



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

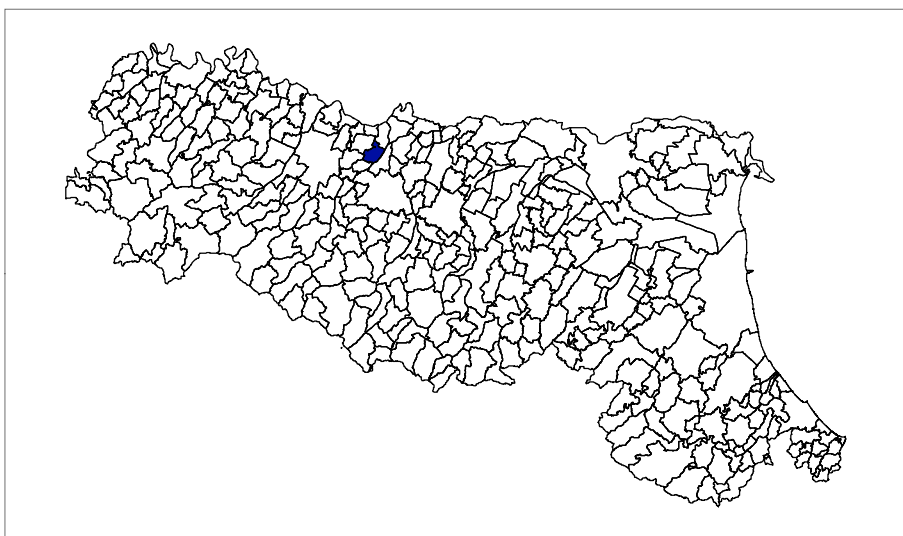
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

### Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Castelnovo di Sotto



|                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                         |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>Regione</b><br>Emilia Romagna<br><br><i>Studio realizzato con il contributo di<br/>cui all'OCDPC 978/2023<br/>DGR ER 1936/2023 ed il<br/>coordinamento del Settore Difesa<br/>del Territorio – Area Geologia, suoli<br/>e sismica della Regione<br/>Emilia Romagna</i> | <b>Soggetto realizzatore</b><br><br>Studio Geologico CENTROGEO<br><i>Progetto:</i><br>Gian Pietro Mazzetti<br><i>Collaboratori:</i><br>Stefano Gilli<br>Camilla Mazzetti | <b>Amministrazione comunale</b><br><i>Sindaco:</i><br>Francesco Monica<br><br><i>Responsabile Ufficio di Piano –<br/>Unione Terra di Mezzo:</i><br>Maria Teresa Capuano |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                          | <b>Data</b><br>Gennaio 2026                                                                                                                                             |  |

**Provincia di Reggio Emilia**  
**Unione Terra di Mezzo**  
**Comune di Castelnovo di Sotto**  
**MICROZONAZIONE SISMICA**  
**MODELLAZIONE E CARATTERIZZAZIONE**  
**GEOLOGICO TECNICA E SISMICA**  
**RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA**

---

**SOMMARIO**

---

|       |                                                                                                                                          |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 1     | INTRODUZIONE.....                                                                                                                        | 1   |
|       | INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....                                                                                                           | 3   |
| 2     | DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....                                                                                     | 5   |
| 2.1   | Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....                                                                          | 21  |
| 3     | ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....                                                                                                       | 23  |
| 3.1   | Caratteri sismotettonici.....                                                                                                            | 32  |
|       | Attività tettonica.....                                                                                                                  | 34  |
| 3.2   | Subsidenza.....                                                                                                                          | 39  |
| 3.2.1 | Assetto Strutturale Depositi del Quaternari Continentale.....                                                                            | 39  |
| 3.3   | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....                                                                                                        | 42  |
| 3.4   | Caratteri Geomorfologici.....                                                                                                            | 43  |
| 4     | IDROGEOLOGIA.....                                                                                                                        | 47  |
| 4.1   | Idrografia di superficie.....                                                                                                            | 47  |
| 4.2   | Reticolo idrografico naturale principale e secondario.....                                                                               | 48  |
| 4.3   | Reticolo secondario artificiale di pianura.....                                                                                          | 49  |
| 4.4   | Ambiente Idrico Sotterraneo.....                                                                                                         | 51  |
| 4.5   | Definizione del sistema idrogeologico.....                                                                                               | 51  |
| 4.5.1 | Tetto delle Acque Salate.....                                                                                                            | 52  |
| 4.6   | Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....                                                                               | 52  |
| 4.6.1 | Serie Idrogeologica Locale.....                                                                                                          | 53  |
| 4.7   | Assetto strutturale dell'acquifero.....                                                                                                  | 55  |
| 4.8   | Trasmissività degli acquiferi profondi.....                                                                                              | 56  |
| 4.8.1 | Ambiente Idrico Sotterraneo.....                                                                                                         | 56  |
| 4.8.2 | Isopieze dell'acquifero freatico.....                                                                                                    | 57  |
| 4.8.3 | Soggiacenza Acquifero freatico.....                                                                                                      | 58  |
| 4.9   | Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....                                                                                 | 59  |
| 4.10  | Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....                                                                                | 60  |
| 5     | CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....                                                                                                         | 61  |
| 5.1   | Carta geologico tecnica.....                                                                                                             | 61  |
| 5.2   | Caratteristiche litotecniche.....                                                                                                        | 63  |
| 5.3   | Successioni Geotecniche.....                                                                                                             | 64  |
| 6     | MODELLI GEOTECNICI.....                                                                                                                  | 71  |
| 6.1   | SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....                                                                                                      | 75  |
| 6.2   | CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA.....                                                                           | 78  |
| 7     | INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....                                                                                           | 79  |
| 7.1   | Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze.....                                                            | 79  |
| 7.2   | Microtremori con la tecnica HVSr.....                                                                                                    | 80  |
| 7.3   | Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.Mi./MASW.....                                                                         | 80  |
| 8     | PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....                                                                                                    | 82  |
| 8.1   | Carta delle indagini.....                                                                                                                | 82  |
| 8.2   | Carta delle frequenze naturali del terreno.....                                                                                          | 83  |
| 8.3   | Tetto delle ghiaie – sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....                                                 | 84  |
| 8.3.1 | Tetto Ghiaie e sabbie.....                                                                                                               | 84  |
| 8.4   | Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....                                                                         | 85  |
| 8.5   | Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....                                               | 86  |
| 8.5.1 | Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....                                                                         | 87  |
| 9     | SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....                                                                                          | 96  |
| 9.1.1 | Carta delle velocità delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ).....                                                                             | 96  |
| 9.2   | Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....                                                                        | 97  |
| 9.3   | Definizione degli input sismici.....                                                                                                     | 97  |
| 9.4   | Calcolo degli effetti di sito.....                                                                                                       | 99  |
| 9.5   | Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche.....                                                                                   | 101 |
| 9.6   | Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021.....                                                             | 108 |
| 9.7   | Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale $F_a$ PGA.....                                                | 111 |
| 9.8   | Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....                                                                         | 112 |
| 9.9   | Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo $F_H$ $0.1 < T < 0.5$ sec..... | 112 |
| 9.10  | Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.0$ sec.....                                    | 113 |
| 9.11  | Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.5$ sec.....                                    | 114 |
| 9.12  | Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $F_A$ $0.1 < T < 0.5$ sec.....                    | 114 |
| 9.13  | Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $F_A$ $0.4 < T < 0.8$ sec.....                    | 115 |
| 9.14  | Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $F_A$ $0.7 < T < 1.1$ sec.....                    | 116 |
| 9.15  | Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $F_A$ $0.5 < T < 1.5$ sec.....                    | 117 |
| 9.16  | LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM.....                                                                                                | 118 |

|      |                                                                                             |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.17 | Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: $0.1 < T < 0.5$ sec                  | 118 |
| 10   | TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO                                                            | 119 |
| 10.1 | Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: $0.4 < T < 0.8$ sec                    | 119 |
| 10.2 | Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: $0.7 < T < 1.1$ sec                    | 119 |
| 10.3 | Carta del livello di pericolosità nell'intervallo H: $0.5 < T < 1.5$ sec                    | 120 |
| 11   | RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI | 121 |
| 12   | ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI                                                | 121 |

## ELABORATI CARTOGRAFICI

|                    |                                                                 |                      |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------|
| Tav. 1.1.1-1.1.5   | Carta delle indagini                                            | 1:5.000              |
| Tav. 1.2           | Carta geologico tecnica                                         | 1:10.000             |
| Tav. 1.2.1         | Sezioni geologiche Ovest - Est                                  | 1:100.000<br>1:2.000 |
| Tav. 1.3           | Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)    | 1:10.000             |
| Tav. 1.4           | Carta delle frequenze naturali dei terreni                      | 1:10.000             |
| Tav. 1.5           | Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)       | 1:10.000             |
| Tav. 1.6           | Carta tetto delle sabbie e del substrato a comportamento rigido | 1:10.000             |
| Tav. 1.7           | Carta delle isopieze della falda                                | 1:10.000             |
| Tav. 1.8           | Carta della soggiacenza della falda                             | 1:10.000             |
| Tav. 2.1.1-2.1.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA PGA            | 1:5.000              |
| Tav. 2.2.1-2.2.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,1 – 0,5 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.3.1-2.3.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,0 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.4.1-2.4.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FH 0,5 – 1,5 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.5.1-2.5.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,1 – 0,5 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.6.1-2.6.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,4 – 0,8 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.7.1-2.7.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,7 – 1,1 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.8.1-2.8.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - FA 0,5 – 1,5 sec  | 1:5.000              |
| Tav. 2.9.1-2.9.5   | Carta di microzonazione sismica Livello 2-3 - HSM               | 1:5.000              |
| Tav. 2.10.1-2.10.5 | Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,4 – 0,8 sec     | 1:5.000              |
| Tav. 2.11.1-2.11.5 | Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,7 – 1,1 sec     | 1:5.000              |
| Tav. 2.12.1-2.12.5 | Carta di microzonazione sismica Livello 3 - H 0,5 – 1,5 sec     | 1:5.000              |

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche

Schede verifiche di suscettività alla liquefazione

# 1 INTRODUZIONE

L'analisi delle condizioni di sicurezza in funzione del comportamento dei terreni durante un evento sismico e dei conseguenti possibili effetti locali, del territorio comunale di Castelnovo di Sotto (R.E.) è stata sviluppata mediante studi di caratterizzazione e modellazione geologico – tecnica e della pericolosità sismica di base – azione sismica.

Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione e di un loro adeguato intorno, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate dalle principali infrastrutture.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OCDPC 978/2023, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n° 1936/2023, "Approvazione dei Criteri per l'Attribuzione Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.

Le sopra indicate analisi sono inoltre state sviluppate in riferimento a:

-D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88; L.R. RER N° 20 del 24/03/2000

-N.A. Piano stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, DGR 1300/2016 Prime Disposizioni Regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico, ai sensi dell'Art. 58 elaborato n° 7 (Norme di Attuazione) del progetto di variante al PAI e al PAI Delta adottato dal Comitato Istituzionale Autorità di Bacino del fiume PO con Deliberazione n°5/2015.

- ADBPO Variante 2025 Mappe della pericolosità e del rischio di alluvione Deliberazioni 10/11 del 18/12/25.

-NA PTCP Reggio Emilia.

D.M. 17/01/2018 e relative NTC

-DGR 564/2021: Integrazione della propria deliberazione n. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'allegato A, "Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)". BURERT, n. 137 del 12 maggio 2021, parte seconda n. 113.

-Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento Protezione Civile 2008, Parte III

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito su incarico dell'**Unione Terra di Mezzo - Ufficio di Piano**, Responsabile Maria Teresa Capuano. Incarico affidato con Determina n° 586 del 16/12/2024.

La Microzonazione Sismica e Condizione Limite per l'Emergenza è stata effettuata in coordinamento con il *Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e Sismica della Regione Emilia-Romagna*.

Le valutazioni di fattibilità per le scelte d'uso urbanistiche sono state svolte in riferimento alle condizioni geologico strutturali e di risentimento sismico, delle tipologie dei

processi morfogenetici, delle caratteristiche del reticolo idrografico dell'estensione degli ambiti territoriali sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo.

L'analisi della pericolosità sismica dell'area comunale di Castelnovo di Sotto (R.E.) è stata sviluppata mediante la realizzazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo e di terzo livello, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, in riferimento alle indicazioni contenute nelle sopracitate DGR 1936/2023, DGR 564/2021.

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione del PUG, rappresentano uno strumento utile per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità relativa geologico tecnica, sismica e idraulica del territorio esaminato.

Le elaborazioni cartografiche eseguite sono pertanto attinenti agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.

Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini direttamente effettuati che hanno integrato ed approfondito quelli precedentemente eseguiti nel contesto dello studio di Microzonazione Sismica di II° livello 2018/2019, da numerose indagini geognostiche in precedenza eseguite corredo del PSC 2008 e altre nel periodo 2016/2024, AA.VV., che hanno consentito valutazioni di maggior dettaglio per la discretizzazione delle aree a caratteristiche/condizioni geologico tecniche/sismiche equivalenti, delle analisi del P.T.C.P. di Reggio Emilia visualizzate negli elaborati cartografici di riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (Tav. P9a: 183 SE – 183 NE).

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, è stata sviluppata in coordinamento con *il Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Dr. Luca Martelli ed Ing. Maria Romani, Regione Emilia Romagna* e con *Ufficio di Piano - Terra di Mezzo, Ing. Maria Teresa Capuano, Reggio Emilia*.

Le rilevazioni in sito ed elaborazioni sono state effettuate da Dr. Stefano Gilli. Mauro Mazzetti, Camilla Mazzetti, Dr. Marco Boccaletti, Dr. Gian Pietro Mazzetti, *Studio Geologico Centrogeo, Correggio*.

Le elaborazioni GIS sono state eseguite da Dr. Stefano Gilli.

## INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Il Comune di Castelnovo di Sotto ricade prevalentemente nei settori nord orientale e nord occidentale delle tavolette

- CASTELNOVO DI SOTTO III NO (quadrante nord est)
- CADELBOSCO DI SOPRA III NE (quadrante nord ovest)

e per areali di estensione minore

- GUALTIERI IV SE (quadrante sud ovest)
- BRESCELLO IV SO (quadrante sud est)

appartenenti al F° REGGIO NELL'EMILIA N°74 I.G.M.

Il territorio comunale, si estende su una superficie di 35,01 kmq ed è delimitato, in riferimento al sistema UTM – WGS84

dai meridiani: 623325 (O) – 625035 (E)

e dai paralleli: 4963750 (S) – 4966090 (N)

L'assetto morfologico territoriale ad andamento pianeggiante, presenta un assetto blandamente dorsato in senso nord ovest – sud est che si caratterizza al bordo orientale dell'area comunale con un dosso esteso in direzione sud sudovest – nord nordest esteso concordemente all'andamento del T. Crostolo; analoghe strutture morfologiche relativamente meno pronunciate, caratterizzano la parte occidentale dell'area comunale dove si riscontra un dosso orientato sud sudovest – nord nordest esteso circa da incrocio SP 112 – via Mezzanella al settore occidentale settentrionale del capoluogo (incrocio SS 358/Strada Gazzo) in corrispondenza del quale flette in direzione est assecondando l'andamento della sopracitata via – Cavo Fossetta Montana; equivalente dosso orientato sud ovest – nord est si osserva nella zona centro settentrionale circa dall'incrocio via Fontanese – Strada Gazzaro a intersezione via Prato Bovino – Fossa Marza sud.

L'assetto topografico movimentato da blande ondulazioni ad ampio raggio è caratterizzato da quote mediamente comprese tra 31 e 25 m slm nella parte meridionale e centrale dell'area comunale, alla quale appartiene il capoluogo, ed è contraddistinta da pendenze variabili tra  $p = 1,5 \div 2,5$  ‰, ad eccezione delle sopracitate fasce di dosso nelle quali  $p = 2,7$  4,0 ‰; simili condizioni contraddistinguono il settore centrale tra il capoluogo e Cogruzzo con quote comprese tra 25,0 e 22,0 m slm,  $p = 1,4 \div 2,5$  ‰ declinati in direzione in nord est ad eccezione del settore centro orientale con  $p = 0,9 \div 1,3$  ‰; la parte settentrionale con quote mediamente comprese tra 20,0 - 21,0 m slm è caratterizzata da  $p = 1,3 \div 2,5$  ‰ declinati in verso nord est, ad esclusione della fascia all'estremità settentrionale ed orientale nelle quali  $p = 0,9 \div 1,1$  ‰; analoghe pendenze contraddistinguono il settore al bordo orientale dell'area comunale nel quale  $p = 0,5 \div 1,1$  ‰ evidenzia condizioni di difficoltoso drenaggio.

Detta morfologia blandamente depressa, delimitata ad est dal dosso del T. Crostolo e ad ovest dal Canale di Castelnovo nella zona meridionale, da Strada Isonzo/Scolo Cantello nella parte settentrionale, assume una significativa importanza sulle previsioni di destinazioni d'uso del territorio poiché la realizzazione di opere o infrastrutture che intersechino in senso ovest est le aree in oggetto può costituire barriere idrauliche che ostacolano la possibilità dello scolo idrico superficiale; queste condizioni incrementerebbero le situazioni di difficoltoso

drenaggio generando un ambito a rischio di allagamenti in occasione di eventi di piogge critiche.

Ne consegue che in tali zone necessita siano valutate con particolare attenzione l'efficienza degli assetti fognari e della rete di scolo idrico superficiale.

Analoghe attenzioni sono da adottare nella fascia estesa ovest est a settentrione di Meletole.

Le sopra descritte condizioni trovano riscontro negli elaborati cartografici precedenti al 1900: IGM I° Impianto 1884, Carta del Ducato di Modena *G. Carandini* 1821/1828 che nella fascia estesa sud nord al bordo orientale dell'area comunale evidenziano ambienti di valle di pianura.

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 15 km) ed in subordine di media profondità (15÷25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari e subordinati i meccanismi focali distensivi.

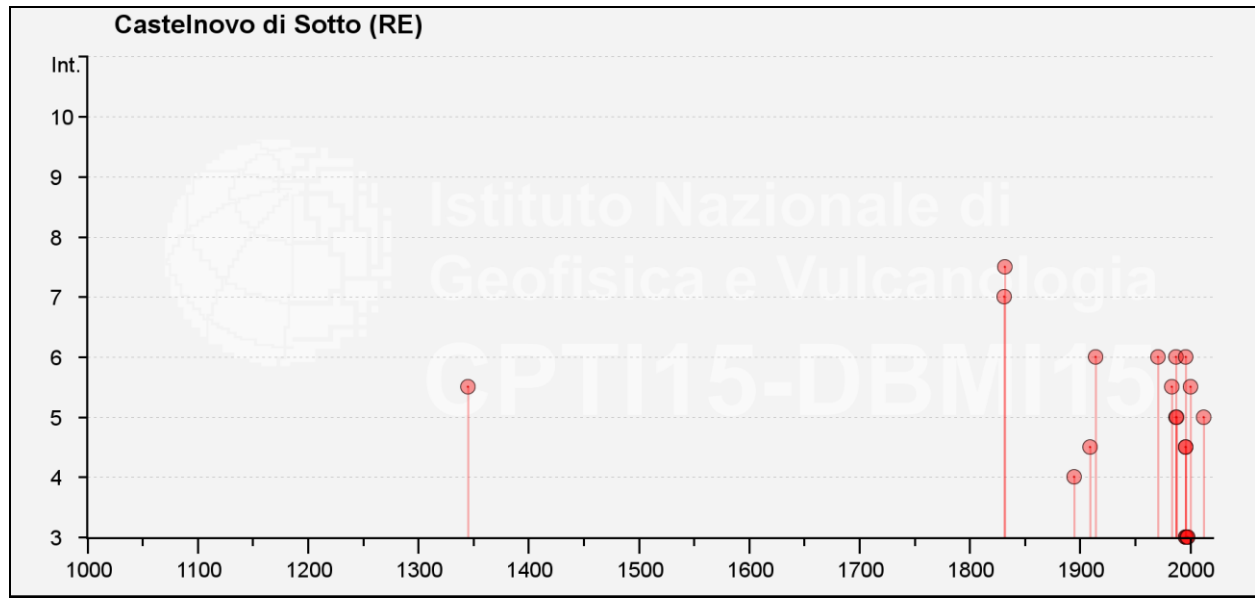
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Castelnovo di Sotto e zone ad esso adiacenti, il Database Macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>) versione 4.0 documenta eventi sismici giungenti al 7°÷7,5° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con magnitudo variabile tra Mw=4,8÷5,6; in detto ambito sono documentati due epicentri sismici, 1831-1832, con Mw ≥ 5,48÷5,51 a meridione del capoluogo rispettivamente a distanza circa di 6,3 km sud e 7 km sud ovest, circa tra Gallana e Motta (0,5/1,0 km sud A1) e Case del Lago - Laghi di Gruma (Corte Valle Re); un epicentro con simile magnitudo Mw≥5,38, nel 1996 è registrato 7,0 km ad est di Castelnovo di Sotto capoluogo, un analogo evento nel 1971 circa 10/11 km ad ovest con Mw≥ 5,32; epicentri con Mw=4,97 nel 1987 10/11 km ,avvenuti ad est, nel area comunale hanno indotto risentimenti I<sub>0</sub> = 6 e 5-6.

Nelle zone a sud ovest di Cella - Calerno sono individuate due box sismiche con asse maggiore orientato sud ovest - nord est che identificano la proiezione in superficie dell'orientamento delle faglie sepolte sorgente dei terremoti.

**Storia sismica di Castelnovo di Sotto**  
Numero di eventi: 23

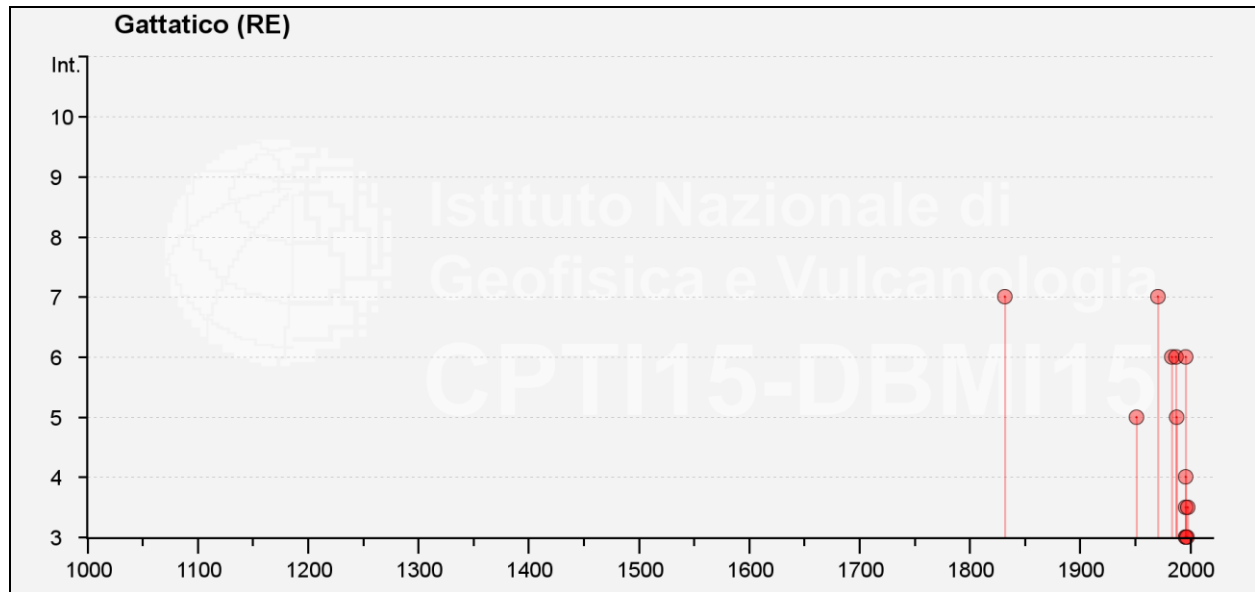
| Effetti | In occasione del terremoto del |                          |      |                |      |
|---------|--------------------------------|--------------------------|------|----------------|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale         | NMDP | I <sub>0</sub> | Mw   |
| 5-6     | 1345 01 31                     | Pianura emiliana         | 1    | 5-6            | 4.40 |
| 7       | 1831 09 11 18 15               | Pianura emiliana         | 25   | 7-8            | 5.48 |
| 7-8     | 1832 03 13 03 30               | Reggiano                 | 97   | 7-8            | 5.51 |
| 4       | 1895 05 12 20 29               | Reggiano                 | 13   | 4-5            | 3.98 |
| 4-5     | 1909 01 13 00 45               | Emilia Romagna orientale | 867  | 6-7            | 5.36 |
| 6       | 1914 10 27 09 22               | Lucchesia                | 660  | 7              | 5.63 |
| 6       | 1971 07 15 01 33 2             | Parmense                 | 228  | 8              | 5.51 |
| 5-6     | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense                 | 850  | 6-7            | 5.04 |
| NF      | 1986 12 06 17 07 1             | Ferrarese                | 604  | 6              | 4.43 |
| 5       | 1987 04 24 02 30 2             | Reggiano                 | 54   | 6              | 4.64 |
| 6       | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano                 | 802  | 6              | 4.71 |
| 5       | 1988 03 15 12 03 1             | Reggiano                 | 160  | 6              | 4.57 |
| NF      | 1995 10 10 06 54 2             | Lunigiana                | 341  | 7              | 4.82 |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana         | 135  | 7              | 5.38 |
| 3       | 1996 10 26 04 56 5             | Pianura emiliana         | 63   | 5-6            | 3.94 |
| 4-5     | 1996 10 26 06 50 2             | Pianura emiliana         | 35   | 5-6            | 3.63 |
| 4-5     | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana         | 65   | 5-6            | 4.29 |

| Effetti | In occasione del terremoto del |                  |      |     |      |
|---------|--------------------------------|------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale | NMDP | Io  | Mw   |
| 3       | 1996 12 16 09 09 5             | Pianura emiliana | 115  | 5-6 | 4.06 |
| 3       | 1997 05 12 22 13 5             | Pianura emiliana | 56   | 4-5 | 3.68 |
| 3       | 1998 02 21 02 21 1             | Pianura emiliana | 104  | 5   | 3.93 |
| 5-6     | 2000 06 18 07 42 0             | Pianura emiliana | 304  | 5-6 | 4.40 |
| NF      | 2002 06 08 20 13 0             | Frignano         | 115  | 4   | 4.23 |
| 5       | 2012 01 25 08 06 3             | Pianura emiliana | 25   | 5-6 | 4.98 |



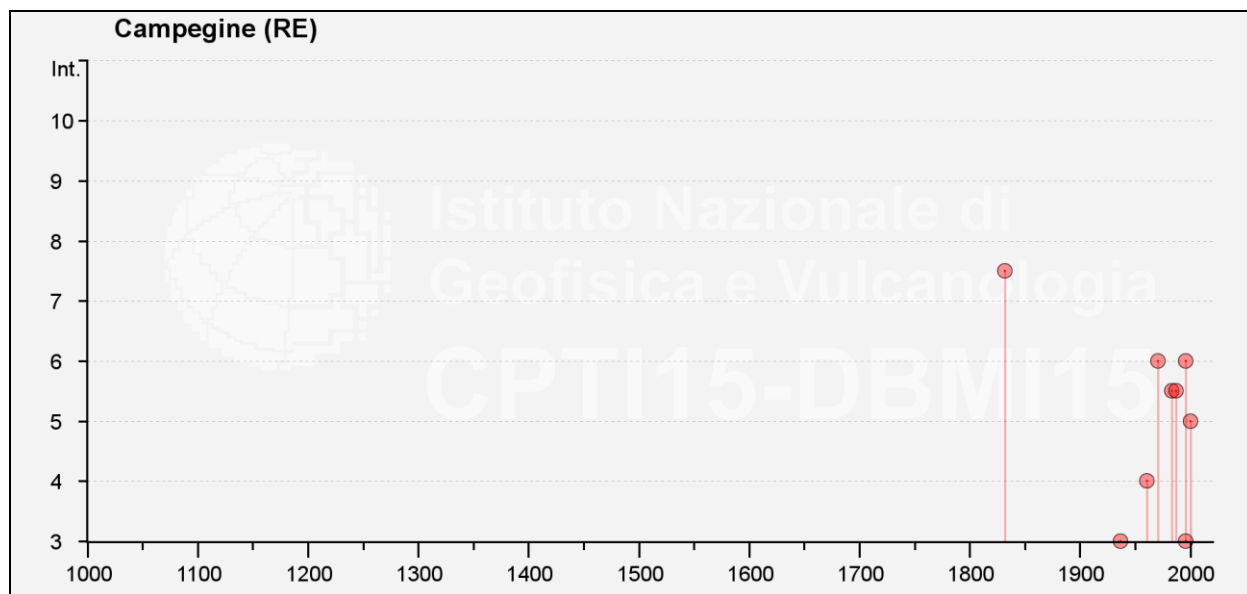
**Storia sismica di Gattatico**  
Numero di eventi: 18

| Effetti | In occasione del terremoto del |                    |      |     |      |
|---------|--------------------------------|--------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale   | NMDP | Io  | Mw   |
| 7       | 1832 03 13 03 30               | Reggiano           | 97   | 7-8 | 5.51 |
| 5       | 1951 05 15 22 54               | Lodigiano          | 179  | 6-7 | 5.17 |
| 7       | 1971 07 15 01 33 2             | Parmense           | 228  | 8   | 5.51 |
| 6       | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense           | 850  | 6-7 | 5.04 |
| 6       | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano           | 802  | 6   | 4.71 |
| 5       | 1988 03 15 12 03 1             | Reggiano           | 160  | 6   | 4.57 |
| NF      | 1989 10 03 09 41 3             | Appennino parmense | 91   | 4   | 4.04 |
| 2-3     | 1995 10 10 06 54 2             | Lunigiana          | 341  | 7   | 4.82 |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana   | 135  | 7   | 5.38 |
| 3-4     | 1996 10 26 04 56 5             | Pianura emiliana   | 63   | 5-6 | 3.94 |
| 3       | 1996 10 26 06 50 2             | Pianura emiliana   | 35   | 5-6 | 3.63 |
| 3       | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana   | 65   | 5-6 | 4.29 |
| 4       | 1996 12 16 09 09 5             | Pianura emiliana   | 115  | 5-6 | 4.06 |
| 3       | 1997 05 12 22 13 5             | Pianura emiliana   | 56   | 4-5 | 3.68 |
| 3-4     | 1998 02 21 02 21 1             | Pianura emiliana   | 104  | 5   | 3.93 |
| 2-3     | 2000 06 18 07 42 0             | Pianura emiliana   | 304  | 5-6 | 4.40 |
| NF      | 2002 06 08 20 13 0             | Frignano           | 115  | 4   | 4.23 |
| NF      | 2002 06 18 22 23 3             | Frignano           | 186  | 4   | 4.30 |



