.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche</b><br><small>studi*:</small> indagini per caratterizzare $V_{S30}$ e valutazione del coefficiente di amplificazione topografico; in caso $V_{S30}$ maggiore/uguale di 800 m/s è sufficiente la sola valutazione del coefficiente di amplificazione topografico, in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s occorre valutare anche il coefficiente di amplificazione litologico;<br><small>microzonazione sismica*:</small> valutazione degli effetti della topografia, con particolare attenzione nelle aree prossime ai bordi di scarpata, negli ambiti immediatamente superiori ai settori soggetti ad amplificazione topografica, nelle zone con accentuato contrasto di pendenza; in caso $V_{S30}$ minore di 800 m/s valutazione anche del coefficiente di amplificazione litologico. |
| <small>* riferimento:<br/>                     - Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n.112 del 2/5/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16, c.1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", pubblicata sul B.U. della Regione Emilia Romagna n.64 del 17/5/2007.</small> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

Figura 132 – Legenda Carta delle aree suscettibili di effetti locali – PTCP 2009



C1

C2

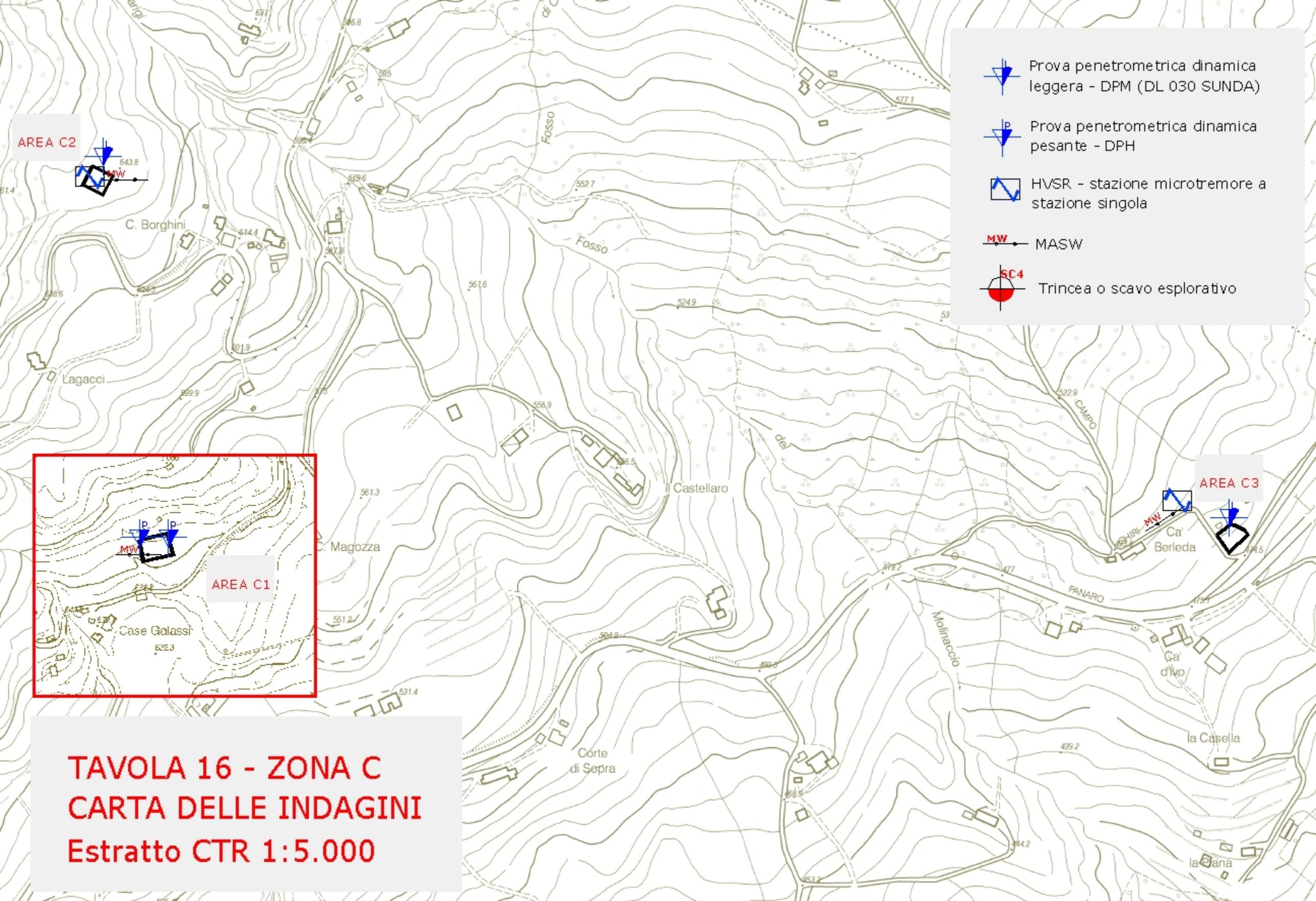
C3

TAVOLA 15 - ZONA C  
CARTA DEL RISCHIO  
SISMICO - PTCP 2009  
Estratto 1:10.000

Un lavoro di questo tipo è sempre per me un'occasione per assemblare le conoscenze maturate sul versante in 30 anni di attività. Per questo motivo ho ritenuto interessante riprendere le prove e i sondaggi effettuati solamente nelle aree con un minimo di pertinenza di questo studio e di cui ho conservato documentazione, raggruppando le prove penetrometriche significative in un unico simbolo per area. Spero che ciò possa servire, oltre che agli approfondimenti di questa analisi, allo sviluppo delle conoscenze in generale e dunque ad una sempre più puntuale definizione dei modelli geotecnici di riferimento.

Per motivi pratici, in questa trattazione non verranno riportate le certificazioni delle indagini da bibliografia, ma vi farò comunque riferimento.

Successivamente, ho proceduto con l'organizzazione di campagna geognostica specifica, finalizzata alla caratterizzazione delle singole aree, anche in ottemperanza alla nuova normativa.



-  Prova penetrometrica dinamica leggera - DPM (DL 030 SUNDA)
-  Prova penetrometrica dinamica pesante - DPH
-  HVSR - stazione microtremore a stazione singola
-  MASW
-  Trincea o scavo esplorativo

AREA C2

AREA C1

AREA C3

**TAVOLA 16 - ZONA C**  
**CARTA DELLE INDAGINI**  
**Estratto CTR 1:5.000**

## 14.1 AREA C1 – MASW E MISURA HVSR

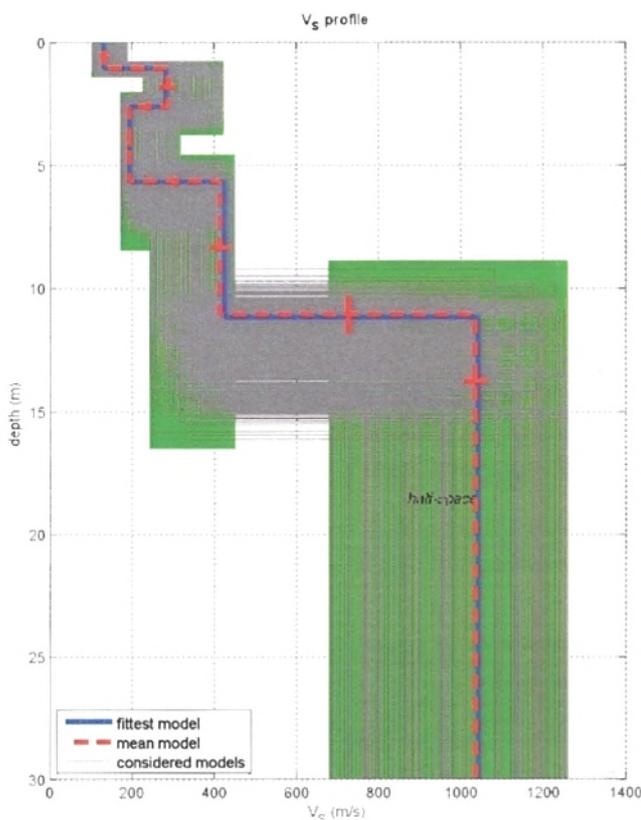


MASW   
 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 

Figura 133 – AREA C1: UBICAZIONE PROVE

Si riportano di seguito le risultanze dell'indagine condotta nel 2011 dal collega Marco Santi Bortolotti .

### 14.1.1 AREA C1 – RISULTATI INDAGINE MASW



|          | Profondità (m) | Spes (m) | Vs m/s |
|----------|----------------|----------|--------|
| Strato 1 | 0.0            | 1.0      | 133    |
| Strato 2 | 1.0            | 2.6      | 287    |
| Strato 3 | 2.6            | 5.6      | 195    |
| Strato 4 | 5.6            | 11.0     | 415    |
| Strato 5 | 11.0           |          | 1033   |

$V_{s30} = 630 \text{ m/s}$  (-3 m da pc)

Dall'analisi della prospezione geofisica eseguita risulta:

- un valore della  $V_{s30}$  di 563 m/s (-1m di profondità)
- la presenza di un substrato rigido di riferimento con  $V_s > 800 \text{ m/s}$  a 11 m di profondità
- la presenza di un contrasto di rigidità intorno agli 11m di profondità

Figure 21 – Zona C Area C1 : Risultati prova MASW

Sulla base di quanto sopra elencato sembra corretto classificare il suolo di fondazione del sito:  
 -suolo di fondazione Categoria E (DM 14/01/2008)

A cui corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s = 1.52$

14.1.2 AREA C1 – PROVE PENETROMETRICHE PESANTI DPH

TABELLA DATI

| Prof.<br>(m) | N°<br>Colpi<br>(n°) | Nspt<br>(n°) | Terreno coesivo |              | Terreno granulare |              | Olandesi<br>Rpd<br>(kg/cmq) | medie         |               |           | N° asta<br>(100 cm) | falda<br>- - - - | descrizione<br>litologica<br>interpretativa                                                                                   | STRATIGRAFIA |
|--------------|---------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
|              |                     |              | Cu<br>(t/mq)    | Ed<br>(t/mq) | φ<br>(°)          | Mo<br>(t/mq) |                             | Nspt<br>medio | Cum<br>(t/mq) | φm<br>(°) |                     |                  |                                                                                                                               |              |
| 0,0          | 0                   |              |                 |              |                   |              | 0,0                         |               |               |           | 1                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 0,2          | 2                   | 2,2          | 4,5             | 133,2        | 20,8              | 157,6        | 15,1                        |               |               |           | 1                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 0,4          | 2                   | 2,2          | 4,5             | 133,2        | 20,8              | 157,6        | 15,1                        |               |               |           | 1                   | -                | Terreno superficiale agrario                                                                                                  |              |
| 0,6          | 2                   | 2,2          | 4,5             | 133,2        | 20,8              | 157,6        | 15,1                        | 3,3           | 6,4           | 21,7      | 1                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 0,8          | 4                   | 4,4          | 8,2             | 266,4        | 22,5              | 315,2        | 27,7                        |               |               |           | 2                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 1,0          | 3                   | 3,3          | 6,1             | 199,8        | 21,7              | 236,4        | 20,8                        |               |               |           | 2                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 1,2          | 5                   | 5,6          | 10,3            | 333,0        | 23,9              | 394,1        | 34,6                        |               |               |           | 2                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 1,4          | 10                  | 11,1         | 20,6            | 666,0        | 27,7              | 788,1        | 69,2                        |               |               |           | 2                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 1,6          | 14                  | 15,5         | 28,9            | 932,4        | 30,1              | 1103,3       | 96,9                        |               |               |           | 2                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 1,8          | 17                  | 18,9         | 32,4            | 1132,2       | 31,1              | 1339,8       | 108,5                       |               |               |           | 3                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 2,0          | 18                  | 20,0         | 34,3            | 1198,8       | 31,5              | 1418,6       | 114,9                       | 14,4          | 17,7          | 27,8      | 3                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 2,2          | 14                  | 15,5         | 26,6            | 932,4        | 30,1              | 1103,3       | 89,3                        |               |               |           | 3                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 2,4          | 12                  | 13,3         | 22,7            | 799,2        | 29,4              | 945,7        | 76,6                        |               |               |           | 3                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 2,6          | 10                  | 11,1         | 18,9            | 666,0        | 27,7              | 788,1        | 63,8                        |               |               |           | 3                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 2,8          | 9                   | 10,0         | 15,7            | 599,4        | 27,4              | 709,3        | 53,3                        |               |               |           | 4                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 3,0          | 6                   | 6,7          | 10,4            | 399,6        | 25,3              | 472,9        | 35,5                        |               |               |           | 4                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 3,2          | 4                   | 4,4          | 6,8             | 266,4        | 22,5              | 315,2        | 23,7                        |               |               |           | 4                   | -                | Terreni di copertura di disfacimento generalmente fine da mediamente compatti a molto compatti con clasti di varie dimensioni |              |
| 3,4          | 4                   | 4,4          | 6,8             | 266,4        | 22,5              | 315,2        | 23,7                        | 6,1           | 9,2           | 24,4      | 4                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 3,6          | 5                   | 5,6          | 8,5             | 333,0        | 23,9              | 394,1        | 29,6                        |               |               |           | 4                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 3,8          | 7                   | 7,8          | 11,2            | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 38,6                        |               |               |           | 5                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 4,0          | 7                   | 7,8          | 11,2            | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 38,6                        |               |               |           | 5                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 4,2          | 28                  | 31,1         | 46,0            | 1864,8       | 35,5              | 2206,7       | 154,5                       |               |               |           | 5                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 4,4          | 13                  | 14,4         | 21,1            | 865,8        | 29,8              | 1024,5       | 71,8                        |               |               |           | 5                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 4,6          | 14                  | 15,5         | 22,7            | 932,4        | 30,1              | 1103,3       | 77,3                        |               |               |           | 5                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 4,8          | 11                  | 12,2         | 16,6            | 732,6        | 28,6              | 866,9        | 56,9                        |               |               |           | 6                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 5,0          | 14                  | 15,5         | 21,2            | 932,4        | 30,1              | 1103,3       | 72,4                        |               |               |           | 6                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 5,2          | 9                   | 10,0         | 13,5            | 599,4        | 27,4              | 709,3        | 46,5                        |               |               |           | 6                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 5,4          | 8                   | 8,9          | 11,9            | 532,8        | 26,5              | 630,5        | 41,4                        | 10,8          | 14,6          | 27,7      | 6                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 5,6          | 7                   | 7,8          | 10,3            | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 36,2                        |               |               |           | 6                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 5,8          | 6                   | 6,7          | 8,2             | 399,6        | 25,3              | 472,9        | 29,2                        |               |               |           | 7                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 6,0          | 7                   | 7,8          | 9,6             | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 34,0                        |               |               |           | 7                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 6,2          | 11                  | 12,2         | 15,5            | 732,6        | 28,6              | 866,9        | 53,5                        |               |               |           | 7                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 6,4          | 7                   | 7,8          | 9,6             | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 34,0                        |               |               |           | 7                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 6,6          | 22                  | 24,4         | 31,5            | 1465,2       | 33,7              | 1733,8       | 107,0                       |               |               |           | 7                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 6,8          | 16                  | 17,8         | 21,4            | 1065,6       | 30,8              | 1261,0       | 73,4                        |               |               |           | 8                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 7,0          | 10                  | 11,1         | 13,1            | 666,0        | 27,7              | 788,1        | 45,9                        |               |               |           | 8                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 7,2          | 14                  | 15,5         | 18,6            | 932,4        | 30,1              | 1103,3       | 64,2                        |               |               |           | 8                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 7,4          | 11                  | 12,2         | 14,4            | 732,6        | 28,6              | 866,9        | 50,5                        |               |               |           | 8                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 7,6          | 13                  | 14,4         | 17,2            | 865,8        | 29,8              | 1024,5       | 59,7                        | 16,6          | 19,0          | 30,4      | 8                   | -                | Substrato alterato marnoso-arenaceo                                                                                           |              |
| 7,8          | 12                  | 13,3         | 14,9            | 799,2        | 29,4              | 945,7        | 52,1                        |               |               |           | 9                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 8,0          | 17                  | 18,9         | 21,4            | 1132,2       | 31,1              | 1339,8       | 73,9                        |               |               |           | 9                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 8,2          | 13                  | 14,4         | 16,2            | 865,8        | 29,8              | 1024,5       | 56,5                        |               |               |           | 9                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 8,4          | 16                  | 17,8         | 20,1            | 1065,6       | 30,8              | 1261,0       | 69,5                        |               |               |           | 9                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 8,6          | 16                  | 17,8         | 20,0            | 1065,6       | 30,8              | 1261,0       | 69,5                        |               |               |           | 9                   | -                |                                                                                                                               |              |
| 8,8          | 18                  | 20,0         | 21,4            | 1198,8       | 31,5              | 1418,6       | 74,3                        |               |               |           | 10                  | -                |                                                                                                                               |              |
| 9,0          | 11                  | 12,2         | 12,8            | 732,6        | 28,6              | 866,9        | 45,4                        |               |               |           | 10                  | -                |                                                                                                                               |              |
| 9,2          | 15                  | 16,7         | 17,7            | 999,0        | 30,5              | 1182,2       | 61,9                        |               |               |           | 10                  | -                |                                                                                                                               |              |
| 9,4          | 20                  | 22,2         | 23,9            | 1332,0       | 33,1              | 1576,2       | 82,5                        |               |               |           | 10                  | -                |                                                                                                                               |              |