**Storia sismica di Campegine**  
Numero di eventi: 15

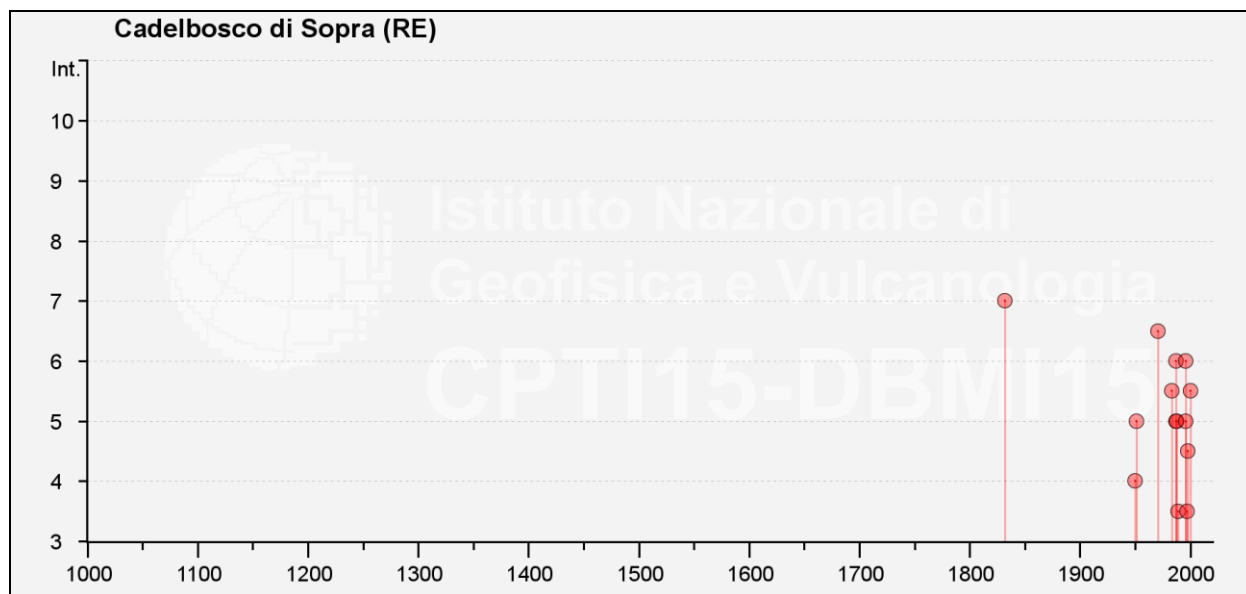
| Effetti | In occasione del terremoto del |                  |      |     |      |
|---------|--------------------------------|------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale | NMDP | Io  | Mw   |
| 7-8     | 1832 03 13 03 30               | Reggiano         | 97   | 7-8 | 5.51 |
| 6       | 1971 07 15 01 33 2             | Parmense         | 228  | 8   | 5.51 |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana | 135  | 7   | 5.38 |
| 5-6     | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense         | 850  | 6-7 | 5.04 |
| 5-6     | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano         | 802  | 6   | 4.71 |
| 5       | 2000 06 18 07 42 0             | Pianura emiliana | 304  | 5-6 | 4.40 |
| 4       | 1961 08 13 22 34 1             | Parmense         | 22   | 5-6 | 4.37 |
| 3       | 1937 09 17 12 19 0             | Parmense         | 34   | 7   | 4.77 |
| 3       | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana | 65   | 5-6 | 4.29 |
| 2-3     | 1996 12 16 09 09 5             | Pianura emiliana | 115  | 5-6 | 4.06 |
| NF      | 1986 12 06 17 07 1             | Ferrarese        | 604  | 6   | 4.43 |
| NF      | 1995 10 10 06 54 2             | Lunigiana        | 341  | 7   | 4.82 |
| NF      | 2002 06 08 20 13 0             | Frignano         | 115  | 4   | 4.23 |
| NF      | 2002 06 18 22 23 3             | Frignano         | 186  | 4   | 4.30 |
| NF      | 2002 11 13 10 48 0             | Franciacorta     | 768  | 5   | 4.21 |



**Storia sismica di Cadelbosco di Sopra**

Numero di eventi: 20

| Effetti | In occasione del terremoto del |                    |      |     |      |  |
|---------|--------------------------------|--------------------|------|-----|------|--|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale   | NMDP | Io  | Mw   |  |
| 7       | 1832 03 13 03 30               | Reggiano           | 97   | 7-8 | 5.51 |  |
| 4       | 1950 05 06 03 43               | Reggiano           | 4    | 4   | 4.41 |  |
| 5       | 1951 05 15 22 54               | Lodigiano          | 179  | 6-7 | 5.17 |  |
| 6-7     | 1971 07 15 01 33 2             | Parmense           | 228  | 8   | 5.51 |  |
| 5-6     | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense           | 850  | 6-7 | 5.04 |  |
| NF      | 1986 12 06 17 07 1             | Ferrarese          | 604  | 6   | 4.43 |  |
| 5       | 1987 04 24 02 30 2             | Reggiano           | 54   | 6   | 4.64 |  |
| 6       | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano           | 802  | 6   | 4.71 |  |
| 5       | 1988 03 15 12 03 1             | Reggiano           | 160  | 6   | 4.57 |  |
| 3-4     | 1989 10 03 09 41 3             | Appennino parmense | 91   | 4   | 4.04 |  |
| 1-2     | 1995 10 10 06 54 2             | Lunigiana          | 341  | 7   | 4.82 |  |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana   | 135  | 7   | 5.38 |  |
| NF      | 1996 10 26 04 56 5             | Pianura emiliana   | 63   | 5-6 | 3.94 |  |
| NF      | 1996 10 26 06 50 2             | Pianura emiliana   | 35   | 5-6 | 3.63 |  |
| 5       | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana   | 65   | 5-6 | 4.29 |  |
| 3-4     | 1997 05 12 22 13 5             | Pianura emiliana   | 56   | 4-5 | 3.68 |  |
| 4-5     | 1998 02 21 02 21 1             | Pianura emiliana   | 104  | 5   | 3.93 |  |
| 5-6     | 2000 06 18 07 42 0             | Pianura emiliana   | 304  | 5-6 | 4.40 |  |
| NF      | 2002 06 08 20 13 0             | Frignano           | 115  | 4   | 4.23 |  |
| NF      | 2002 06 18 22 23 3             | Frignano           | 186  | 4   | 4.30 |  |

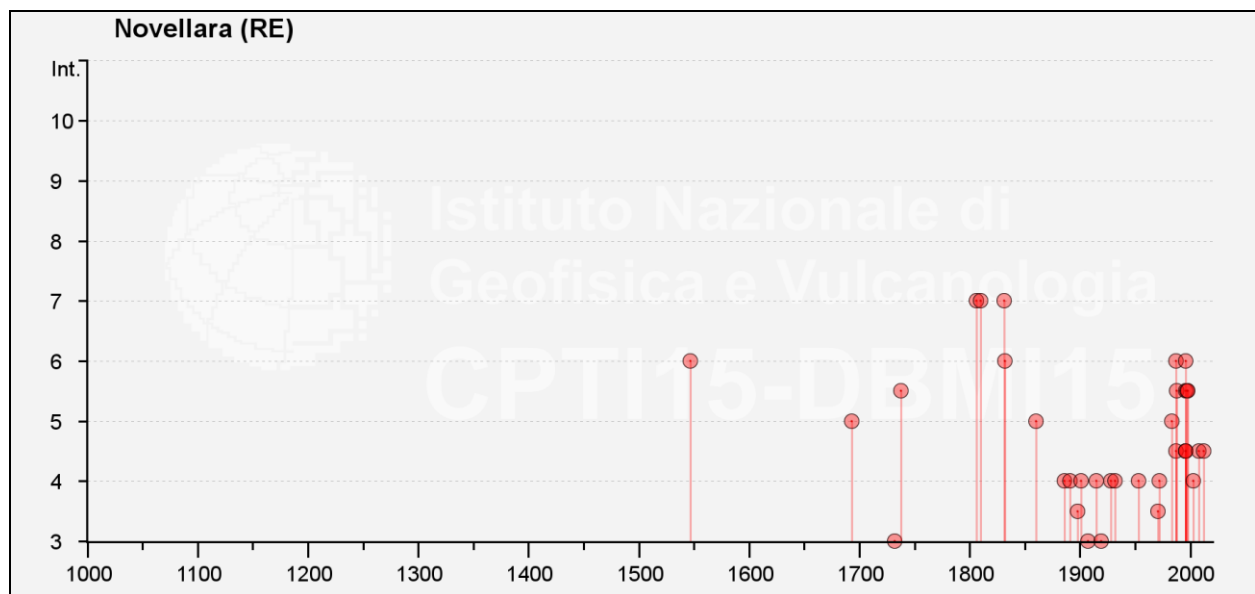


**Storia sismica di Novellara**

Numero di eventi: 43

| Effetti | In occasione del terremoto del |                    |      |     |      |
|---------|--------------------------------|--------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale   | NMDP | Io  | Mw   |
| 7       | 1806 02 12                     | Reggiano           | 28   | 7   | 5.21 |
| 7       | 1810 12 25 00 45               | Pianura emiliana   | 33   | 6   | 5.06 |
| 7       | 1831 09 11 18 15               | Pianura emiliana   | 25   | 7-8 | 5.48 |
| 6       | 1547 02 10 13 20               | Reggiano           | 7    | 7   | 5.10 |
| 6       | 1832 03 13 03 30               | Reggiano           | 97   | 7-8 | 5.51 |
| 6       | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano           | 802  | 6   | 4.71 |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana   | 135  | 7   | 5.38 |
| 5-6     | 1738 11 05 00 30               | Emilia occidentale | 10   | 7   | 5.10 |
| 5-6     | 1988 03 15 12 03 1             | Reggiano           | 160  | 6   | 4.57 |
| 5-6     | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana   | 65   | 5-6 | 4.29 |
| 5-6     | 1997 05 12 22 13 5             | Pianura emiliana   | 56   | 4-5 | 3.68 |
| 5-6     | 1998 02 21 02 21 1             | Pianura emiliana   | 104  | 5   | 3.93 |
| 5       | 1693 07 06 09 15               | Mantovano          | 13   | 7   | 5.23 |
| 5       | 1860 07 17 13 43 3             | Reggiano           | 5    | 4-5 | 3.93 |
| 5       | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense           | 850  | 6-7 | 5.04 |
| 4-5     | 1987 04 24 02 30 2             | Reggiano           | 54   | 6   | 4.64 |
| 4-5     | 1996 10 26 04 56 5             | Pianura emiliana   | 63   | 5-6 | 3.94 |
| 4-5     | 1996 10 26 06 50 2             | Pianura emiliana   | 35   | 5-6 | 3.63 |
| 4-5     | 1996 12 16 09 09 5             | Pianura emiliana   | 115  | 5-6 | 4.06 |
| 4-5     | 2008 12 23 15 24 2             | Parmense           | 291  | 6-7 | 5.36 |
| 4-5     | 2012 01 25 08 06 3             | Pianura emiliana   | 25   | 5-6 | 4.98 |
| 4       | 1886 10 15 02 20               | Collecchio         | 44   | 6   | 4.70 |
| 4       | 1891 06 07 01 06 1             | Valle d'Ilasi      | 403  | 8-9 | 5.87 |
| 4       | 1901 10 30 14 49 5             | Garda occidentale  | 289  | 7-8 | 5.44 |
| 4       | 1915 10 10 23 10               | Reggiano           | 30   | 6   | 4.87 |
| 4       | 1928 06 13 08                  | Carpi              | 35   | 6   | 4.67 |
| 4       | 1932 07 13 03 42               | Reggiano           | 8    | 4-5 | 3.86 |

| Effetti | In occasione del terremoto del |                          |      |     |      |
|---------|--------------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale         | NMDP | Io  | Mw   |
| 4       | 1953 08 22 05 26               | Reggiano                 | 6    | 6   | 4.73 |
| 4       | 1972 10 25 21 56 1             | Appennino settentrionale | 198  | 5   | 4.87 |
| 4       | 2003 09 14 21 42 5             | Appennino bolognese      | 133  | 6   | 5.24 |
| F       | 1570 11 17 19 10               | Ferrarese                | 58   | 7-8 | 5.44 |
| F       | 1873 05 16 19 35               | Reggiano                 | 15   | 6-7 | 5.01 |
| F       | 1887 02 23 05 21 5             | Liguria occidentale      | 1511 | 9   | 6.27 |
| 3-4     | 1898 03 04 21 05               | Parmense                 | 313  | 7-8 | 5.37 |
| 3-4     | 1971 09 11 23 18 1             | Pianura emiliana         | 15   | 5   | 4.19 |
| 3       | 1732 02 04 18 20               | Parma                    | 9    | 5-6 | 4.65 |
| 3       | 1907 04 25 04 52               | Veronese                 | 122  | 6   | 4.79 |
| 3       | 1919 06 29 15 06 1             | Mugello                  | 565  | 10  | 6.38 |
| NF      | 1904 11 17 05 02               | Pistoiese                | 204  | 7   | 5.10 |
| NF      | 1937 09 17 12 19 0             | Parmense                 | 34   | 7   | 4.77 |
| NF      | 1984 04 29 05 02 5             | Umbria settentrionale    | 709  | 7   | 5.62 |
| NF      | 1986 12 06 17 07 1             | Ferrarese                | 604  | 6   | 4.43 |
| NF      | 2002 06 18 22 23 3             | Frignano                 | 186  | 4   | 4.30 |



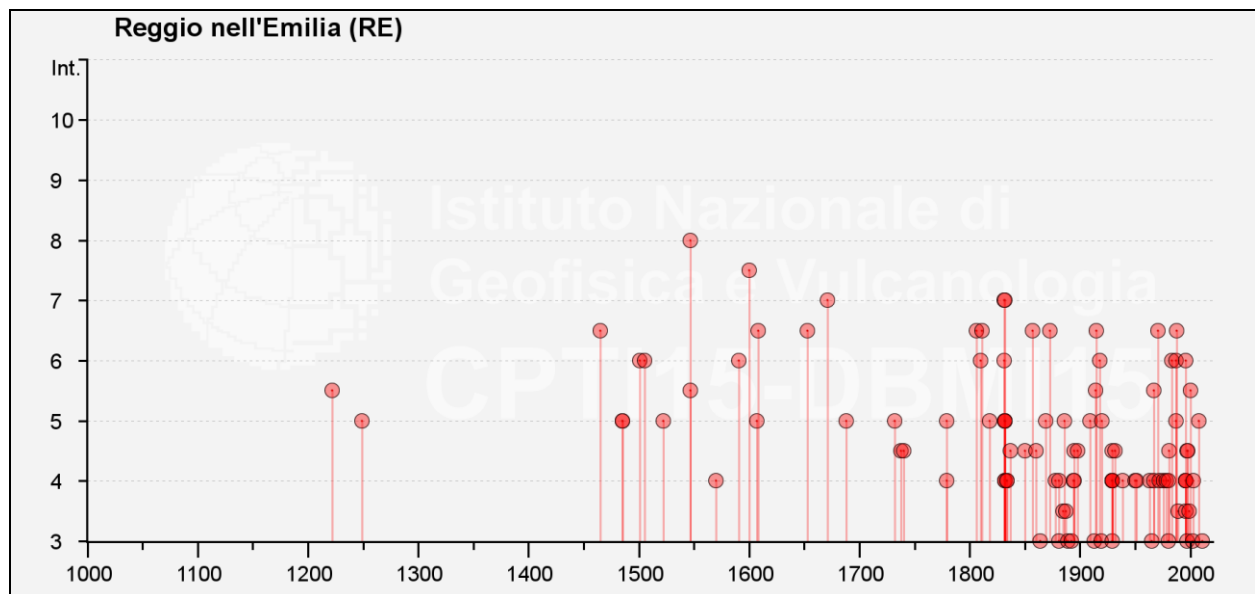
**Storia sismica di Reggio Emilia**  
Numero di eventi: 126

| Effetti | In occasione del terremoto del |                       |      |     |      |
|---------|--------------------------------|-----------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale      | NMDP | Io  | Mw   |
| 5-6     | 1222 12 25 12 30               | Bresciano-Veronese    | 18   | 7-8 | 5.68 |
| 5       | 1249 09                        | Modena                | 2    | 6-7 | 4.86 |
| F       | 1348 01 25                     | Alpi Giulie           | 89   | 9   | 6.63 |
| 6-7     | 1465 04 07 15 30               | Pianura emiliana      | 5    | 5-6 | 4.40 |
| 5       | 1485                           | Reggio nell'Emilia    | 1    | 5   | 4.16 |
| 5       | 1485 09 01                     | Pianura padano-veneta | 4    | 5   | 4.16 |
| 6       | 1501 06 05 10                  | Modenese              | 17   | 9   | 6.05 |
| 6       | 1505 01 03 02                  | Bolognese             | 31   | 8   | 5.62 |
| 5       | 1522 10 05 00 10               | Pianura Padana        | 6    | 5   | 4.71 |

| Effetti | In occasione del terremoto del |                          |      |     |      |
|---------|--------------------------------|--------------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale         | NMDP | Io  | Mw   |
| 8       | 1547 02 10 13 20               | Reggiano                 | 7    | 7   | 5.10 |
| 5-6     | 1547 03 24                     | Reggiano                 | 1    | 5-6 | 4.40 |
| 4       | 1570 11 17 19 10               | Ferrarese                | 58   | 7-8 | 5.44 |
| 6       | 1591 05 24                     | Reggio nell'Emilia       | 1    | 6   | 4.63 |
| 7-8     | 1600 10 28                     | Reggio nell'Emilia       | 1    | 7-8 | 5.33 |
| 5       | 1607 12 31                     | Reggio nell'Emilia       | 1    | 5   | 4.16 |
| 6-7     | 1608 01 06 22 20               | Reggio nell'Emilia       | 2    | 5-6 | 4.40 |
| F       | 1624 03 19                     | Argenta                  | 18   | 7-8 | 5.43 |
| 6-7     | 1653 04 19 04 15               | Reggiano                 | 4    | 5-6 | 4.40 |
| 7       | 1671 06 20 10                  | Modenese-Reggiano        | 8    | 7   | 5.27 |
| 5       | 1688 04 11 12 20               | Romagna                  | 39   | 8-9 | 5.84 |
| F       | 1695 02 25 05 30               | Asolano                  | 107  | 10  | 6.40 |
| 5       | 1732 02 04 18 20               | Parma                    | 9    | 5-6 | 4.65 |
| 4-5     | 1738 11 05 00 30               | Emilia occidentale       | 10   | 7   | 5.10 |
| 4-5     | 1740 03 06 05 40               | Garfagnana               | 32   | 8   | 5.64 |
| 5       | 1779 07 14 19 30               | Bolognese                | 17   |     |      |
| 4       | 1779 11 23 18 30               | Bolognese                | 14   | 5   | 4.70 |
| F       | 1779 12 24 17                  | Appennino pistoiese      | 9    | 5-6 | 4.59 |
| 6-7     | 1806 02 12                     | Reggiano                 | 28   | 7   | 5.21 |
| 6       | 1810 12 25 00 45               | Pianura emiliana         | 33   | 6   | 5.06 |
| 6-7     | 1811 07 15 22 44               | Modenese-Reggiano        | 19   | 6-7 | 5.13 |
| 5       | 1818 12 09 18 55               | Parmense                 | 26   | 7   | 5.24 |
| 6       | 1831 07 14 15 30               | Reggiano                 | 8    | 5-6 | 4.60 |
| 7       | 1831 09 11 18 15               | Pianura emiliana         | 25   | 7-8 | 5.48 |
| 4       | 1832 03 11 06 45               | Carpi                    | 14   | 5   | 4.51 |
| 4       | 1832 03 11 08 45               | Parmense                 | 14   |     |      |
| 5       | 1832 03 12 08 45               | Reggiano                 | 7    |     |      |
| 7       | 1832 03 13 03 30               | Reggiano                 | 97   | 7-8 | 5.51 |
| 5       | 1832 03 14 04 40               | Reggiano                 | 5    |     |      |
| 5       | 1832 03 14 07 41               | Reggiano                 | 7    |     |      |
| 5       | 1832 04 19 14 14               | Reggiano                 | 5    |     |      |
| 4       | 1834 02 14 13 15               | Val di Taro-Lunigiana    | 112  | 9   | 5.96 |
| 4       | 1834 07 04 00 45               | Val di Taro-Lunigiana    | 24   | 6-7 | 5.08 |
| 4-5     | 1837 04 11 17                  | Lunigiana                | 60   | 9   | 5.94 |
| F       | 1843 10 25 03 30               | Mugello                  | 17   | 6-7 | 5.03 |
| F       | 1845 09 14 22 20               | Appennino tosco-emiliano | 9    | 5   | 4.73 |
| 4-5     | 1850 09 18 06 20               | Modenese                 | 7    | 5   | 4.16 |
| 6-7     | 1857 02 01                     | Parmense-Reggiano        | 22   | 6-7 | 5.11 |
| 4-5     | 1860 07 17 13 43 3             | Reggiano                 | 5    | 4-5 | 3.93 |
| 3       | 1864 03 15                     | Zocca                    | 13   | 6-7 | 4.84 |
| 5       | 1869 12 13 02 53               | Sassuolo                 | 13   | 5   | 4.57 |
| F       | 1870 10 30 18 34               | Forlivese                | 41   | 8   | 5.61 |
| 6-7     | 1873 05 16 19 35               | Reggiano                 | 15   | 6-7 | 5.01 |
| 2-3     | 1874 10 07                     | Imolese                  | 60   | 7   | 4.96 |
| 2       | 1875 03 17 23 51               | Costa romagnola          | 144  | 8   | 5.74 |
| 4       | 1878 03 12 21 36               | Bolognese                | 31   | 6   | 4.84 |
| 4       | 1881 01 24 16 14               | Bolognese                | 38   | 7   | 5.22 |

| Effetti | In occasione del terremoto del |                          |      |      |      |
|---------|--------------------------------|--------------------------|------|------|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale         | NMDP | Io   | Mw   |
| 3       | 1881 01 25 07 06               | Bolognese                | 18   | 5    | 4.59 |
| 2       | 1881 02 14 09 00 3             | Appennino bolognese      | 21   | 6    | 4.77 |
| 3-4     | 1885 02 26 20 48               | Pianura Padana           | 78   | 6    | 5.01 |
| 5       | 1886 10 15 02 20               | Collecchio               | 44   | 6    | 4.70 |
| 3-4     | 1887 02 23 05 21 5             | Liguria occidentale      | 1511 | 9    | 6.27 |
| 3       | 1889 03 08 02 57 0             | Bolognese                | 38   | 5    | 4.53 |
| F       | 1891 06 07 01 06 1             | Valle d'Ilasi            | 403  | 8-9  | 5.87 |
| 3       | 1892 05 17 03 08 1             | Carpinetti               | 28   | 5    | 4.28 |
| 4       | 1894 11 27 05 07               | Bresciano                | 183  | 6    | 4.89 |
| 4-5     | 1895 05 12 20 29               | Reggiano                 | 13   | 4-5  | 3.98 |
| 4       | 1895 05 18 19 55 1             | Fiorentino               | 401  | 8    | 5.50 |
| F       | 1895 08 07 19 49 3             | Appennino tosco-emiliano | 84   | 5    | 4.67 |
| 4-5     | 1898 03 04 21 05               | Parmense                 | 313  | 7-8  | 5.37 |
| F       | 1901 10 30 14 49 5             | Garda occidentale        | 289  | 7-8  | 5.44 |
| F       | 1904 02 25 18 47 5             | Reggiano                 | 62   | 6    | 4.81 |
| F       | 1904 06 10 11 15 2             | Frignano                 | 101  | 6    | 4.82 |
| 5       | 1909 01 13 00 45               | Emilia Romagna orientale | 867  | 6-7  | 5.36 |
| 3       | 1913 11 25 20 55               | Appennino parmense       | 73   | 4-5  | 4.65 |
| 5-6     | 1914 10 27 09 22               | Lucchesia                | 660  | 7    | 5.63 |
| 6-7     | 1915 10 10 23 10               | Reggiano                 | 30   | 6    | 4.87 |
| F       | 1916 05 17 12 50               | Riminese                 | 132  | 8    | 5.82 |
| 6       | 1918 05 06 08 05               | Reggiano                 | 8    | 5-6  | 4.41 |
| 3       | 1919 06 29 15 06 1             | Mugello                  | 565  | 10   | 6.38 |
| 5       | 1920 09 07 05 55 4             | Garfagnana               | 750  | 10   | 6.53 |
| 2-3     | 1928 08 03 23 09               | Lunigiana                | 21   | 5    | 4.26 |
| 3       | 1929 04 10 05 44               | Bolognese                | 87   | 6    | 5.05 |
| 4-5     | 1929 04 19 04 16               | Bolognese                | 82   | 6-7  | 5.13 |
| 4       | 1929 04 20 01 10               | Bolognese                | 109  | 7    | 5.36 |
| 4       | 1929 04 22 08 26               | Bolognese                | 41   | 6-7  | 5.10 |
| 4       | 1929 04 29 18 36               | Bolognese                | 45   | 6    | 5.20 |
| 4       | 1929 05 11 19 23               | Bolognese                | 64   | 6-7  | 5.29 |
| 4-5     | 1932 07 13 03 42               | Reggiano                 | 8    | 4-5  | 3.86 |
| 4       | 1939 10 15 14 05               | Garfagnana               | 62   | 6-7  | 4.96 |
| F       | 1940 01 24 23 32 1             | Appennino emiliano       | 6    |      |      |
| 4       | 1950 05 06 03 43               | Reggiano                 | 4    | 4    | 4.41 |
| 4       | 1951 05 15 22 54               | Lodigiano                | 179  | 6-7  | 5.17 |
| 4       | 1963 11 04 15 46               | Bassa modenese           | 5    | 5    | 4.16 |
| 3       | 1965 11 09 15 35               | Appennino reggiano       | 32   | 5    | 4.17 |
| 5-6     | 1967 04 03 16 36 1             | Reggiano                 | 45   | 5    | 4.44 |
| 4       | 1967 12 30 04 19               | Emilia Romagna orientale | 40   | 6    | 5.05 |
| 6-7     | 1971 07 15 01 33 2             | Parmense                 | 228  | 8    | 5.51 |
| 4       | 1972 10 25 21 56 1             | Appennino settentrionale | 198  | 5    | 4.87 |
| 4       | 1976 05 06 20                  | Friuli                   | 770  | 9-10 | 6.45 |
| 2-3     | 1978 12 05 15 39 0             | Romagna                  | 34   | 4-5  | 4.61 |
| 4       | 1978 12 25 22 53 4             | Bassa modenese           | 28   | 5    | 4.39 |
| 3       | 1980 11 23 18 34 5             | Irpinia-Basilicata       | 1394 | 10   | 6.81 |
| 4       | 1980 12 23 12 01 0             | Piacentino               | 69   | 6-7  | 4.57 |

| Effetti | In occasione del terremoto del |                             |      |     |      |
|---------|--------------------------------|-----------------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno Me Gi Ho Mi Se            | Area epicentrale            | NMDP | Io  | Mw   |
| 4-5     | 1981 05 26 09 27 5             | Reggiano                    | 6    | 5   | 3.75 |
| 6       | 1983 11 09 16 29 5             | Parmense                    | 850  | 6-7 | 5.04 |
| NF      | 1984 04 29 05 02 5             | Umbria settentrionale       | 709  | 7   | 5.62 |
| 2-3     | 1986 12 06 17 07 1             | Ferrarese                   | 604  | 6   | 4.43 |
| 5       | 1987 04 24 02 30 2             | Reggiano                    | 54   | 6   | 4.64 |
| 6       | 1987 05 02 20 43 5             | Reggiano                    | 802  | 6   | 4.71 |
| 6-7     | 1988 03 15 12 03 1             | Reggiano                    | 160  | 6   | 4.57 |
| 3-4     | 1989 10 03 09 41 3             | Appennino parmense          | 91   | 4   | 4.04 |
| 2-3     | 1995 10 10 06 54 2             | Lunigiana                   | 341  | 7   | 4.82 |
| 6       | 1996 10 15 09 55 5             | Pianura emiliana            | 135  | 7   | 5.38 |
| 4       | 1996 10 26 04 56 5             | Pianura emiliana            | 63   | 5-6 | 3.94 |
| 4       | 1996 10 26 06 50 2             | Pianura emiliana            | 35   | 5-6 | 3.63 |
| 3-4     | 1996 11 25 19 47 5             | Pianura emiliana            | 65   | 5-6 | 4.29 |
| 4       | 1996 12 16 09 09 5             | Pianura emiliana            | 115  | 5-6 | 4.06 |
| 4-5     | 1997 05 12 22 13 5             | Pianura emiliana            | 56   | 4-5 | 3.68 |
| 3       | 1997 09 26 09 40 2             | Appennino umbro-marchigiano | 869  | 8-9 | 5.97 |
| 4-5     | 1998 02 21 02 21 1             | Pianura emiliana            | 104  | 5   | 3.93 |
| 3-4     | 1999 07 07 17 16 1             | Frignano                    | 32   | 5   | 4.67 |
| 5-6     | 2000 06 18 07 42 0             | Pianura emiliana            | 304  | 5-6 | 4.40 |
| 3       | 2002 06 08 20 13 0             | Frignano                    | 115  | 4   | 4.23 |
| 4       | 2003 09 14 21 42 5             | Appennino bolognese         | 133  | 6   | 5.24 |
| 5       | 2008 12 23 15 24 2             | Parmense                    | 291  | 6-7 | 5.36 |
| 3       | 2011 07 17 18 30 2             | Pianura lombardo-veneta     | 73   | 5   | 4.79 |



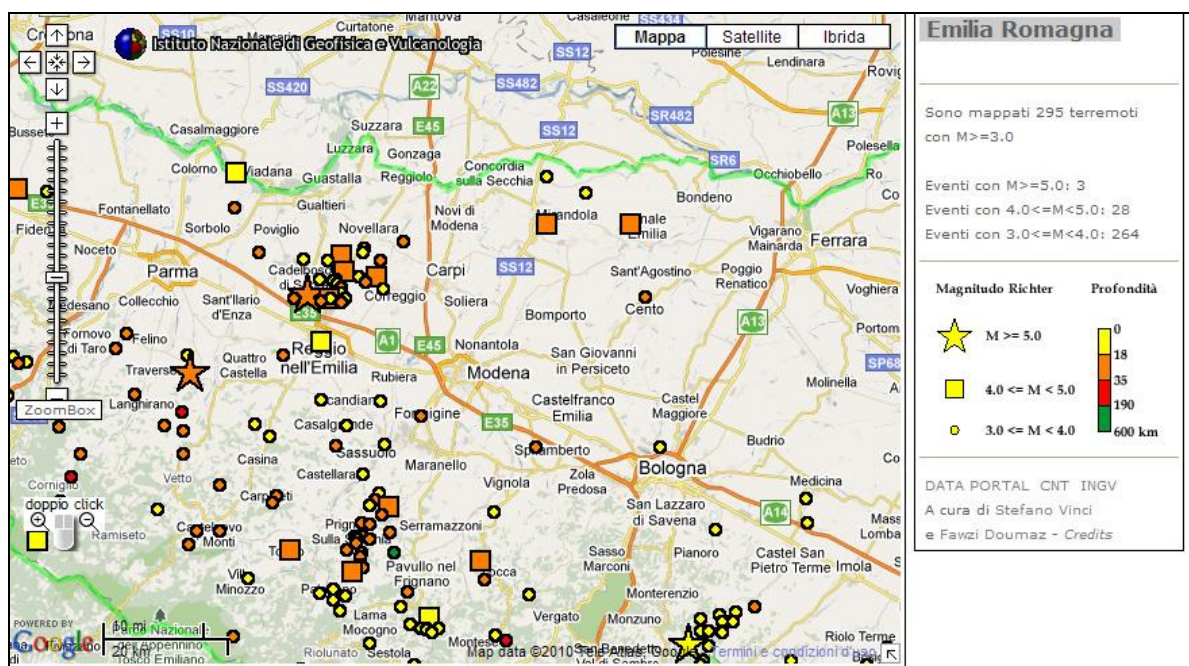
Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di Castelnovo di Sotto e del suo intorno (con riferimento anche ai comuni di Parma e di Reggio Emilia) ha una buona testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale al 1117 per il comune di Parma ed al 1222 per il comune di Reggio Emilia)

- il grado di sismicità è di tipo medio – medio elevato con intensità massime percepite equivalenti al 7-8 grado MCS, territorio di Campegine – Castelnovo di Sotto, conseguiti ad eventi con magnitudo stimata in  $M_w = 5,48 \div 5,51$ .
- i massimi risentimenti sismici sono stati prodotti da eventi a piccola distanza (adiacenti ai confini comunali) e di tipo superficiale, mentre gli effetti di sismi anche ad elevata intensità ma distanti contribuiscono in maniera meno rilevante
- gli eventi sismici registrati nell'area reggiana, con maggior grado di documentazione dal 1800 al 2012, relativi a sismi con intensità  $I_0 = 6 \div 7$ , evidenziano periodi di crisi sismica di durata media di 5/10/15 anni che si verificano mediamente ad intervalli temporali di 10÷30 anni, gli eventi meno recenti avvengono ad intervalli di 30–50 anni; di tali sismi quelli che hanno manifestato i numeri di scosse maggiori sono correlabili ai periodi:
  - 1800/1837; 1850/1870; 1910/1920; 1932/1940; 1961/1985; 1987/2000.