Tabella 31 – Area C1 Prova DPH1 (ovest) Dati

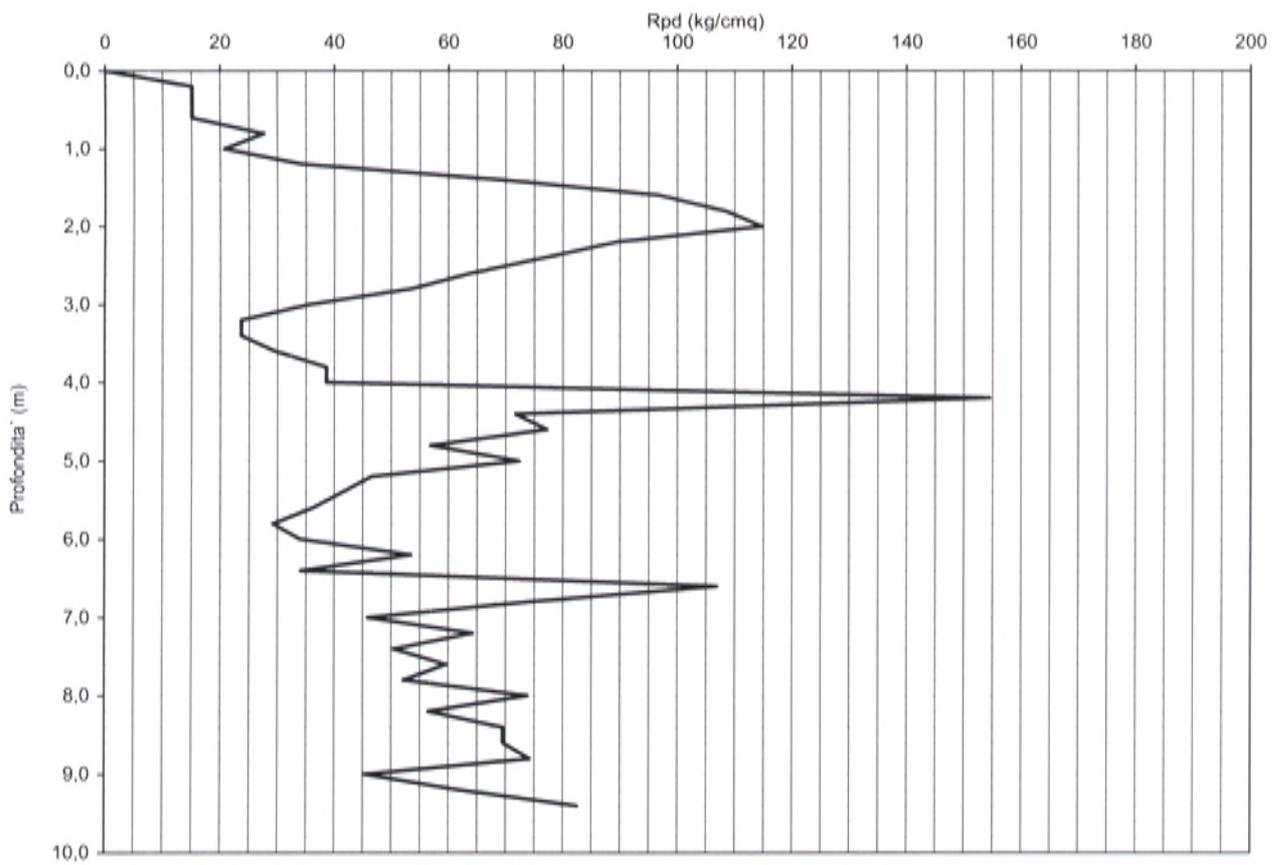
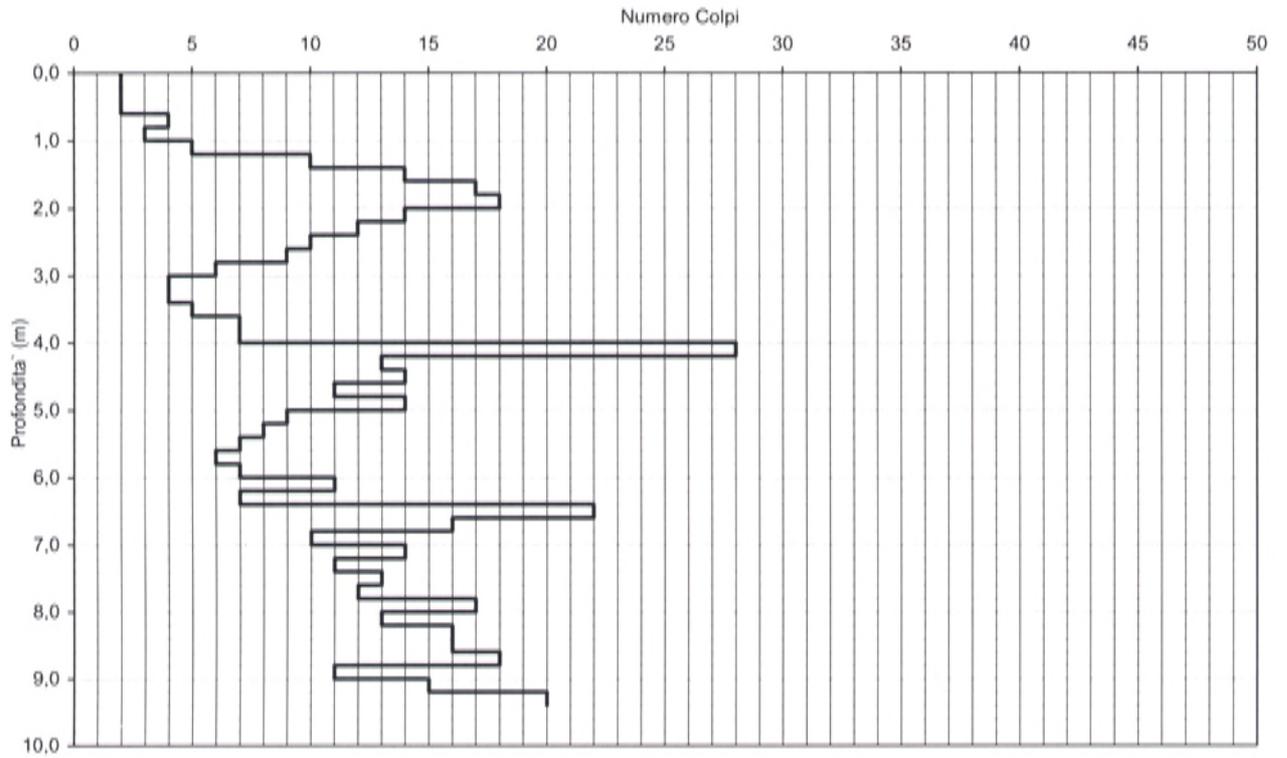


Figura 134 – Area C1 Prova DPH1 (ovest) Grafico

TABELLA DATI

| Prof.<br>(m) | N°<br>Colpi<br>(n°) | Nspt<br>(n°) | Terreno coesivo |              | Terreno granulare |              | Olandesi<br>Rpd<br>(kg/cmq) | medie         |               |           | N° asta<br>(100 cm) | falda<br>≡ ≡ ≡ | descrizione<br>litologica<br>interpretativa | STRATIGRAFIA |
|--------------|---------------------|--------------|-----------------|--------------|-------------------|--------------|-----------------------------|---------------|---------------|-----------|---------------------|----------------|---------------------------------------------|--------------|
|              |                     |              | Cu<br>(t/mq)    | Ed<br>(t/mq) | φ<br>(°)          | Mo<br>(t/mq) |                             | Nspt<br>medio | Cum<br>(t/mq) | φm<br>(°) |                     |                |                                             |              |
| 0,0          | 0                   |              |                 |              |                   |              | 0,0                         |               |               |           | 1                   | -              | Terreno superficiale<br>agrario             |              |
| 0,2          | 2                   | 2,2          | 4,5             | 133,2        | 20,8              | 157,6        | 15,1                        |               |               |           | 1                   | -              |                                             |              |
| 0,4          | 3                   | 3,3          | 6,8             | 199,8        | 21,7              | 236,4        | 22,7                        |               |               |           | 1                   | -              |                                             |              |
| 0,6          | 3                   | 3,3          | 6,7             | 199,8        | 21,7              | 236,4        | 22,7                        | 4,9           | 9,4           | 23,3      | 1                   | -              |                                             |              |
| 0,8          | 7                   | 7,8          | 14,5            | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 48,5                        |               |               |           | 2                   | -              |                                             |              |
| 1,0          | 7                   | 7,8          | 14,4            | 466,2        | 26,2              | 551,7        | 48,5                        |               |               |           | 2                   | -              |                                             |              |
| 1,2          | 28                  | 31,1         | 58,0            | 1864,8       | 35,5              | 2206,7       | 193,8                       |               |               |           | 2                   | -              |                                             |              |
| 1,4          | 24                  | 26,6         | 49,7            | 1598,4       | 34,3              | 1891,4       | 166,1                       | 25,2          | 46,9          | 33,6      | 2                   | -              |                                             |              |
| 1,6          | 16                  | 17,8         | 33,1            | 1065,6       | 30,8              | 1261,0       | 110,8                       |               |               |           | 2                   | -              |                                             |              |
| 1,8          | 8                   | 8,9          | 15,1            | 532,8        | 26,5              | 630,5        | 51,1                        |               |               |           | 3                   | -              |                                             |              |
| 2,0          | 6                   | 6,7          | 11,3            | 399,6        | 25,3              | 472,9        | 38,3                        | 7,8           | 13,2          | 25,9      | 3                   | -              |                                             |              |
| 2,2          | 80                  | 88,8         | 152,9           | 5328,0       | 45,5              | 6304,8       | 510,5                       |               |               |           | 3                   | -              | Livello litode                              |              |

Tabella 32 – Area C1 Prova DPH2 (est) Dati

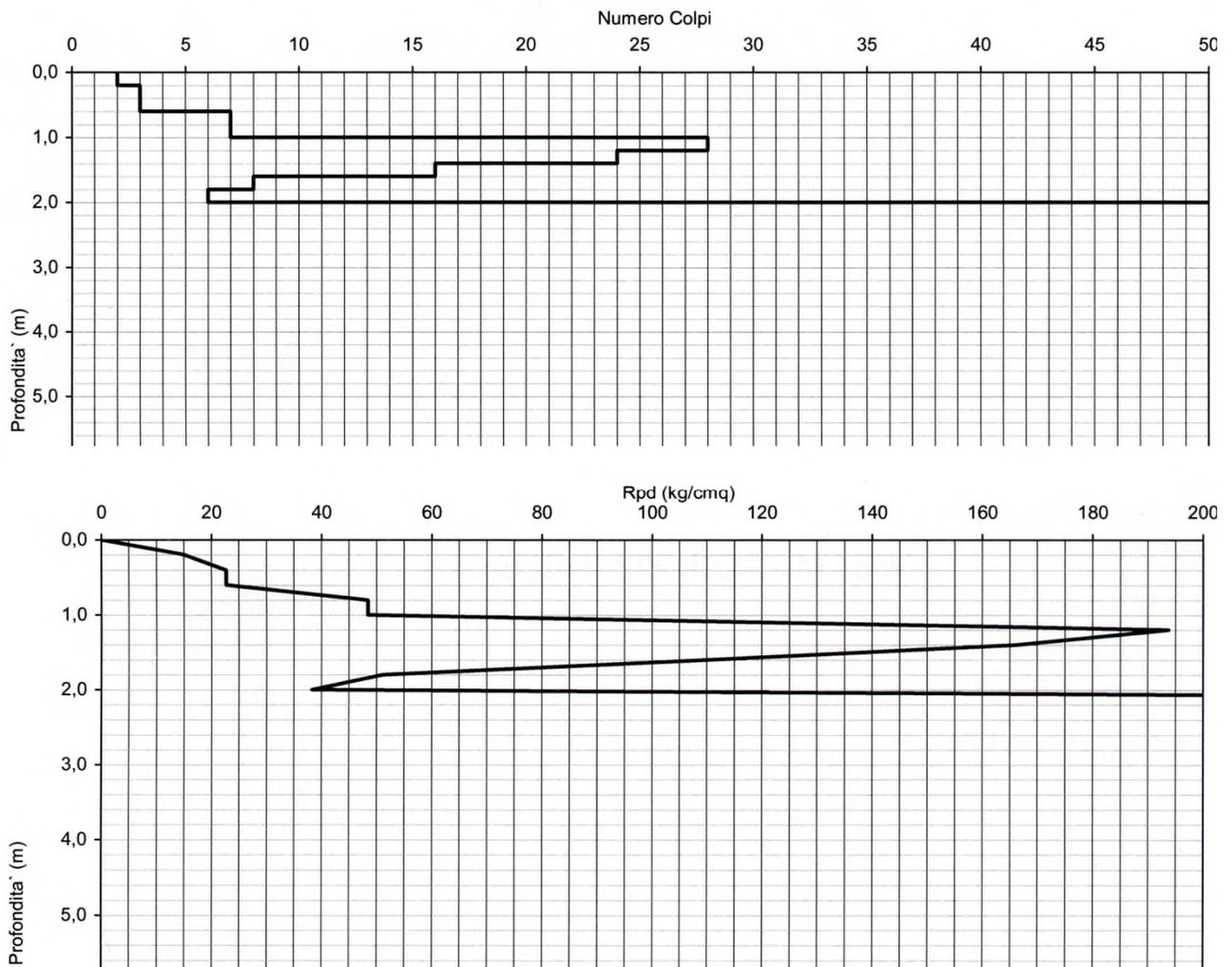


Figura 135 – Area C1 Prova DPH2 (est) Grafico

## 14.2 AREA C2 – MASW E MISURA HVSR



MASW 

HVSR 

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 

Figura 136 – AREA C2: UBICAZIONE PROVE e MISURE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_C2 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | 424                    | B               | 44°14'25,23' | 10°49'38,69'' |

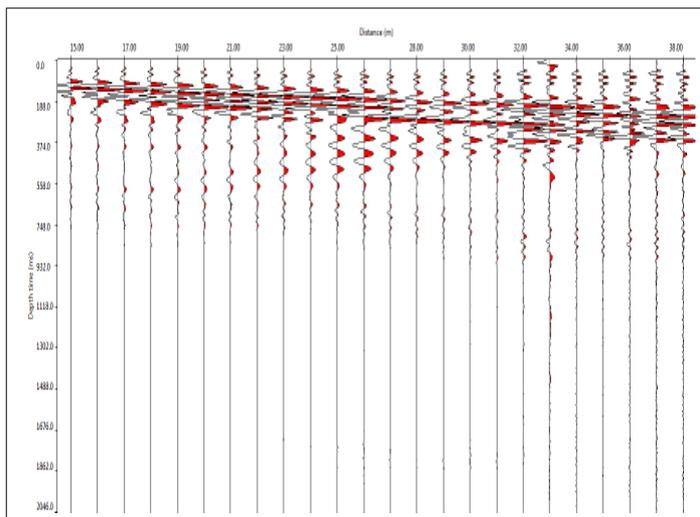


Figura 137 – PIAZZAMENTO MASW MW\_C2

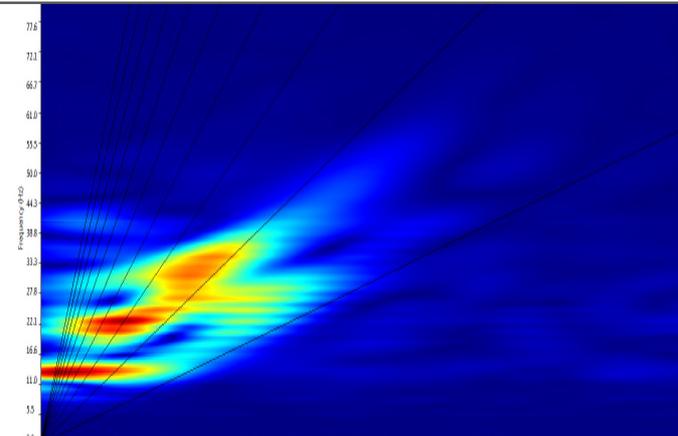
Figura 138 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_C2