Le fasi degli eventi nei quali sono state raggiunte  $I_0 = 7 \div 8$ , hanno durata di 1÷3 anni e si manifestano a intervalli di tempo di 40/80 anni.

Per i tempi precedenti al 1800, con documentazione relativa inferiore, i principali periodi di crisi sismica sono individuabili per gli anni: 1405/1440; 1465/1510; 1545/1575 (Dorsale Ferrarese); 1590/1610; 1625/1640; 1650/1675; 1730/1740; 1770/1810.



*Epicentri dei principali terremoti ( $M > 3$ ) rilevati da INGV tra il 1981 ed il 2006 nell'intorno dell'area di interesse*

### *Risentimenti sismici locali*

In occasione degli eventi sismici del maggio-giugno 2012, il territorio di Castelnovo di Sotto ha modestamente risentito degli effetti dei terremoti del maggio-giugno ( $I_0 = 5$ ).

I risentimenti più rilevanti nell'area in narrativa sono rappresentati da quelli conseguiti ai terremoti del 1831–1832 e con entità di danni relativi inferiori a quelli del 1983 – 1987 – 1996. Ai primi di questi, con epicentri a distanza dal capoluogo di 6.3 km sud e 7 km sud

ovest, sono attribuite  $M_w = 5,48-5,51$ . Le documentazioni storiche per i sismi dell'1831 – 1832 in Castelnovo di Sotto testimoniano il crollo di parte della facciata della chiesa parrocchiale di S. Andrea, già danneggiata al sisma del 1831 ed inseguito rinforzata, con lesioni e sconnessioni dei pilastri, degli archi e della volta all'interno dell'edificio di culto, oltre ai danni sopra descritti, subì gravi dissesti al campanile che divenne pericolante e la canonica fu resa inagibile. Gravi danni subì la chiesa della Madonna manifestatisi con ampie lesioni nelle pareti esterne e nella facciata, lesioni in volte e cappelle e dell'arco frontale dell'altare maggiore, divenne pericolante il campanile. Insorsero gravi lesioni nell'ospedale ed il fabbricato delle scuole crollò per metà e divenne totalmente inagibile; nella torre dell'orologio si aprirono lesioni verticali nel corpo centrale ed insorse un'inclinazione verso sud di oltre 10 cm, tali condizioni fecero decidere di procedere alla demolizione della sua parte più alta pericolante.

Le informazioni del 1832 relative ai risentimenti sul territorio Castelnovo di Sotto documentano crolli parziali di molti edifici già danneggiati dal terremoto del 11/09/1831, in alcuni crollarono i tetti con collasso dei piani sottostanti, in altri fabbricati crollarono parti dei muri di facciata, in quasi tutti gli edifici insorsero ampie lesioni, molte famiglie rimasero senzatetto.

Equivalenti effetti sono avvenuti nel territorio di Cadelbosco di Sopra danni a tutte le case che dovettero essere puntellate, rilevanti danni alle volte e alla facciata della chiesa parrocchiale, gravi dissesti alla torre campanaria, queste ultime successivamente furono demolite; analoghi risentimenti avvennero in Cà del Bosco di Sotto con gravi danni alla chiesa e a tutte le case; simili effetti si verificarono nell'area di Campegine: crolli di comignoli, crepe, crollo delle volte e del campanile della chiesa e forti danni alla canonica, nella chiesa parrocchiale di San Bernardino con crollo di parte della volta e campanile pericolante; analoghe conseguenze si sono verificate nella chiesa parrocchiale di Sesso con inagibilità dell'edificio di culto e necessità di demolizione della torre campanaria.

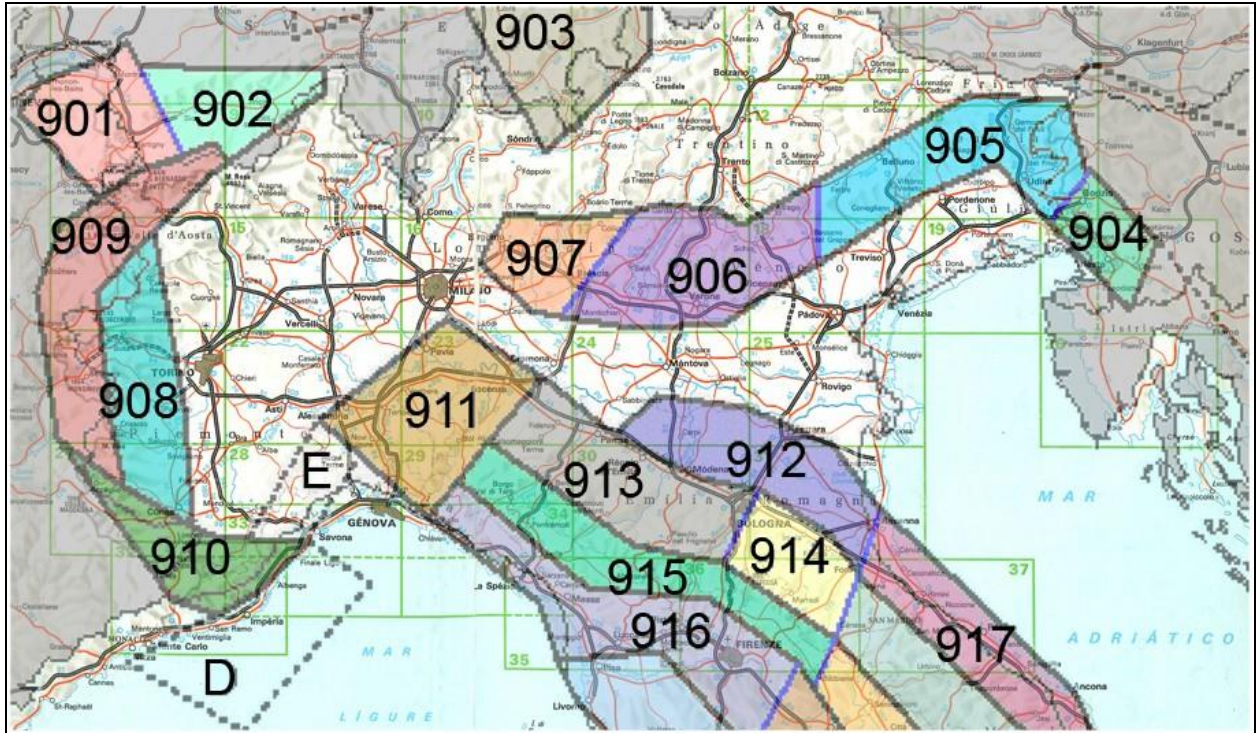
I danneggiamenti maggiori documentati correlati a detto evento, oltre a Campegine, Castelnovo di Sotto e Cadelbosco di Sopra, nei territori circostanti testimoniano i risentimenti di maggior entità in Bagnolo in Piano, Coviolo, Santa Vittoria, Sesso, Reggio Emilia.

Detti effetti conseguiti al sisma del 1832 sono correlati anche alle preesistenti condizioni statico strutturali degli edifici in essere indotte dal terremoto del 1831, come sopra descritto. Il patrimonio edilizio esistente in tale periodo, in base alla Carta del Ducato Estense, G. Carandini, 1820/1827, nel territorio di Castelnovo di Sotto era essenzialmente localizzato nell'area sede del capoluogo e nella fascia a sviluppo lineare estesa ovest est Cogruzzo – Cornetole ed in quella di Meletole. A dette condizioni insediative corrispondono praticamente quelle presenti al 1884 visualizzate nelle tavolette I° impianto IGM 1884.

I sismi del 1987 rispettivamente con epicentri tra e Santa Maria della Fossa – Frassinara – Zona Industriale Motta di Novellara hanno indotto risentimenti  $I_0=5$  nel territorio di Castelnovo di Sotto, con lievi danni al patrimonio edilizio; i sismi del 1996 con epicentri tra Bagnolo in Piano e Novellara, con ipocentri a profondità di  $-5,0 \pm -0,3$  km INGV –  $>10$  km ENI-AGIP, del piano campagna, hanno indotto effetti  $I_0 = 6$  con danni di entità non grave.

### Zone Sorgente

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2004), attribuisce la parte meridionale – orientale del territorio comunale al settore della zona della Monoclinale Alpina adiacente alla fascia orientale della zona sismogenetica 912 che forma l'area del dominio della Dorsale Ferrarese; oltre a ciò per quanto riguarda le strutture sismogenetiche l'area comunale è sita a distanza di 8÷9 km dal bordo settentrionale della zona sismogenetica 913 delle Pieghe Emiliane e Romagnole.



*Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)*

Queste ultime costituiscono il Fronte delle Pieghe Pedo-appenniniche caratterizzato da terremoti storici che hanno raggiunto valori medio elevati di magnitudo:  $M_w = 5,1 \div 5,56 \div 6,05$  con tempi di ricorrenza di 200/300/350 anni per gli eventi con  $I_0=8$  (Maranello) e di 70/100 anni per i sismi con  $I_0=7$ ; successivamente al 1900 tra Parma – Mirandola e Maranello gli eventi con  $I_0=7$  sono avvenuti con ricorrenza di 10÷15 anni.

Simili caratteristiche evidenzia la fascia delle Pieghe Ferraresi che rappresenta la porzione più esterna della zona in compressione dell'arco appenninico nel quale i terremoti storici hanno raggiunto valori medio elevati – elevati di magnitudo:  $M_w = 4,7/5,0 \div 5,51, 6,09$  (San Martino in Spino, MO) nel 2012, con tempi di ricorrenza dei periodi di crisi sismica per  $I_0 \geq 6$  di 25 anni e fasi di stasi di 40/70 anni.

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Castelnovo di Sotto, e le zone circostanti: Campegine – S. Ilario d'Enza, Cadelbosco di Sopra, Novellara, Bagnolo in Piano, Reggio Emilia, sono egualmente interessati sia dai meccanismi focali che si originano nell'arco delle Pieghe Ferraresi sia interne che esterne, che dall'attività sismica del margine appenninico: Pieghe Emiliane, dalle tensioni che si accumulano nella Successione Carbonatica Meso – Cenozoica e successioni del Basamento pre-triassico, ed in modo subordinato, della sismicità della Monoclinale Alpina.

| ZS  | 4.76 | 4.99 | 5.22 | 5.45 | 5.68 | 5.91 | 6.14 |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| 912 | 12   | 9    | 6    | 7    | 2    | 2    | 0    |
| 913 | 26   | 13   | 11   | 6    | 4    | 1    | 0    |

*Distribuzione degli eventi sismici per classi di magnitudo per le zone 912 e 913 (INGV, 2004)*

Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio compreso tra Parma – Sant’Ilario d’Enza – Guastalla – Novellara – Novi di Modena – Carpi - Rubiera – Reggio Emilia, si sono originati per la percentuale maggiore nei primi 5÷10/15 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un’attività sismogenetica di tipo superficiale; la distribuzione degli ipocentri focali che si generano tra -15 e -35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

La sismicità crostale più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di media-medio elevata magnitudo prevalentemente generati da processi tettonici di tipo distensivo.

### **Zone sismogenetiche – DISS 3.3.1**

Il settore meridionale territorio di Castelnovo di Sotto (sud capoluogo) appartiene alla zona sorgente sismogenetica composita ITCS049 Campegine-Correggio che si estende in assetto blandamente arcuato in direzione ovest – est circa da Castelnuovo di Sotto/Roncocesi a San Giovanni della Fossa/Mancasale a Mandrio/ Zona Industriale di Correggio/San Martino in Rio.

Il territorio a sud ovest circa 5 km sud dal capoluogo, individua la zona sorgente sismogenetica composita ITCS009 Busseto-Cavriago che si estende in assetto sub rettangolare con direzione nord ovest – sud est circa da Busseto/Fidenza a Corte Tegge/Roncolo.

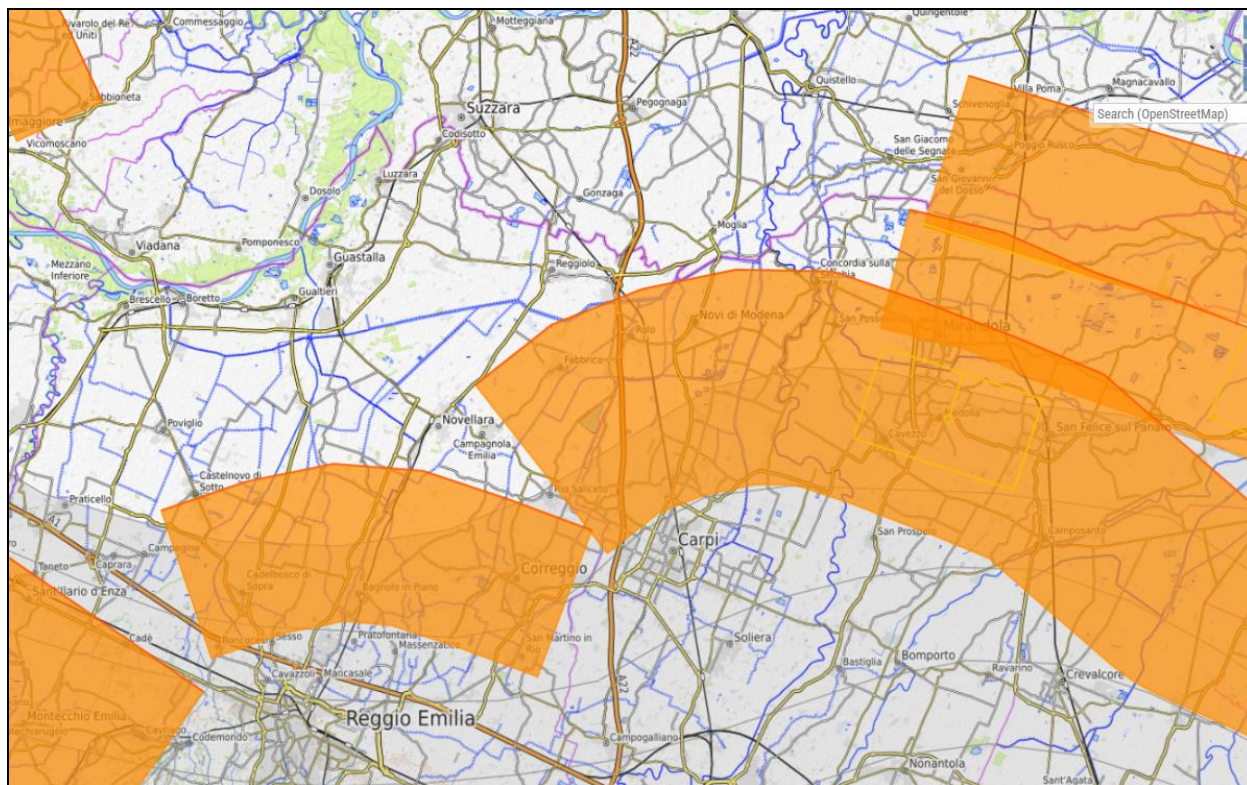
Dette fasce sono caratterizzate da meccanismi focali compressivi che si originano tra -3,0 e -10,0 km del sottosuolo nella Campegine-Correggio e tra -2,0 e -8,0 km pc nella Busseto-Cavriago. Ai terremoti della zona Campegine – Correggio è attribuita una magnitudo massima  $M_w=6.6$ ; la magnitudo massima registrata corrisponde a  $M_w=5,38$ .

Alla zona Busseto-Cavriago è attribuita una magnitudo massima  $M_w=6.9$ , la magnitudo massima registrata è stata di  $M_w=5.51$ .

Gli epicentri principali della zona Campegine-Correggio sono localizzati distanza di 3/4÷7/ km a sud e sud (1831/1832) e 7,5/8,0 km a est (1996), del centro storico di Castelnovo di Sotto Quelli della Busseto-Cavriago sono individuati a distanze di 7 – 18 km a ovest e di 35 km a sud est di detto centro storico. Per quanto riguarda la zona sorgente individuale ITIS107 Mirandola, appartenente alla Carpi – Poggio Renatico, il principale epicentro dista 40 km a est– nordest km dal sopracitato capoluogo.

I sismi del 2012 sono localizzati a distanze >35 km a est.

Come sopra esposto gli ipocentri di tali zone sono caratterizzati da meccanismi focali compressivi – compressivo trascorrenti.



Estratto da DISS 3.3.1. - DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.3.1.

#### Sorgenti Sismogenetiche da Dati Macrosismici

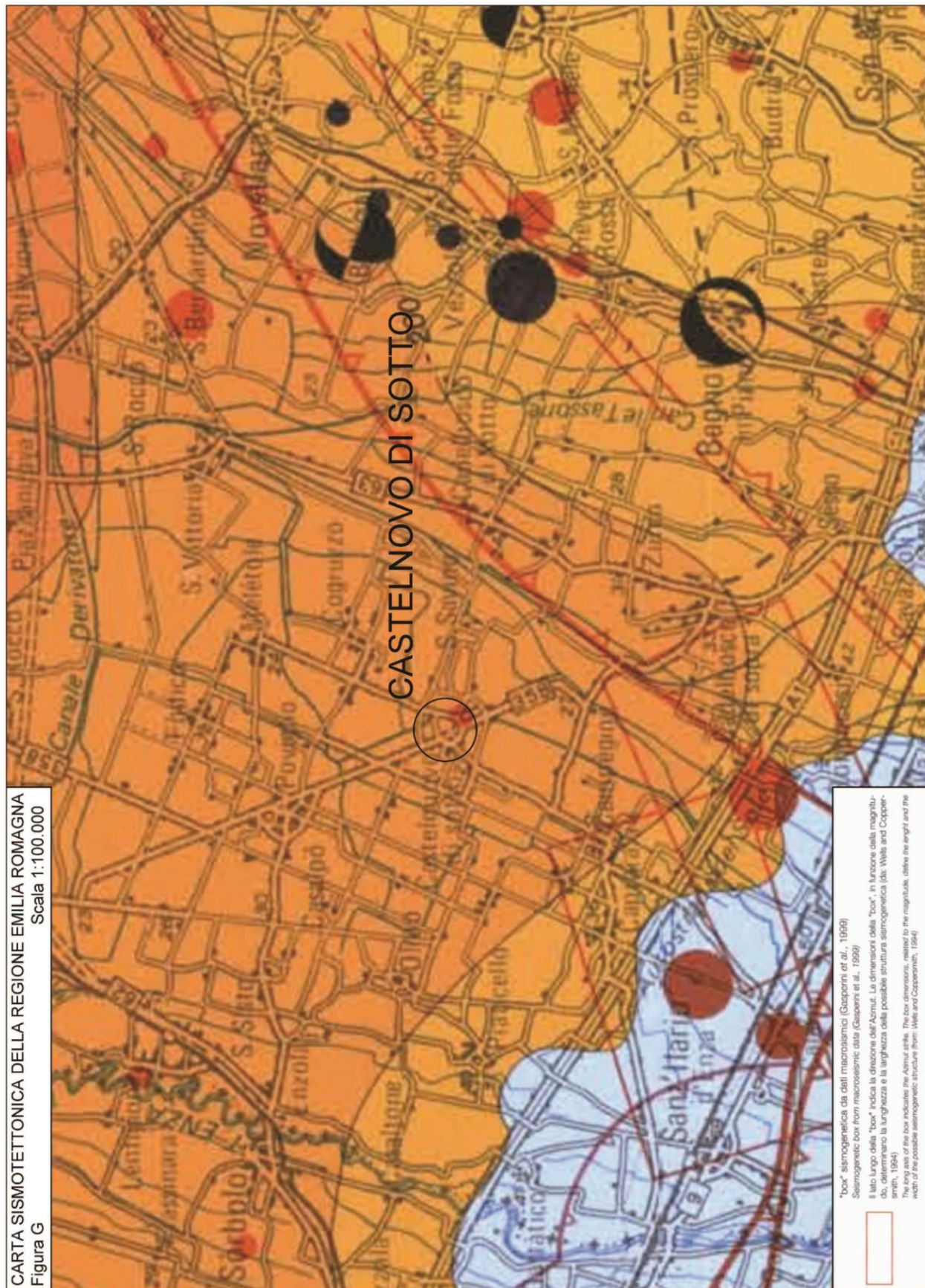
Gli eventi di maggior intensità documentati più prossimi al territorio di Castelnovo di Sotto sono avvenuti il 09/1831, 03/1832 – 07/1971 – 05/1987 – 10/1996.

I primi di detti terremoti sono correlati (Gasperini et Alii, 1999) a faglie generatrici con magnitudo momento sismico ( $M_w$ ) intensità epicentrale  $I$ , ricavati in funzione degli eventi, rigidità delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici. I parametri delle magnitudo momento:  $M_w$  e dell'intensità epicentrale:  $I$ , ottenuti dai sopracitati autori, sono riportati nella seguente tabella:

| Terremoto | Direzione<br>Principale faglia               | Magnitudo<br>momento $M_w$ | Intensità<br>epicentrale $I$ |
|-----------|----------------------------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 09/1832   | Bettolino – Case del Lago – Casetto di sopra | 5,58                       | 7,5                          |
| 03/1831   | Stazione FS - Cadè Barisella                 | 5,60                       | 7,5                          |
| 07/1971   | Casalbaroncolo - Paulli                      | 5,72                       | 8,0                          |

*Gasperini et Alii, 1999*

Le box sismiche di dette faglie sono visualizzate nella Carta Sismo Tettonica della Regione Emilia Romagna 2004 (M. Boccaletti, L. Martelli) della quale è riportate l'allegato stralcio ingrandito alla scala 1: 100.000, Fig G.



### **Classificazione sismica**

La classificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003 attribuisce il Comune di Castelnovo di Sotto alla zona 3 con grado di sismicità equivalente ai precedenti ambiti S6; analoga classificazione è attribuita dalla DGR ER 146/2023. I valori delle accelerazioni. In riferimento alle DGR 476/2021 – DGR 564/2021: griglia mappe di pericolosità sismica INGV, alla zona sismogenetica del territorio comunale di Castelnovo di Sotto compete un valore dell'accelerazione orizzontale media dello spettro di risposta elastico, corrispondente a:

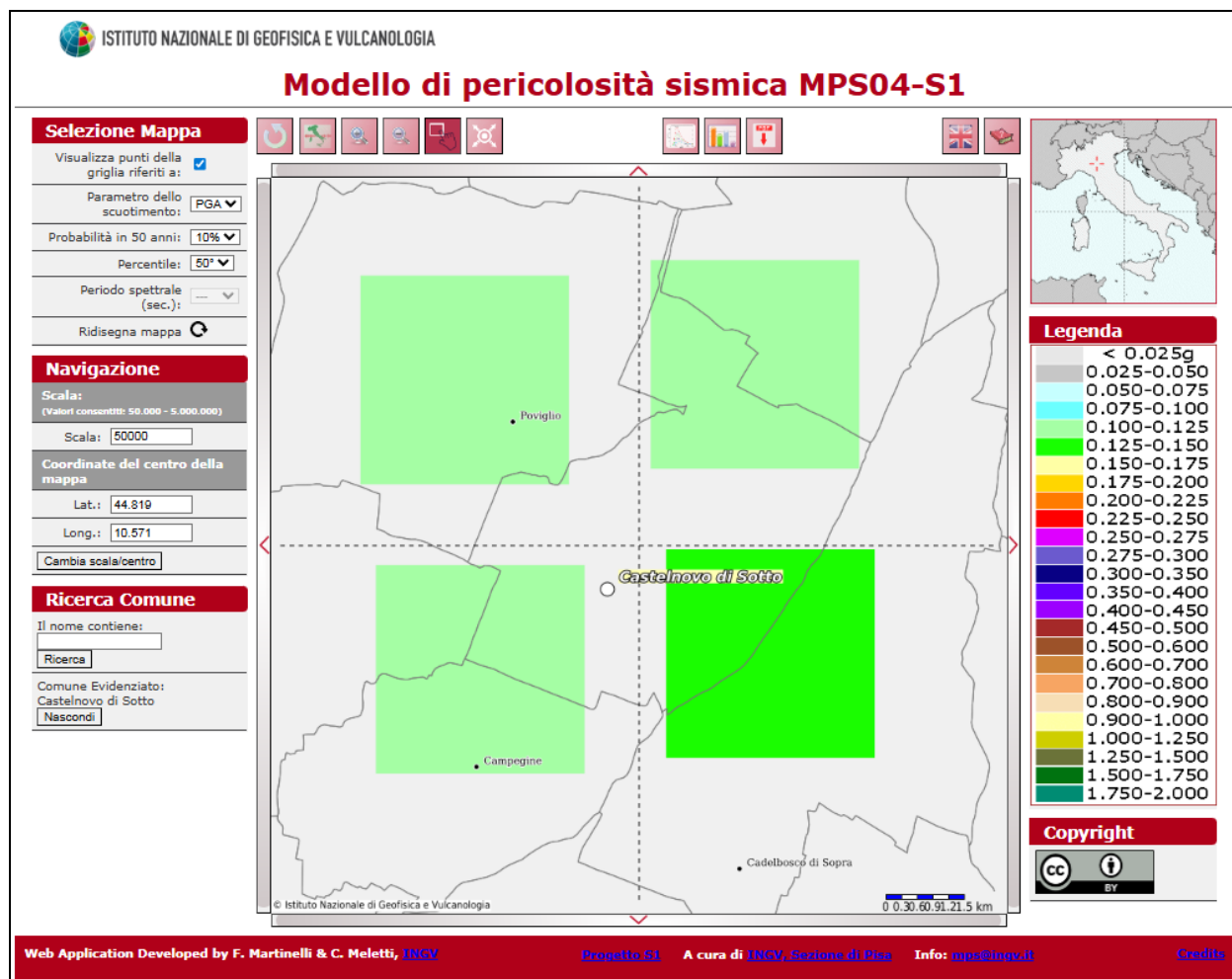
Castelnovo di Sotto  $a_{\text{gref}} = 0,118 \text{ g}$

La Carta della Pericolosità Sismica del territorio nazionale (INGV-DPC 2004-2006, Progetto esse1) riportante il valore dell'accelerazione orizzontale massima "ag" su suolo di riferimento che ha la probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, corrispondente ad un periodo di ritorno di 475 anni, assunto come riferimento dalla normativa sismica vigente, per il territorio del comune di Castelnovo di Sotto, risulta compresa tra:

Castelnovo di Sotto  $ag = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$

I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

Castelnovo di Sotto  $ag = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$



Accelerazione di riferimento  $a_g$  con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV-DPC 2004-2006)

Tali valori, a livello territoriale, diminuiscono da sud – sud est a nord ovest.

Le fonti storiche suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso dell'*Olocene*.

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio reggiano l'area di Castelnovo di Sotto nel 10/1996 ha risentito di effetti inferiori a  $I_0 = 5$ ; per quanto concerne i sismi del 2012 nell'area modenese il territorio comunale non è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: “*Rilievo Macrosismico MCS Speditivo*” – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

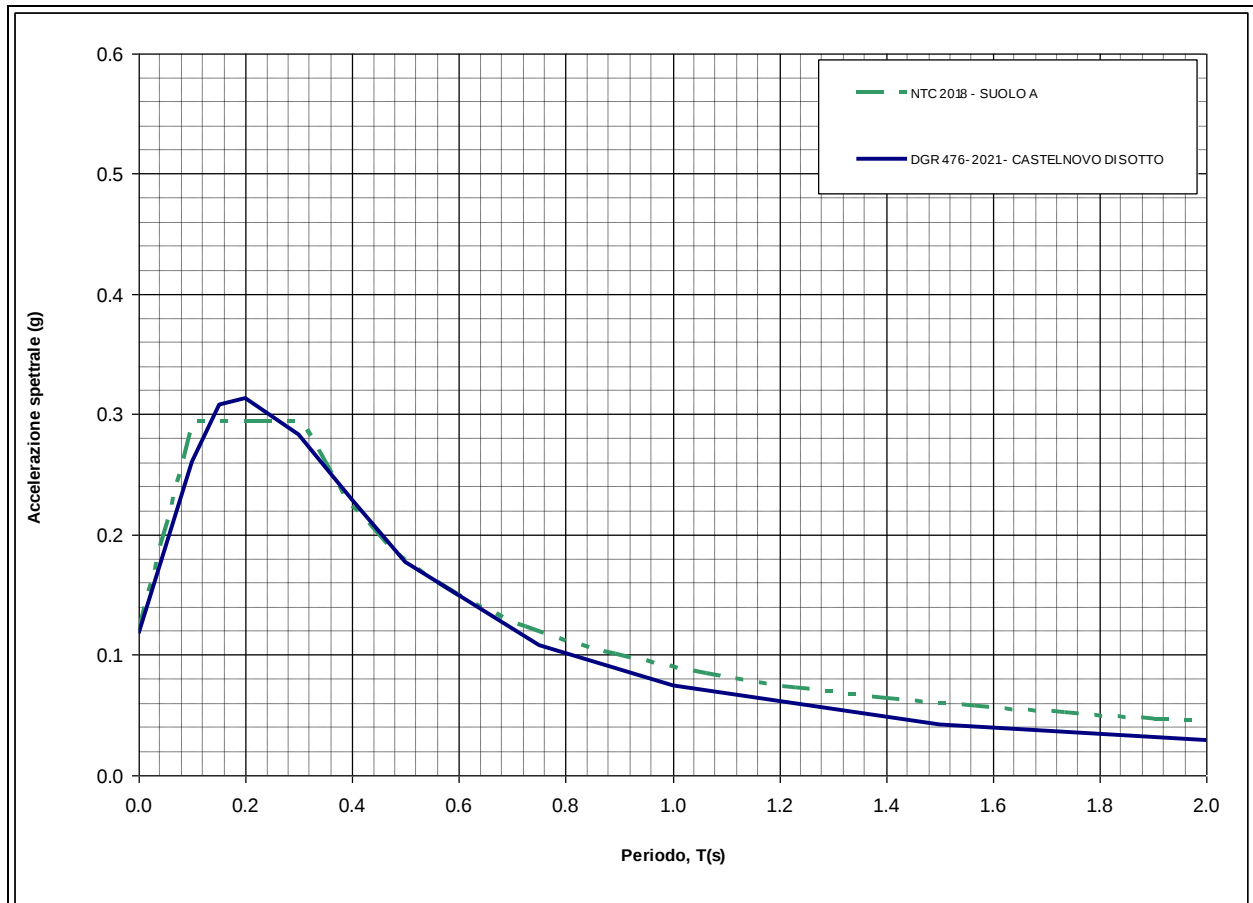
Contestualmente all'evento sismico del 25/01/2012 (Poviglio), il comune in oggetto ha risentito di  $I_0 = 5$ .

## 2.1 Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento

La PGA per un periodo di ritorno di 475 anni, riportata nelle mappe di pericolosità sismica di INGV (Meletti C., Montaldo V., 2007. Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di  $a_g$ . Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>) varia nell'intervallo  $0,100 \div 0,150$  g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione della DGR n° 564/2021

Aggiornamento dell'“Atto di Coordinamento sugli studi di microzonazione sismica ....”omissis, territoriale ed urbanistica”.

Mediante i dettami di detta delibera è stato costruito lo spettro di riferimento a probabilità uniforme per il comune di Castelnovo di Sotto, evidenziato nella seguente figura, dove è confrontato con lo spettro elastico in superficie per sottosuolo di categoria A (DM 17-01-2018) riferito al medesimo comune.



Spettri di risposta a probabilità uniforme, pari al 10% di almeno una eccedenza in 50 anni per Castelnovo di Sotto. Smorzamento pari al 5%. Con linea blu viene riportato lo spettro costruito con i parametri riportati nella delibera della giunta regionale ER – 476-564/2021, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2018.

### 3 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Castelnovo di Sotto appartiene al bacino della Pianura Padana, estendentesi su una superficie di circa 46000 kmq, che costituisce la zona di saldatura tra Alpi ed Appennini ed è formata da un'ampia e profonda depressione nella quale si distinguono nettamente due complessi sedimentari. Di questi quello più recente, è suddiviso in due supesintemi, il primo dei quali: *Supersintema Emiliano Romagnolo*, da oggi a 0,65 Ma<sup>1</sup>, è rappresentato da depositi alluvionali prevalentemente costituiti da sabbie, ghiaie, argille e limi di piana e da sedimentazioni di delta conoide e marine marginali, formate da sabbie ed arenarie poco cementate alternate ad argille e limi e talora ad orizzonti conglomeratici; a detta litozona seguono le successioni sabbiose, arenacee, marnoso argillose del *Supersintema del Quaternario Marino* da 0,65 a 0,9 Ma (*Pleistocene med.*) alle quali soggiacciono le sequenze cicliche sabbiose talora ghiaiose e limoso sabbioso argillose del *Pleistocene inf.* da 0,9 a 1.72 Ma. Tali sintemi coprono l'unità inferiore rappresentata dalle formazioni plioceniche – mioceniche – mesozoiche (da 1,8 a 24 – 247, Ma) costituite essenzialmente da depositi di ambiente marino sia costiero che di piattaforma e/o bacinale a faune pelagiche.