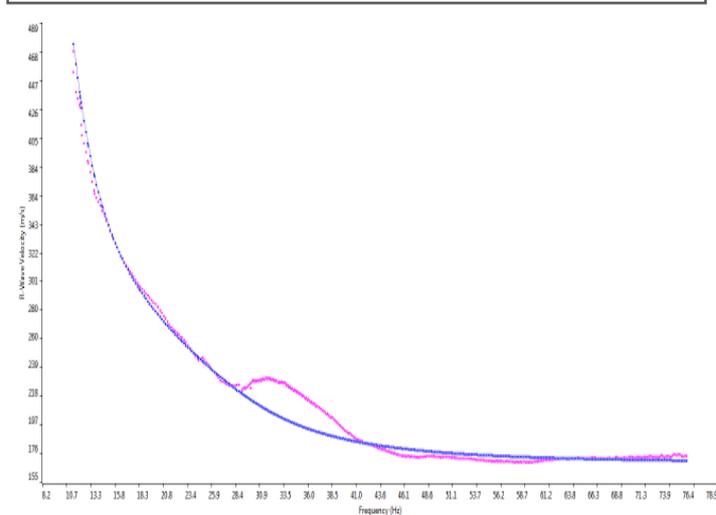
14.2.1 AREA C2 – RISULTATI INDAGINE MASW



SISMOGRAMMA NEL DOMINIO SPAZIO/TEMPO



SPETTRO FK – RAPPRESENTAZIONE DEL SISMOGRAMMA NEL DOMINIO NUMERO D'ONDA-FREQUENZA



SOVRAPPOSIZIONE CURVA DI DISPERSIONE CALCOLATA/CURVA TEORICA RAPPRESENTATA NEL DOMINIO FREQUENZA/VELOCITÀ

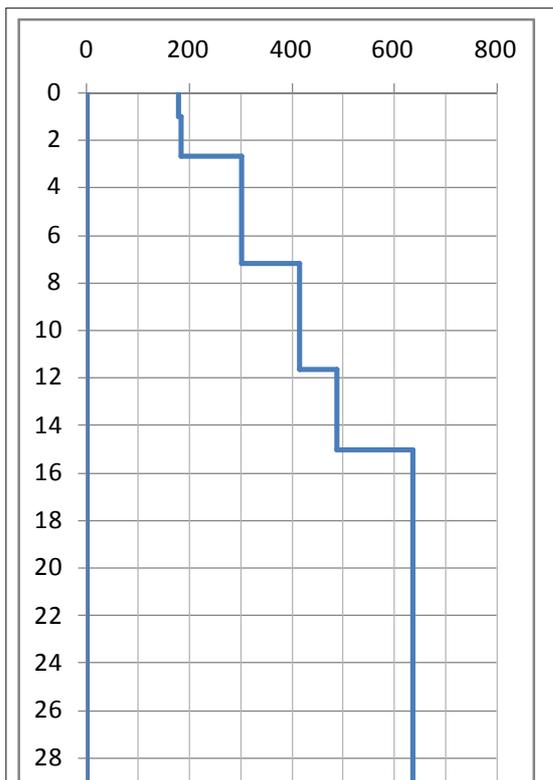


GRAFICO VELOCITÀ/PROFONDITÀ ONDE DI TAGLIO Vs

**Risultati Elaborazione MW C2**

| Strato  | profondità |       | Spessore | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|----------|------------|
|         | da         | a     |          |            |
| Strato1 | 0,0        | 1.01  | 1.01     | <b>179</b> |
| Strato2 | 1.01       | 2.56  | 1.64     | <b>183</b> |
| Strato3 | 2.56       | 7.17  | 4.52     | <b>301</b> |
| Strato4 | 7.17       | 11.62 | 4.45     | <b>416</b> |
| Strato5 | 11.62      | 15.02 | 3.40     | <b>487</b> |
| Strato6 | 15.02      | 30.00 | 14.98    | <b>637</b> |
|         |            |       |          |            |

**Vs<sub>30</sub> = 424 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s*)

Figure 22 – Zona C Area C2 : Risultati prova MASW MW\_C2

## 14.2.2 AREA C2 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 16:50:46 End recording: 13/03/14 17:10:47

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

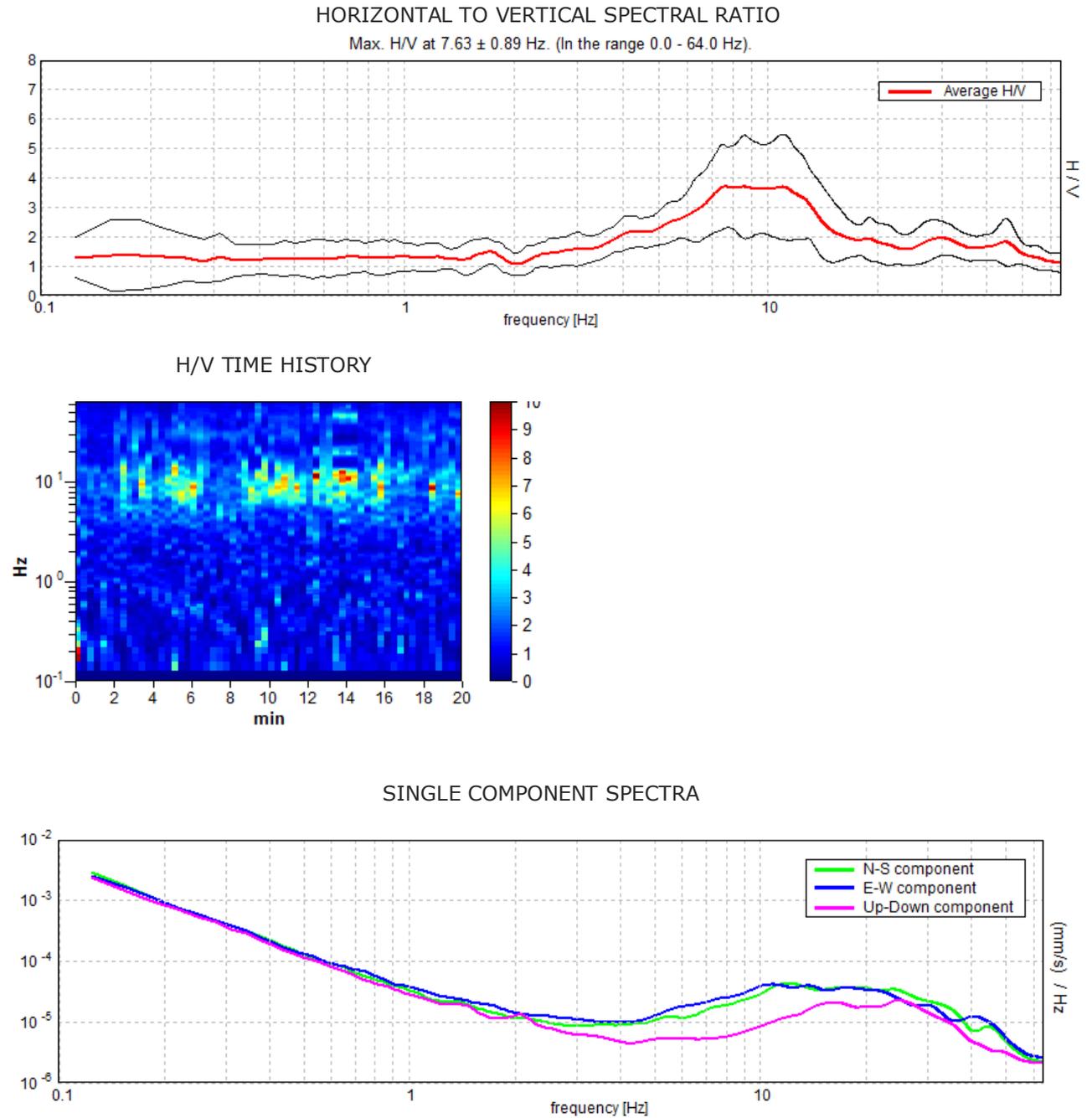


Figure 23 – Zona C Area C2 : Risultati MISURA HVSR\_C2

Max. H/V at 7.63 ± 0.89 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                             |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 7.63 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 9150.0 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 367 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                              |                   |    |    |
|--------------------------------------------------------------|-------------------|----|----|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$      | 3.688 Hz          | OK |    |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]   A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$       | 19.656 Hz         | OK |    |
| $A_0 > 2$                                                    | 3.70 > 2          | OK |    |
| $f_{\text{peak}} [A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.0579  < 0.05$ |    | NO |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                | 0.44146 < 0.38125 |    | NO |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                                | 0.6951 < 1.58     | OK |    |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

| Threshold values for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$ |            |           |            |            |            |
|-----------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| Freq. range [Hz]                                    | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                             | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$                   | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$     | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce **1)** definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce **2)** dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 14.2.3 AREA C2 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 2.80 mt  
 Falda non rilevata



Figura 139 - Zona C Area C2 Punto di prova DL1 - Ubicazione in Figura

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 1         | 0.855                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.30           | 1         | 0.853                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.40           | 1         | 0.851                              | 2.84                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.50           | 1         | 0.849                              | 2.83                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.60           | 3         | 0.847                              | 8.49                                        | 10.02                               | 0.42                                                                       | 0.50                                                         |
| 0.70           | 4         | 0.845                              | 11.29                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.80           | 4         | 0.843                              | 11.27                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.90           | 6         | 0.842                              | 16.00                                       | 19.01                               | 0.80                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.00           | 6         | 0.840                              | 15.97                                       | 19.01                               | 0.80                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.10           | 4         | 0.838                              | 10.62                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.20           | 4         | 0.836                              | 10.60                                       | 12.68                               | 0.53                                                                       | 0.63                                                         |
| 1.30           | 5         | 0.835                              | 13.22                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.40           | 10        | 0.833                              | 26.39                                       | 31.69                               | 1.32                                                                       | 1.58                                                         |
| 1.50           | 39        | 0.631                              | 78.01                                       | 123.59                              | 3.90                                                                       | 6.18                                                         |
| 1.60           | 29        | 0.730                              | 67.05                                       | 91.90                               | 3.35                                                                       | 4.60                                                         |
| 1.70           | 19        | 0.778                              | 46.84                                       | 60.21                               | 2.34                                                                       | 3.01                                                         |
| 1.80           | 32        | 0.676                              | 68.59                                       | 101.41                              | 3.43                                                                       | 5.07                                                         |
| 1.90           | 23        | 0.725                              | 50.26                                       | 69.35                               | 2.51                                                                       | 3.47                                                         |
| 2.00           | 41        | 0.623                              | 77.04                                       | 123.62                              | 3.85                                                                       | 6.18                                                         |
| 2.10           | 72        | 0.622                              | 134.95                                      | 217.09                              | 6.75                                                                       | 10.85                                                        |
| 2.20           | 72        | 0.620                              | 134.62                                      | 217.09                              | 6.73                                                                       | 10.85                                                        |
| 2.30           | 87        | 0.619                              | 162.27                                      | 262.31                              | 8.11                                                                       | 13.12                                                        |
| 2.40           | 61        | 0.617                              | 113.50                                      | 183.92                              | 5.68                                                                       | 9.20                                                         |
| 2.50           | 27        | 0.716                              | 58.26                                       | 81.41                               | 2.91                                                                       | 4.07                                                         |
| 2.60           | 48        | 0.614                              | 88.90                                       | 144.72                              | 4.44                                                                       | 7.24                                                         |
| 2.70           | 60        | 0.613                              | 110.86                                      | 180.90                              | 5.54                                                                       | 9.05                                                         |
| 2.80           | 70        | 0.611                              | 129.04                                      | 211.06                              | 6.45                                                                       | 10.55                                                        |

Tabella 33 - Area C2 Prova DL1 Dati

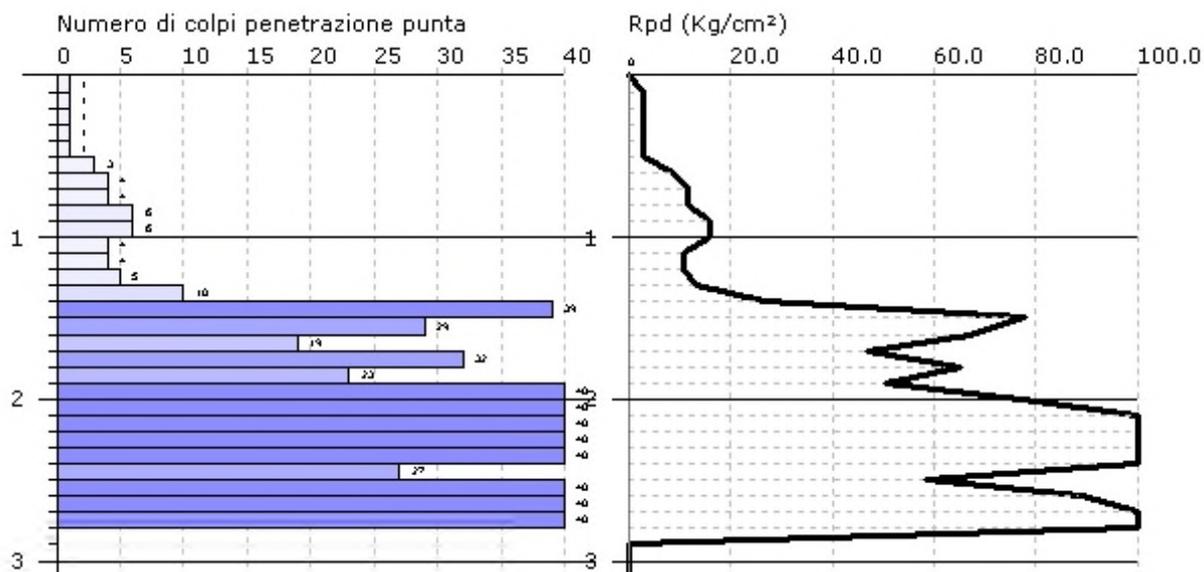


Figura 140 - Area C2 Prova DL1 Grafico

### 14.3 AREA C3 – MASW E MISURA HVSR



Figura 141 – AREA C3: UBICAZIONE PROVE

| Nome  | Num Geofoni | Spaziatura geofoni | Lunghezza stesa | Distanza shot | Lunghezza totale | Vs <sub>30</sub> m/sec | Categoria suolo | Ubicazione   |               |
|-------|-------------|--------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------------|-----------------|--------------|---------------|
|       |             |                    |                 |               |                  |                        |                 | Latitudine N | Longitudine E |
| MW_C3 | 24          | 1,0                | 23              | 15            | 38               | <b>457</b>             | <b>B</b>        | 44°14'12,68" | 10°50'33,90"  |

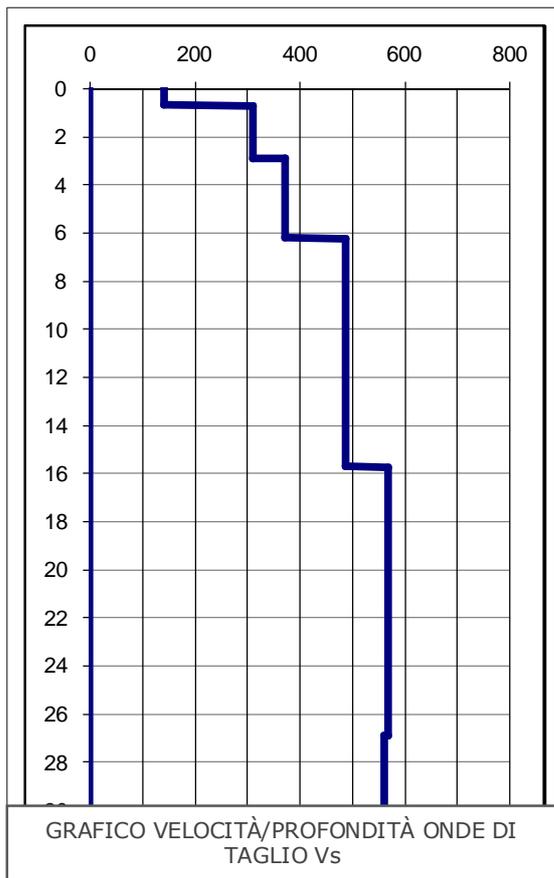
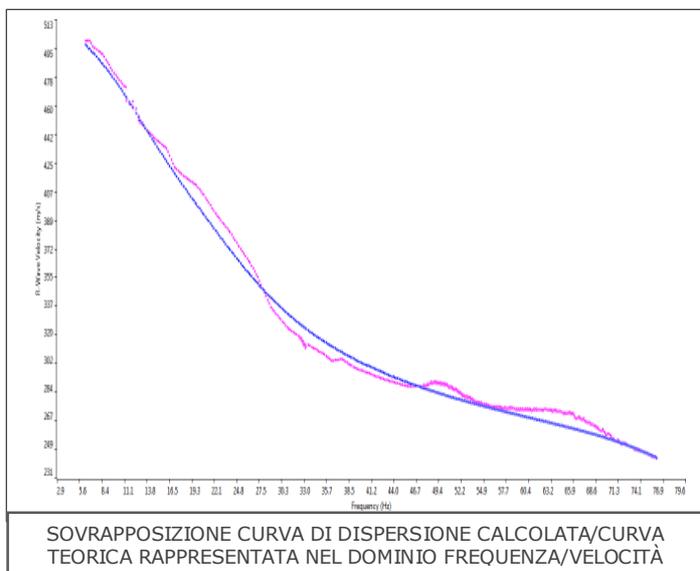
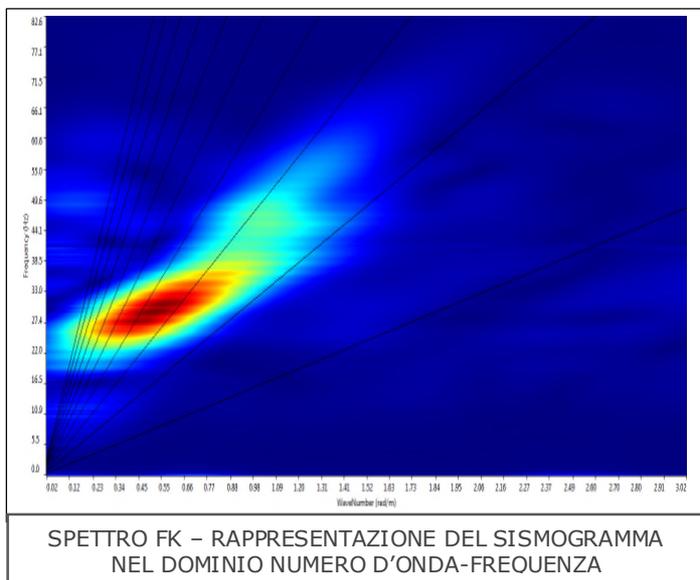
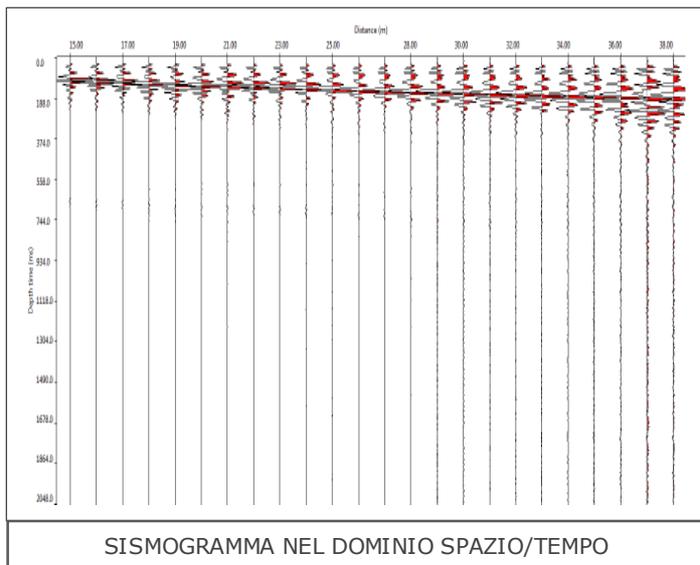


Figura 142 – PIAZZAMENTO MASW MW\_C3

Figura 143 – PIAZZAMENTO MISURA HVSR\_C3



14.3.1 AREA C3 – RISULTATI INDAGINE MASW



**Risultati Elaborazione MW\_C3**

| Strato  | profondità |       | Spessor e m | Vel. m/sec |
|---------|------------|-------|-------------|------------|
|         | da         | a     |             |            |
| Strato1 | 0,0        | 0.70  | 0.70        | <b>142</b> |
| Strato2 | 0.70       | 2.90  | 2.20        | <b>310</b> |
| Strato3 | 2.90       | 6.22  | 3.32        | <b>371</b> |
| Strato4 | 6.22       | 15.72 | 9.50        | <b>488</b> |
| Strato5 | 15.72      | 26.90 | 11.18       | <b>569</b> |
| Strato6 | 26.90      | 30.00 | 3.10        | <b>562</b> |

**Vs<sub>30</sub> = 457 m/sec**

Che corrisponde alla categoria del suolo di fondazione di tipo **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs<sub>30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s)

Figure 24 – Zona C Area C3 : Risultati prova MASW MW\_C3

### 14.3.2 AREA C3 – RISULTATI MISURA HVSR

Instrument: TRZ-0099/01-10

Start recording: 13/03/14 17:41:30 End recording: 13/03/14 18:01:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

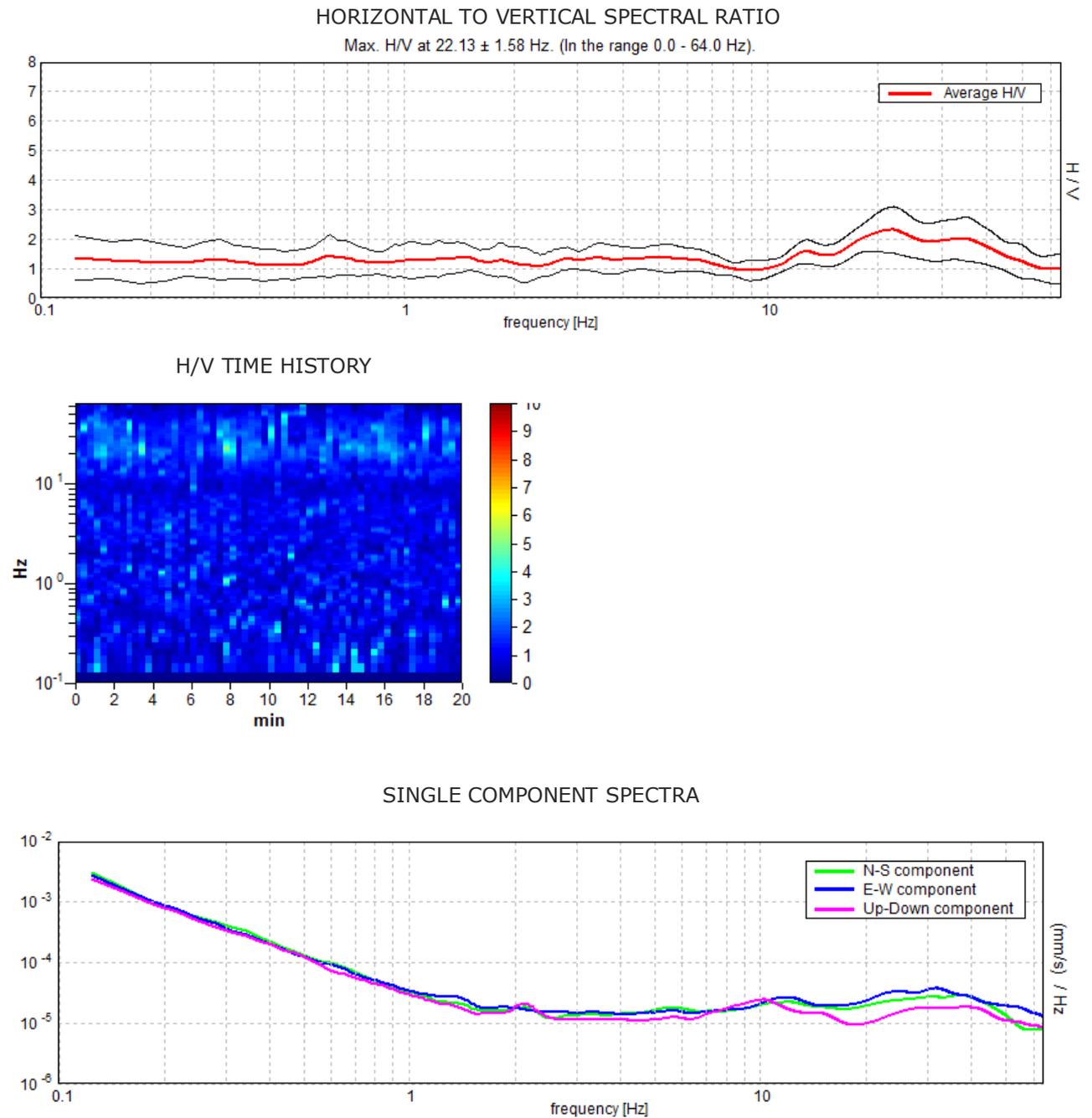


Figure 25 – Zona C Area C3 : Risultati misura HVSR

Max. H/V at 22.13 ± 1.58 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).

**Criteria for a reliable H/V curve**  
[All 3 should be fulfilled]

|                                                                                                                                        |                              |    |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----|--|
| $f_0 > 10 / L_w$                                                                                                                       | 22.13 > 0.50                 | OK |  |
| $n_c(f_0) > 200$                                                                                                                       | 26550.0 > 200                | OK |  |
| $\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$<br>$\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$ | Exceeded 0 out of 1063 times | OK |  |

**Criteria for a clear H/V peak**  
[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

|                                                             |                    |    |  |
|-------------------------------------------------------------|--------------------|----|--|
| Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$   | 10.938 Hz          | OK |  |
| Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$    | 51.719 Hz          | OK |  |
| $A_0 > 2$                                                   | 2.31 > 2           | OK |  |
| $f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ | $ 0.03535  < 0.05$ | OK |  |
| $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                               | 0.78213 < 1.10625  | OK |  |
| $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$                               | 0.3926 < 1.58      | OK |  |

|                        |                                                                                                                                       |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $L_w$                  | window length                                                                                                                         |
| $n_w$                  | number of windows used in the analysis                                                                                                |
| $n_c = L_w n_w f_0$    | number of significant cycles                                                                                                          |
| $f$                    | current frequency                                                                                                                     |
| $f_0$                  | H/V peak frequency                                                                                                                    |
| $\sigma_f$             | standard deviation of H/V peak frequency                                                                                              |
| $\varepsilon(f_0)$     | threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$                                                             |
| $A_0$                  | H/V peak amplitude at frequency $f_0$                                                                                                 |
| $A_{H/V}(f)$           | H/V curve amplitude at frequency $f$                                                                                                  |
| $f^-$                  | frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$                                                                  |
| $f^+$                  | frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$                                                                   |
| $\sigma_A(f)$          | standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided |
| $\sigma_{\log H/V}(f)$ | standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve                                                                                         |
| $\theta(f_0)$          | threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$                                                               |

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

| Freq. range [Hz]                                | < 0.2      | 0.2 – 0.5 | 0.5 – 1.0  | 1.0 – 2.0  | > 2.0      |
|-------------------------------------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|
| $\varepsilon(f_0)$ [Hz]                         | 0.25 $f_0$ | 0.2 $f_0$ | 0.15 $f_0$ | 0.10 $f_0$ | 0.05 $f_0$ |
| $\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$               | 3.0        | 2.5       | 2.0        | 1.78       | 1.58       |
| $\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$ | 0.48       | 0.40      | 0.30       | 0.25       | 0.20       |

- ✓ i primi 3 criteri della voce **1)** definiscono se la registrazione è stata condotta x un tempo sufficientemente lungo rispetto alla frequenza del picco
- ✓ i secondi 6 criteri della voce **2)** dovrebbero stabilire se il picco è significativo dal punto statistico; è consigliato che ne siano soddisfatti il più possibile ma non necessariamente lo devono essere tutti.

### 14.3.3 AREA C3 - PROVA DPL

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 31/03/2014  
 Profondità prova 5.10 mt  
 Falda non rilevata