In detto complesso lo spessore dei depositi continentali formanti la prima unità è mediamente compreso tra 200/300 e 500/600 m, localmente nell'alto strutturale di Novi MO–Mirandola è inferiore a 100÷150 m, ed è seguito dalle formazioni pleistoceniche generalmente rinvenibili tra -100/200÷500–600 e -1000/-1300 m di profondità. A queste succedono le sequenze litostratigrafiche quaternarie del *Pliocene sup. – med.* comprese tra -1.000/-1.550 m pc, a loro volta seguite dai depositi del *Pliocene inf.* -1.700/-1.800 m di profondità. Successivamente le formazioni del *Pliocene* si rinvencono sino a -2,5/-3/-4÷-5/-6 km pc nella fascia delle Pieghe Ferraresi e successivamente con il passaggio alla Monoclinale Alpina si approfondiscono in direzione occidentale e nord occidentale: aree ad ovest di Cadelbosco di Sopra – Castelnuovo di Sotto – Novellara, e successivamente al sovrascorrimento che delimita l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese raggiungono -7÷7,5 km pc nel sottosuolo di Castelnovo di Sotto – Campegine – Praticello, Sorbolo.

Nella zona a sud ovest di Castelnovo di Sotto – Cadelbosco di Sopra, tra le provincie di Parma e Reggio Emilia il basamento è dislocato da una fascia di faglie anti-appenniniche a direzione sud est – nord ovest che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese (reggiano/modenese), con disassamento del margine appenninico, ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica); tali fattori, mediante sovrascorrimenti, hanno generato l'innalzamento, del substrato pre-pliocenico a -1 km pc nelle aree a meridione della via Emilia – ovest di Taneto, rispetto ai -7,5 km pc delle zone a nord ed est degli stessi.

Simili situazioni di pronunciate variazioni di profondità si riscontrano nei territori ad oriente: Soliera – Carpi – Soliera – Bomporto, nei quali il substrato pre-pliocenico si riscontra a -7,5÷-8,5 km pc.

---

<sup>1</sup> Milioni di anni.

A dette formazioni soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche (AGIP-ENI,1986), sino a -9.000÷-11/-12.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese e come sopra accennato per Novi MO – Mirandola e dell'area ferrarese tra Porotto/Casaglia, FE.

L'assetto strutturale del Bacino Padano, come evidenziano le analisi, indagini geofisiche e perforazioni eseguite da AGIP-ENI, è caratterizzato da una successione pliocenico – quaternaria accresciuta da ovest verso est, a carattere regressivo, costituita da sabbie e peliti torbiditiche di ambiente marino alla base, che verso l'alto sono seguite da complessi sedimentari fluvio deltizi progradanti, a loro volta coperti al tetto da depositi eminentemente continentali messi in posto dalle alluvioni dei fiumi alpino – appenninici.

Questi ultimi a scala di bacino hanno generato un cuneo di accrescimento che nell'insieme tende ad aumentare in spessore, in direzione orientale ed in senso sud – nord.

Tale complesso è suddiviso dal punto di vista idrogeologico in tre gruppi acquiferi (*G. Di Dio, 1998*) costituiti da alternanze di orizzonti argillosi, limo sabbiosi e ghiaiosi, a spessore estremamente variabile, da alcuni metri a decine di metri, attribuibili sia a depositi alluvionali di pianura in ambiente emerso che di delta conoide e marino marginale.

L'assetto e gli spessori di detta successione sono stati sensibilmente influenzati dalla conformazione del substrato pre-pliocenico, dagli eventi tettonici e subsidenti che hanno coinvolto lo stesso, dalle variazioni del livello medio del mare correlate ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 1,2 Ma.

I processi che hanno determinato i piegamenti del substrato, esplicitatisi in fasi di sollevamento del fondo bacino, si sono verificati principalmente in due periodi distinti collocabili tra il *Miocene ed il Pliocene* (25.2 - 5.2 Ma), manifestatisi con prevalenza nell'area piacentino – lombarda, e nel *Pliocene inferiore e medio* (3.9 – 2.2 Ma) che hanno coinvolto maggiormente la zona emiliano – romagnola; in quest'ultima fase detti eventi sono rimarcati dal superfici di erosione in ambiente subaereo della base del *Supersintema del Quaternario Marino*.

A tali fasi tettoniche è seguito un altro importante stadio nel *Pleistocene medio* (0.8–0.45 Ma) che ha indotto il rapido spostamento della fascia di transizione tra la scarpata sottomarina e la piana bacinale verso nord est – est, alla quale è seguita una fase secondaria tra 0,26 – 0,22 Ma.

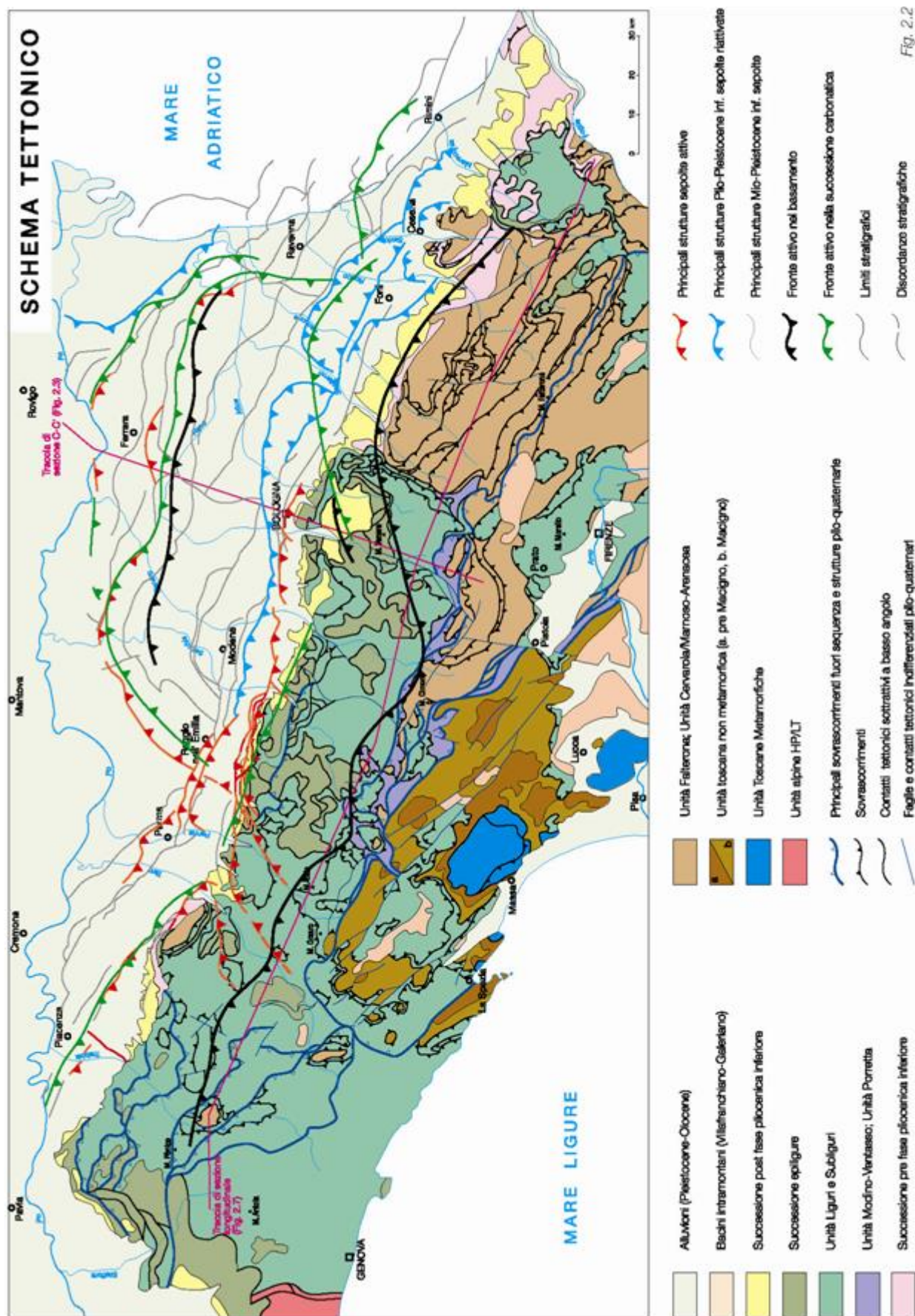
I processi in narrativa hanno condizionato la conformazione dei depositi quaternari, alluvionali e marini costieri, che ricalcano l'andamento del substrato pre-pliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni b.p: AEI, e cicli deposizionali basali e medi di AES, 450.000 – 200/220.000 anni b.p.

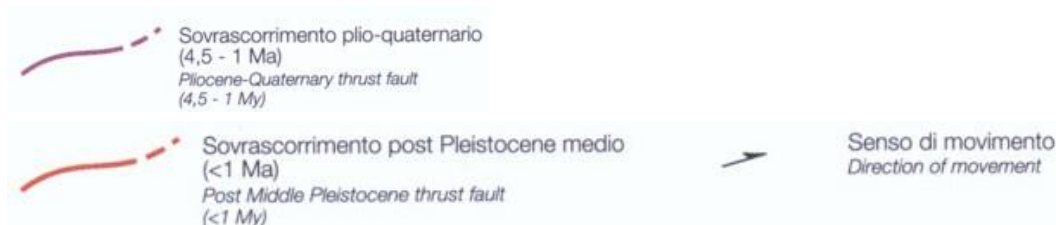
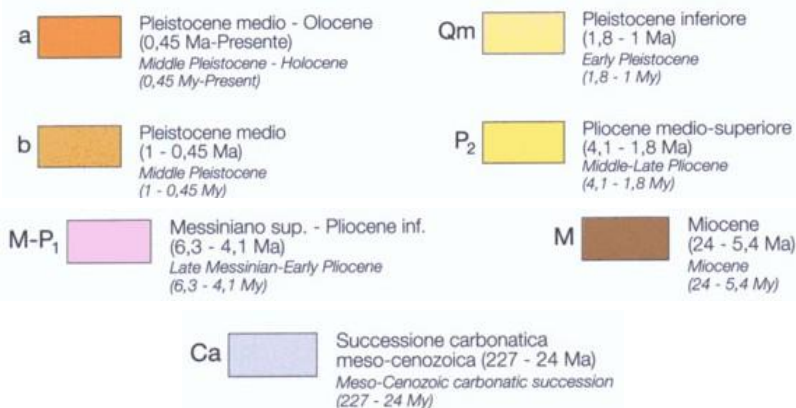
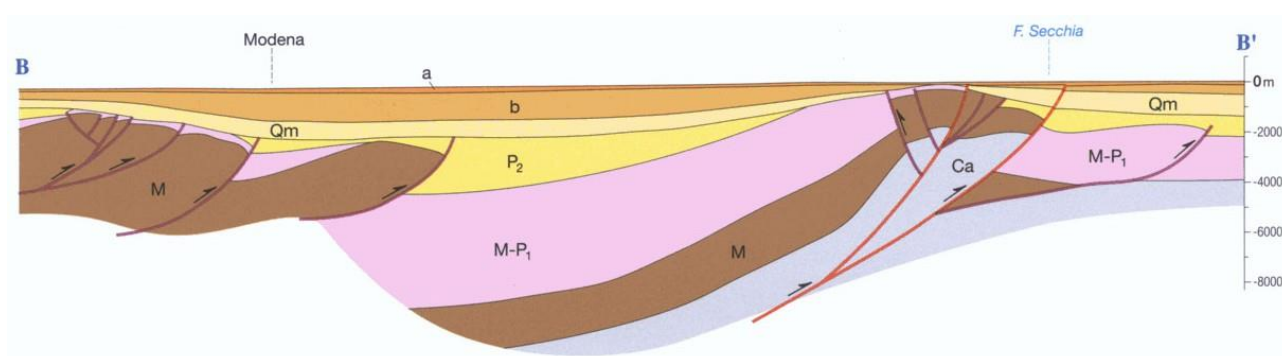
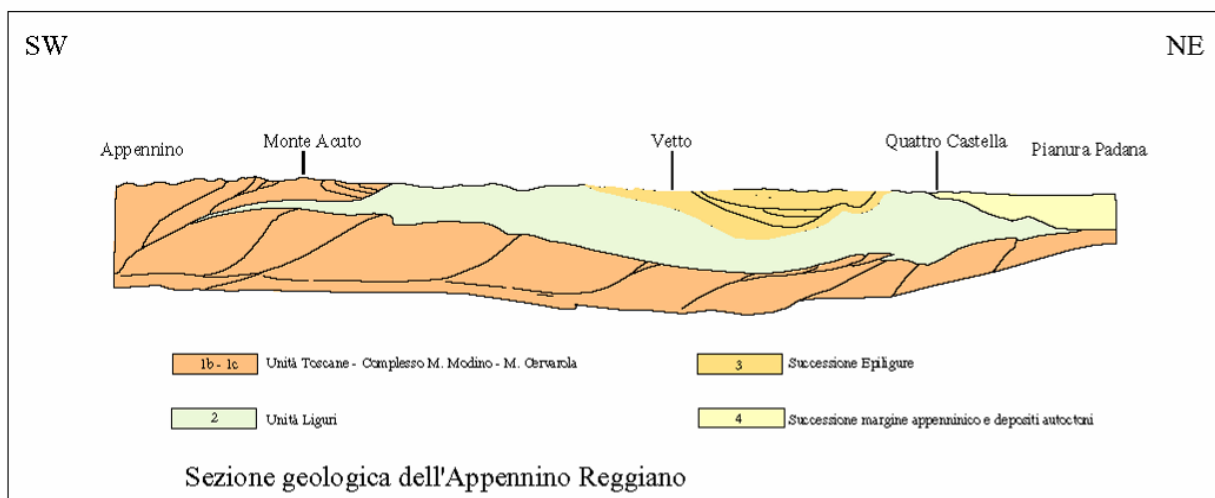
I conseguiti diversi spessori di materiale sedimentato sono stati oggetto di sensibile subsidenza. Detti abbassamenti, per processi di auto-consolidazione, non si sono verificati uniformemente ed hanno manifestato intensità maggiore nelle fasce centrali delle sinclinali e minore nelle zone prossime ai settori delle zone di asse di anticlinale, condizionando il grado di possibilità di consolidazione dei terreni. Questi assetti strutturali, in taluni casi ed in circoscritte aree, hanno indotto accentuazioni dei fenomeni subsidenti ai quali si è associato,

localmente, lo svilupparsi di faglie distensive che non giungono in superficie e sono sigillate dall'Unità AES7.

I processi descritti nell'insieme hanno generato un apparato strutturale del bacino, a carattere compressivo, nel quale si delineavano a luoghi settori emersi soggetti ad erosione: zone di Novi MO – Mirandola, MO, Porotto – Pontelagoscuro.

L'assetto e gli spessori delle successioni in narrativa sono stati inoltre sensibilmente influenzati dalle variazioni del livello medio del mare correlate sia all'apertura del Mediterraneo successiva al *Messiniano* che, ai mutamenti climatici che hanno interessato l'area padana negli ultimi 0.65 Ma.

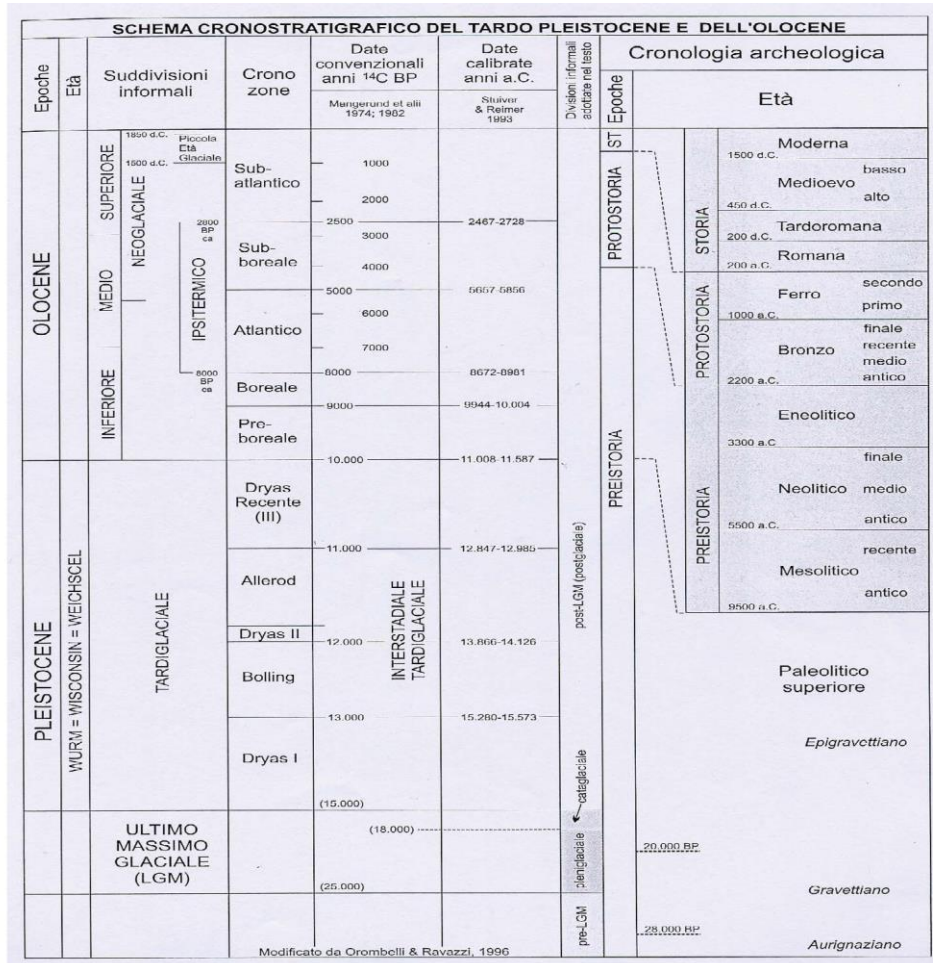




| UNITÀ STRATIGRAFICHE            |                                      | SEQUENZE DEPOSIZIONALI | ETÀ (milioni di anni) | SCALA CRONOSTRATIGRAFICA      |
|---------------------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO | SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE | Qc                     | ~0.12                 | PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE |
|                                 | SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE |                        | ~0.35-0.45            | PLEISTOCENE MEDIO             |
| SINTEMA DI COSTAMEZZANA         |                                      | Qm                     | ~0.65                 |                               |
|                                 |                                      |                        | ~0.8                  |                               |
|                                 |                                      |                        | ~1.0                  |                               |
| SINTEMA DEL T. STIRONE          |                                      | P <sub>1</sub>         | ~2.2                  | PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE      |
| ARGILLE AZZURRE                 |                                      |                        | P <sub>2</sub>        | ~3.6                          |

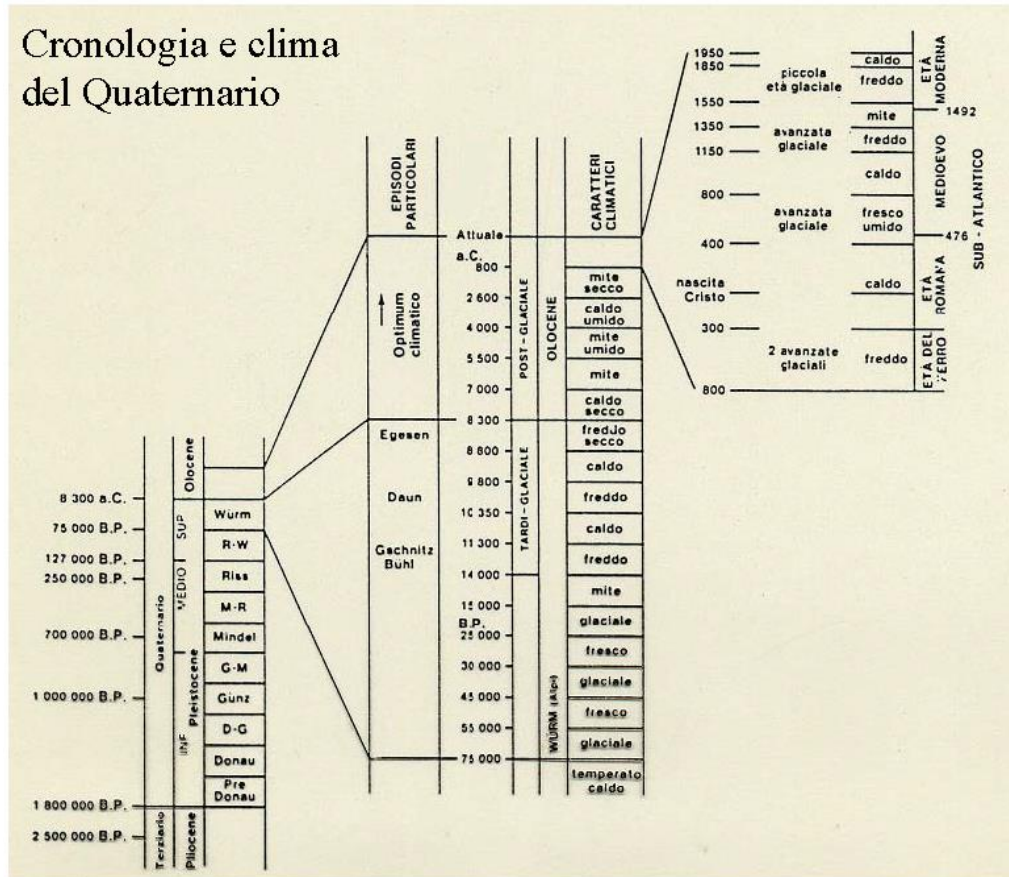
Superficie di discontinuità principale

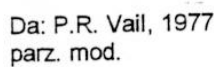
Superficie di discontinuità minore



Scala  
cronologica  
del tardo  
Pleistocene e  
dell'Olocene

## Cronologia e clima del Quaternario





### **3.1 Caratteri sismotettonici**

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia – Modena e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona nei settori orientali formano l'Arco delle Pieghe Ferraresi e più a sud la fascia della Pieghe Emiliane e Romagnole, che assumono una larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale nell'area parmense, nella parte occidentale settentrionale è formato dalle successioni della Monoclinale Alpina.

Le prime di dette pieghe rappresentano elementi strutturali sensibilmente complessi caratterizzati da un'intensa tettonizzazione che nella Dorsale Ferrarese hanno determinato un notevole innalzamento del substrato carbonatico mesozoico presso Novi di Modena – Camurana dove si rinviene già da -215/-310 m dal piano campagna (p. Novi 4bis, 1952 – p. Cavone di Carpi 2, 1978); analoga condizione si riscontra a Casaglia (FE) nella quale la profondità corrisponde a -120/-150 m pc.

Nella fascia estesa ovest nordovest – est sudest del fronte delle pieghe pedepenniniche i processi compressivi hanno determinato il sollevamento delle strutture sepolte sino a -2500/-3000 m dal piano campagna tra Modena e Reggio Emilia sino a -1000 a -1500 m pc nel sottosuolo di S. Ilario d'Enza – S. Prospero/Coloreto.

L'arco delle Pieghe Ferraresi costituisce la parte più esterna della strutturazione del fronte appenninico e mostra vergenza settentrionale ed è suddivisa in due dorsali una più interna: Struttura Bagnolo in Piano – Campagnola E. – Rolo – Novi MO – Mirandola – Cento ed una esterna: Struttura Quarantoli – Bondeno – Ferrara.

Detta Dorsale assume andamento circa ovest–est dal ferrarese a Camurana Novi MO e successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi Interne si orienta in direzione nord est – sud ovest da Novi MO a Novellara a Bagnolo in Piano. La flessione dell'anticlinale tra Novi MO e Rolo pare imputabile a faglie trasversali trascorrenti sepolte, a direttrice circa nord ovest – sud est.

Nel settore occidentale dell'area in esame circa al confine tra Reggio Emilia e Parma una fascia di faglie trascorrenti sud est – nord ovest ha dislocato verso nord l'arco delle Pieghe Ferraresi che tra Cella e Cadè (8/10 km ovest R.E.) con la Struttura di Bagnolo in Piano si immergono sotto le Pieghe Emiliane. Dette interazioni compressive con il fronte delle pieghe preappenniniche hanno determinato il sollevamento delle stesse sino a -1,0/-1,5 km pc nel sottosuolo di Taneto – S. Ilario d'Enza e a sud della via Emilia dove procedendo in direzione sud si attestano a -0,5 km pc.

Simili processi nel territorio a est tra Modena e Reggio Emilia hanno generato il sollevamento di dette pieghe a -2,5/-3,0 km pc a Campogalliano, -1 Km pc a Rubiera,

Nella zona di Reggio Emilia – Bagnolo in Piano, la successione delle formazioni nei primi 4.5/8.0 km pc è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso di età *Giurassico sup.* - *Cretacico inf.* Quest' ultima risulta essere assente nelle aree circostanti, come denotano i pozzi perforati da AGIP, nei quali il *Cretacico inf.* è rappresentato dalle classiche facies carbonatiche pelagiche (Biancone o Maiolica).

Nel contesto dell'evoluzione del bacino sedimentario padano, contraddistinto in detto periodo da processi distensivi, la presenza di sedimentazioni in ambiente marino basso, secondo A. Bosellini, 1981, è correlabile all'esistenza di una fascia, estesa in modo assecondante l'attuale margine meridionale della Pianura Padana tra Modena e Parma, nella quale si sviluppavano sollevamenti per fratturazioni anastomizzate a componente prevalentemente orizzontale che rigettavano sinistralmente il margine continentale della Placca Adriatica.

La presenza di detta faglia trascorrente sarebbe confermata dai dati sismici e gravimetrici relativi all'area in oggetto e dall'esistenza di una fascia di epicentri sismici, larga circa 70 Km denominata linea Piacenza Forlì (Peronacci 1974; Sacchi 1979), con profondità di 30-40 Km (Caloi et Alii, 1956).

I dati paleomagnetici (Vanderberg e Wonder; 1976) riferiti al fondo del paleo oceano ligure, documentanti diversi movimenti in due periodi distinti, concorrono a confermare gli effetti di una faglia trascorrente in tale area del bacino padano.

Lo spessore della successione mesozoica, che nel settore di "Bagnolo in Piano" è caratterizzata dall'omonima piattaforma carbonatica, presente circa tra 4,5 e 8,0/9,0 km pc, conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza che forma i primi 8÷10 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile come indicano gli ipocentri a -5/-5,3 km dei sismi del 1987-1996. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica *Emilian fault* (A. Bosellini; 1981), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area planiziale Reggiano – Parmense.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza degli sovrascorrimenti che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese, quelli a sud della via Emilia e nord – nord est di Sant'Ilario – Taneto – Pantaro di Sotto, quella del Fronte di Accavallamento della successione carbonatica meso-cenozoica; quest'ultima è rinvenibile a profondità di 8/9÷11/12 km dal piano campagna (AGIP, 1986) con approfondimento in verso meridionale, che si estende in direttrice sud ovest – nord est, circa secondo l'allineamento Villa Sesso – Novellara – Fabbrico.

Il bordo del fianco occidentale della Dorsale Ferrarese interna, corrispondente alla linea di sovrascorrimento che la mette a contatto con la monoclinale alpina, presenta direzione sud ovest – nord est e si estende circa secondo l'allineamento Fabbrico – Novellara – Cadelbosco di Sopra; il fronte delle Pieghe Emiliane si estende ovest – est da Reggio Emilia a Calerno e successivamente con assetto arcuato in direzione nord ovest verso Taneto – Pantaro di Sotto. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che anti-appenninica, come denotano le zone di frattura individuate a profondità di 1000 – 1200 m dal piano campagna nel campo pozzi AGIP di Correggio: zona S. Michele – S. Giovanni della Fossa (AGIP, 1952, Campo di Correggio). In tale area si evidenzia una fascia a direttrice sud ovest – nord est, 4/5 km ad occidente del suddetto capoluogo, che circa tra Fosdondo e S. Michele della Fossa interseca un'altra zona di frattura orientata est sudest – ovest nordovest che con tutta probabilità, in rapporto all'assetto delle isobate del tetto del *Pleistocene superiore*, si estende anche in direzione est – sud est assecondando l'andamento di via Fosdondo sino all'omonima frazione. Nel settore occidentale, ad ovest di S. Michele della Fossa, detta fascia si associa ad una zona di intensa fratturazione che si sviluppa in senso sud

ovest – nord est circa secondo l'allineamento Bagnolo in Piano – Casino Santini – 0,5 km ovest Canolo.

Simile articolata strutturazione caratterizza la zona tra Parma e Reggio Emilia nella quale i fronti degli sovrascorrimenti ad occidente del T. Parma presentano distanze molto inferiori rispetto quelli ad occidente di detto torrente e risultano dislocati da faglie anti-appenniniche.

Le principali linee tettoniche sopra citate trovano riscontro nei limiti dello schema sismotettonico identificante le zone sorgente, redatto da *P. Scandone et Alii (1991)* e quello della zonazione sismogenetica ZS9, INGV. 2004.

Dette condizioni strutturali, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian Fault* (*A. Bosellini; 1981*), determinano effetti d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano – Parmense, come indicano gli epicentri sismici di Campegine– Bagnolo in Piano – Novellara – Correggio del 1830/1996.

La base del *Pliocene* (*M. Pieri, G. Groppi; AGIP, 1981*) nel sottosuolo di Castelnovo di Sotto è rinvenibile tra -7/-7,5 km dal piano campagna con graduale approfondimento in direzione sud e a meridione della A1 – via Emilia, successivamente agli sovrascorrimenti del fronte delle pieghe pede-appenniniche, si innalza rapidamente a -1,0÷-1,5 km pc. Queste ultime ad ovest del T. Baganza si estendono in direzione sud ovest circa secondo le località Salsomaggiore T. – Costamezzana – Medesano.

### **Attività tettonica**

Successivamente all'importante evento tettonico che ha interessato il margine appenninico e la pianura, sviluppatosi nel *Pliocene inferiore e medio* (4,4 e 3,9 Ma) il fronte delle deformazioni migra in direttrice nord est ed attiva gli archi delle Pieghe Emiliane e Romagnole e delle Pieghe Ferraresi, come evidenziano le deposizioni in diversi “microbacini” al fronte delle suddette pieghe.

I depositi correlati ai progressivi stadi di sollevamento appenninico documentano importanti fasi all'inizio del *Pleistocene* (2,58 Ma) e nel *Pleistocene inferiore e medio* (1,7/0,95 e 0,8/0,65, Ma). Dette azioni tettoniche nell'area reggiano – parmense sono correlate all'interazione della parte meridionale occidentale delle Pieghe Ferraresi interne (Struttura di Bagnolo) con il settore orientale delle Pieghe Emiliane (parte più esterna della Struttura di Reggio: Fronte di Monticelli; *G. Barbacini et Alii, 2002*)

Nel *Pleistocene medio* si instaurarono gli ambienti sedimentari continentali che hanno generato i depositi dei Sintemi Emiliano Romagnolo Inferiore (0,65÷0,45 Ma, AEI) e Superiore (0,45 Ma ÷ AES).

Le variazioni delle condizioni degli ambienti sedimentari nel tardo *Pleistocene* sarebbero confermate dalla ridotta profondità della base dell'*Olocene* (10.000/12.000 anni) che ad occidente di Reggio Emilia, corrisponde circa a 10÷15 m ed aumenta in direzione orientale, attestandosi a 15÷20/25 m nelle zone di Reggio Emilia e Modena/Bologna, ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -15 m pc,

Fasi tettoniche più recenti, che denotano l'attività delle strutture nel *Pleistocene superiore* – *Olocene* sono testimoniate da dislocazioni e basculamenti che interessano le conoidi alluvionali, piegamenti che coinvolgono i depositi mindelliani e rissiani al piede dei colli (anticlinali del Ghiardo, Montecchio, Monticelli), dalle discontinuità individuate nei profili sismici che evidenziano l'attività degli sovrascorrimenti sepolti delle Pieghe Ferraresi, messi in risalto dalle geometrie arcuate della base delle unità alluvionali AEI ed AES ( $0.4 \div 0.65 \text{ Ma}^2$ ).