Figura 144 – Zona C Area C3 Punto di prova DL1 – Ubicazione in Figura

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

| Profondità (m) | Nr. Colpi | Calcolo coeff. riduzione sonda Chi | Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|----------------|-----------|------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 0.10           | 1         | 0.857                              | 2.86                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.20           | 1         | 0.855                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.30           | 1         | 0.853                              | 2.85                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.40           | 1         | 0.851                              | 2.84                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.50           | 1         | 0.849                              | 2.83                                        | 3.34                                | 0.14                                                                       | 0.17                                                         |
| 0.60           | 5         | 0.847                              | 14.14                                       | 16.70                               | 0.71                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.70           | 4         | 0.845                              | 11.29                                       | 13.36                               | 0.56                                                                       | 0.67                                                         |
| 0.80           | 5         | 0.843                              | 14.08                                       | 16.70                               | 0.70                                                                       | 0.83                                                         |
| 0.90           | 10        | 0.842                              | 26.67                                       | 31.69                               | 1.33                                                                       | 1.58                                                         |
| 1.00           | 29        | 0.740                              | 67.98                                       | 91.90                               | 3.40                                                                       | 4.60                                                         |
| 1.10           | 16        | 0.788                              | 39.95                                       | 50.70                               | 2.00                                                                       | 2.54                                                         |
| 1.20           | 5         | 0.836                              | 13.25                                       | 15.85                               | 0.66                                                                       | 0.79                                                         |
| 1.30           | 9         | 0.835                              | 23.80                                       | 28.52                               | 1.19                                                                       | 1.43                                                         |
| 1.40           | 6         | 0.833                              | 15.84                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.50           | 13        | 0.781                              | 32.18                                       | 41.20                               | 1.61                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.60           | 6         | 0.830                              | 15.77                                       | 19.01                               | 0.79                                                                       | 0.95                                                         |
| 1.70           | 13        | 0.778                              | 32.05                                       | 41.20                               | 1.60                                                                       | 2.06                                                         |
| 1.80           | 17        | 0.776                              | 41.82                                       | 53.87                               | 2.09                                                                       | 2.69                                                         |
| 1.90           | 15        | 0.775                              | 35.04                                       | 45.23                               | 1.75                                                                       | 2.26                                                         |
| 2.00           | 10        | 0.823                              | 24.82                                       | 30.15                               | 1.24                                                                       | 1.51                                                         |
| 2.10           | 9         | 0.822                              | 22.30                                       | 27.14                               | 1.11                                                                       | 1.36                                                         |
| 2.20           | 9         | 0.820                              | 22.25                                       | 27.14                               | 1.11                                                                       | 1.36                                                         |
| 2.30           | 9         | 0.819                              | 22.21                                       | 27.14                               | 1.11                                                                       | 1.36                                                         |
| 2.40           | 10        | 0.817                              | 24.64                                       | 30.15                               | 1.23                                                                       | 1.51                                                         |
| 2.50           | 15        | 0.766                              | 34.63                                       | 45.23                               | 1.73                                                                       | 2.26                                                         |
| 2.60           | 20        | 0.764                              | 46.09                                       | 60.30                               | 2.30                                                                       | 3.02                                                         |
| 2.70           | 20        | 0.763                              | 46.00                                       | 60.30                               | 2.30                                                                       | 3.02                                                         |
| 2.80           | 12        | 0.811                              | 29.36                                       | 36.18                               | 1.47                                                                       | 1.81                                                         |
| 2.90           | 10        | 0.810                              | 23.29                                       | 28.75                               | 1.16                                                                       | 1.44                                                         |
| 3.00           | 20        | 0.759                              | 43.63                                       | 57.51                               | 2.18                                                                       | 2.88                                                         |
| 3.10           | 13        | 0.757                              | 28.31                                       | 37.38                               | 1.42                                                                       | 1.87                                                         |
| 3.20           | 11        | 0.806                              | 25.49                                       | 31.63                               | 1.27                                                                       | 1.58                                                         |
| 3.30           | 10        | 0.805                              | 23.14                                       | 28.75                               | 1.16                                                                       | 1.44                                                         |
| 3.40           | 11        | 0.803                              | 25.41                                       | 31.63                               | 1.27                                                                       | 1.58                                                         |
| 3.50           | 28        | 0.702                              | 56.53                                       | 80.51                               | 2.83                                                                       | 4.03                                                         |
| 3.60           | 34        | 0.651                              | 63.63                                       | 97.76                               | 3.18                                                                       | 4.89                                                         |
| 3.70           | 19        | 0.750                              | 40.95                                       | 54.63                               | 2.05                                                                       | 2.73                                                         |
| 3.80           | 19        | 0.748                              | 40.89                                       | 54.63                               | 2.04                                                                       | 2.73                                                         |
| 3.90           | 18        | 0.747                              | 36.96                                       | 49.47                               | 1.85                                                                       | 2.47                                                         |
| 4.00           | 17        | 0.746                              | 34.85                                       | 46.72                               | 1.74                                                                       | 2.34                                                         |
| 4.10           | 18        | 0.745                              | 36.84                                       | 49.47                               | 1.84                                                                       | 2.47                                                         |
| 4.20           | 15        | 0.744                              | 30.66                                       | 41.22                               | 1.53                                                                       | 2.06                                                         |
| 4.30           | 14        | 0.743                              | 28.57                                       | 38.47                               | 1.43                                                                       | 1.92                                                         |
| 4.40           | 14        | 0.741                              | 28.53                                       | 38.47                               | 1.43                                                                       | 1.92                                                         |
| 4.50           | 18        | 0.740                              | 36.62                                       | 49.47                               | 1.83                                                                       | 2.47                                                         |
| 4.60           | 15        | 0.739                              | 30.47                                       | 41.22                               | 1.52                                                                       | 2.06                                                         |
| 4.70           | 14        | 0.738                              | 28.40                                       | 38.47                               | 1.42                                                                       | 1.92                                                         |
| 4.80           | 15        | 0.737                              | 30.38                                       | 41.22                               | 1.52                                                                       | 2.06                                                         |
| 4.90           | 14        | 0.736                              | 27.12                                       | 36.84                               | 1.36                                                                       | 1.84                                                         |
| 5.00           | 14        | 0.735                              | 27.08                                       | 36.84                               | 1.35                                                                       | 1.84                                                         |
| 5.10           | 70        | 0.584                              | 107.58                                      | 184.21                              | 5.38                                                                       | 9.21                                                         |

Tabella 34 – Area C3 Prova DL1 Dati

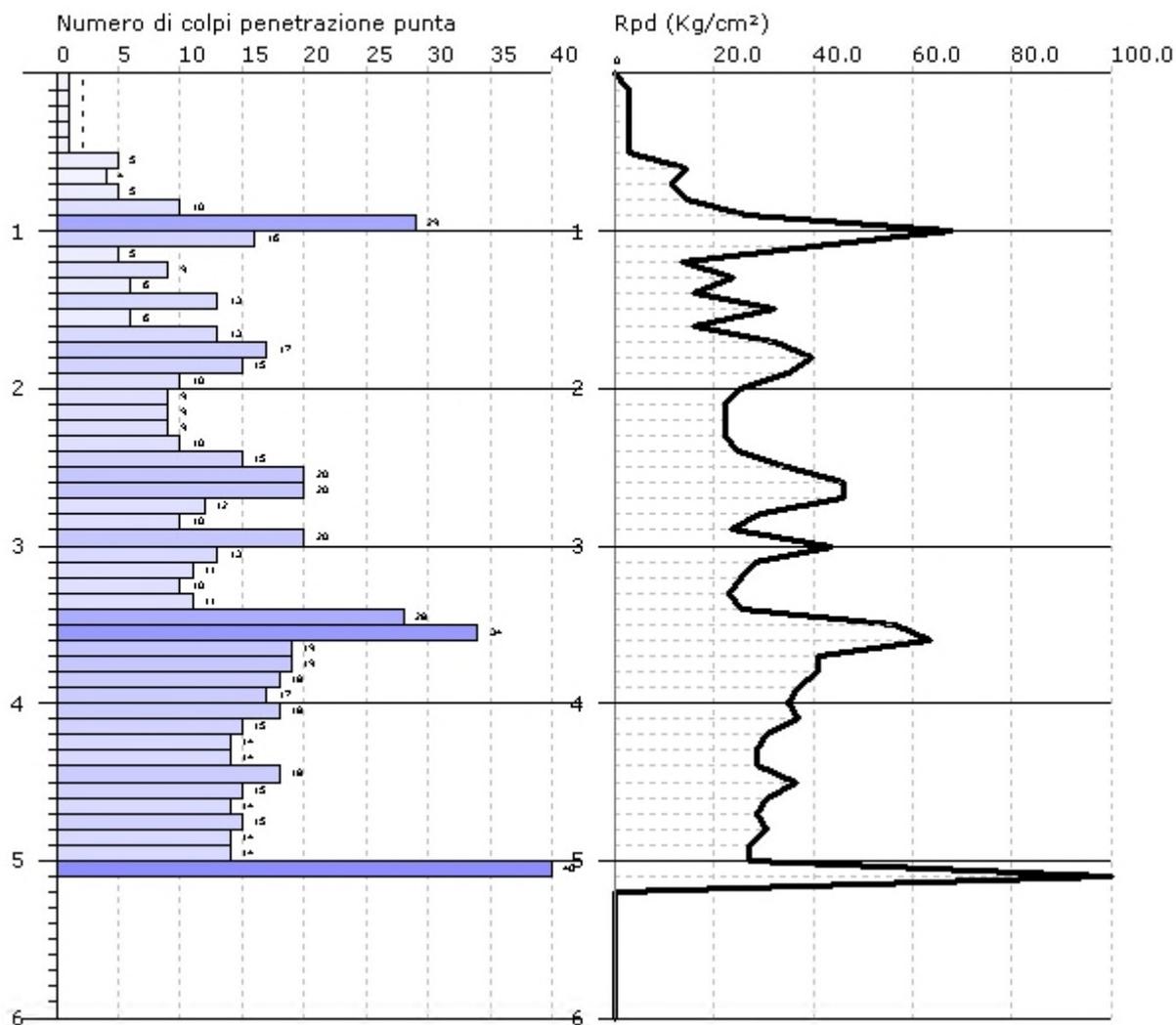


Figura 145 - Area C3 Prova DL1 Grafico

15.1 ZONA C - ASPETTI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI DI DETTAGLIO

15.1.1 AREA C1



Figura 146 – Zona C Area C1 : Panoramiche

**SEQUENZA LITOSTRATIGRAFICA – PROVA 1**

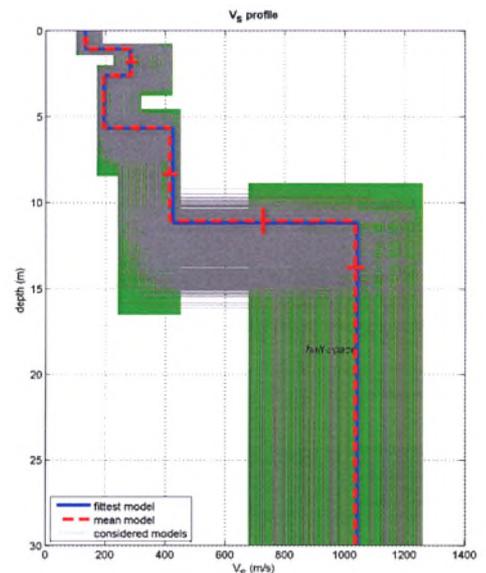
|                   |                                                                                                                                                                              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - 0.0 ÷ 1.2 metri | Terreno superficiale agrario.<br>Il range della resistenza alla punta risulta:<br>Rpd= 15.1-34.6 kg/cm <sup>2</sup> .                                                        |
| - 1.2 ÷ 6.4 metri | Terreni di copertura di disfacimento generalmente medio-fine da mediamente compatti a molto compatti con clasti di varie dimensioni.<br>Rpd= 23.7-154.5 kg/cm <sup>2</sup> . |
| - 6.4 ÷ 9.4 metri | Substrato alterato di natura marnosa, da molto compatto a consistente<br>Rpd= 45.4-107 kg/cm <sup>2</sup> .                                                                  |

L'area (655msm) è posta su coltre detritica di disfacimento della Formazione del Flysch di Monteverene, rinvenuto a 11m di profondità.

Dall'interpretazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche viene riportata la sequenza litostratigrafica relativa alla prova DPH1.

Le pendenze in essere e l'assenza di spostamenti significativi di masse determinano un basso impatto prevedibile per gli insediamenti in oggetto. Le condizioni di stabilità sono soddisfacenti per la coltre detritica che risulta ben addensata e posta con pendice poco acclive. Il sito in oggetto risulta idoneo ad accogliere la previsione urbanistica.

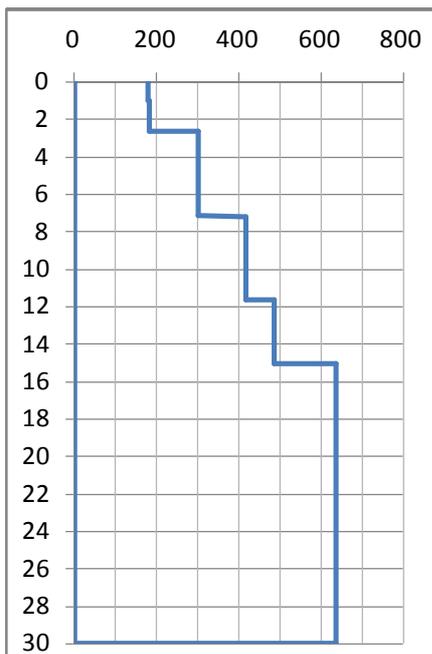
Figura 147 – Area C1 : stratigrafia delle Vs



## 15.2 AREA C2



Figura 148 - Zona C Area C2 : Panoramiche



L'area è posta a 643msm in sommità di un ampio dorso di detriti residuali di copertura della formazione di Monte Venere dello spessore di 7m circa seguiti da coltre eluviale di disfacimento in sito del flysch fino 15m ed infine dalla roccia di base ( $V_s = 637\text{m/s}$ )

Il deposito appare consistente al sotto di 0.5m

Non si rilevano processi di erosione potenziale o in atto. L'area è idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

Si consiglia approfondimento con sondaggio con escavatore.

Figura 149 - Area C2 : stratigrafia delle Vs

### 15.3 AREA C3



Figura 150 – Zona C Area C3 : Panoramiche

L'area è ubicata a 480msm su dolce pendice argillosa impostata sulla formazione delle Argille a Palombini con manto eluviale dello spessore di 6m ( $V_s = 310 \div 371 \text{m/s}$ )

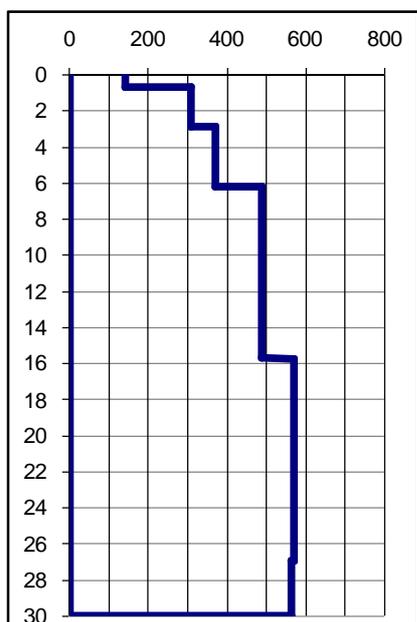


Figura 151 – Area C3 : stratigrafia delle  $V_s$

La prova penetrometrica registra un buon grado di consistenza già a partire da 0.5m, che cresce con la profondità, indagata fino a 5m.

Il corpo di frana quiescente a nord del lotto non mostra segni di ripresa e presenta buone condizioni di giacitura; può ritenersi potenzialmente non pericoloso per l'area.

L'analisi dell'edificato nell'intorno non ha evidenziato particolari problematiche e non si registrano processi di erosione potenziali o in atto. Ritengo pertanto che l'area sia idonea ad accogliere la previsione urbanistica.

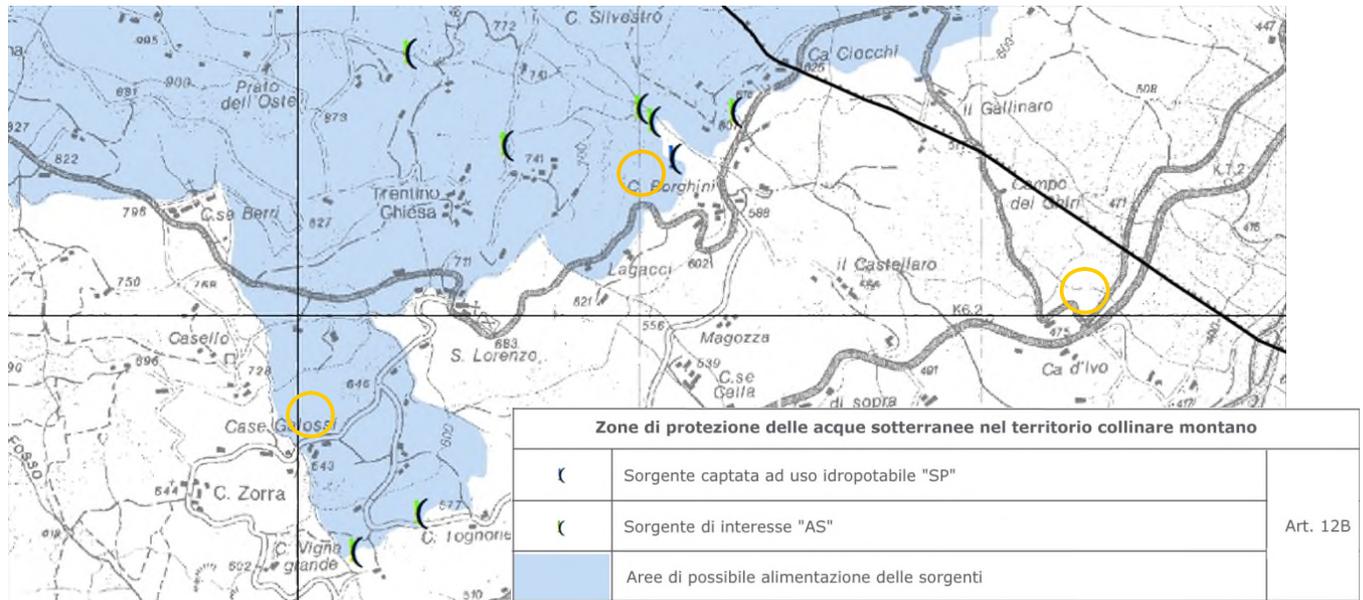


Figura 152 – PTCP 2009 – ESTRATTO CARTA RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE SUPERFICIALI E SOTTERRANEE DESTINATE AL CONSUMO UMANO

Le Aree C1 e C2 risultano appartenenti a zone di protezione degli acquiferi. Per quanto riguarda C1 non si rilevano possibili interferenze con le emergenze "di interesse" poste fra Ca' Tognone e Ca' Vigna Grande sia per la distanza (oltre 200m) che per la disponibilità di collettori fognari nell'abitato esistente. La sorgente captata ad uso potabile segnalata in cartografia è in realtà da tempo abbandonata per le sue scadenti proprietà chimico-fisiche e biologiche. Dunque sono da escludere peggioramenti dello stato di fatto in fase di esercizio. Non si registrano interferenze negative fra le previsioni urbanistiche e la rete idrografica superficiale.

#### 15.4 ZONA C - PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA PRELIMINARE

Sulla base delle prove effettuate direttamente e delle casistiche locali già verificate in opera, si fornisce un quadro preliminare dei valori caratteristici dello spessore superficiale (interessato dalle opere) dei terreni.

| AREA      | Località     | Prof. m | Vs m/sec | SPT | $\phi'$ ° | Cu kN/mq | $\gamma$ kN/mc |
|-----------|--------------|---------|----------|-----|-----------|----------|----------------|
| <b>C1</b> | Case Galassi | 1.2÷6.4 | 200      |     | 27.8      | 120      | 19             |
| <b>C2</b> | Ca' Borghini | 1.4÷3   | 181      | 4   | 21        | 300      | 20             |
| <b>C3</b> | Ca' Berleda  | 0.5÷1.6 | 241      | 9.8 | 23        | 70       | 21             |

Figura 153 – Parametri geomeccanici preliminari

## 15.5 ZONA C - MICROZONAZIONE SISMICA

Le Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 14 gennaio 2008, sono state emesse ai sensi delle leggi 05.11.1971, n. 1086, e 02.02.1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06.06.2001, n. 380, e dell'art. 5 del decreto legge 28.05.2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27.07.2004, n. 186 e ss. mm. ii.. Esse raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

Detta normativa prevede la definizione delle categorie di sottosuolo secondo la seguente tabella:

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

### 15.5.1 EFFETTI DI SITO

Escludendo effetti locali per instabilità generale, liquefazione e cedimenti, si passa a valutare l'amplificazione determinata dalle caratteristiche litologiche e topografiche.

La misurazione delle  $V_{s30}$  porta ai seguenti valori e conseguenti tipi di sottosuolo ai quali si aggiunge la categoria topografica determinata attraverso la misura della pendenza della fascia di versante, espressa in gradi:

| AREA      | Località     | $V_{s30}$<br>m/sec | Tipo<br>Suolo | Pendio<br>° | Cat.<br>Topog. |    |
|-----------|--------------|--------------------|---------------|-------------|----------------|----|
| <b>C1</b> | Case Galassi | <b>501</b>         | <b>E</b>      | 14          | T1             | AL |
| <b>C2</b> | Ca' Borghini | <b>424</b>         | <b>B</b>      | 5           | T1             | AL |
| <b>C3</b> | Ca' Berleda  | <b>457</b>         | <b>B</b>      | 10          | T1             | AL |

**AL** Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche

Tabella 35 - Dati per il calcolo dei fattori di amplificazione

Nelle tabelle alle pagine che seguono si riportano i dati completi per quanto concerne la valutazione dei parametri sismici delle 3 aree, secondo il D.M.14/01/08 e secondo la Delibera n. 112/07 della RER.

## 15.5.2 AREA C1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2342100[°] Longitudine (WGS84): 10.8158800[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2351600[°] Longitudine (ED50): 10.8168800[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |
| 2     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 3     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 4     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.481     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.460     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.172     | 2.496     | 0.293      |
| SLC          | 975          | 0.216     | 2.505     | 0.304      |

### 15.5.3 AREA C1 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**E:** Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con  $V_s$  maggiore di 800m/s)

**Categoria topografica:**

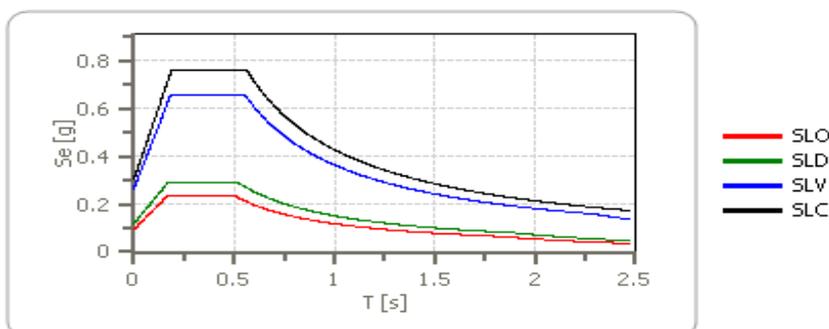
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.019 | 0.024 | 0.063 | 0.085 |
| kv                       | 0.009 | 0.012 | 0.032 | 0.042 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.925 | 1.167 | 2.588 | 2.971 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

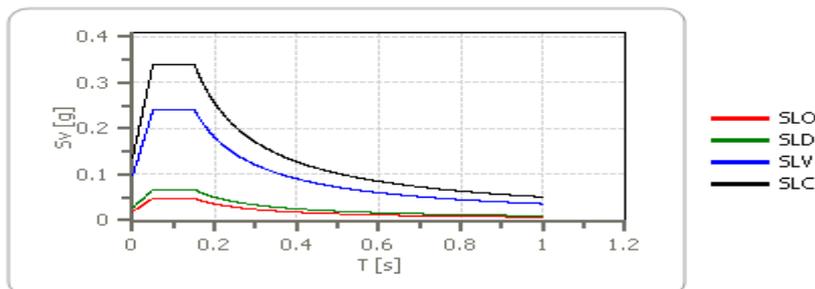
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 154 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICA IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.481  | 0.252   | 1.600  | 2.000  | 1.000  | 1.600 | 1.000      | 0.168  | 0.503  | 1.836  | 0.094     | 0.234      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.460  | 0.263   | 1.600  | 1.960  | 1.000  | 1.600 | 1.000      | 0.172  | 0.515  | 1.897  | 0.119     | 0.293      |
| SLV | 1.0 | 0.172  | 2.496  | 0.293   | 1.530  | 1.880  | 1.000  | 1.530 | 1.000      | 0.184  | 0.551  | 2.290  | 0.264     | 0.659      |
| SLC | 1.0 | 0.216  | 2.505  | 0.304   | 1.400  | 1.850  | 1.000  | 1.400 | 1.000      | 0.187  | 0.562  | 2.466  | 0.303     | 0.759      |

Figura 155 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.481  | 0.252   | 1      | 2.000  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.019     | 0.048      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.460  | 0.263   | 1      | 1.960  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.027     | 0.067      |
| SLV | 1.0 | 0.172  | 2.496  | 0.293   | 1      | 1.880  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.097     | 0.241      |
| SLC | 1.0 | 0.216  | 2.505  | 0.304   | 1      | 1.850  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.136     | 0.340      |

15.5.4 AREA C1 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} > 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 11m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  **$V_{sH} = 11 / [(1/133) + (1.6/287) + (3/195) + (5.4/415)] = 265 \text{m/s}$**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.6 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 10            | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 15            | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 | 1.0 |
| 20            | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 30            | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 35            | 1.7 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 1.6 | 1.8 | 1.9 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 10            | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 15            | 2.1 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 25            | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.1 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 35            | 1.9 | 2.1 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 10            | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 15            | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 20            | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 30            | 2.4 | 2.3 | 1.9 | 1.5 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 35            | 2.5 | 2.4 | 2.3 | 1.8 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 | 1.0 |
| 40            | 2.7 | 2.6 | 2.6 | 2.0 | 1.6 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.0 |

15.5.5 AREA C1 – MICROZONAZIONE SISMICA

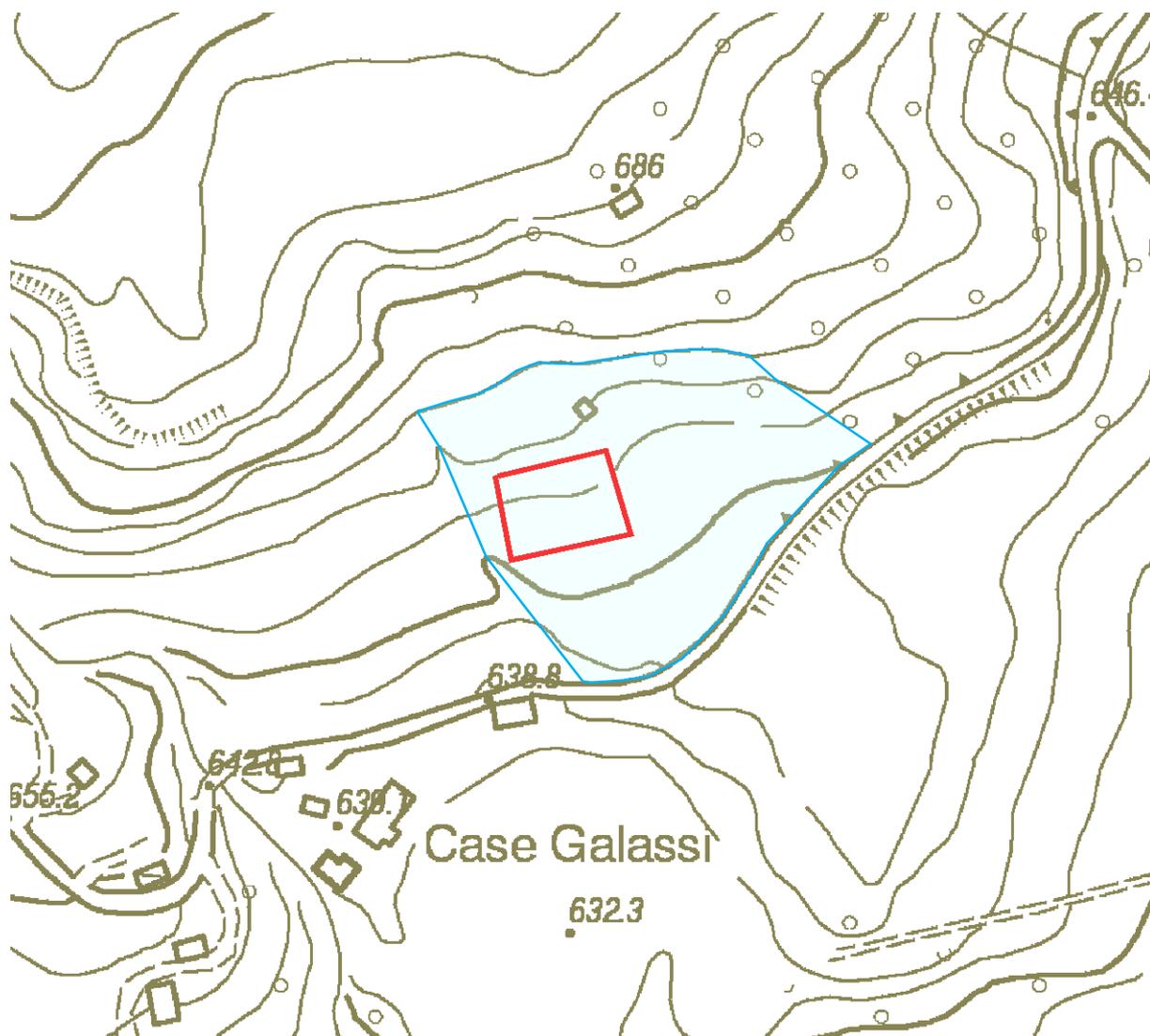


Figura 156 - AREA C1 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                   | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                        | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                   | $>800$ m/s                             |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                  | 11 m                                   |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )        | 265 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                          | 11 m                                   |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                      | 1033 m/s                               |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                              | 501 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                  | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                  | 1.9                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$ .)                          | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$ .)                          | 1                                      |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $ag/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.340</b>                           |

Tabella 36 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

## 15.5.6 AREA C2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE – NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto  
 Latitudine (WGS84): 44.2403900[°] Longitudine (WGS84): 10.8278500[°]  
 Latitudine (ED50): 44.2413400[°] Longitudine (ED50): 10.8288500[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 17832 | 44.253550                | 10.768480                 |
| 2     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 3     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |
| 4     | 18054 | 44.203580                | 10.770730                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.483     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.463     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.169     | 2.515     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.210     | 2.548     | 0.305      |

### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.469     | 0.251      |
| SLD          | 50           | 0.077     | 2.444     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.188     | 2.387     | 0.291      |
| SLC          | 975          | 0.236     | 2.386     | 0.300      |

### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.484     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.464     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.170     | 2.512     | 0.293      |
| SLC          | 975          | 0.213     | 2.523     | 0.304      |

15.5.7 AREA C2 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO- NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

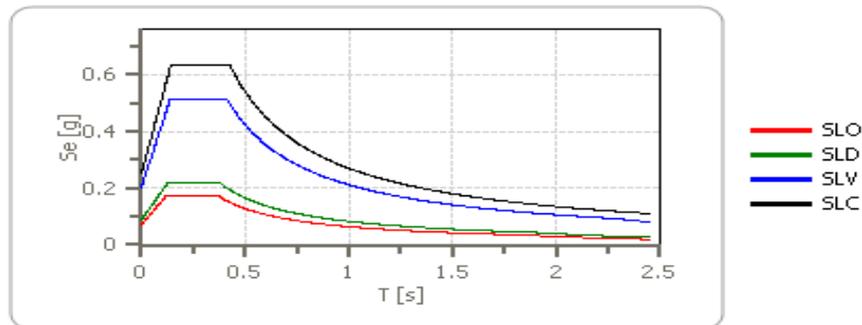
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.049 | 0.070 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.024 | 0.035 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.691 | 0.869 | 2.000 | 2.466 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

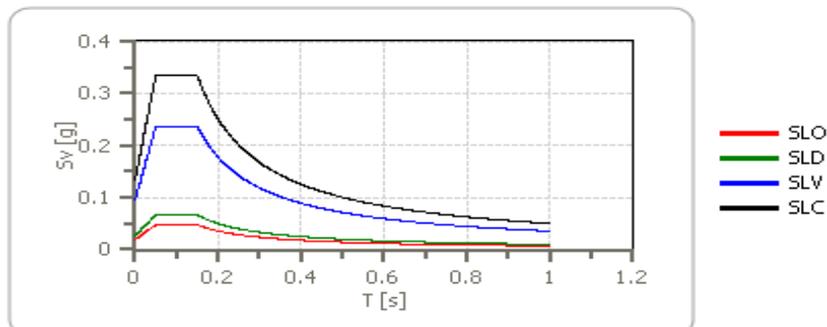
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Tc\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 157 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.484  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.835  | 0.070     | 0.175      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.464  | 0.263   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.379  | 1.895  | 0.089     | 0.218      |
| SLV | 1.0 | 0.170  | 2.512  | 0.293   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.138  | 0.414  | 2.280  | 0.204     | 0.512      |
| SLC | 1.0 | 0.213  | 2.523  | 0.304   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.142  | 0.426  | 2.453  | 0.251     | 0.634      |

Figura 158 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.484  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.019     | 0.048      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.464  | 0.263   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.027     | 0.067      |
| SLV | 1.0 | 0.170  | 2.512  | 0.293   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.095     | 0.238      |
| SLC | 1.0 | 0.213  | 2.523  | 0.304   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.133     | 0.335      |

15.5.8 AREA C2 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. 112 RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 11.62m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{si}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  **$V_{sH} = 11.62 / [(1/179) + (1.65/183) + (4.52/301) + (4.45/416)] = 288 \text{m/s}$**