Concorrono a documentare un'attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici e gli antichi depositi di canale fluviale, che frequentemente perdono di identità prima di giungere all'attuale percorso del Po e la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese. Concordano con quanto esposto i gomiti fluviali del tratto del T. Enza tra Montecchio Emilia, S. Ilario d'Enza, i Pantari, A1, quelli a occidente del T. Parma e suo paleoalveo sede del Cavo Colombarone, a est quelli F. Secchia a oriente di Rubiera, i tracciati di alveo fluviale abbandonato tra il T. Enza e Calerno – Campegine – Praticello, i paleoalvei tra Castelnuovo Sotto – Poviglio. Analoghi effetti sono evidenziati dalla presenza in superficie di insediamenti di età *Neolitica* indicanti una deposizione alluvionale praticamente nulla negli ultimi 8.000 – 12.000 anni nella zona sede del dosso di via della Razza, Campegine, e degli equivalenti depositi dell'Unità di Vignola a meridione della via Emilia a sud degli sovrascorrimenti Taneto/Calerno– Calerno/Cella, area dell'interazione Struttura di Bagnolo in Piano – Pieghe Emiliane. Agli effetti di quest'ultima è conseguita una minore possibilità di sedimentazione dei depositi quaternari più recenti: AES8/8a presenti nelle zone a oriente di Castelnuovo di Sotto.

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M. Boccaletti – L. Martelli; 2004; L. Martelli et Alii, 2016) indica attività della linea di sovrascorrimento, che delimita l'ala occidentale settentrionale della Dorsale Ferrarese, orientata sud ovest – nord est circa da Cadelbosco di Sopra a Novellara ovest – Fabbrico; dello sovrascorrimento ovest – est circa esteso secondo l'allineamento delle località Lentigione – Fodico – Santa Vittoria – Villa Boschi, sovrascorrimento al Fronte delle Pieghe Emiliane a direzione nord ovest – sud est circa da San Secondo – Paradigna (PR) – Beneceto – Taneto ed orientato ovest nordovest – est sudest da quest'ultimo a Calerno.

Analoghe fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate delle linee di sovrascorrimento pede-appenniniche estese in direttrice ovest nordovest – est sudest presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Parma – Cavriago – Reggio Emilia – Rubiera secondo le quali si sono verificati epicentri sismici con  $M_w > 5,5$  a nord di Ponte Taro, Parma nord, Corte Valle Re/Parrocchia di Cella, Caprara/Calerno; il primo di questi ultimi si è originato circa 2,5 km a nord est dell'intersezione dello sovrascorrimento nord ovest – sud est Taneto/Calerno e quello ovest – est Calerno/Cella, il secondo circa 1 km a ovest (sud A1) di quello che delimita l'ala occidentale della Dorsale Ferrarese. 3.5 km a nord della sua intersezione con lo sovrascorrimento Calerno – Corte Tegge – Buco del Signore R.E.

---

<sup>2</sup> Ma = Milioni di anni

È inoltre attribuito stato di attività al fronte di Accavallamento del Basamento (M.Boccaletti, L.Martelli; 2004) individuato nel sottosuolo della zona di Reggio Emilia a -7/-8 ÷ -9/-11 m pc (AGIP, 1986).

La distribuzione degli ipocentri focali, generalmente con profondità tra -5 e -10 km pc, denota che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 10/15 km del sottosuolo, connessa agli stress tettonici che si accumulano nella parte medio basale della successione carbonatica e nella fascia di sovrascorrimento del Basamento; la diffusione dei fuochi che si generano tra -15 e -35 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma rappresentata in percentuale relativa minore.

La sismicità più profonda, ipocentri sottostanti 35 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente minore ed induce risentimenti in superficie con effetti più bassi.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'area in oggetto alla zona sismogenetica 912, circa 3,5 km a sud capoluogo è sostituita dalla zona 913.

La classificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 17/01/2018, e RER: DGR 146/2023, attribuiscono il comune di Castelnovo di Sotto alla zona 3 con grado di sismicità equivalente agli ambiti S6.

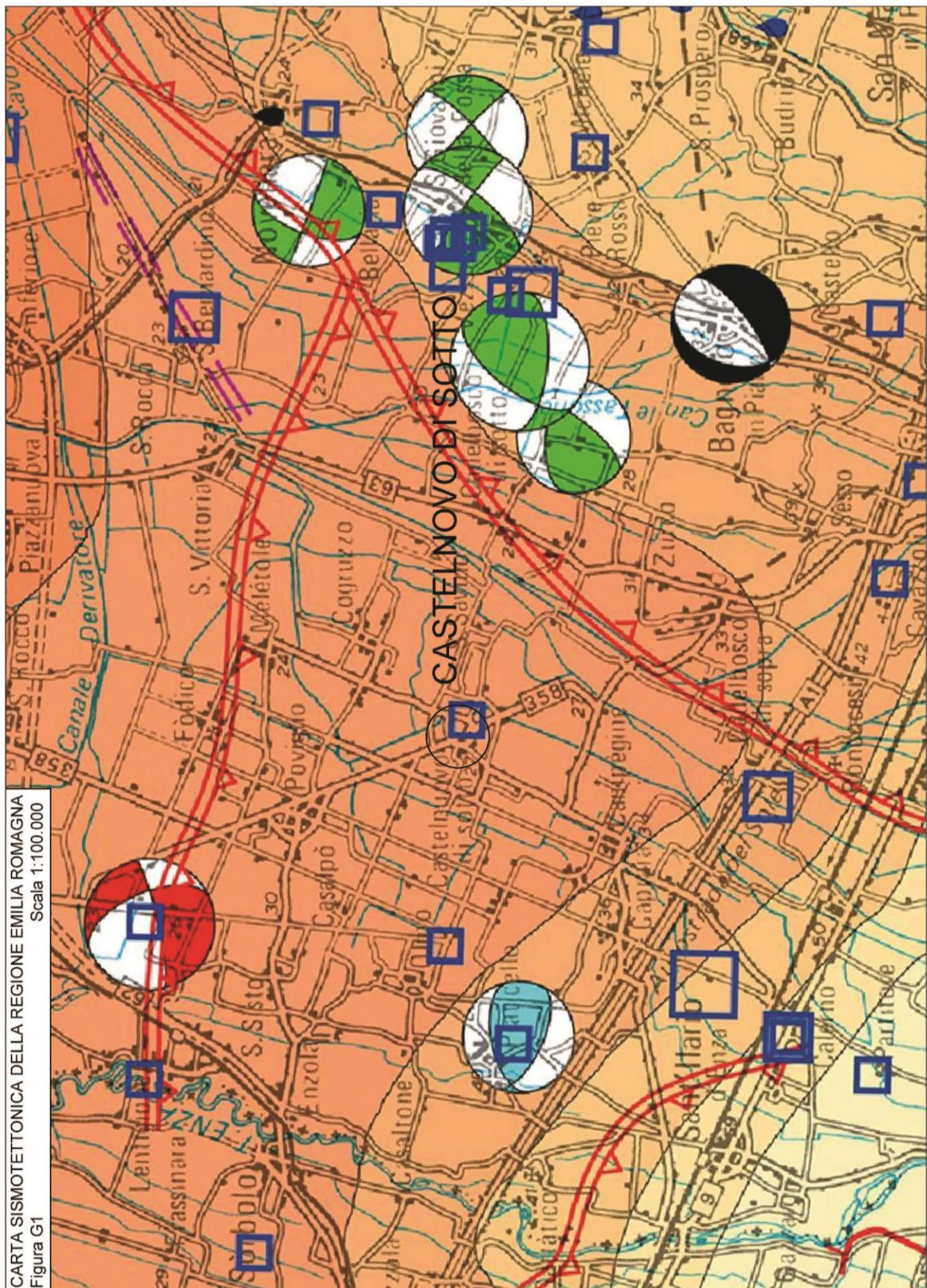
I valori di  $a_g$  elaborati dal Gruppo di Lavoro MPS 2004 (Meletti C., Montaldo V., 2007. *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2*, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), attribuiscono, alla fascia territoriale a cui appartiene il comune in oggetto valori di accelerazione compresi tra:

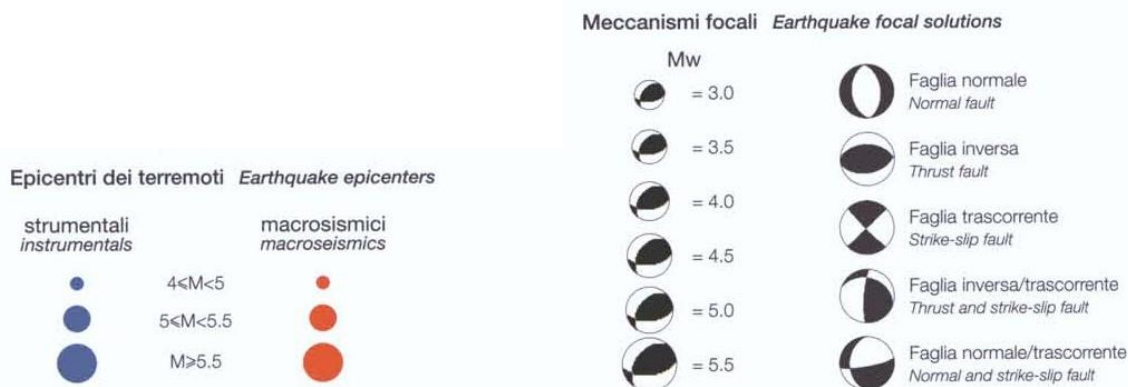
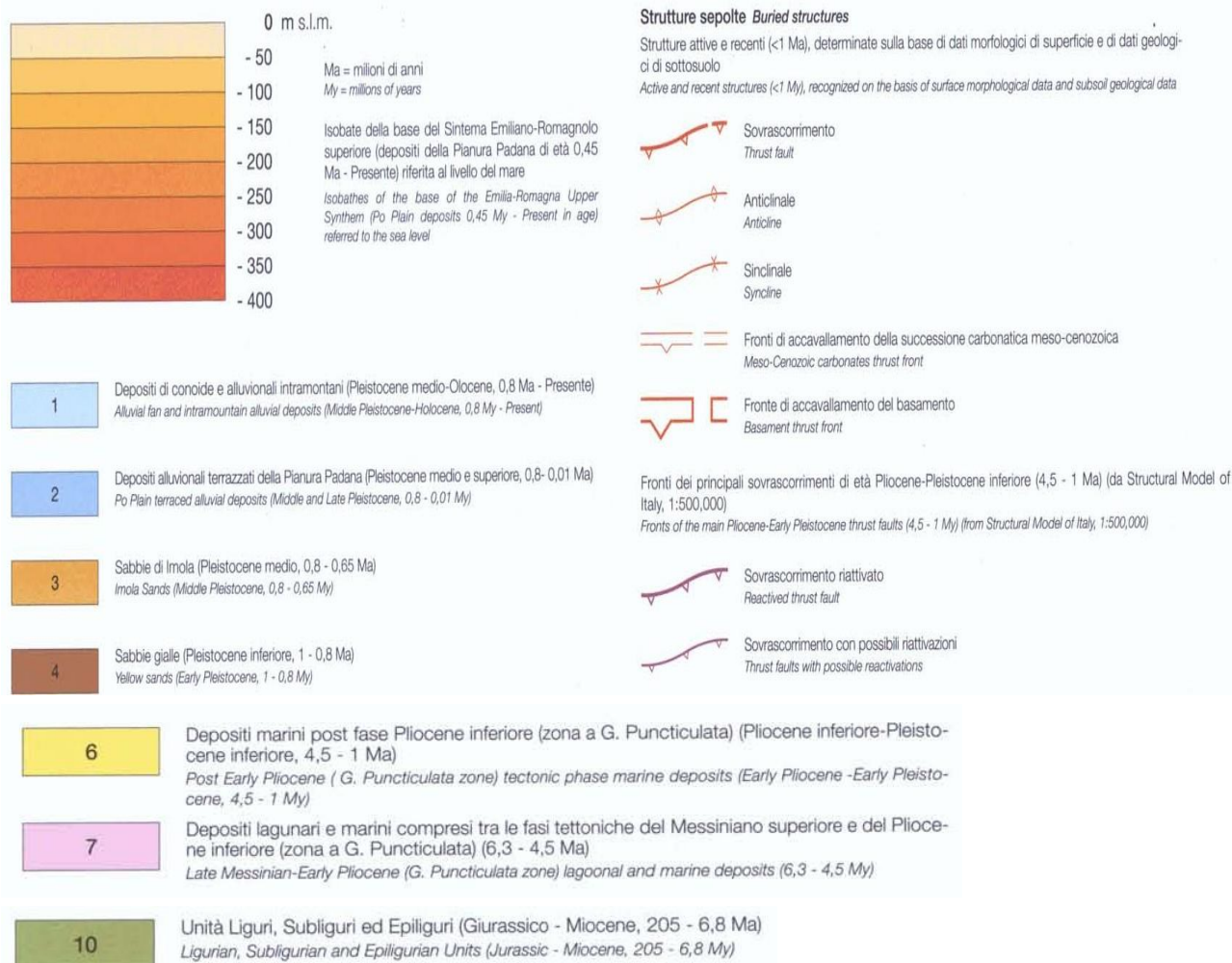
$$\text{Castelnovo di Sotto } a_g = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$$

con diminuzione di tali parametri da sud a nord.

Il valore della  $a_g$  di riferimento riportato nell'allegato A4 della Deliberazione della Giunta Regionale Emilia Romagna n° 564/2021, corrisponde mediamente, per il comune di Cadelbosco di Sopra, a:

$$a_{gref} = 0,118 \text{ g}$$





### Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)  
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

Sovrascorrimento  
Thrust fault

Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)  
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

Sovrascorrimento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato  
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault

Faglia trascorrente  
Strike-slip fault

### **3.2 Subsidenza**

I fenomeni subsidenti nel territorio di Castelnovo di Sotto sono correlabili ai processi di auto consolidazione naturale dei depositi di pianura che in detta zona denotano influenze correlate all'attività del substrato pliocenico e pre-pliocenico ed alle caratteristiche litostratigrafiche e variazione in spessore del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore. A tali condizioni si sommano gli effetti collegati alle estrazioni di fluidi dal sottosuolo, che prevalentemente interessano i primi 100÷200/300 m dal piano campagna. A questi ultimi nel periodo dal 1992 al 2000 sono attribuiti abbassamenti di 0÷-2,5 mm/anno nella prevalente parte del territorio comunale che si accentuano a -2,5÷-5,0 mm/anno nella parte meridionale sede del capoluogo e della fascia adiacente al confine con Cà del Bosco di Sotto; dal 2002 al 2006 incrementano -2,5÷-5,0 mm/anno nella maggior parte del territorio ad eccezione della zona centro settentrionale di Cogruzzo e aree a nord di Meletole nelle quali variano tra 0÷-2,5 mm/anno.

Nel successivo periodo dal 2006 al 2011 gli abbassamenti si attenuano a 0÷-2,5 mm/anno su tutta la superficie comunale; analoga attenuazione caratterizza la fase 2011/2016 durante la quale aumentano circa al 50% le zone ad abbassamenti di 0.0 mm/anno; nel seguente arco temporale 2016/2021 praticamente in tutto il territorio i moti subsidenti corrispondono a -2,5 mm/anno.

Le contenute variazioni delle entità degli abbassamenti denota corrispondenza tra la modesta variabilità degli spessori, geometrie e granulometrie dei complessi acquiferi che formano i primi 300/450÷500 m del sottosuolo, e le linee di eguale abbassamento del terreno (isocinetiche) (arpa.RER; [www.arpa.emr.it/dettaglio\\_generale.asp? Id2051 2 divello = 1423](http://www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id2051%20divello%3D1423)), come evidenziano le sezioni idrogeologico strutturali.

Queste ultime, che saranno successivamente descritte in dettaglio nel capitolo successione idrogeologica locale, sono caratterizzate nelle zone meridionali del territorio da sequenze con presenza di unità sabbiose ghiaiose a basso grado di compressibilità nei primi 100/150 m del sottosuolo; procedendo in verso settentrionale dette successioni si arricchiscono in componenti sabbiose assottigliandosi e contestualmente diminuiscono sensibilmente in percentuale rappresentata ed assumono una decisa prevalenza gli orizzonti limoso argillosi – argillosi a grado di compressibilità relativamente maggiore.

A settentrione di Meletole incrementano le intercalazioni in unità sabbiose indicando la presenza della fascia di transizione all'unità idrogeologica del Po.

#### **3.2.1 Assetto Strutturale Depositi del Quaternari Continentale**

In riferimento alle sopra descritte indagini ed ai dati acquisiti da RER ed AGIP, la successione sedimentaria (età *Pleistocene medio – Olocene*) nei territori di Parma, Reggio Emilia e porzione occidentale del modenese è costituita da depositi di tipo continentale del Supersintema Emiliano Romagnolo; nella parte basale di quest'ultimo (AEI) procedendo in direzione orientale, zone est del modenese ed area bolognese, le unità sedimentarie

alluvionali e di piana esondabile sono sostituite per eteropia di facies da depositi di ambiente marino marginale e costiere appartenenti alle Sabbie di Imola.

La sequenza deposizionale A: AES sovrastante il Gruppo Acquifero B: AEI, localmente è suddivisibile in cinque complessi acquiferi. Questi ultimi, in funzione del periodo nel quale si sono sedimentati, evidenziano variabili livelli di influenza dei processi deformativi e dei cambiamenti climatici che hanno coinvolto il bacino padano. Detti eventi hanno generato complessi delimitati alla base ed alla sommità da discontinuità significative, anche alla scala sub-regionale, che ne consentono la suddivisione in UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Unit*) e quindi in unità stratigrafiche, cartografabili. Queste ultime differiscono dalle unità sottostanti e soprastanti in funzione della presenza di superfici di discontinuità che passano verso il depocentro alle rispettive superfici di continuità che sono frequentemente caratterizzate alla base da depositi argilloso limosi torbosi di piana inondabile; tali litozone, mediante contatti netti che indicano la disattivazione delle deposizioni grossolane, sono generalmente seguite da orizzonti ghiaioso sabbiosi – sabbioso ghiaiosi – sabbie che formano il tetto del ciclo sottostante.

L'assetto geometrico e le profondità dei cicli deposizionali e relative unità stratigrafiche sono visualizzati nella tav. 1.2.1 sezioni geologiche.

Sub Sintema AES8a/8: è correlabile a deposizioni di ambiente continentale di età olocenica (10.000 – 12.000 anni b.p fino all'attuale); non evidenzia generalmente influenze dei processi deformativi che hanno interessato il bacino padano ma altresì si riscontrano effetti correlabili a variazioni climatiche; è costituito prevalentemente da depositi limoso argillosi di piana inondabile ai quali si sostituiscono lateralmente e verticalmente corpi ghiaioso sabbiosi – sabbiosi nelle zone più meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali, a geometria sia lentiforme che tabulare. Tale complesso presenta spessori minori nei settori meridionali nei quali corrisponde a 18/20 m ed aumentano gradualmente in direzione settentrionale attestandosi a 20/22 m sino circa a Meletole; successivamente a quest'ultima in direzione nord diminuisce a 18 m e più a settentrione a 15/16 m; in verso ovest est non si osservano significative variazioni di spessore rispetto a quello sud nord.

Lo spessore complessivo dell'acquifero A0 oscilla mediamente tra 18/20 m nelle zone meridionali ed incrementa a 20/22 m nelle aree centrali – centro settentrionali e diminuisce a 18 m di potenza nella fascia settentrionale di Meletole.

Nelle aree più meridionali, sud di via Antica, gli orizzonti sabbiosi – sabbioso ghiaiosi principali si riscontrano tra 5/8 ÷ 12/14–18/20 m dal piano campagna; nel settore centrale tra la sopracitata strada ed il capoluogo – Cogruzzo, i corpi permeabili sabbiosi presentano assetto spiccatamente lentiforme e quelli a maggior grado relativo di continuità si rilevano a -10/-12 m pc e -17/-19 m pc; nella parte settentrionale del territorio gli orizzonti acquiferi si arricchiscono nelle componenti sabbiose e si rilevano generalmente tra -15/-18 m pc.

Sub Sintema AES7: è correlabile a deposizioni avvenute tra 10.000 – 12.000 e 125.000 anni b.p., denota influenze connesse ai fattori climatici ed a quelli subsidenti correlati ai processi deformativi del substrato che hanno coinvolto il bacino padano nel settore al quale appartengono i territori di Castelnuovo di Sotto – Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano;

presenta spessori praticamente costanti in direzione sud nord, mediamente 70/75 m, e si assottiglia in verso orientale attestandosi a 65 m ad est del Canale di Castelnuovo. Tale diminuzione in potenza è correlabile come sopra indicato, oltre ai fattori climatici, ad influenze dell'assetto del substrato pre-pliocenico ed a processi deformativi dello stesso che hanno indotto un maggior tasso di subsidenza nelle aree ad occidente del sopracitato canale ed a settentrione di via Antica.

Nella zona meridionale il ciclo deposizionale è costituito da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi – sabbiosi ed argilloso limosi, con prevalenza delle unità più fini, appartenenti alla fascia di terminazione frontale dei depositi di conoide alluvionale; nelle aree centrali – centrosettentrionali è formato da sequenze prevalentemente limoso argillose (70/80%) con intercalati in subordine corpi sabbiosi ad assetto lentiforme che incrementano sia in spessore che percentuale rappresentata nelle fasce più settentrionali: zone a nord di Cogruzzo – Cornetole.

Tale insieme presenta generalmente spessori di 70/75 m nel sottosuolo delle aree occidentali sia meridionali che centrali ed in quelle settentrionali, diminuisce a potenza di 65 m in prossimità del confine comunale con Cadelbosco di sopra.

Si rinviene generalmente sino a -90/-100 m nei settori occidentali del territorio e sino a -90÷-95 m pc nelle fasce orientali al confine con il sopracitato comune.

Gli orizzonti acquiferi, costituiti in prevalenza da sabbie – sabbie ghiaiose, nelle aree a sud di Scarabella – Via Antica, si rinvencono a -30/-35 m pc e -55/-60 m pc; nel territorio centrale e settentrionale le unità permeabili si arricchiscono decisamente nelle componenti sabbiose assottigliandosi e si rilevano generalmente tra -55/-60 m pc; a settentrione di Cogruzzo i corpi sabbiosi aumentano sia in percentuale rappresentata che in spessore e quelli con maggior grado relativo di continuità laterale si rilevano tra -22/-28 m pc, -30/-35 m pc e -70/-80 m pc.

Sub Sintema AES3: denota alla base dell'unità una moderata influenza sugli assetti deposizionali dei movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano circa 220/230.000 anni b.p., che nel territorio di Castelnuovo di Sotto/ Cadelbosco di Sopra sono osservabili nel sottosuolo del settore orientale al confine tra detti e nel secondo si ha il passaggio dalla Monoclinale Alpina alla Dorsale Ferrarese per contatto mediante sovrascorrimento.

Il ciclo deposizionale A2 nelle zone più meridionali è costituito da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi – sabbiosi e limoso argillosi, con prevalenza di questi ultimi, appartenenti alla fascia di terminazione frontale distale di conoide alluvionale, depositatisi tra 125.000 e 225.000 anni b.p; il tetto dell'unità è caratterizzato da corpi sabbioso ghiaiosi continui lateralmente con spessori di 5/10 m che si assottigliano ed arricchiscono nelle componenti sabbiose in direzione settentrionale; queste ultime, che prevalgono nel settore centrale, a nord di Cornetole – Cogruzzo tendono ad aumentare in spessore e più a settentrione, in comune di Poviglio, evidenziano continuità con i depositi sabbiosi dell'Unità del Po. Detto complesso presenta spessori mediamente compresi tra 60/65 m, con gli inferiori nelle zone meridionali e con graduale moderato incremento verso nord; si riscontra sino a profondità di -155/-160 m pc con tendenziale contenuto aumento in verso settentrionale. Tale

unità diminuisce in spessore in direzione est con l'approssimarsi alla zona di passaggio alla Dorsale Ferrarese. Gli orizzonti acquiferi principali si rilevano al tetto dell'unità nelle zone meridionali, sud di Scarabella – Via Antica: -90/-100 m pc; nel settore centrale sono presenti tra -95/-105 m pc e nelle zone a nord di Cornetole – Cogrizzo tra -95/-100 m pc e -105/-115 m pc.

Sub Sintema AES: denota modeste influenze in direttrice sud nord che si accentuano in verso orientale, dei movimenti tettonici che hanno interessato il bacino padano, tra 225.000 e 400.000 anni b.p., con effetti osservabili alla base dell'unità. Nei settori meridionali è costituito da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi ed argilloso limosi, con prevalenza di questi ultimi. Tale complesso nel territorio centro settentrionale è caratterizzato dalla netta presenza delle sequenze argilloso limose ed i livelli permeabili principalmente sabbiosi sono di modesto spessore, lentiformi; nelle zone meridionali i corpi sabbioso ghiaiosi, dove presenti, si riscontrano a -150/-160 m pc e -170/-180 m pc; si esauriscono rapidamente in direzione nord con loro sostituzione in componenti sabbiose nei settori orientali generalmente riscontrabili tra -150/155 m pc e -165/-170 m pc. Detto ciclo è caratterizzato da spessori tra 100 e 110 m che aumentano in direzione nord e diminuiscono in verso orientale.

Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore - AEI: denota localmente una moderata influenza che si rimarca in direzione orientale dei processi tettonici che hanno coinvolto il bacino padano da 400.000 a 600.000 anni b.p., localmente sviluppatasi principalmente per fenomeni di subsidenza correlati all'assetto del substrato, che in base alle isobate della base del quaternario (RER 2004) evidenzia tendenzialmente una blanda geometria sinforme che si approfondisce in direzione nord ovest. È riscontrabile a profondità sottostanti -260/-280 m pc con profondità relative inferiori nei settori meridionali e in quelli orientali più prossimi alla transizione alla Dorsale Ferrarese.

### **3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

L'analisi geomorfologica, individuando la passata evoluzione territoriale, consente di valutare le possibili modificazioni morfologico paesaggistiche naturali future.

Detta disamina si è redatta mediante un'analisi delle caratteristiche topografiche del microrilievo, dei fotogrammi aerei e satellitari, del reticolo idrografico superficiale, degli interventi antropici, delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto 1881, Carta del Ducato Estense 1821/1828 e delle notizie e pubblicazioni storico – geomorfologiche.

L'analisi foto-interpretativa è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approx 1: 24.000, voli aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1: 35.000 voli 1955, alle foto satellite LANSAT in scala 1: 50.000 e alle riprese consultabili in rete su *Google Heart* e all'esame topografico delle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1: 25.000.

L'analisi del rilievo, unitamente al numeroso incremento dei punti di indagine geognostica dal 2015 al 2024 eseguiti nel territorio di Castelnovo di Sotto, ha consentito una definizione più dettagliata rispetto alle elaborazioni precedentemente effettuate.

### 3.4 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di Castelnovo di Sotto, compreso tra la SP 112 a sud e via D'Este/Collettore Impero a nord, appartiene prevalentemente alla fascia della Media Pianura Padana Appenninica e in subordine nella parte settentrionale, nord di Cogruzzo/Diversivo Cornetole a quella di transizione alla Bassa Pianura.

Detto territorio si è costituito tra la fascia delle conoidi alluvionali pede-appenniniche, zone a sud della A1 a ovest del T. Modolena e a occidente dello stesso sud della Via Emilia, e l'area di dominio del Po, territori a settentrione: Poviglio – Gualtieri – nord Novellara; tale zona è formata dai depositi del Po e dei fiumi appenninici a sud di detto fiume, e alpini nelle aree a nord del medesimo, che hanno colmato il golfo padano.

Le trasformazioni del paesaggio padano sono correlate all'accentuata instabilità climatica e suoi cambiamenti degli ultimi 1,2 Ma; detto periodo è stato caratterizzato dal succedersi di cinque importanti fasi glaciali/interglaciali alle quali si sono sommate influenze dei fattori tettonici. A questi nell'*Olocene* (10.000/12.000 anni b.p./attuale) si sono sovrainposti gli effetti dell'azione antropica progressivamente incrementata.

L'accrescimento della parte più superficiale del sottosuolo: AES8 (15/25 m) nell'area padana è principalmente correlato ai radicali cambiamenti climatici avvenuti negli ultimi 20.000 anni. In precedenza, nell'ultima intensa fase glaciale: *Würm*, il livello medio del mare si era abbassato di 120/130 m rispetto a quello attuale determinando la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione orientale – sud orientale e quella del delta del Po tra Ancona e Pescara. Successivamente, dal termine di detta fase, il progressivo innalzamento del livello medio del mare, avvenuto con fluttuazioni variabili con massima crescita circa tra 7.500 e 6.000 anni bp, ha determinato, unitamente a fattori tettonici, la generale migrazione degli assi idrici appenninici in direzione occidentale.

Quanto esposto concorda con l'assetto geometrico dei complessi ghiaiosi delle conoidi dei fiumi appenninici principali Parma – Enza – Secchia – Panaro – Reno, che sono maggiormente sviluppate ad oriente rispetto alla posizione attuale dei loro alvei.

Tra 5.000 e 1.000 anni bp: *Neoglaciale*, sono documentate fluttuazioni positive e negative del livello medio del mare rispetto a quello attuale, di entità molto più modesta rispetto a quella precedente 6.000 anni bp, che stimano un innalzamento di 2/3 m circa tra 3600 e 4000 anni bp; in epoche successive sono valutati abbassamenti di circa -1 m tra 2700 e 3100 bp, innalzamenti di circa 1 m tra 2600 e 2100 bp; nei periodi seguenti le fluttuazioni sono stimate estremamente modeste con una limitata decrescita durante il *Piccolo Glaciale*: 1500÷1850 d.C.

Negli ambiti planiziali, i fiumi, ad assetto pensile, svolgono prevalentemente un'azione sedimentante per colmare le aree più depresse. Ne consegue che in occasione delle variazioni climatiche con aumento delle temperature comportanti fenomeni di piena fluviale, si generano rotte e/o tracimazioni che causano la mutazione nelle direzioni degli alvei. I tratti residui di fiume così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del reticolo idrografico.

Ne consegue che le distribuzioni litologiche di superficie evidenziano nelle componenti granulometriche sabbiose – sabbioso limose ambienti sedimentari ad energia idrodinamica discretamente alta, tratti di canale fluviale, mentre le aree costituite da litotipi argilloso limosi definiscono settori di bassa energia a sedimentazione lenta concordanti con ambienti palustri.

Da ciò si evince che i corsi d'acqua naturali, una volta raggiunto un determinato livello sui terreni a loro circostanti, tendono ad esondare in occasione di variazioni climatiche con forti aumenti delle piovosità, mutando il loro corso, colmando le aree più depresse tra i preesistenti alvei. In queste ultime si ha inoltre un contributo all'incremento del dislivello tra fiume e piana poiché i sedimenti fini che le costituiscono sono soggetti a costipamenti di entità maggiori rispetto ai litotipi formanti i corpi d'alveo.

Il modello d'accrescimento generale e graduale della pianura, caratterizzato da una condizione di equilibrio dinamico, è stato fortemente influenzato dall'azione dell'uomo, che, per cautelarsi dalle alluvioni, ha costretto i corsi d'acqua a scorrere sempre negli stessi alvei elevando gli argini di pari passo all'innalzamento dei letti fluviali. Tale irrigidimento della rete idrografica naturale ha accentuato i dislivelli tra i fiumi ed i territori che li fiancheggiano sia per un mancato apporto di materiali che per l'incremento di subsidenza differenziale.