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

15.5.9 AREA C2 – MICROZONAZIONE SISMICA

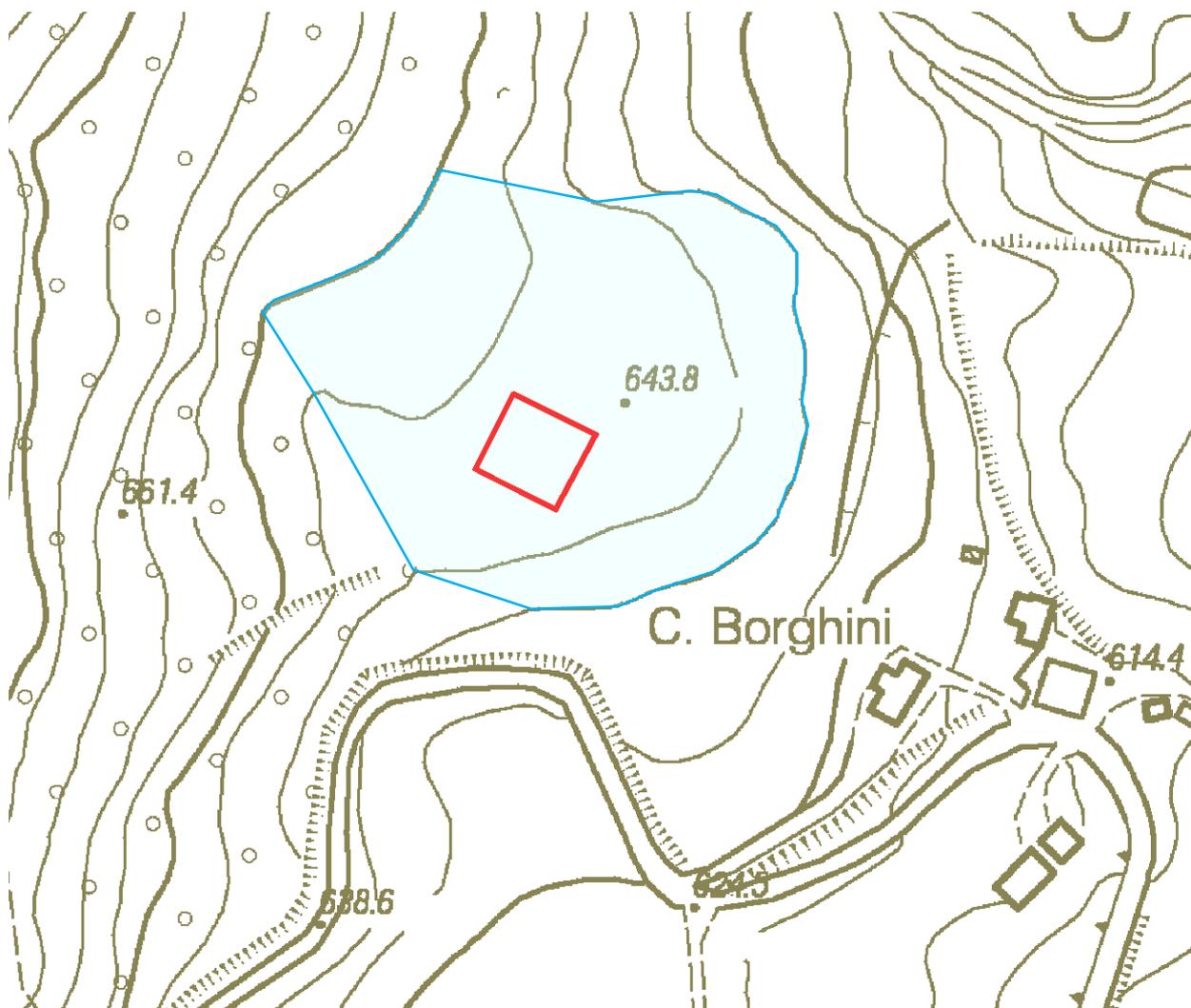


Figura 159 - AREA C2 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                     |                                        |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                   | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                        | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s$ )                                   | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                  | 11.62 m                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )        | 288 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                          | 11.62 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                      | 603 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                              | 424 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                  | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                  | 1.8                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s$ .)                          | 1.7                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s$ .)                          | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $ag/g = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.322</b>                           |
|                                                                                                     |                                        |

Tabella 37 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

## 15.5.10 AREA C3 - PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE - NTC 2008 – GeoStru PS Advanced 2014

Vita nominale (Vn): 50[anni]  
 Classe d'uso: II  
 Coefficiente d'uso (Cu): 1  
 Periodo di riferimento (Vr): 50[anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475[anni]  
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975[anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 44.2366400[°] Longitudine (WGS84): 10.8435500[°]

Latitudine (ED50): 44.2375900[°] Longitudine (ED50): 10.8445500[°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

| Punto | ID    | Latitudine (ED50)<br>[°] | Longitudine (ED50)<br>[°] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 17833 | 44.255130                | 10.838230                 |
| 2     | 17834 | 44.256670                | 10.907950                 |
| 3     | 18056 | 44.206700                | 10.910080                 |
| 4     | 18055 | 44.205160                | 10.840370                 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

### Punto 1

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.488     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.073     | 2.470     | 0.264      |
| SLV          | 475          | 0.166     | 2.531     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.208     | 2.551     | 0.304      |

### Punto 2

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.058     | 2.491     | 0.253      |
| SLD          | 50           | 0.072     | 2.476     | 0.265      |
| SLV          | 475          | 0.164     | 2.544     | 0.294      |
| SLC          | 975          | 0.206     | 2.551     | 0.304      |

### Punto 3

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.481     | 0.253      |
| SLD          | 50           | 0.075     | 2.457     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.175     | 2.500     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.222     | 2.474     | 0.305      |

### Punto 4

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.060     | 2.476     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.076     | 2.451     | 0.262      |
| SLV          | 475          | 0.178     | 2.479     | 0.292      |
| SLC          | 975          | 0.226     | 2.457     | 0.305      |

### Punto d'indagine

| Stato limite | Tr<br>[anni] | ag<br>[g] | F0<br>[-] | Tc*<br>[s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO          | 30           | 0.059     | 2.484     | 0.252      |
| SLD          | 50           | 0.074     | 2.464     | 0.263      |
| SLV          | 475          | 0.170     | 2.514     | 0.293      |
| SLC          | 975          | 0.214     | 2.518     | 0.304      |

Coefficiente di smorzamento viscoso  $\xi$ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico  $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$ : 1.000

**Categoria sottosuolo:**

**B:** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e  $c_{u30}$  maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

**Categoria topografica:**

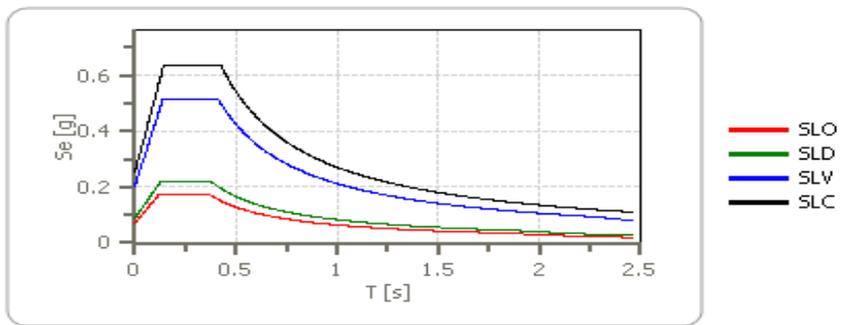
**T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

**Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni**

| Coefficienti             | SLO   | SLD   | SLV   | SLC   |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh                       | 0.014 | 0.018 | 0.049 | 0.071 |
| kv                       | 0.007 | 0.009 | 0.024 | 0.035 |
| Amax [m/s <sup>2</sup> ] | 0.691 | 0.870 | 2.001 | 2.473 |
| Beta                     | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

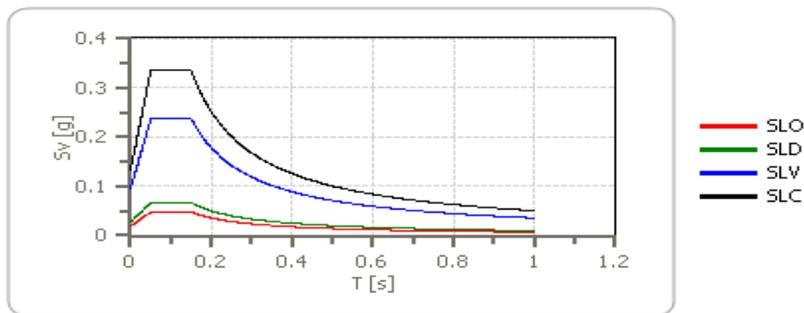
ag = accelerazione orizzontale massima  
 F<sub>0</sub> = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale  
 T<sub>c</sub>\* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale  
 Kh = coefficiente sismico orizzontale  
 Kv = coefficiente sismico verticale  
 Amax = accelerazione massima attesa al suolo  
 Beta = coefficiente di riduzione per fondazioni

Figura 160 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI ORIZZONTALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.484  | 0.252   | 1.200  | 1.450  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.122  | 0.365  | 1.835  | 0.070     | 0.175      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.464  | 0.263   | 1.200  | 1.440  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.126  | 0.379  | 1.896  | 0.089     | 0.219      |
| SLV | 1.0 | 0.170  | 2.514  | 0.293   | 1.200  | 1.410  | 1.000  | 1.200 | 1.000      | 0.138  | 0.413  | 2.280  | 0.204     | 0.513      |
| SLC | 1.0 | 0.214  | 2.518  | 0.304   | 1.180  | 1.400  | 1.000  | 1.180 | 1.000      | 0.142  | 0.426  | 2.455  | 0.252     | 0.635      |

Figura 161 – SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE DELLE COMPONENTI VERTICALI



|     | cu  | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | $\eta$ [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO | 1.0 | 0.059  | 2.484  | 0.252   | 1      | 1.450  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.019     | 0.048      |
| SLD | 1.0 | 0.074  | 2.464  | 0.263   | 1      | 1.440  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.027     | 0.067      |
| SLV | 1.0 | 0.170  | 2.514  | 0.293   | 1      | 1.410  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.095     | 0.238      |
| SLC | 1.0 | 0.214  | 2.518  | 0.304   | 1      | 1.400  | 1.000  | 1.000 | 1.000      | 0.050  | 0.150  | 1.000  | 0.133     | 0.336      |

15.5.12 AREA C3 – ANALISI DI II LIVELLO (D.A.L. RER 2007) : FATTORI DI AMPLIFICAZIONE F.A.

L'area in studio rientra nella zona "Appennino, con substrato marino caratterizzato da  $V_{s30} < 800 \text{ m/s}$ ".

Per il calcolo dei fattori F.A. sono da valutare due dati :

- lo spessore dei terreni di copertura fino al bed-rock → **H = 6.22m**
- la velocità delle onde S nei terreni di copertura →  **$V_{sH}$**

—  $V_{s_i}$  = velocità in m/s dello strato i-esimo  $h_i$  = spessore in metri dello strato i-esimo

Nel nostro caso  $V_{sH} = 6.22 / [(0.7/142) + (2.2/310) + (3.32/371)] = 297 \text{ m/s}$

Di conseguenza :

F.A. P.G.A.

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 2.0 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.3 | 2.2 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.4 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 1.9 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 40            | 1.7 | 1.9 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.1s < T_0 < 0.5s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 2.6 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 20            | 2.6 | 2.5 | 2.2 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.6 | 2.3 | 2.0 | 1.8 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 30            | 2.2 | 2.4 | 2.3 | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 35            | 2.0 | 2.2 | 2.3 | 2.2 | 1.9 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |
| 40            | 1.8 | 2.0 | 2.3 | 2.3 | 2.1 | 1.8 | 1.6 | 1.4 | 1.2 | 1.0 |

F.A. INTENSITA' SPETTRALE -  $0.5s < T_0 < 1.0s$

| $V_{sH}$<br>H | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 600 | 700 | 800 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 5             | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.0 |
| 10            | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.1 | 1.0 |
| 15            | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 20            | 2.1 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.2 | 1.0 |
| 25            | 2.4 | 2.4 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 30            | 2.8 | 2.8 | 2.4 | 1.9 | 1.6 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 35            | 3.0 | 2.9 | 2.7 | 2.1 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.0 |
| 40            | 3.1 | 3.0 | 2.8 | 2.3 | 1.9 | 1.7 | 1.5 | 1.4 | 1.4 | 1.0 |

15.5.13 AREA C3 – MICROZONAZIONE SISMICA

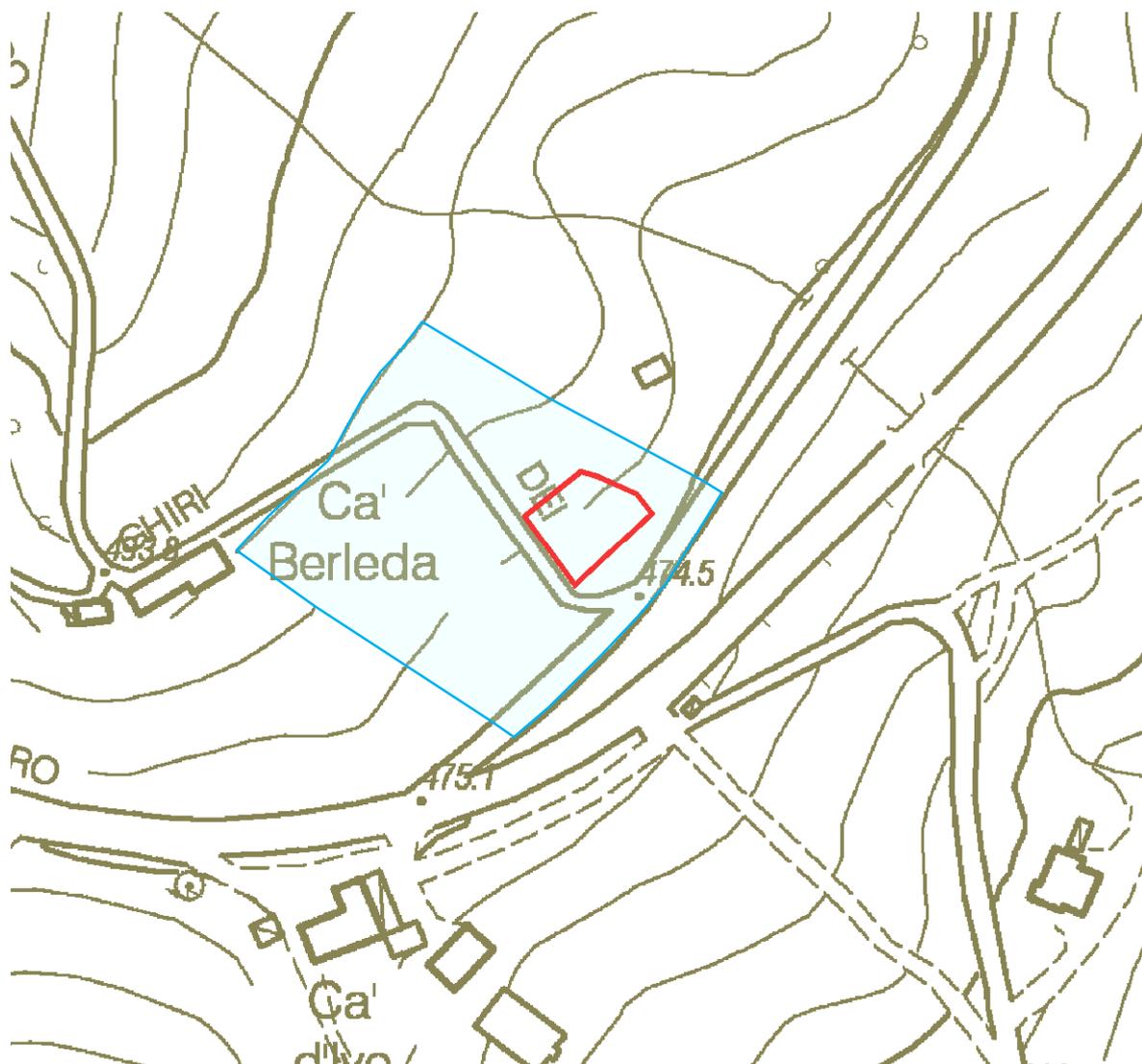


Figura 162 - AREA C3 - Carta microzonazione sismica – base topografica estratto CTR 1:2000

|                                                                                                        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| Riferimento territoriale per le tabelle di cui alla D.G.R. 112/07                                      | Appennino e margine appenninico-padano |
| Accelerazione massima orizzontale di picco al suolo per $T_0$ ( $a_{refg}$ )                           | 0.179                                  |
| Velocità di riferimento di taglio del substrato marino ( $>V_s>$ )                                     | <800 m/s                               |
| Spessore del deposito di copertura considerato (H)                                                     | 6.22 m                                 |
| Velocità equivalente delle onde di taglio del deposito di copertura considerato ( $V_{sH}$ )           | 297 m/s                                |
| Profondità Bedrock sismico                                                                             | 15.72 m                                |
| Velocità onde di taglio Bedrock like ( $V_s$ )                                                         | 569 m/s                                |
| Velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s30}$ )                                 | 457 m/s                                |
| Coefficiente di amplificazione per categoria topografica ( $S_T$ )                                     | 1                                      |
| Fattore di Amplificazione del P.G.A. (F.A. P.G.A.)                                                     | 1.6                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.1s < T_0 < 0.5s.$ )                             | 1.5                                    |
| Fattore di Amplificazione Intensità Spettrale (F.A. $0.5s < T_0 < 1.0s.$ )                             | 1.4                                    |
| Accelerazione massima orizzontale di picco alla superficie ( $a_{g/g} = a_{ref} * F.A. P.G.A. * S_T$ ) | <b>0.286</b>                           |

Tabella 38 - VALUTAZIONE PARAMETRI SISMICI DEL SITO CON RIFERIMENTO ALLA DELIBERA N. 112/07

Come conclusione dello studio, viene ora elaborata una scheda di sintesi per ogni area.

### 16.1 AREA A1 - SCHEDA DI SINTESI

**Canevare, Melangrano** QUOTA 945 msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2031300 longitudine 10.7638300

DESTINAZIONE URBANISTICA: **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTC: **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche**

INSTABILITÀ da PTC: **Non segnalata**

FORMAZIONE: CEV2 **Arenarie di Monte Cervarola - Membro del Torrente Fellicarolo**

LITOLOGIA depositi superficiali: **blocchi e pietre di marne e arenarie del disfacimento del bed-rock spessore 3m**

FALDA: **-1.4m**

MORFOLOGIA: **Pendio uniforme di 17° su volume in distensione** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**

$V_{S30}$  MISURATA = **541 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA: (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.271** - DAL 112 R.E.R. = **0.300**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO: **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

a. **0÷0.7m Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 23^\circ$  - Coesione non drenata  $C_u = 3\text{kN/mq}$  - Peso volume  $\gamma =$**

**18kN/mc** b. **0.7÷3m - Vs 409 m/s Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 30^\circ$  - Coesione non drenata  $C_u =$**

**10kN/mq - Peso volume  $\gamma = 20\text{kN/mc}$  c. 3÷5m - Vs 409 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 31^\circ$  -**

**Peso volume  $\gamma = 22\text{kN/mc}$**

STABILITÀ: **Buona**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE: **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE: **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ: **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA: **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI: **Sondaggio con escavatore per verifica giaciture**

PRESCRIZIONI: **Nessuna**

### 16.2 AREA A2 - SCHEDA DI SINTESI

**Canevare, Rivarolo** QUOTA 870 msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2006900 longitudine 10.7695600

DESTINAZIONE URBANISTICA: **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTC: **Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**

INSTABILITÀ da PTC: **Non segnalata**

FORMAZIONE: CEV1 **Arenarie di Monte Cervarola - Membro del Torrente Dardagna**

LITOLOGIA depositi superficiali : **detriti di falda blocchi e pietre di arenarie e marne in matrice limo sabbiosa spessore 2m**

FALDA : **presente emergenza idrica puntuale al margine dell'area**

MORFOLOGIA : **Fascia di raccordo fra le scarpate rocciose di monte e ripiano strutturale distensivo**

**Pendio di 11°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**

$V_{S30}$  MISURATA = **510 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.226** - DAL 112 R.E.R. = **0.269**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

a. **0÷1.3m - Vs 309 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 22^\circ$  - Coesione non drenata  $C_u = 2\text{kN/mq}$  -**

**Peso volume  $\gamma = 18\text{kN/mc}$  b. 1.3÷2.1m - Vs 244 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 29^\circ$  - Coesione**

**non drenata  $C_u = 80\text{kN/mq}$  - Peso volume  $\gamma = 20\text{kN/mc}$  c. 2.1÷8m - Vs 407 m/sec - Angolo d'attrito**

**efficace  $\phi' = 30^\circ$  - Peso volume  $\gamma = 22\text{kN/mc}$**

STABILITÀ : **Buona**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Sondaggio con escavatore**

PRESCRIZIONI : **Protezione e Conservazione acqua sorgiva**

### 16.3 AREA B1 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, Ville di Sopra** QUOTA 685msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2262300 longitudine 10.7945600

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : AVC **Argilliti variegata con calcari**

LITOLOGIA depositi superficiali : **Detrito di versante costituito da blocchi e pietre di marne e arenarie fini in matrice argillosa fino a 2m di spessore, poi eluviale argilloso di alterazione in sito delle argille di base fino a 5m**

FALDA : **non rilevata**

MORFOLOGIA : **Pendio di 18°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**

$V_{s30}$  MISURATA = **478 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.254** - DAL 112 R.E.R. = **0.387**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**1.5÷4m - Vs 288 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 26^\circ$  - Coesione non drenata Cu = 57kN/mq - Peso volume  $\gamma = 20kN/mc$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile con prescrizioni**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Sondaggio con escavatore e verifiche di stabilità fronte di scavo**

PRESCRIZIONI : **I carichi insediati dovranno essere pari al peso dei volumi di terreno asportato, da conferire ad altro sito autorizzato.**

### 16.4 AREA B2 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, Fontanine** QUOTA 625msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.227170 longitudine 10.8049383

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : AVC **Argilliti variegata con calcari**

LITOLOGIA depositi superficiali : **Coltre eluviale di alterazione delle Argilliti del bed-rock - spessore 10m**

FALDA : **non rilevata**

MORFOLOGIA : **Pendio uniforme di 11°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**

$V_{s30}$  MISURATA = **495 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.211** - DAL 112 R.E.R. = **0.286**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**1÷3.5m - Vs 421 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 23^\circ$  - Coesione non drenata Cu = 82kN/mq - Peso volume  $\gamma = 21kN/mc$**

STABILITÀ : **Buona**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Nessuno**

PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.5 AREA B3 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, Località Cucchi** QUOTA 602msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2265900 longitudine 10.8069000

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : AVC **Argilliti variegata con calcari**

LITOLOGIA depositi superficiali : **Coltre eluviale di alterazione delle Argilliti del bed-rock – spessore 13m**

FALDA : **non rilevata**

MORFOLOGIA : **Pendio di fianco dorsale 14°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**

V<sub>S30</sub> MISURATA = **486 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.211** - DAL 112 R.E.R. = **0.286**

MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**0.5÷3m – Vs 331 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 24^\circ$  - Coesione non drenata Cu = 87kN/mq - Peso**

**volume  $\gamma = 21kN/mc$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Nessuno**

PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.6 AREA B4 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, via del Merlo** QUOTA 605msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2165000 longitudine 10.7988000

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : **Arenarie di Monte Cervarola - Membro del Torrente Fellicarolo**

LITOLOGIA depositi superficiali : **Detrito di versante costituito da blocchi e pietre arenacei in matrice LSA  
spessore 7m**

FALDA : **-2.3m**

MORFOLOGIA : **Pendio di 12° a margine di vallecola** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**

V<sub>S30</sub> MISURATA = **518 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DAL 112 R.E.R. = 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.215** - DAL 112 R.E.R. = **0.286**

MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**1.4÷3.5m – Vs 284 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 29^\circ$  - Coesione non drenata Cu = 90kN/mq -**

**Peso volume  $\gamma = 21kN/mc$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile con prescrizioni**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Verifica funzionalità della tubazione del fosso al margine sud**

PRESCRIZIONI : **Verifiche di stabilità fronti di scavo provvisori**

## 16.7 AREA B5 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano – Lotta : Località Metatone**, via Superchina QUOTA 862.5msm  
COORDINATE WGS84: latitudine 44.2157173 longitudine 10.7839718  
DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**  
RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**  
INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**  
FORMAZIONE : CEV2 **Arenarie di Monte Cervarola**  
LITOLOGIA superficiale : **detrito di falda - disfacimento flysch, spessore 4.5m**  
FALDA : **a partire da -2.2m**  
MORFOLOGIA : **Dolce vallecchia interna ai contrafforti di flysch Pendio di 10°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**  
 $V_{S_{30}}$  MISURATA = **446 m/s** CATEGORIA SUOLO STIMATA = **B**  
PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**  
**Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.218 - DL 112 R.E.R.= 0.304**  
MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**  
PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :  
**1.1÷5m – Vs 192 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 24 \div 28$  - Coesione non drenata  $C_u = 40 \div 90$  kN/mq**  
**- Peso volume  $\gamma = 20$  kN/mc**  
STABILITÀ : **Sufficiente**  
RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile con prescrizioni**  
TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**  
APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Sondaggio con escavatore fino a -5m**  
PRESCRIZIONI : **Drenaggio in asse alla vallecchia profondo 3.5m**

## 16.8 AREA B6 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano – Lotta : via Monte di Sopra** QUOTA msm 685  
COORDINATE WGS84: latitudine 44.213470 longitudine 10.7959000  
DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**  
RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche**  
INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**  
FORMAZIONE DI BASE : CEV2 **Arenarie di Monte Cervarola**  
LITOLOGIA depositi superficiali : **Manto eluviale di disfacimento in posto del flysch - spessore 2m**  
FALDA : **Non presente**  
MORFOLOGIA : **Pendio di 24° fianco sperone roccioso** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**  
 $V_{S_{30}}$  MISURATA = **475 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**  
PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**  
**Accelerazione orizzontale massima : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.260 - DL 112 R.E.R.= 0.322**  
MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**  
PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :  
**2m – Vs 265 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 34$  - Peso volume  $\gamma = 24$  kN/mc**  
STABILITÀ : **Sufficiente**  
RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**  
TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**  
APPROFONDIMENTI DA EFFETTUARE : **Studio geomeccanico del flysch**  
PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.9 AREA B7 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, via Tosetti** QUOTA 475msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2102623 longitudine 10.7900858

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE DI BASE : CEV2 **Arenarie di Monte Cervarola**

LITOLOGIA depositi superficiali : **detrito di falda - disfacimento flysch, spessore 3.3m**

FALDA : **freatica -1.3m**

MORFOLOGIA : **Pendio di 19°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**

$V_{S_{30}}$  MISURATA = **553 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.263** - DL 112 R.E.R.= **0.322**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**0.4÷3m - Vs 289 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 30$  - Coesione non drenata  $C_u = 130\text{kN/mq}$  -**

**Peso volume  $\gamma = 22\text{kN/mc}$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile con prescrizioni**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua o semiprofonda**

APPROFONDIMENTI DA EFFETTUARE : **Sondaggio con scavo per verifica giaciture manto eluviale - Verifiche stabilità fronti di scavo**

PRESCRIZIONI : **Non gravare con carichi derivanti da masse aggiunte e dunque ricercare l'equilibrio fra asportazione terreno e carichi portati dalle nuove strutture.**

## 16.10 AREA B8 - SCHEDA DI SINTESI

**Fanano - Lotta, viale Europa** QUOTA 605msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.2102500 longitudine 10.7973500

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCP : **Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche**

INSTABILITÀ da PTCP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : CEV2 **Arenarie di Monte Cervarola**

LITOLOGIA superficiale : **detrito di falda - disfacimento flysch, spessore 4m**

FALDA : **non rilevata**

MORFOLOGIA : **Pendio di 23°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T2**

$V_{S_{30}}$  MISURATA = **572 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5.439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo ag/g** : DM 14.01.2008 = **0.262** - DL 112 R.E.R.= **0.322**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**0÷4m - Vs 312 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 30$  - Peso volume  $\gamma = 22\text{kN/mc}$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua o semiprofonda**

APPROFONDIMENTI DA EFFETTUARE : **Sondaggio con scavo per verifica giaciture manto eluviale**

PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.11 AREA C1 - SCHEDA DI SINTESI

**Trentino, Località Case Galassi** QUOTA 655msm  
COORDINATE WGS84: latitudine 44.2342148 longitudine 10.8158751  
DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**  
RISCHIO SISMICO da PTCIP : **Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**  
INSTABILITÀ da PTCIP : **Non segnalata**  
FORMAZIONE : MOV **Formazione di Monte Venere**  
LITOLOGIA superficiale : **Detriti di disfacimento della formazione spessore 11m**  
FALDA : **non rilevata**  
MORFOLOGIA : **Pendio di 14°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**  
VS<sub>30</sub> DERIVATA = **501m/s** CATEGORIA SUOLO = **E**  
PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**  
**Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.340 - DL 112 R.E.R.= 1.79**  
MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**  
PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :  
**1.2÷6.4m – Vs 200 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 27.8$  - Coesione non drenata Cu = 120kN/mq -**  
**Peso volume  $\gamma = 19kN/mc$**   
STABILITÀ : **Sufficiente**  
RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**  
TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**  
APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Nessuno**  
PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.12 AREA C2 - SCHEDA DI SINTESI

**Trentino, Località Ca' Borghini** QUOTA 643 msm  
COORDINATE WGS84: latitudine 44.2403374 longitudine 10.8277874  
DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**  
RISCHIO SISMICO da PTCIP : **Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**  
INSTABILITÀ da PTCIP : **Non segnalata**  
FORMAZIONE : MOV **Formazione di Monte Venere**  
LITOLOGIA superficiale : **manto detritico di disfacimento flysch - spessore 7m**  
FALDA : **non rilevata**  
MORFOLOGIA : **Ripiano su massa dislocata Pendio di 5°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**  
VS<sub>30</sub> MISURATA = **424 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**  
PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**  
**Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.204 - DL 112 R.E.R.= 0.322**  
MICROZONAZIONE SISMICA – LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**  
PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :  
**1.4÷3m – Vs 181 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 21$  - Coesione non drenata Cu = 300kN/mq -Peso**  
**volume  $\gamma = 20kN/mc$**   
STABILITÀ : **Buona**  
RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**  
PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**  
TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**  
APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Sondaggio con escavatore**  
PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 16.13 AREA C3 - SCHEDA DI SINTESI

**Trentino, Località Ca' Berleda** QUOTA 480msm

COORDINATE WGS84: latitudine 44.236630 longitudine 10.8435621

DESTINAZIONE URBANISTICA : **Residenziale**

RISCHIO SISMICO da PTCIP : **Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali**

INSTABILITÀ da PTCIP : **Non segnalata**

FORMAZIONE : APA **Argille a Palombini**

LITOLOGIA superficiale : **manto eluviale argilloso spessore 6m**

FALDA : **non rilevata**

MORFOLOGIA : **Fianco dolce di dorsale argillosa Pendio di 10°** CATEGORIA TOPOGRAFICA : **T1**

$V_{S_{30}}$  MISURATA = **457 m/s** CATEGORIA SUOLO = **B**

PERICOLOSITÀ SISMICA : (periodo di ritorno di 475 anni) **Magnitudo: DL 112 R.E.R.= 5,439**

**Accelerazione orizzontale massima al suolo : ag/g : DM 14.01.2008 = 0.204 - DL 112 R.E.R.= 0.286**

MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO DI APPROFONDIMENTO : **II**

PARAMETRI GEOTECNICI PRELIMINARI :

**0.5÷1.6m - Vs 241 m/sec - Angolo d'attrito efficace  $\phi' = 23$  - Coesione non drenata  $C_u = 70\text{kN/mq}$  -**

**Peso volume  $\gamma = 21\text{kN/mc}$**

STABILITÀ : **Sufficiente**

RISCHIO LIQUEFAZIONE IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

RISCHIO STABILITÀ PENDIO IN CONDIZIONI SISMICHE : **Assente**

PARERE EDIFICABILITÀ : **Edificabile**

TIPOLOGIA FONDAZIONE CONSIGLIATA : **Superficiale continua**

APPROFONDIMENTI CONSIGLIATI : **Nessuno**

PRESCRIZIONI : **Nessuna**

## 17 CONCLUSIONI

Lo studio condotto sulle pendici dove sono ubicate le 13 Aree di nuova proposta, oggetto della VARIANTE al PIANO REGOLATORE GENERALE del Comune di Fanano, ha permesso di verificare la compatibilità delle previsioni insediative con le caratteristiche dell'ambiente geologico di riferimento. Si certificano pertanto, nell'osservazione delle prescrizioni prodotte, condizioni di sicurezza adeguate per quanto riguarda stabilità dei pendii e rischio sismico.

Restano fermi gli obblighi di approfondimento che la norma impone, in fase di piani di intervento e di progetto esecutivo.

A disposizione per ogni chiarimento.

Fanano, 30 aprile 2014



Dott. Geol. Daniele Sargenti

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, sweeping loop followed by a smaller, more intricate flourish.