Dette caratteristiche evolutive concordano con le emergenze morfologiche presenti nel territorio di Castelnovo di Sotto. Quest' ultimo è contraddistinto da una conformazione pianeggiante con ondulazioni ad ampio raggio allungate in senso sud nord che si caratterizzano con dossi topografici estesi in detta direzione

La parte più meridionale dell'area comunale, sud di Scarabella – via Antica, appartiene alla fascia di terminazione frontale distale del cono alluvionale del T. Enza. Il bacino idrografico di detto corso d'acqua, sotteso alla sezione del ponte sulla via Emilia, è di circa 670,4 kmq ed ha un'altitudine media di 620 m s.l.m.

Il cono alluvionale d'Enza presenta forma sub-triangolare con apice rivolto verso Ciano - S. Polo e fronte ad assetto lobato rilevabile circa 1000÷1600 m a nord dell'asse ferroviario Bologna – Milano; detto fronte individua la fascia di passaggio tra i depositi prevalentemente ghiaioso sabbiosi di conoide, più permeabili, e quelli principalmente limoso sabbioso argillosi della media pianura a grado di permeabilità più basso.

Tale zona di transizione è rimarcata dall'area dei fontanili, che si rinviene circa tra le località, Podere Pantaro di Sotto, ad ovest, e Laghi di Gruma-Corte Valle dei Re ad est, secondo una fascia ad andamento nord ovest – sud est, estesa con andamento sub-parallelo al tracciato della via Emilia sviluppantesi a settentrione della stessa.

Il cono d'Enza presenta una geometria cuneiforme con spessori minori nelle zone meridionali e progressivamente maggiori verso settentrione, sino ad esaurirsi, nella parte più superficiale, a nord della fascia dei fontanili; le variazioni in potenza delle sequenze ghiaioso sabbiose sono rilevabili anche in direzione est-ovest con valori massimi nel settore mediano e minimi ai bordi est ed ovest.

Detta unità deposizionale formatasi in condizioni morfoclimatiche variabili ha costituito un insieme contraddistinto da interdigitazioni di orizzonti multipli più o meno terrazzati, come evidenziano i depositi pre-würmiani (Ghiardo – Montecchio) formanti il pleistocene oggi rinvenibile secondo paleo-superfici terrazzate di 3÷4 m rispetto alle alluvioni medio recenti e würmiane. Queste ultime si rinvencono in localizzate fasce sino a

meridione della Via Emilia ed a luoghi a settentrione della stessa in prossimità di Calerno – la Razza.

L'evoluzione geomorfologica del territorio in esame è stata influenzata da movimenti tettonici recenti che oltre all'innalzamento delle anticlinali del Ghiardo e di Montechiarugolo (Cremaschi e Papani, 1975) hanno determinato minori tassi di abbassamento nelle aree di Campegine e Castelnovo di sotto.

Detta minore subsidenza trova riscontro, oltre ai sopracitati depositi würmiani di Calerno e la Razza, nell'età dei depositi di tali territori attribuiti al *Subsistema di Ravenna* (AES8) meno recenti rispetto quelli presenti ad oriente del Canale di Castelnovo appartenenti all'*Unità di Modena* (AES8a). le differenziate condizioni di subsidenza/ deposizione sono state condizionate con tutta probabilità dall'interazione tra la Rampa di Bagnolo in Piano (parte sud occidentale della Dorsale Ferrarese) con il Fronte del Ventaglio Listrico delle pieghe Pedepenniniche (G. Barbacini et Alii; 2002).

Le caratteristiche evolutive del territorio di Castelnovo di Sotto, sviluppatasi nel settore compreso tra la fascia dei fronti di conoide e quella di dominio del Po, hanno generato un assetto topografico blandamente movimentato da ondulazioni ad ampio raggio da occidente ad oriente. Dette morfologie nell'insieme definiscono corpi allungati più elevati rispetto ai settori circostanti o fasce sub ellittiche leggermente depresse. I primi sono contraddistinti dalla presenza di litotipi sabbiosi che, unitamente alle caratteristiche del microrilievo, evidenziano depositi attribuibili ad ambienti con energia idrodinamica elevata concordante con antichi tracciati fluviali naturali; i secondi sono caratterizzati da materiali sostanzialmente argilloso limosi - argillosi che individuano zone a deposizione lenta di tipo palustre.

I Torrenti Enza, Parma e fiume Po che ha condizionato le possibilità alla sua affluenza degli assi idrici appenninici, unitamente all'azione antropica, sono i principali agenti che hanno portato alla conformazione attuale del territorio. Questo appartiene principalmente alla fascia della media pianura ed alla fascia di transizione tra la stessa e la zona della bassa pianura nelle zone più settentrionali.

A tale suddivisione corrispondono diversi assetti morfologici. Il settore occidentale ed occidentale settentrionale presenta un andamento pianeggiante movimentato da ondulazioni a medio ampio raggio in senso ovest est, con pendenze mediamente comprese tra il 3‰ ed il 4‰, declinanti in direzione SSW – NNE sino a circa via Fontanese e pendenze orientate ovest sudovest – est nordest a settentrione della medesima.

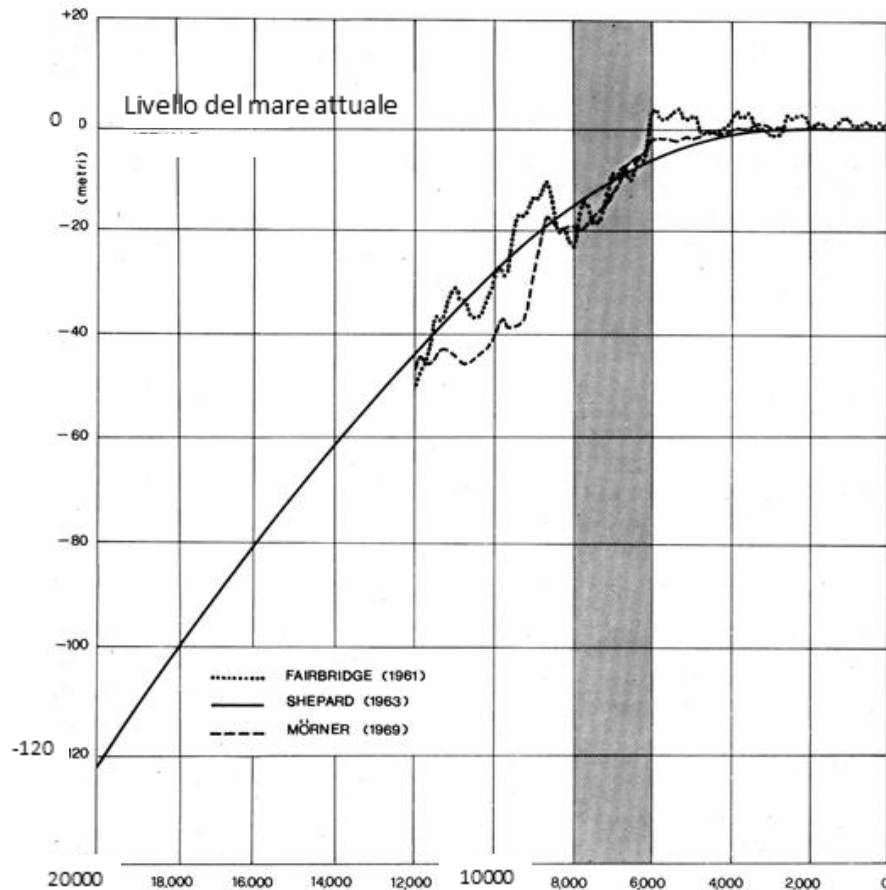
Dette caratteristiche, visualizzate nella Carta Geologico tecnica, tav. 1.2, evidenziano un sistema paleo-idrografico definito caratterizzato da tratti di canale fluviale estinto a direzione sud ovest - nord est nella parte centrale meridionale del territorio ed ovest est in quella settentrionale.

Un'analogia morfostruttura significativa per l'evoluzione paleografica del territorio di Castelnovo di Sotto è presente circa 1 km ad est del confine comunale orientale, nell'area di Cadelbosco di Sopra dove si rinviene un dosso a piccolo raggio di curvatura orientato sud nord esteso concordemente alla SS 63.

Nelle zone orientali e quelle settentrionali, comprese tra i tratti residuali dei preesistenti assi idrici, che hanno costituito barriere idrauliche determinando ritardi e forti

diminuzioni delle deposizioni alluvionali, verificatesi in occasione di processi di rotta fluviale, si sono instaurate aree depresse a lenta deposizione di tipo palustre.

Tali ambiti, costituiti da depositi prevalentemente argilloso limosi – argillosi, attualmente identificabili come aree vallive, sono riscontrabili nel settore sud orientale tra il Canale di Castelnuovo ed il confine comunale orientale con Cà del Bosco di Sopra e nella zona settentrionale orientale: nord di via B. Cellini – Indivisi Nord/Diversivo Cogruzzo.



## 4 IDROGEOLOGIA

### 4.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale*, Aree Omogenee Bonifica Idraulica media e bassa pianura sinistra Crostolo, al bacino idrografico del T. Crostolo prevalentemente a scolo superficiale naturale ed in subordine per le aree a settentrione di Indivisi Nord – Fossa Marza – Canale di Cogruzzo, zona di Meletole, a scolo meccanico, appartenente al bacino idrografico principale del Po.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione dei fiumi Enza e Po, da una serie di successive modificazioni antropiche del sistema scolante iniziate dagli Etruschi e continuate, con fasi alterne, dai Romani, dai Benedettini e successivamente dagli Enti e Consorzi di Bonifica.

Il sommarsi di tali agenti ha portato all'attuale conformazione dell'assetto idrografico superficiale costituito da un sistema di assi drenanti orientati principalmente in direzione sud nord e secondariamente in senso ovest est.

L'assetto morfologico territoriale, contraddistinto da pendenze che variano mediamente tra  $2 \div 3$  ‰ nelle fasce meridionali, tra  $1,2 \div 2,0$  ‰ nelle zone centrali e settentrionali, con attenuazione a  $0,5 \div 1,0$  ‰ nelle aree orientali centro settentrionali, denota una conformazione blandamente ondulata in senso nord ovest – sud est con direttrici generali delle pendenze declinanti in verso sud ovest – nord est.

In tale struttura topografica le fasce di spartiacque morfologico che contraddistinguono il territorio sono rappresentate dall'asse del T. Crostolo,  $1,0 \div 1,5$  km ad est del confine comunale orientale e dal dosso orientato sud ovest – nord est ed ovest – est che si estende concordemente all'andamento della Fossa Marza.

Nelle aree a settentrione di quest'ultima le clivometrie territoriali indirizzano i moti di flusso dello scolo idrico superficiale in direttrice est nord est; analoghe direzioni dei deflussi ad est – nord est caratterizzano il settore di territorio tra la sopracitata Fossa ed il Cavo Fossetta Montana.

Il Canale di Risalita, principale asse della rete idrica superficiale della fascia orientale del territorio comunale delle aree ad ovest dell'allineamento capoluogo – Cornetole, è a scolo di tipo naturale.

Il Canale di Castelnuovo, che raccoglie le acque della Fossa Marza, Cavo Fossetta Montana, Scolo Senara, Scolo Barchetta, è tributario del Canale di Risalita a sua volta affluente del Cavo Parmigiana Moglia che convoglia le acque al F. Secchia, in località Bondanello, affluendo poi al F. Po. Il settore occidentale e centro meridionale orientale dell'area comunale è suddiviso in sottobacini minori nei quali una diffusa rete di scoli minori conferisce le acque ai sopracitati Fossa Marza, Fossetta Montana Scolo Senara. A questi ultimi, che governano la regimazione dello scolo idrico superficiale della parte meridionale del territorio comunale, affluiscono gli scoli: Lorino, Saldine 1 e 2, Beretta, Mulino, Morella.

Nella zona centro settentrionale la Fossa Marza raccoglie gli afflussi degli scoli: S. Antonio, Bersani, Indivisi, Dugarolo, Canalino di Cogruzzo, Fossetta Vecchia – Fossetta di Cogruzzo.

Nelle parti nord orientali, settentrionali e sud orientali, offerenti al bacino del Crostolo, i principali assi idrici sono il Cavo Cava tributario del T. Crostolo a sud, nel settore orientale centrale lo Scolo Superiore di Campo Ranieri, nella parte settentrionale e nord orientale lo Scolo Braglia, Scolo Cantello, Canaletto di Meletole; quest'ultimo mediante il Cavo Brisello convoglia le acque al Cavo Impero che tramite il Collettore Vittoria riversa le acque al Collettore Alfieri Tributario del T. Crostolo. Il drenaggio idrico superficiale della parte nord orientale del territorio è governato dallo Scolo Paina che raccoglie gli afflussi degli scoli Barchessa, Castellaro, Pradoni, Bassani ad occidente e Scolo Cornelia, Diversivo Canalina, Scolo via Lupi, Scolo Greppi ad oriente. Detti scoli Paina e Greppi sono tributari del Collettore Rinascita affluente del T. Crostolo dal quale gli afflussi idrici giungono al F. Po.

Dal confronto tra l'assetto morfologico del territorio, l'organizzazione dei bacini scolanti principali e le pendenze medie territoriali, prevalentemente maggiori del 2,0‰, si evince che il drenaggio idrico superficiale nell'area comunale non presenta generalmente condizioni di criticità; fanno eccezione le zone settentrionali orientali tra il Canalino di Cogruzzo, Fossetta Montana, Canale di Castelnuovo, Fossa Marza, e Canale di Cogruzzo, Canale di Castelnuovo, quest'ultimo e il T. Crostolo, nei quali le pendenze minori dell'1‰ evidenziano condizioni di difficoltoso drenaggio.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali classificati come acque pubbliche (TU del 11-12/33 n°1775) che interessano il territorio di Castelnuovo di Sotto RE risultano ad essi attribuiti:

- Fossa Marza di Castelnuovo
- Scolo Cava
- Canalazzo Castelnovese
- Torrente Crostolo

#### **4.1.1.1 Pericolosità idraulica**

L'analisi relativa alle condizioni di pericolosità di allagamento o di esondazione è stata attuata in base agli elaborati del *Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni Revisione 2025: PGRA 2027, ADBPO*. Oltre a ciò, si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio di Castelnuovo di Sotto.

## **4.2 Reticolo idrografico naturale principale e secondario**

L'analisi relativa alle condizioni di pericolosità di allagamento o di esondazione è stata attuata in base agli elaborati del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, variante 2025. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio di Castelnuovo di Sotto.

Per quanto riguarda il reticolo primario, (TAV.182 SE), ad eccezione della ridotta fascia di territorio in comune di Cadelbosco di Sopra, adiacente al confine comunale orientale,

compresa tra la SP n° 40 e la Scarpinetta, corrispondente, al T. Crostolo, si riscontra che il territorio di Castelnovo di Sotto è totalmente classificato zona L-P1 a scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi esterni, area ricompresa all'interno del limite della fascia C del PAI.

In tali ambiti, non soggetti a rigidi vincoli d'uso del territorio, gli strumenti di pianificazione territoriale ed urbanistica competono alle Province e Comuni ed agli stessi sono demandati i Programmi di Previsione e Prevenzione e Piani di Emergenza di Protezione Civile.

La sopracitata fascia di territorio al confine comunale orientale è classificata H-P3 a pericolosità di alluvioni frequenti con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni ad elevata probabilità; tali zone P3, fascia A del PAI, sono soggette agli indirizzi dell'Art.58, specificate al titolo 2, ART.29.

#### **4.3 Reticolo secondario artificiale di pianura**

Il reticolo secondario, (Tav 182 SE), evidenzia che la prevalente parte del territorio appartiene alla zona a pericolosità M-P2 e in subordine alla zona H-P3.

Dette aree (P2) sono soggette a pericolo di alluvionamento poco frequente con tempi di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità, nelle quali sono da applicare misure indirizzate al rispetto del principio dell'invarianza idraulica finalizzate alla salvaguardia della capacità ricettiva del sistema idrico e che contribuiscano alla difesa idraulica del territorio.

Fanno eccezione a dette condizioni la fascia estesa nord ovest – sud est larga 150 m adiacente al lato meridionale del Canale Castelnovo Basso che si allarga a 420 m a ovest in corrispondenza del Canale di Risalita e a 800 m ad est in corrispondenza del Canale di Meletole; a oriente di quest'ultimo si estende sino al confine comunale est per larghezza di 750 m. Analoga classificazione individua la fascia di via A. Alberici a Meletole. A meridione dello Scolo Aquila si estende sino al diversivo Cornetole a sud del quale riveste il settore nord est dell'area comunale sino al Canale Castelnovo Medio. A sud del Cavo Smorchio descrive l'area che si allarga a nord di 400 m ovest e a sud 1500 m ovest dal Canale di Castelnovo e a sud la fascia che asseconda la Fossetta Montana per larghezza di 250 m. Equivalente classificazione individua la fascia orientale del territorio comunale tra il Cavo Cava e Scolo Senara per larghezze che variano tra 950÷730÷300 m che diminuiscono in direzione sud ovest. Analoga classe descrive il settore sud est compreso tra via Antica e Cavo Buco. Equivalenti caratteristiche individuano l'area compresa tra la SP 40 – 280 m ovest Strada Isonzo – Canale Senara – via Peschiera, nella zona a ovest nord capoluogo.

Nelle aree H-P3 del Reticolo Secondario di Pianura sono da applicare le disposizioni specifiche del Art. 5.2 del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, DGR 1300-2016.

Per quanto riguarda il rischio potenziale relativo al reticolo naturale principale la netta prevalenza del territorio comunale appartiene alla classe di pericolosità R1 (rischio moderato o nullo) con classe di danno potenziale D1.

Fanno eccezione per il reticolo secondario gli areali H-P3 a classe di pericolosità R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

In riferimento alle condizioni di criticità idraulica del territorio nel contesto delle previsioni d'uso del medesimo è opportuno prevedere l'adozione di accorgimenti rivolti a limitare gli incrementi di carico idrico sulla rete di scolo superficiale conseguenti all'aumento delle superfici impermeabilizzate nelle aree di nuovo insediamento.

### ***APSFR Torrente Crostolo – Aree Allagabili per rottura Arginale (PGRA 2027)***

Le mappe delle aree allagabili per presenza di brecce dell'asta arginata attribuiscono alla classe M-P2 la netta prevalenza del territorio comunale; fa eccezione un'area di subordinata estensione nel settore sud occidentale della superficie comunale compresa tra i confini sud e ovest e la SP 39 (est) – Strada Casanova (nord) attribuita alla classe L-P1 allagabile per rottura arginale.

In funzione di quanto esposto sono consigliabili le modalità di intervento di seguito esposte:

- Nelle nuove aree di zonizzazione che appartengono ad ambiti R2, dovrà essere prevista una sopraelevazione minima di  $0,4 \div 0,6$  m, rispetto al piano campagna esistente; tale quota dovrà essere idoneamente incrementata nei settori ove la presenza di barriere idrauliche, naturali o antropiche quali rilevati stradali, argini, ecc., non dotati di idonee cunette con bypass, può determinare il formarsi di battenti idrici con altezza superiore a 0,4 m in occasione di piogge critiche. Oltre a ciò, in dette aree dovrebbero essere evitate realizzazioni di opere destinate allo stoccaggio temporaneo o permanente di liquidi e liquami potenzialmente inquinanti. Qualora risultassero in essere opere analoghe è opportuno prevedere la loro messa in sicurezza mediante interventi di presidio ambientale quali contro arginature, sopraelevazione dei corpi arginali, ecc.
- Per evitare incrementi di carico idraulico negli assi idrici di scolo superficiale, conseguenti all'aumento percentuale di aree impermeabilizzate, nei siti non interessati da fabbricati, è opportuno prevedere ed eseguire idonee aree di ritenzione delle acque piovane. Queste ultime saranno gradualmente restituite alla rete idrica superficiale dopo un adeguato intervallo di tempo dalla fase di piena della rete idrica. Le aree di laminazione potranno essere costituite da superfici di terreno depresse rispetto ai settori circostanti, suddivise in comparti separati, collegate con idoneo scarico regolamentato o ai collettori di vettoriamento ad impianti di trattamento acque reflue per le acque teste di pioggia (primi 5 mm), o alla rete idrica superficiale per le acque di pioggia successive ai primi 5 mm.
- Evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio: realizzazione delle pareti perimetrali del solaio di base a tenuta d'acqua;

- Favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

In relazione al grado di efficienza dei corpi arginali degli assi idrici superficiali, rilevazioni sul campo hanno evidenziato l'adeguata funzionalità degli stessi, ad eccezione di tratti degradati non visibili, data l'assenza di avvallamenti e depressioni significative.

In riferimento a quanto esposto ciò si osserva che dette strutture richiedono continue manutenzioni e ripristini dl competente Consorzio di Bonifica, per l'efficienza delle arginature dei canali.

Per quanto riguarda possibili fenomeni di esondazione dell'area dal reticolo primario tali eventi risultano a scarsa probabilità in rapporto al periodo di ritorno atteso relativo ad alluvione per piena catastrofica. In riferimento alle mutate condizioni climatiche degli ultimi 10/20 anni che hanno portato a fasi di precipitazione meteorica intensa in tempi più ridotti è necessario che i controlli e adeguamenti delle strutture per la sicurezza idraulica del territorio siano implementati, in particolare per il reticolo secondario di pianura.

#### **4.4 Ambiente Idrico Sotterraneo**

L'analisi sulle caratteristiche idrogeologiche del sottosuolo, per definire sia l'assetto del primo orizzonte acquifero che quello degli elementi litostratigrafici che contraddistinguono gli orizzonti idrogeologici profondi, si è attuata in base alle indagini per la MS eseguite nel territorio comunale ed alla raccolta dati sulle stratigrafie di perforazioni per pozzi, sondaggi geognostici e indagini penetrometriche precedentemente effettuate.

#### **4.5 Definizione del sistema idrogeologico**

L'area in esame appartiene al Bacino Idrogeologico Padano, compreso tra le catene alpine ed appenniniche e terminante circa 50 km ad est della Costa Adriatica.

Le formazioni acquifere della zona in oggetto risultano costituite prevalentemente dai depositi dei fiumi appenninici appartenenti all'unità idrogeologica distale del margine appenninico.

Detta unità nel settore meridionale dell'area comunale è costituita dalla zona della media pianura nella quale il sottosuolo si caratterizza con la fascia di terminazione frontale della conoide del T. Enza e del T. Crostolo al settore orientale. A settentrione di questa e zone centro meridionali centrali e centro settentrionali è costituita dalle successioni della Media Pianura Appenninica Nella parte di territorio più a nord si delineano le propaggini sabbiose dell'unità idrogeologica del Po evidenzianti la zona di transizione tra detta Unità e quella della Media Pianura.

La base dell'acquifero sfruttabile a scopo idropotabile è formata da orizzonti saturati da acque salmastre e/o salate e da livelli poco permeabili o impermeabili. Per quanto riguarda la

base delle acque dolci nel settore al quale appartiene l'area comunale si rileva una conformazione che asseconda l'andamento del substrato pre-pliocenico, attenuandolo, evidenziato dall'incremento della profondità in direzione meridionale concordante con l'approfondimento della Monoclinale Alpina in verso sud.

#### **4.5.1 Tetto delle Acque Salate**

Le indagini ed analisi di: AGIP, IDROSER, R.E.R, Studio Idrogeologico Della Bassa Reggiana, I.R.S.A. indicano che l'interfaccia acqua dolce – acque salmastre, posto al limite convenzionale di 1000 ms/cm, si rinviene generalmente tra 400 e -450/-480 m dal piano campagna con profondità relative maggiori nelle zone a meridione del capoluogo e progressivamente inferiori procedendo in verso settentrionale; in direzione orientale, nei territori di Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano, detta interfaccia tende ad innalzarsi attestandosi a -350/-300 m dal piano campagna; d'altra parte in verso nord ovest si approfondisce a quote di -400/-450 m pc.

La profondità dell'interfaccia acque dolci – acque salmastre evidenzia che gli emungimenti idrici dal sottosuolo non hanno determinato richiamo verso la superficie delle acque salate nel territorio di Castelnovo di Sotto.

#### **4.6 Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale**

La serie idrogeologica di seguito descritta è stata determinata utilizzando colonne litostratigrafiche di perforazioni per pozzi, sondaggi geognostici integrando tali dati con quelli delle sezioni idrogeologico strutturali eseguite nel contesto di studi di microzonazione sismica nei comuni confinanti di Campegine e Cadelbosco di Sotto effettuate da *Dr. Fabio Molinari* in base ad analisi ed interpretazione di sezione geofisiche di AGIP-ENI, delle sezioni geologiche del Foglio 182 Guastalla, CARG. Quanto esposto è stato integrato con le sezioni idrogeologiche IRSA in: *Le Falde Acquifere della Pianura di Reggio Emilia – 1° ricostruzione strutturale (M. Pellegrini et Alii; 1976).*

Il sottosuolo di Castelnovo di Sotto dal punto di vista idrogeologico è prevalentemente attribuibile all'Unità Idrogeologica della media pianura ad eccezione della parte più meridionale, zona a sud di Scarabella – Via Antica, correlabile alla fascia terminazione frontale dell'Unità Idrogeologica della conoide del T. Enza.

Nella porzione più settentrionale dell'area comunale, nord di Meletole, si delineano le propaggini sabbioso dell'Unità del Po indicanti la presenza della fascia di transizione tra la stessa e l'Unità della Media Pianura. Quest'ultima è suddivisibile in due litozone a caratteristiche diverse delle quali quella più superficiale, costituita dall'acquifero freatico, è formata da livelli sabbiosi a spessore variabile ad assetto spiccatamente lentiforme.

Tale unità denota una geometria di insieme complessa nella quale le prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi presenti nelle zone orientali e settentrionali tendono a confinare i corpi sabbiosi sede di circolazione idrica; dette situazioni non costituiscono però condizioni di falda protetta poiché in corrispondenza della fasce di antico canale fluviale

estinto o in prossimità di cavi e canali, si ha il contatto praticamente diretto con le acque di circolazione e di filtrazione idrica della superficie.

La seconda unità è costituita dagli acquiferi confinati o artesiani, formati da un complesso a prevalenti alternanze di orizzonti argilloso limosi e limosi ai quali si intercalano livelli sabbiosi in spessore e percentuali subordinati che tendono ad assottigliarsi e ad approfondirsi al piano campagna, nel settore centrale del territorio comunale.

#### **4.6.1 Serie Idrogeologica Locale**

I litotipi che caratterizzano il territorio meridionale di Castelnovo di Sotto ed a sud di Scarabella – via Antica, sono costituiti da una successione di orizzonti prevalentemente sabbioso ghiaiosi alternati a sequenze principalmente argilloso limose – limoso argillose. Dette unità litologiche formano acquiferi inclinati in senso sud nord ed i termini limoso argilloso sabbiosi tendono a costituire bancate che aumentano gradualmente in spessore e frequenza procedendo in direzione settentrionale; d'altra parte si evidenzia la convergenza dei livelli ghiaioso sabbiosi procedendo in verso meridionale ed una più definita separazione degli stessi in direttrice nord. In senso est ovest si riscontra un assetto geometrico analogo a quello precedentemente descritto con blanda tendenza di inclinazioni in verso ovest.

Nelle aree centrali – centro settentrionali i livelli permeabili si arricchiscono in materiali a granulometria sabbiosa e formano propaggini allungate ed inclinate in verso nord. In detto settore gli orizzonti acquiferi appaiono nettamente differenziati e presentano minori spessori con un deciso incremento nelle percentuali di intercalazioni in unità a granulometrie fini argilloso limose.

La zona di transizione tra la fascia di terminazione frontale dell'Unità del Cono Alluvionale d'Enza e l'Unità della Media Pianura, individuata dalla "linea" delle risorgive, rinvenibile nei territori comunali a sud ovest di Campegine e Gattatico, si estende secondo una fascia orientata nord ovest – sud est che si sviluppa dai Pantari a Taneto – Pd.re S. Margherita (nord di Calerno) – la Razza/Corte Valle Re.

Nel sottosuolo della parte settentrionale del comune di Castelnovo di Sotto, a nord dell'allineamento Cornetole – Cogruzzo le unità sabbiose tendono gradualmente ad aumentare sia in percentuale rappresentata che spessore evidenziano la presenza della fascia di transizione dell'Unità della Media Pianura a quella del Po.

Gli orizzonti litostratigrafici di seguito descritti sono da considerarsi come unità nelle quali prevalgono le componenti granulometrico litologiche della principale descrizione ma non assimilabili a livelli omogenei. Ne consegue che i livelli permeabili o acquiferi, sono litozone nelle quali prevalgono le componenti grossolane ma contestualmente possono presentare sensibili variabilità in spessore degli strati sabbioso ghiaiosi – sabbiosi, con marcate variazioni anche nelle percentuali in sabbie/ghiaie alle quali si possono intercalare strati argilloso limosi di spessore subordinato e percentualmente meno rappresentati rispetto ai materiali sabbiosi – sabbioso ghiaiosi.

Analogamente per quanto riguarda le unità impermeabili risulta che esse costituiscono orizzonti continui lateralmente principalmente formate da materiali fini quali argille e limi

che possono inglobare strati sabbioso ghiaiosi – sabbiosi, più o meno lentiformi e discontinui lateralmente, percentualmente meno rappresentati e meno potenti rispetto alle componenti argilloso – limose.

La serie litostratigrafica nel sottosuolo del territorio di Castelnovo di Sotto è schematicamente discretizzabile come di seguito descritto, dall'alto in basso rispetto al piano campagna:

Serie Litostratigrafica

• AES8a/8

**A<sub>8</sub>** - Complesso a litologia variabile prevalentemente costituito da alternanze di livelli lentiformi formati da argille, limi, ai quali si intercalano strati lenticolari sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, con sabbie e ghiaie in percentuali variabili, prevalentemente più presenti nelle zone a sud dell'allineamento Scarabella – via Antica. Ai cambiamenti laterali e verticali conseguono valori di permeabilità oscillanti tra  $1 \cdot 10^{-7}$  e  $1 \cdot 10^{-3}$  cm/sec. In funzione della struttura fortemente lentiforme la separazione tra il piano campagna e gli strati permeabili a scala territoriale non è continua; l'acquifero in oggetto è interessato da ricarica per infiltrazione superficiale e fortemente suscettibile all'inquinamento. Gli spessori dei terreni coinvolti sono mediamente compresi tra 18/20 m nel settore meridionale dell'area comunale, zone a sud di Scarabella – via Antica, tra 20/22 m a settentrione di detto allineamento e tra 16/18 m nella fascia più settentrionale a nord di Meletole.

• AES7

**B<sub>7</sub>** - Orizzonte continuo formato in prevalenza da materiali sabbioso ghiaiosi – sabbiosi; presenta spessori variabili sia in senso laterale che verticale, compresi mediamente tra 2 e 5 m nelle zone a meridione di Scarabella – via Antica, tende ad assottigliarsi in direttrice nord, assumendo spessori di 2 m nel settore centrale ed aumenta a 3/4 m nelle zone a settentrione di Cornetole – Cogruzzo; contestualmente alla diminuzione in spessore si arricchisce in componenti sabbiose; si rinviene tra -18 e -22 m pc nelle aree meridionali tra -20÷-22 m nella fascia centrale, tra -18÷-20 m pc a nord di Cogruzzo–Cornetole.

**C<sub>7</sub>** - Unità prevalentemente impermeabile costituita da terreni argilloso limosi – limoso argillosi, continui lateralmente, contraddistinta da spessori mediamente compresi tra 5 e 10 m sia nelle aree a sud che a nord, si rinviene da -20 e -22 m pc. a -28/-30 m pc. nei settori meridionali, tra -25÷-30 m dal piano campagna nelle zone centrali e settentrionali.

**D<sub>7</sub>** - Orizzonte permeabile costituito da alternanze di strati prevalentemente sabbioso ghiaiosi nelle zone meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali; con intercalati in subordine sottili strati lentiformi argilloso limosi – limosi; presenta spessori variabili tra 3 e 5 m nei settori a meridione di Scarabella – via Antica, di 3/4 m nelle zone centrali e settentrionali nelle quali è prevalentemente sabbioso e si suddivide in due orizzonti lentiformi; si riscontra tra -30/-35 m pc nelle aree a meridionali e tra -25/-28 m pc e -30/-35 m pc nelle zone centrali e settentrionali.

- E<sub>7</sub>** - Complesso sostanzialmente impermeabile formato principalmente da alternanze di strati argilloso limosi – limosi argillosi contenenti in subordinate orizzonti lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; lo spessore varia tra 25 e 30 m nelle fasce a meridionali e tra 35/40 m nelle zone settentrionali; si rinviene sino a profondità variabili tra -55/-60 m nei settori meridionali, sino a -70/-80 m pc nelle aree a centrali e settentrionali.
- AES3
- F<sub>3</sub>** - Unità permeabile formata da alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose – sabbiose continue lateralmente, inglobante in subordinate lenti e/o strati limoso argillosi, contraddistinta da spessori variabili tra 5 e 10 m nelle zone a sud di Scarabella – via Antica che diminuiscono a 2/3 m nel sottosuolo delle aree centrali; in queste ultime si arricchisce decisamente nelle componenti sabbiose, è discontinuo lateralmente ed aumenta a spessori di 3/4 m nelle zone a nord di Cogrizzo – Cornetole dove si suddivide in due orizzonti che terminano in modo lentiforme in direzione sud; si riscontra tra -90/-100 m pc a sud di Scarabella – via Antica e tra -90/-95 e -100/-110 m pc, nelle zone centro settentrionali –settentrionali, si assottiglia nettamente nel sottosuolo delle zone centrali dove evidenzia discontinuità laterale in direzione sud nord.
- G<sub>6</sub>** - Orizzonte impermeabile formato da alternanze prevalentemente argilloso limose – limose con spessore mediamente di 60 m nelle zone a sud a sud di Scarabella – via Antica e aumenta a 65/70 m in quelle settentrionali; si rinviene generalmente sino a -155/-160 m pc con moderato aumento in profondità in direzione settentrionale.
- AES basale indifferenziato
- H<sub>3</sub>** – unità a permeabilità discontinua lateralmente prevalentemente sabbioso ghiaiosa e con spessori di 10 m nel sottosuolo delle zone a sud di Scarabella – via Antica, e che si assottiglia ed esaurisce arricchendosi in componenti sabbiose in direzione settentrionale ed orientale; si esaurisce nelle zone centrali; si riscontra tra -155 e -165 m pc.
- I<sub>3</sub>** – Litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa con spessori medi di 100/110 m, contenente locali intercalazioni lentiformi sabbiose discontinue lateralmente, a zone presenti a sud tra -180/-190 m pc; si rinviene sino a -250/-260 m pc a sud con tendenza all'approfondimento a -265/-270 m pc in direzione occidentale.
- AEI
- N<sub>B</sub>** – orizzonte permeabile prevalentemente sabbioso che individua il passaggio al Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore; presenta spessori oscillanti tra 5 e 10 m e si riscontra tra -270/-280 m pc nelle zone orientali e tra -280/-290 m pc nel sottosuolo delle aree settentrionali ed occidentali.
- O<sub>B</sub>** –Litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa contenete unità sabbiose ad assetto tabulare e lentiforme; si rinviene sino a -450/-500 m pc.

#### **4.7 Assetto strutturale dell'acquifero**

Gli orizzonti sabbioso - ghiaiosi che formano il sottosuolo della zona meridionale del comune, presentano variazioni laterali di potenza e ad andamento blandamente ondulato al

letto ed al tetto. Detti acquiferi si assottigliano ed approfondiscono procedendo in direttrice nord ed ovest e contestualmente si arricchiscono nelle componenti sabbiose.

Sempre in tali direzioni si distinguono ed aumentano in percentuale rappresentata le intercalazioni in alternanze di livelli prevalentemente argilloso limosi - limosi.

Agli assottigliamenti laterali dei livelli acquiferi si associa un arricchimento in frazioni fini.

A ciò consegue una sensibile variazione della porosità efficace e quindi la presenza di setti che inibiscono sia la velocità di circolazione delle acque che la possibilità di ricarica naturale.

Il modello litostratigrafico è visualizzato nella tav. 1.2.1 Sezioni Geologiche

#### **4.8 Trasmissività degli acquiferi profondi**

I valori di trasmissività degli acquiferi sono stati desunti dalle pubblicazioni IDROSER/RER. In base a tali parametri si rilevano variazioni zonali della trasmissività che non risulta siano influenzate prevalentemente dal numero di falde captate ma piuttosto dalla percentuale e dallo spessore dei livelli ghiaiosi – sabbioso ghiaiosi presenti nel sottosuolo e dalla loro permeabilità.

Le fasce più meridionali del comune, contraddistinte da acquiferi sostanzialmente ghiaioso sabbiosi a granulometrie medio grossolane, presentano trasmissività mediamente equivalente a:

$$T = 2 \div 3 \cdot 10^{-2} \div 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

D'altra parte i livelli idrogeologici delle aree centrali e settentrionali, formati da orizzonti nei quali tendono a prevalere percentualmente le componenti sabbiose e contestualmente si hanno diminuzioni in spessore delle unità acquifere, presentano valori di trasmissività in genere compresi tra:

$$T = 3 \div 5 \cdot 10^{-3} \text{ mq/sec}$$

Tali caratteri concordano con l'assetto geometrico degli acquiferi che tendono ad assottigliarsi e ad arricchirsi percentualmente in componenti sabbiose procedendo in direttrice settentrionale e nord occidentale.

##### **4.8.1 Ambiente Idrico Sotterraneo**

In funzione delle condizioni di pericolosità che possono insorgere per sovrappressioni indotte sulla falda idrica sotterranea per sollecitazione sismica, con potenziale generazione di processi di liquefazione, è fondamentale disporre delle informazioni sulla profondità e geometria dei deflussi idrici nel sottosuolo della prima unità acquifera.

Tale analisi è stata sviluppata in base ai rilevamenti diretti nei pozzi, eseguiti nel luglio 2018 nel contesto delle elaborazioni di Microzonazione Sismica del comune di Castelnovo di Sotto.

#### **4.8.2 Isopieze dell'acquifero freatico**

L'assetto piezometrico identifica una conformazione prevalentemente a falda sub cilindrica convergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso sud ovest - nord est, evidenziando principali condizioni di ricarica correlate agli afflussi sotterranei appenninici connessi ai serbatoi idrogeologici della conoide del T. Enza e dell'Unità delle Conoidi Minori per il settore più orientale.

La conformazione della superficie piezometrica si articola in alti e bassi strutturali correlati sia alla variazione in spessore degli orizzonti permeabili che alla geometria dell'acquifero di base.

Le fasce di alto corrispondono a zone di alimentazione idrica mentre le zone di basso sono connesse o a depressioni dell'acquifero di base o a locali intensi emungimenti idrici dai pozzi.

Detti ambiti, di ricarica o di drenaggio sotterraneo, a sviluppo sub nastriforme, suddividono il sottosuolo del territorio comunale in sottobacini idrogeologici.

Le fasce di ricarica principale, o spartiacque idrogeologici sotterranei, si estendono in direttrice sud ovest – nord est e si riscontrano nel settore occidentale del territorio comunale dove evidenziano un effetto alimentante dell'acquifero correlato all'unità idrogeologica del T. Enza; l'asse di ravvenamento più meridionale si estende in direzione sud sudovest – nord nordest circa da Case Cantini a Madonna del Gazzo concordemente con l'orientamento dell'estinto antico percorso di alveo fluviale che si estende secondo le omonime località. La fascia di ricarica più a settentrione che si sviluppa in verso sud ovest – nord est assecondando l'andamento del confine con il comune di Poviglio allungandosi circa da incrocio Strada Casanova/ via Gazzaro a intersezione Canale di Risalita/SS 368 – incrocio via Carnetole/via Badia, concordante con la direzione del paleoalveo con analogo orientamento che si estende da Il Cantone (Gattatico) a intersezione Fossa Marza/SP 81, correlabile ad un antico percorso estinto di canale fluviale del T. Enza.

Nella zona sede dei suddetti assi di spartiacque le isopieze assumono un blando assetto a falda conica divergente con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei orientate in verso nord est.

Il settore centromeridionale, aree a sud della SP 40, è contraddistinto da un assetto a falda sub cilindrica convergente; a settentrione di detta SP, nelle aree nord orientali, la geometria è a falda conica convergente e si caratterizza con una fascia principale secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei orientata sud sudovest – nord nordest circa da incrocio via Peschiera /Strada San Savino sino a intersezione Strada Gambarotta/Canale di Castelnovo e sud sudest – nord nordovest da quest'ultima a Corte La Bigliana. In tale zona i moti di flusso idrico sotterraneo territoriali sono orientati sud ovest –nord est.

Nel settore sud orientale del capoluogo, nella zona sede del campo sportivo, l'assetto piezometrico evidenzia la presenza di poli ad elevato emungimento idrico del sottosuolo.

Per quanto riguarda il gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, si riscontra un assetto concordante con le caratteristiche geomorfologico stratigrafiche, contraddistinto da valori medi compresi tra:

$$i_m = 2,0 \div 3,0 \cdot 10^{-3}$$

nel settore meridionale – centro meridionale al quale appartiene il capoluogo;  
nelle zone a settentrione di quest'ultimo sino al confine con Poviglio il gradiente idraulico corrispondente ad

$$i_m = 1,3 \div 2,0 \cdot 10^{-3}$$

indica la presenza nei primi 10/20 m del sottosuolo di terreni a grado di permeabilità relativo inferiore rispetto a quelli presenti a meridione di Cogruzzo-Cornetole.

Detta caratteristica si rimarca ulteriormente all'estremità nord orientale dell'area comunale nella quale

$$i_m = 1,0 \cdot 10^{-3}$$

evidenziando parametri che concordano con la presenza nel settore di territorio in oggetto della fascia di transizione tra i depositi della Media Pianura e quelli della Bassa Pianura contraddistinti prevalentemente da sequenze argillose – argilloso limose su ambiente vallivo di pianura.

#### **4.8.3 Soggiacenza Acquifero freatico**

L'assetto della profondità dal piano campagna a cui si rinviene la falda idrica sotterranea evidenzia una la suddivisione in due macro-zone a distinte caratteristiche.

la prima di queste identificata dalla parte meridionale del territorio comunale, zone a sud di Strada Gazzo – Fossetta Montana, è generalmente contraddistinta da valori di soggiacenza mediamente equivalenti a:

$$\delta H_2O = -1,5 \text{ m p.c.}$$

ad eccezione del settore a nord ovest del capoluogo sede della zona a destinazione produttiva via Curiel nella quale

$$\delta H_2O = -2,0 \text{ m p.c.}$$

Procedendo verso settentrione, tra le sopracitate Strada Gazzo – Fossetta Montana ed il confine comunale nord, il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo si approfondisce gradualmente a:

$$\delta H_2O = -2,0 \div -2,5 \text{ m p.c.}$$

ad eccezione della zona orientale centrale tra C. Cantarana e C. Pecchini nella quale

$$\delta H_2O = -1,0 \div -1,5 \text{ m p.c.}$$

Analoga soggiacenza si riscontra a nord del capoluogo, tra Strada Tolara – Strada Gazzo – SP 81 – via Formica.

Le profondità della falda idrica sotterranea sopra descritte, in funzione dell'andamento dei cicli stagionali del periodo dei rilevamenti sono mediamente rappresentative di periodi di sub-massimo di ricarica dell'acquifero freatico.

L'assetto della soggiacenza nelle zone settentrionali orientali concorda con le caratteristiche litologico stratigrafiche dei terreni che formano i primi 5/10 m del sottosuolo che in tale area sono caratterizzati da sequenze prevalentemente argillose – argilloso limose che localmente determinano il confinamento della falda freatica. Detta condizione a scala

territoriale non costituisce però situazioni di acquifero protetto poiché le presenze di cavi e canali che si approfondiscono -2/-3 m dal piano campagna e di tratti residuali di paleoalveo, determinano condizioni di ricarica diretta dell'acquifero per infiltrazioni della superficie.

Ne consegue che anche in tali settori del territorio sono da valutare con attenzione gli insediamenti dei tipi di attività che possono produrre fluidi potenzialmente inquinanti.

Oltre a quanto compete ai sopradescritti aspetti la carta della soggiacenza del primo acquifero assume rilevante importanza per la stima della potenziale pericolosità di liquefazione degli orizzonti sabbiosi – sabbioso limosi saturi presenti nei primi 10/15 m del sottosuolo.

#### **4.9 Identificazione temporale del sistema Idrogeologico**

L'analisi comparata tra la carta della piezometria dell'acquifero, elaborata in base ai rilievi di MS del 07/2018 e quella precedentemente redatta nell'ambito del PIAE.RE 1993, unico elaborato in scala compatibile per le valutazioni sull'assetto piezometrico freatico, evidenzia direttrici territoriali dei deflussi idrici sotterranei a medio elevato grado di corrispondenza; le differenze conseguono essenzialmente dalle diverse condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero, del suo regime di sfruttamento e dal numero di pozzi censiti nel contesto dello studio di MS.

Nell'ambito di tale disamina si evidenzia infatti che la zona di ricarica principale nel settore occidentale centro settentrionale del territorio comunale, circa tra i capoluoghi di Castelnuovo di Sotto e Poviglio, presenta assetti e direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei equivalenti nell'arco di tempo considerato (1993-2018).

Analoga considerazione è estendibile alla fascia secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei che contraddistingue i settori centro orientale e settentrionale dell'area comunale.

Si riscontrano modeste differenze dell'assetto piezometrico nella fascia al bordo sud orientale del territorio al confine con Cadelbosco di Sopra nel quale le elaborazioni del PIAE 1993 indicano un effetto alimentante nei confronti dell'acquifero freatico del Cavo Cava e T. Crostolo; tale condizione è correlabile alle differenti condizioni di invaso di detti assi idrici nel 1983 rispetto a quelle del 2018.

Dall'analisi comparata tra la piezometria freatica 1993 e quella del 2018 si riscontra un modesto campo di escursione negativo nei settori centrali e meridionali corrispondente a:

$$\Delta H_2O = -0,5 \div -1,0 \text{ m p.c.}$$

Nelle zone settentrionali, nord di Cornetole – Cogruzzo, in accordo con le locali condizioni litostratigrafiche il campo di escursione è molto modesto – praticamente trascurabile:

$$\Delta H_2O \leq -0,5 \text{ m}$$

#### **4.10 Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica**

La condizione al limite dell'acquifero nell'area comunale è contraddistinta dalle caratteristiche identificabili come di seguito descritto:

- Limite sud:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite ovest:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in entrata
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita nel settore meridionale ed in entrata in quello settentrionale.
- Limite di tetto:* nelle aree con presenza di orizzonti argilloso limosi - limoso argillosi nei primi 1 ÷ 5 m dal p.c., si ha un flusso molto basso, praticamente nullo, zone nord e nord est; d'altra parte nei settori in cui detto livello è sostituito da limi sabbiosi e sabbie limose fasce di paleoalveo, o dove si hanno incisioni di cavi e canali che si spingono a quote sottostanti i -2 m p.c., si ha un flusso idrodinamico in entrata a portata imposta (infiltrazione per piovosità, per irrigazione, per fertirrigazione).
- Limite di letto:* condizione geologica a flusso nullo per presenza di spessi orizzonti argillosi praticamente impermeabili.

## 5 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10÷20/30 m del sottosuolo del territorio di Castelnovo di Sotto sono state determinate in base alle analisi geomorfologiche, all'esame delle colonne litostratigrafiche di pozzi, sondaggi geognostici, prove penetrometriche statiche CPT e CPTU, prospezioni geofisiche, basi topografiche IGM primo impianto: 1881, alle documentazioni e pubblicazioni storico – geomorfologiche, allo Studio Geologico della V.G. PRG 1997 e V. Parziali 2010, Microzonazione Sismica II° Livello 2018/2019.

Gli areali che delimitano le unità litotecniche visualizzate nell'elaborato in oggetto, Tav. 1.2, identificano gli orizzonti litologici presenti nei primi 10/20 m del sottosuolo che principalmente influenzano il tipo di risentimento sismico in occasione di sollecitazione dinamica.

In funzione di quanto esposto sono state individuate come aree con prevalenti presenze sabbiose – sabbioso limose anche le fasce di territorio dove detti litotipi non affiorano in superficie ma sono presenti con spessori significativi, maggiori di 2/3 m, nei primi 5÷10/15 m del sottosuolo (paleoalvei). Le classificazioni delle unità prevalentemente limoso argillose – argilloso limose – argillose, esprimono la netta prevalenza di detti litotipi nei primi 5÷10 m dal piano campagna.

### 5.1 Carta geologica tecnica

Il settore meridionale del territorio in oggetto appartiene principalmente alla fascia della Media Pianura, costituita dai depositi di piana inondabile, e la parte centro settentrionale dell'area comunale alla zona di transizione alla Bassa Pianura.

Dette unità morfologico deposizionali sono conseguite alle evoluzioni idrografiche del T. Enza, T. Crostolo, condizionati da quelle del F. Po che ha governato le possibilità al suo afflusso dei corsi d'acqua appenninici ed alpini.

Le principali azioni di deposizione in tali ambiti si sviluppano prevalentemente in corrispondenza delle fasce degli assi fluviali che costituiscono corpi sedimentari più rilevati rispetto ai settori ad essi latitanti. In concomitanza delle variazioni climatiche che comportano onde di piena si generano rotte e/o tracimazioni alle quali conseguono cambiamenti della sede di scorrimento dell'alveo.

I tratti dei corpi fluviali abbandonati così originati costituiscono ostacoli alle successive impostazioni del nuovo reticolo idrografico che influiscono sulle direzioni dei nuovi percorsi degli alvei e determinano presenza di zone a difficoltoso drenaggio superficiale con insediamento di ambienti vallivi/palustri.

A tali sistemi deposizionali è attribuibile la zona settentrionale orientale del territorio comunale dove in prossimità del confine con Poviglio si osserva un orientamento degli antichi percorsi dei canali fluviali provenienti dalle zone meridionali occidentali che tende a flettere in direzione nord est – est; detta variazione di orientamento è correlata alla difficoltosa affluenza ad un antico percorso del Po, che ha indotto difficili condizioni ai deflussi in verso

settentrionale determinando discontinuità laterali dei corpi fluviali ed una maggiore continuità laterale delle unità prevalentemente argilloso limose che hanno costituito zone planiziali vallive.

Ambiti con tali caratteristiche si sono impostati nelle aree sud orientali e nord orientali, rispettivamente al confine comunale con Cadelbosco di Sopra ad area ad est di via Canalino e sud di confine con Gualtieri, nelle quali l'antico percorso fluviale estinto che si estende concordemente alla SP 63 R ad est unitamente a quella del dosso Poviglio – Meletole a nord hanno condizionato le direttrici degli assi idrici superficiali inducendo condizioni di ambienti vallivi planiziali.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con principali ondulazioni, ad ampio raggio, in senso ovest est che si sviluppano in direzione sud ovest – nord est, ovest sudovest – est nordest e sud nord ad oriente del confine comunale in territorio di Cadelbosco di Sopra.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo, Zone Industriali di via Curiel e di via San Biagio, nelle quali sono state modificate le caratteristiche dei suoli mediante riporti e scavi che hanno coinvolto i primi 1/2 m del sottosuolo.

In funzione delle azioni naturali ed antropiche il territorio comunale è suddivisibile in quattro macro-unità litotecniche come di seguito esposto:

- Settore occidentale e centromeridionale occidentale, ovest di Strada Pescatora/Strada Tolara – confine comunale occidentale e settentrionale occidentale
- Zona centro meridionale del capoluogo, sud dell'allineamento Pilastro S. Francesco – Cà Nova – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana – Limido, ovest allineamento Limido – Saldine – Strada Saldine e sua prosecuzione ad est sino al Canale di Castelnuovo, sud Scolo Senara – via Antica, confine comunale meridionale, ad est del confine di Gattatico.
- Fascia orientale estesa sud nord ad est di allineamento Saldine – Limido – intersezione strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana – Asmara – Strada del Cantello, delimitata a sud da Strada Saldine, ad est dal confine comunale con Cadelbosco di Sopra ed a nord con quello di Gualtieri.
- Area settentrionale: nord allineamento Pilastro S. Francesco – Cà Nova – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana, delimitata ad est da quest'ultimo ed allineamento Asmara e Strada Cantello, confini comunali con Poviglio ad ovest e Gualtieri a nord.

La prima di dette unità è caratterizzata da sequenze prevalentemente argillose limose a medio grado di consistenza alle quali si sostituiscono lateralmente in subordine, nei primi 3/5÷10 m del sottosuolo alternanze che contengono corpi sabbiosi – sabbioso limosi lentiformi a sviluppo nastriforme correlabili a depositi di antico alveo fluviale estinto di tipo prevalentemente sepolto; è delimitata ad est da Strada Pescatora – Strada Tolara.

La seconda zona è rappresentata dall'areale sede del capoluogo, sue zone industriali e principali frazioni – nuclei urbanizzati; è delimitata ad ovest dal Canale di Risalita a nord da Pilastro S. Francesco – Cà Nova e ad est da Limido – C. Barani – Saldine; è prevalentemente

costituita da limi argillosi – limi e limi sabbiosi a grado di consistenza da moderato a basso ai quali nei primi 5/10 m del sottosuolo si sostituiscono lateralmente sequenze contenenti corpi sabbiosi – sabbioso limosi, con spessori di 2/4 m, a sviluppo nastriforme a grado di addensamento da basso a medio.

La terza macro-zona costituisce la fascia orientale del territorio comunale estesa sud nord ad est dell'allineamento C. Barani – Limido – Asmara – Strada del Cantello, delimitata ad oriente ed a settentrione dai confini con i comuni di Cadelbosco di Sopra e Gualtieri; detto areale è formato in netta prevalenza da sequenze argilloso limose – argillose moderatamente consistenti – consistenti alle quali si intercalano in subordine orizzonti limoso argillosi a medio grado di consistenza e localmente, a quote sottostanti -5 m dal piano campagna, corpi sabbiosi – sabbioso limosi a medio – medio basso grado di addensamento.

La quarta zona forma la parte del territorio comunale a settentrione dell'allineamento Pilastro S. Francesco – Cà Nova – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana, delimitata ad est da Strada Cantello ed a nord ed ovest dai confini comunali con Poviglio e Gualtieri. Tale area è prevalentemente costituita da alternanze argilloso limose e limoso argillose a medio grado di consistenza alle quali si intercalano in subordine strati limoso argillosi – limosi moderatamente consistenti che localmente sono sostituiti da corpi lentiformi sabbiosi sabbioso limosi a medio basso – basso grado di addensamento con spessori inferiori a 2 m.

## **5.2 Caratteristiche litotecniche**

Gli areali sopra descritti in funzione delle indagini geognostiche precedentemente eseguite nel territorio di Castelnovo di Sotto da AA. VV. – Dr. A. Speroni, sono schematicamente suddivisibili nelle zone litotecniche di seguito descritte: l'individuazione delle aree visualizzate è visualizzata nell'allegata Tav. A.

### 5.3 Successioni Geotecniche

**Zona A – Stato di consistenza: addensato (11) /moderatamente consistente – consistente (24/23).**

|                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ia Unità</b><br>Da piano campagna a<br>- 0,5 ÷ - 2 m p.c.    | Argille limose, con locali sottili intercalazioni limose e limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.                                                                                                                                                                                                    |
| <b>IIa Unità</b><br>da - 2,0 m<br>a -4,0 m p.c.                 | Limi argillosi – argille limose, con locali sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10 \div 14$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>IIIa Unità</b><br>da - 4,0 m<br>a -6,0/-7,0 m p.c.           | Alternanze limose – limoso argillose ed argilloso limose con locali subordinate sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio.                                                                                                                                                                                    |
| <b>IVa Unità</b><br>Da -6,0 ÷ -7,0 m<br>a -11,0 ÷ -12,0 m p.c.  | Argille limose, con locali sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose - sabbiose, contraddistinti da valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 12 \div 16$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 30 \div 50$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.                                                                            |
| <b>Va Unità</b><br>Da -11,0 ÷ -12,0 m<br>a -14,0 ÷ -15,0 m p.c. | Alternanze argilloso limose, con subordinate intercalazioni limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 22$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente medio – medio basso.                                                                                                                                                                                                        |
| <b>VIa Unità</b><br>da -14 ÷ -15 m<br>a -20 ÷ -22,0 m p.c.      | Orizzonte argilloso limoso con intercalati locali corpi lentiformi sabbiosi in genere tra -16 e -17 m pc, contraddistinto da valori di $q_{cm} = 12/14 \div 18$ kgf/cm <sup>2</sup> e di resistenza all'attrito laterale $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> ; il grado di compressibilità è medio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>VIIa Unità</b><br>da -20,0 ÷ -22,0 m<br>a -25,0 m p.c.       | Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita da sabbie addensate lateralmente sostituite da argille limose; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 100 \div 150$ kgf/cm <sup>2</sup> ; e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle argille limose $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> ; il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale oscilla da basso – molto basso nelle sabbie a medio nelle argille limose. |

L'unità geotecnica A caratterizza la fascia occidentale centromeridionale circa compresa tra via Case Melli – Strada Pescatora – confine con Poviglio a nord – confine con Gattatico ad ovest.

**Zona B - Stato di consistenza: addensato (11) / moderatamente consistente (24).**

|                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ia Unità</b><br>Da piano campagna a<br>-2,0 ÷ -3,0 m p.c. | Limi argillosi – argille limose, con locali intercalazioni limose e limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm <sup>2</sup> e da resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è di tipo medio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>Ila Unità</b><br>da -2,0 ÷ -3,0 m<br>a -5,0 ÷ -7,0 m p.c. | Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita da alternanze di limi argillosi ed argille limose a zone sostituiti lateralmente di corpi sabbioso limosi; nei limi argillosi - argille limose $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cm <sup>2</sup> e nelle sabbie – sabbie limose $q_{cm} = 18/20 \div 30/40$ kgf/cm <sup>2</sup> ; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm <sup>2</sup> nelle sabbie; il grado di compressibilità oscilla da medio elevato a medio ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose; il grado di compressibilità nelle sabbie è medio – medio basso e pronunciatamente differenziato lateralmente. |
| <b>IIla Unità</b><br>da -5 ÷ -7 m<br>a -8 ÷ -9,0 m p.c.      | Unità a marcata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituita da alternanze limoso argillose con intercalate lenti limoso sabbiose e localmente limoso argilloso torbose; i valori di resistenza alla punta nei limi argillosi - argille limose variano $q_{cm} = 14/16 \div 20$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> , ad eccezione delle zone dove prevalgono le componenti limoso sabbiose nelle quali $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>IVa Unità</b><br>da -8 ÷ -9 m<br>a -12 ÷ -13,0 m p.c.     | Litozona a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi a luoghi sostituiti orizzontalmente da sabbie – sabbie limose a medio grado di addensamento ed alternanze limoso sabbiose moderatamente consistenti; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 12/16 \div 18/22$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nei limi sabbiosi $q_{cm} = 10/12 \div 16$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> .                            |
| <b>Va Unità</b><br>Da -12,0 ÷ -13 m<br>a -19 ÷ -20,0 m p.c.  | Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi limoso sabbiosi – sabbiosi; il grado di compressibilità oscilla da medio a medio basso; i valori di resistenza media alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 14/16 \div 13/24$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle intercalazioni limoso sabbiose – sabbiose $q_{cm} = 20/30$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>VIa Unità</b><br>Da -19 ÷ -20,0 m<br>a -22 ÷ -24,0 m p.c. | Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie addensate sostituite lateralmente da alternanze argilloso limose – limoso argillose moderatamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 80/100 \div 140/180$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 16/18 \div 22$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                    |

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VIIa Unità</b><br>da -22 ÷ -24 m<br>a -30,0 m p.c. | Alternanze prevalentemente argilloso limose, con locali sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose – sabbioso limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 22/30$ kgf/cm <sup>2</sup> e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0/1,2$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio – medio basso. |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

L'unità geotecnica B caratterizza la fascia centromeridionale– meridionale del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo, le zone industriali di via Curiel e di via San Biagio, è circa compresa tra confine con Campegine a sud, confine con Gattatico – Strada Pescatora nord ad ovest, allineamento Pilastro S. Francesco – Cavo Fossetta Montana a nord, allineamento Limido – Saldine ad est.

***Zona B1 – Stato di consistenza: poco consistente/moderatamente consistente (25/24) poco addensato (13) /moderatamente addensato (12).***

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ia Unità</b><br>Da piano campagna a<br>- 2 m p.c.  | Argille limose – limi argillosi a luoghi terreni rimaneggiati – materiali di riporto, con locali sottili strati limosi a grado di compressibilità variabile da medio a medio elevato; i valori di resistenza alla punta oscillano tra $q_{cm} = 6 \div 8$ kgf/cm <sup>2</sup> localmente in presenza di lenti sabbiose picchi con $q_{cm} > 30$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale varia tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Ila Unità</b><br>da -2 m<br>a -5,0 m p.c.          | Unità a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituita da limi argillosi – limi con alternati strati argilloso limosi, sostituiti orizzontalmente da limi sabbiosi – sabbie limose a basso – medio basso grado di addensamento; i valori di resistenza alla punta nei limi argillosi variano tra $q_{cm} = 4/6 \div 8$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,35$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle componenti limoso sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm <sup>2</sup> , localmente ove prevalgono le sabbie $q_{cm} = 18 \div 22$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,25$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                  |
| <b>IVa Unità</b><br>da -5,0 m<br>a -6,0 ÷ -8,0 m p.c. | Orizzonte a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituito da alternanze limoso argillose – argilloso limose sostituite lateralmente da livelli sabbioso limosi a basso grado di addensamento e localmente lenti limoso torbose; nei limi argillosi - argille limose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle sabbie limose $q_{cm} = 16/18 \div 24/28$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nei limi sabbiosi $q_{cm} = 10 \div 12$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nei limi torbosi $q_{cm} = 4 \div 6$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm <sup>2</sup> . |

|                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IVa Unità</b><br>Da -8 ÷ -9 m<br>a -11,0 m p.c. | Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbioso limosi, in genere tra -8 e -9 m pc, a grado di compressibilità da medio a medio basso; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cm <sup>2</sup> localmente $q_{cm} = 18/22$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> , localmente $f_{sm} = 0,7 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle componenti sabbioso limose $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; localmente sono presenti lenti limoso argilloso torbose tra -8/-9 m pc contraddistinte da $q_{cm} = 4/6$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,1/0,2$ kgf/cm <sup>2</sup> . |
| <b>Va Unità</b><br>da -11,0 m<br>a -13,0 m p.c.    | Orizzonte a sensibile variabilità laterale e verticale del grado di consistenza e componenti granulometriche, costituito da alternanze limoso argillose – limose ed argilloso limose, a luoghi sostituite da sabbie limose – sabbie moderatamente addensate; nei limi argillosi – argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10 \div 14/16/27$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> ; ove prevalgono le componenti sabbiose $q_{cm} = 22/24 \div 30/40$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                    |
| <b>VIa Unità</b><br>Da -13,0 a<br>- 17,0 m p.c.    | Argille limose – limi argillosi, con intercalati strati limosi – limoso sabbiosi a grado di compressibilità variabile da medio elevato a medio; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 16/18$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

L'unità geotecnica B1 caratterizza la fascia sud orientale del capoluogo centro storico circa tra via Legnano – via Gramsci, via Carducci, via Bersaglio, e la zona sud orientale tra Strada Saldine, Scolo Senara, SS 358.

***Zona C – Stato di consistenza: addensato (11) moderatamente consistente (24).***

|                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ia Unità</b><br>Da piano campagna a<br>- 2 m p.c.  | Argille - argille limose, con locali subordinate intercalazioni limose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.                                                                              |
| <b>IIa Unità</b><br>da -2,0 m<br>a -4 ÷ -5 m p.c.     | Limi argillosi – argille limose, con locali intercalazioni limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 18$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, differenziato in senso orizzontale è generalmente medio.                                                                                                         |
| <b>IIIa Unità</b><br>da -4 ÷ -5 m<br>a -6 ÷ -7 m p.c. | Limi argillosi – limi, con locali sottili intercalazioni limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 14 \div 16$ kgf/cm <sup>2</sup> e variabili localmente tra 20/30 kgf/cm <sup>2</sup> ove prevalgono limi sabbiosi – sabbie limose; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio. |

|                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IVa Unità</b><br>Da -6 ÷ -7 m a<br>-12 ÷ -13 m p.c.   | Alternanze di strati, argilloso limosi – limoso argilloso e strati limosi – limoso sabbiosi a grado di compressibilità medio; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8/10 \div 18/20$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Va Unità</b><br>da -12 ÷ -13 m<br>a -19 ÷ -20 m p.c.  | Argille limose, con locali sottili intercalazioni limose e limoso argillose localmente sostituite da corpi sabbiosi; nelle argille limose – limi argillosi i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 16$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nei locali corpi sabbiosi $q_{cm} = 60/80$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio.   |
| <b>VIa Unità</b><br>da -19 ÷ -20 m<br>a -21 ÷ -22 m p.c. | Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie addensate sostituite orizzontalmente da livelli argilloso limosi mediamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 50/60 \div 100/120$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle argille limose $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> .                                                 |
| <b>Va Unità</b><br>Da -21 ÷ -22 m<br>a -30,0 m p.c.      | Argille limose – limi argillosi, con intercalati locali strati lentiformi sabbioso limosi, a grado di compressibilità oscillante da medio a medio basso; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 16/18 \div 20/22$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle sabbie limose $q_{cm} = 28/32$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm <sup>2</sup> ; il grado di compressibilità varia da medio a medio basso ed è differenziato in senso orizzontale. |

L'unità geotecnica C caratterizza il settore orientale del territorio comunale esteso sud nord ad est dell'allineamento Saldine – Limido – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana – Asmara – Strada del Cantello, delimitato a sud da Strada Saldine, ad est dal confine comunale con Cadelbosco di Sopra ed a nord con quello di Gualtieri;

**Zona D – Stato di consistenza: addensato (11) /moderatamente consistente – consistente (24/23).**

|                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Ia Unità</b><br>Da piano campagna a<br>- 0,5 ÷ - 2 m p.c.   | Argille limose, - limi argillosi, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>IIa Unità</b><br>da -2,0 m<br>a - 4,0 ÷ -5,0 m p.c.         | Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita da alternanze di argille limose e limi argillosi a zone sostituiti lateralmente di corpi sabbioso limosi; nei limi argillosi – argille limose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 10/12 \div 14$ kgf/cm <sup>2</sup> e nelle sabbie – sabbie limose $q_{cm} = 18/20 \div 30$ kgf/cm <sup>2</sup> ; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> nei limi argillosi – argille limose e tra $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> nelle sabbie; il grado di compressibilità oscilla da medio a medio basso ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose; il grado di compressibilità nelle sabbie è medio – medio basso e pronunciatamente differenziato lateralmente. |
| <b>IIIa Unità</b><br>da - 4,0 ÷ -5,0 m<br>a -7,0/-8,0 m p.c.   | Alternanze argilloso limose – limoso argilloso con locali subordinate sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 16/20$ kgf/cm <sup>2</sup> ; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8/1,0$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, differenziato in senso orizzontale è generalmente medio- medio basso.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>IVa Unità</b><br>Da -7,0 ÷ -8,0 m<br>a -9,0 ÷ -10,0 m p.c.  | Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita da alternanze argilloso limose – limoso argilloso lateralmente sostituite da sabbie - sabbie limose; nelle argille limose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 14 \div 16/18$ kgf/cm <sup>2</sup> e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle sabbie - sabbie limose $q_{cm} = 22 \div 28$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cm <sup>2</sup> ; il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale oscilla da medio a medio basso nelle argille limose e la densità relativa delle sabbie è medio bassa.                                                                                                                                                        |
| <b>Va Unità</b><br>Da -9,0 ÷ -10,0 m<br>a -14,0 ÷ -15,0 m p.c. | Alternanze argilloso limose, con intercalati subordinati strati lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 20$ kgf/cm <sup>2</sup> e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cm <sup>2</sup> ; nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm <sup>2</sup> ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,5$ kgf/cm <sup>2</sup> . Il grado di compressibilità, moderatamente differenziato in senso orizzontale, è generalmente medio – medio basso; la densità relativa delle sabbie è media.                                                                                                                                                                                                                                               |

|                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>VIa Unità</b><br>da -14 ÷ -15 m<br>a -18,0 m p.c. | Unità a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituita da argille limose – limi argillosi a zone sostituiti orizzontalmente da sabbie – sabbie limose a medio grado di densità relativa ed alternanze limoso sabbiose - limose moderatamente consistenti; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano $q_{cm} = 14/16 \div 18/22$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cmq; nei limi sabbiosi $q_{cm} = 12/14 \div 16$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq. |
| <b>VIIa Unità</b><br>da -18,0 m<br>a -22,0 m p.c.    | Alternanze argilloso limose – limoso argillose, caratterizzate da grado di compressibilità medio - medio basso; i valori di resistenza media alla punta variano tra $q_{cm} = 14/16 \div 18$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cmq.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

L'unità geotecnica D caratterizza la parte settentrionale dell'area comunale delimitata a sud dall'allineamento Pilastro di S. Francesco – Cà Nova – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana, ad est dalla suddetta intersezione ad Asmara – Strada del Cantello, confini comunali con Gualtieri a nord di Poviglio ad ovest.

## 6 MODELLI GEOTECNICI

Le zone litotecniche individuate assumono estensioni areali notevolmente differenziate e ad esse sono attribuibili diverse proprietà per gli utilizzi edificatori come di seguito descritto:

- **Verticali litotecniche Zona A:** caratterizzano il settore occidentale e centro meridionale occidentale dell'area comunale che si estende tra il confine comunale occidentale e Strada Pescatore/via Tolara ad est, confine con Poviglio a nord; costituisce circa il 10,0 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza di una successione prevalentemente limoso argilloso – argilloso limoso con intercalati subordinati strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi, a zone sostituiti da strati sabbiosi, sino a -15/-30 m pc; il grado di compressibilità varia da medio a medio basso. In funzione di dette caratteristiche, in subordine alla stima della pericolosità di liquefazione e della compatibilità dei cedimenti differenziali, per strutture che non impongono carichi elevati al terreno e per pilastri che trasmettano tensioni al terreno non eccedenti 100/120 Ton, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m e/o per pilastri trasmettono tensioni al terreno maggiori di 100/120 Ton sono eventualmente da valutarsi fondazioni a platea e/o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche Zona B:** costituiscono la zona centro meridionale dell'area comunale alla quale appartengono il capoluogo e sue zone industriali, delimitata a nord dell'allineamento Pilastro S. Francesco – Cà Nova, ad est da intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana – Limido – Saldine, a sud dall'allineamento via Antica – confine comunale sud – Scarabella, ad ovest confine con Gattatico; forma circa il 26,0 % dell'area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza sino a -2/-3 m pc di alternanze limoso argilloso – argilloso limoso, seguite da un orizzonte a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di consistenza formato da argille limose – limi argillosi lateralmente sostituiti da corpi sabbioso limosi – sabbiosi sino a -5/-7 ÷ -9/-13 m pc; a detta sequenza litologica soggiacciono alternanze prevalentemente argilloso limoso – limoso argilloso sino a -19/-20 m pc, a zone contenenti intercalazioni di strati sabbiosi – sabbioso ghiaiosi addensati alle profondità sottostanti -12/-14 m pc.

In funzione del grado di consistenza e della variabilità laterale dello stesso nei primi 4/10 m del sottosuolo, in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e

della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno/struttura, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul suolo, sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,8 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100/120 Ton per pilastro, è consigliabile valutare anche l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche Zona B1:** caratterizzano l'area a sud ovest del capoluogo compresa tra Strada Saldine/Scolo Senara, allineamento S. Biagio/C. Saldine e la zona a sud est del centro storico del capoluogo circa tra via Carducci – via Legnano – via S. Andrea/via S. Biagio; forma circa il 3,2 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano nei primi 5/7 ed a zone tra -7/-9 m del sottosuolo la presenza di alternanze limoso argillose – sabbioso limose a luoghi con lenti limoso torbose a pronunciata variabilità laterale e verticale del grado di consistenza e ad elevato grado di compressibilità.

In subordine alla verifica della compatibilità dei cedimenti in funzione dell'interazione terreno struttura e della pericolosità di liquefazione, per fabbricati che non impongano elevate tensioni sul terreno sono adottabili fondazioni di tipo diretto a platea a comportamento poco flessibile con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,4 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

In funzione delle sopradescritte caratteristiche litotecniche in tale zona oltre ad eseguire ulteriori dettagliate indagini geognostiche è raccomandato di valutare e privilegiare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali o di colonne gettocementate.

- **Verticali litotecniche Zona C:** costituiscono il settore orientale del territorio comunale esteso sud nord ad est dell'allineamento Saldine – Limido – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana – Asmara – Strada del Cantello, delimitato a sud da Strada Saldine, ad est dal confine comunale con Cadelbosco di Sopra ed a nord con quello di Gualtieri; forma circa il 32,8 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza nei primi 10/15 m del sottosuolo di alternanze di strati argilloso limosi - limoso argillosi a medio – medio basso grado di compressibilità, con intercalati in subordine strati lentiformi sabbioso limosi; alle profondità sottostanti sino a -20 m pc, si riscontrano alternanze limoso argillose – argilloso limose con intercalati locali corpi lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi a medio grado di densità relativa.

In subordine alla verifica della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell'interazione terreno/struttura e della stima della pericolosità di liquefazione, in funzione del grado di consistenza dei litotipi che costituiscono i primi 10 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 1,0 \div 1,2 \text{ kgf/cm}^2$$

per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,0 \div 2,0 \text{ m}$$

Per edifici con più di tre piani fuori terra o carichi totali superiori alle 100/120 Ton per pilastro, è consigliabile valutare l'adozione di fondazioni a platea o di tipo profondo su pali.

- **Verticali litotecniche Zona D:** caratterizzano la parte settentrionale dell'area comunale circa compresa tra l'allineamento Pilastro di S. Francesco – Cà Nova – intersezione Strada Argine Canalino/Cavo Fossetta Montana al bordo meridionale, delimitata ad est dal' allineamento di detta intersezione – Asmara – Strada del Cantello, dal confine comunale con Gualtieri a nord e di quello di Poviglio ad ovest; forma circa il 28,0 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza di una successione a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di compressibilità nei primi 4/5 m del sottosuolo costituita da limi argillosi – argille limose a grado di compressibilità da medio a basso alle quali si intercalano e/o sostituiscono lateralmente corpi sabbiosi; in subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e dei cedimenti differenziali per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

$$q_a = 0,9 \div 1,0 \text{ kgf/cm}^2$$

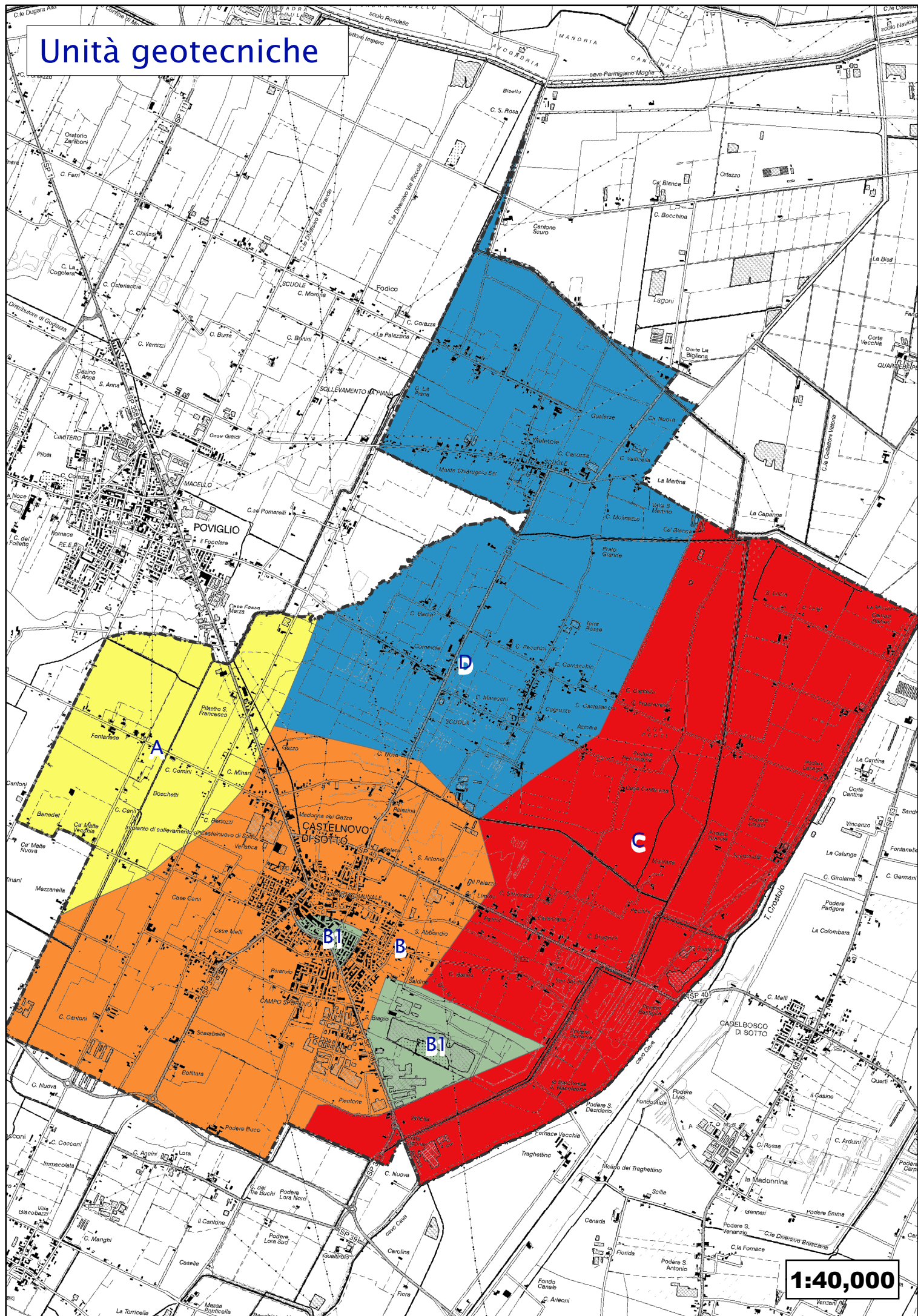
per piani di posa situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

$$D = 1,5 \div 2,0 \text{ m}$$

Per corpi di fabbrica con altezze maggiori di 10 m e/o per pilastri che trasmettono tensioni al terreno maggiori di 100/120 Ton sono eventualmente da valutarsi fondazioni a platea e/o di tipo profondo su pali.

In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini analizzate, si osserva che le valutazioni esposte sono da considerarsi rappresentative per le caratteristiche generali dei settori di territorio esaminati. Non si possono quindi escludere variazioni, anche marcate, dovute a fenomeni deposizionali locali e/o rimaneggiamenti antropici, comportanti peculiarità geotecniche anche pronunciatamente differenti da quelle indicate.

# Unità geotecniche



## 6.1 **SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbiosi fini e sabbioso limosi/limoso sabbiosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, si è effettuata l'analisi di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica.

In funzione delle condizioni locali le verifiche sono state sviluppate per i terreni saturi escludendo da tale analisi i litotipi con contenuto in granulometria più fine di 0,005 mm superiore al 20%, poiché non liquefacibili.

La valutazione è stata eseguita in condizioni *free field* poiché è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

### ***Accelerazione attesa nel sito***

In funzione dei risultati ottenute dalle analisi di risposta sismica locale, per le zone sottese dalle stesse, si sono applicate accelerazioni al suolo comprese tra:

$$a_{\max}/g = 0.19/0.20 \div 0.21/0.22$$

La media di detti valori compresa  $a_{\max}/g = 0.21 \div 0.22$  caratterizza la fascia centrale estesa sud nord del territorio comunale alla quale appartengono la parte meridionale del capoluogo e le zona a oriente dello stesso, Cogruzzo e Meletole.

Il capoluogo, ad esclusione della zona sud e sua area a destinazione produttiva, e il territorio ad occidente del medesimo sino al confine comunale occidentale, ad eccezione dell'area compresa tra Strada Pescatora – Strada Gazzaro e tra via Fontanese – via Casanova con  $a_{\max}/g = 0.21$ , sono individuati da  $a_{\max}/g = 0.19/0.20$  con locali minimi relativi con  $a_{\max}/g = 0.18$ ; analoghi parametri descrivono la fascia orientale della superficie comunale a est di Strada Fossetta – Cavo Fossetta di Cogruzzo.

Nella zona settentrionale, nord di via Cornetole – via S. Leonardo – Strada dei Partigiani, prevalentemente con  $a_{\max}/g = 0.21 \div 0.22$ , fanno eccezione la fascia orientale tra Cavo Fossetta di Cogruzzo – confine est, l'area di Cornetole e quella circostante l'intersezione Strada Piave–Strada del Salto/ Scolo di Meletole caratterizzate da  $a_{\max}/g = 0.19/0.20$ .

La distribuzione territoriale dei massimi relativi non indica significative correlazioni con la profondità e l'assetto del substrato pre-pliocenico.

Nelle valutazioni della pericolosità è stata considerata una magnitudo:

$$M_w = 6,14$$

In riferimento a detti parametri è stata sviluppata la verifica della suscettività alla liquefazione.

L'analisi delle condizioni di rischio per i litotipi potenzialmente liquefacibili per le CPTU è stata effettuata utilizzando il software CLiq v. 3.5.2.22, *Robertson*.

Per le verticali CPT Rm la stima della liquefazione è stata eseguita mediante la relazione di *Robertson & Wride modificata (1997b)*, utilizzando il fattore di scala della magnitudo per  $M_w < 7,5$  raccomandato da *Idriss (2003)* che definisce la suscettività alla liquefazione in

rapporto ai valori di qc ed alla sollecitazione tangenziale ciclica; detto metodo è stato applicato anche alle CPTU

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7,5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

**FSL** = coefficiente di sicurezza

$$CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(qc_{ln})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

dove:

$(qc_{ln})_{cs}$  = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (% componenti fini, definite anche in funzione del rapporto di *Begemann*) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno), kPa

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,015z)$$

dove

$\tau_d$  = tensione tangenziale ciclica;  $\tau_e$  = resistenza del terreno

$\sigma_0$  = tensione verticale totale;  $\sigma'_0$  = tensione verticale efficace

$A/g$  = valore di accelerazione;  $z$  = profondità dello strato

$\Delta n_f$  = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini, in funzione del rapporto di *Begemann*

**CRR<sub>7,5</sub>** = capacità di resistenza ciclica riferita a  $M = 7,5$

**MSF** = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito (*Idriss*)

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in funzione del contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

I risultati sono espressi mediante il valore dell'indice del potenziale di liquefazione  $I_L$ , definito come:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano campagna in metri e  $w(z) = 10 - 0,5z$ .

Ad una data quota  $z$  il fattore  $F(z) = F$  vale (*Sonmez, 2003*):

$$\begin{aligned} & 0 \quad \text{per} \quad F_L > 1,2 \\ & 2 \cdot 10^6 \cdot e^{-18,427 \cdot F_L} \quad \text{per} \quad 0,95 < F_L \leq 1,2 \\ & 1 - F_L \quad \text{per} \quad F_L \leq 0,95 \end{aligned}$$

ove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

In riferimento ai valori di accelerazione al sito sopra esposti l'analisi di suscettività alla liquefazione si è sviluppata considerando presenza della falda freatica a profondità di -1,5 m nella parte occidentale e meridionale della superficie comunale, quote variabili tra -1,5÷-2,0 m dal piano campagna nel territorio a nord capoluogo: Madonna del Gazzo, SP 40, sino al confine comunale settentrionale.

Le quote dei livelli idrici precedentemente rilevati nei pozzi sono state confrontate e comparate a quelle misurate nelle prove geognostiche eseguite dal 2018 al 2024.

Le elaborazioni sviluppate hanno evidenziato la presenza di strati sabbiosi – sabbioso limosi, saturati dalla falda idrica sotterranea con valori del coefficiente di sicurezza alla liquefazione inferiori a 1 e in prevalenza prossimi a tale valore.

In funzione di detti coefficienti è stato calcolato l'Indice del Potenziale di Liquefazione (IL *Iwasaki*, 1982 – *Sonmez* 2003).

La classificazione proposta da *Sonmez (2003)*, per potenziale liquefazione pari a 0 definisce una pericolosità di liquefazione assente/nulla, per  $0 \leq IL < 2$  la pericolosità è bassa, per  $2 \leq IL < 5$  la pericolosità è moderata, per  $5 \leq IL < 15$  è alta.

I valori puntuali di IL, per le prove analizzate corredate dei dati di acquisizione, sono evidenziati, nelle carte dei fattori di amplificazione.

I parametri ottenuti hanno evidenziato per il 93% delle verticali analizzate  $IL = 0.0 \div 0.4$  e pertanto a grado di pericolosità di liquefazione molto basso/praticamente trascurabile; per una percentuale del 5% i terreni appartengono al campo  $IL = 0.6 \div 2.0$  a pericolosità bassa; una percentuale molto ridotta 2%, denota pericolosità moderata  $IL = 2.1 \div 2.6$ . Quest'ultima è localizzata in un areale di limitata estensione nella zona a destinazione produttiva sud est sud del capoluogo tra via A. Volta – Strada Antica, via S. Biagio – via G. Galilei, appartenente a tratto di corpo fluviale estinto e di golena.

La distribuzione verticali di indagine esaminate è diffusa in modo “omogeneo” nelle aree urbanizzate sia a destinazione civile che produttiva e significativamente rappresentativa nel forese.

Le valutazioni effettuate evidenziano che la prevalenza del territorio comunale è contraddistinta da pericolosità di liquefazione da nulla/praticamente trascurabile a molto bassa e bassa 98% delle verticali esaminate e da una percentuale molto bassa a grado di pericolosità moderata 2%.

Tali condizioni concordano con le caratteristiche geomorfologiche territoriali: area di media pianura con presenza di ampia estensione di ambiti vallivi nei settori orientali, cento settentrionali e e settentrionali.

Nell'insieme le analisi svolte esprimono un indice territoriale di pericolosità di liquefazione da nullo a basso praticamente per quasi la totalità dell'estensione della superficie comunale, l'indice di pericolosità moderato per una ridotta percentuale della stessa.

I risultati dei valori di IL ottenuti, di seguito esposti, sono riportati nelle allegate cartografie e schede.

| Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL | Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  |
|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| 035015P92       | 0   | 035015P129      | 0   | 035015P165      | 0  | 035015P200      | 0.2 | 035015P235      | 0   |
| 035015P93       | 0   | 035015P130      | 0   | 035015P166      | 0  | 035015P201      | 0.3 | 035015P236      | 0   |
| 035015P94       | 0   | 035015P131      | 0   | 035015P167      | 0  | 035015P206      | 0.1 | 035015P237      | 0.1 |
| 035015P95       | 0.1 | 035015P132      | 0   | 035015P168      | 0  | 035015P207      | 0.1 | 035015P238      | 0   |
| 035015P96       | 0   | 035015P133      | 0   | 035015P169      | 0  | 035015P208      | 0.1 | 035015P239      | 0.4 |
| 035015P97       | 0   | 035015P134      | 0   | 035015P170      | 0  | 035015P209      | 0.1 | 035015P240      | 0.3 |
| 035015P98       | 0.4 | 035015P135      | 0.1 | 035015P171      | 0  | 035015P210      | 0.1 | 035015P241      | 0.1 |
| 035015P99       | 0.4 | 035015P136      | 0   | 035015P172      | 0  | 035015P211      | 0   | 035015P242      | 0   |

| Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  | Codice indagine | IL  |
|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|-----------------|-----|
| 035015P100      | 0.2 | 035015P137      | 0   | 035015P177      | 0   | 035015P212      | 0.2 | 035015P243      | 0.1 |
| 035015P101      | 0   | 035015P138      | 0   | 035015P178      | 0.3 | 035015P213      | 0   | 035015P244      | 0.1 |
| 035015P102      | 0   | 035015P139      | 0   | 035015P179      | 0   | 035015P214      | 0   | 035015P245      | 0   |
| 035015P103      | 0   | 035015P140      | 0.1 | 035015P180      | 0   | 035015P215      | 0   | 035015P246      | 2.5 |
| 035015P104      | 0   | 035015P141      | 0   | 035015P181      | 0   | 035015P216      | 0.2 | 035015P247      | 0.8 |
| 035015P105      | 0   | 035015P142      | 0   | 035015P182      | 0   | 035015P217      | 0   | 035015P248      | 0.1 |
| 035015P106      | 0.4 | 035015P143      | 0   | 035015P183      | 0.1 | 035015P218      | 0   | 035015P249      | 0   |
| 035015P107      | 0.3 | 035015P144      | 1.1 | 035015P184      | 0   | 035015P219      | 0   | 035015P250      | 0.1 |
| 035015P108      | 0   | 035015P145      | 0   | 035015P185      | 0   | 035015P220      | 0   | 035015P251      | 0   |
| 035015P109      | 0   | 035015P146      | 0   | 035015P186      | 0.1 | 035015P221      | 0   | 035015P252      | 0.1 |
| 035015P110      | 0.2 | 035015P147      | 0   | 035015P187      | 0.1 | 035015P222      | 0   | 035015P79       | 0   |
| 035015P111      | 0   | 035015P148      | 0   | 035015P188      | 0   | 035015P223      | 0.3 | 035015P80       | 0.3 |
| 035015P116      | 0.1 | 035015P154      | 0.2 | 035015P189      | 0   | 035015P224      | 0.2 | 035015P81       | 0.6 |
| 035015P119      | 0.1 | 035015P155      | 0.3 | 035015P190      | 0   | 035015P225      | 0.1 | 035015P82       | 0.1 |
| 035015P120      | 0.2 | 035015P156      | 0   | 035015P191      | 0.1 | 035015P226      | 0   | 035015P83       | 0.3 |
| 035015P121      | 0.2 | 035015P157      | 0   | 035015P192      | 0   | 035015P227      | 0   | 035015P84       | 1.3 |
| 035015P122      | 0   | 035015P158      | 0   | 035015P193      | 0   | 035015P228      | 0   | 035015P85       | 0.1 |
| 035015P123      | 0.5 | 035015P159      | 0.2 | 035015P194      | 0   | 035015P229      | 0   | 035015P86       | 0   |
| 035015P124      | 0.3 | 035015P160      | 0.3 | 035015P195      | 0.1 | 035015P230      | 0   | 035015P149      | 2.1 |
| 035015P125      | 0   | 035015P161      | 0.2 | 035015P196      | 0   | 035015P231      | 0   | 035015P150      | 2.6 |
| 035015P126      | 0   | 035015P162      | 0.2 | 035015P197      | 0   | 035015P232      | 0.1 | 035015P151      | 1.6 |
| 035015P127      | 0   | 035015P163      | 0   | 035015P198      | 0   | 035015P233      | 0.1 |                 |     |
| 035015P128      | 0.1 | 035015P164      | 0   | 035015P199      | 0.2 | 035015P234      | 0   |                 |     |

## 6.2 CEDIMENTI STATICI E CEDIMENTI INDOTTI DALL'AZIONE SISMICA

La stima delle deformazioni permanenti indotte dalla sollecitazione sismica, in relazione al volume significativo dei terreni nel quale si possono sviluppare i contributi a dette deformazioni (-5/-10 m pc) ed alla presenza nei primi 10/15 m del sottosuolo di strati argilloso limosi–limoso argillosi a medio basso grado di consistenza, di alternanze limose – limoso sabbiose a modesta resistenza alla compressione e di sequenze sabbioso limose – sabbioso fini, saturati dalla falda idrica sotterranea, è stata sviluppata mediante la correlazione di *Richards e Elms (1979)* utilizzando i valori delle amplificazioni ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale con codice di calcolo.

La valutazione effettuata fornisce parametri territoriali di tipo indicativo.

Gli abbassamenti per effetti dello scuotimento sismico sono generalmente compresi tra 0,5/-1 ÷ 3 cm tollerabili dalle opere in elevazione.

I cedimenti per consolidazione di medio termine in condizioni statiche sono generalmente compresi tra 3,0 e 5,0 cm e con differenziali inferiori a 2 cm.

Detti valori dei cedimenti e valori differenziali sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio di Castelnovo di Sotto.

Le deformazioni permanenti per i terreni fini, di modesta entità, prevalentemente indicano un grado di compressibilità basso e medio di tali litotipi.

I valori dei cedimenti per sollecitazioni dinamiche sono usuali per le sequenze litologico tecniche che formano il sottosuolo del territorio in narrativa e rientrano nel campo dell'accettabilità.

## **7 INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA**

Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio  $V_s$ , delle unità litotecniche che costituiscono i primi 40÷60/70 m del sottosuolo, sono state effettuate prospezioni geofisiche a rifrazione a doppia acquisizione dei segnali sismici con metodo integrato Re.Mi./MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m, e verticali puntuali a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Queste ultime sono state sempre eseguite congiuntamente alle prospezioni Re.Mi./MASW.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato, degli ambiti suscettibili di urbanizzazione e delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle  $V_s$  anche in altri siti al fine di individuare i valori delle velocità di propagazione delle onde di taglio dei vari tipi di terreni e loro spessore, presenti nel territorio di Castelnovo di Sotto.

Le prospezioni effettuate, in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,6/1,0 km ( $0,6 \div 1,0$  kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e sue zone industriali – uso produttivo e di  $0,9 \div 1,1$  km, per le zone extraurbane ( $1,0 \div 1,2$  kmq).

### **7.1 Interpretazione e Metodologia di Elaborazione dei Risultati – Incertezze**

Le indagini geofisiche e geognostiche di Microzonazione Sismica sono finalizzate all'individuazione delle caratteristiche del sottosuolo dell'area esaminata in funzione del comportamento dinamico in concomitanza di un evento sismico.

Ne consegue che i rilevamenti diretti e prospezioni geognostiche e geofisiche, analisi di laboratorio, geomorfologiche, stratigrafiche, idrogeologiche, sono da indirizzare all'individuazione del modello geologico tecnico e sismico e del comportamento dinamico delle litozone oggetto di microzonazione.

In funzione delle caratteristiche dei terreni che formano il primo metro, a zone 1,5 m, dal piano campagna costituiti da suolo agrario aerato e a zone da materiali di riporto e/o da terreni rimaneggiati, la determinazione dei valori di  $V_{s30}$  è stata definita trascurando lo spessore di 1/1,5 m di detti materiali. Quanto esposto si è stabilito in rapporto sia alle caratteristiche del patrimonio edilizio esistente che delle pratiche operative normalmente utilizzate nella realizzazione di manufatti, che in netta prevalenza interessano i terreni litologici sottostanti il primo metro dal piano campagna.

Nella definizione dei valori dei fattori di amplificazione che competono alle unità o formazioni è stata inoltre considerata la netta prevalenza (>80%) del campo delle amplificazioni che caratterizzano lo stesso litotipo.

In rapporto a tale tipo di analisi sono inoltre state esaminate ed utilizzate analoghe prospezioni eseguite in aree di territori comunali adiacenti, nelle quali sono presenti terreni con caratteristiche simili/equivalenti a quelle riscontrabili nella zona Castelnovo di Sotto.

## **7.2 Microtremori con la tecnica HVSR**

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 44 punti, integrati da 3 analoghe verticali precedentemente eseguite nel territorio di Castelnovo di Sotto; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 47 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 34.6 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni areali medie di  $0,7 \div 0,8$  kmq.

Le prospezioni sono state eseguite utilizzando un sismometro Tromino, ad elevata dinamica (24 bits), attrezzato con sensori da 4,5 Hz di frequenza propria.

Le acquisizioni sono state effettuate campionando il segnale a 200 Hz per una durata di circa 30 minuti.

Tali dati sono stati analizzati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) utilizzando il programma *Grilla*.

L'elaborazione dei dati acquisiti ha evidenziato i risultati riportati nelle allegate schede "Indagine HVSR" in cui la linea rossa continua in grassetto evidenzia la media delle finestre di calcolo, mentre le linee sottili rappresentano l'intervallo di confidenza al 90% rispetto alla media calcolata.

## **7.3 Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.Mi./MASW**

Le prospezioni, effettuate in numero di 44, sono state eseguite con un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica *GEOMETRICS GEODE*, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di ogni stendimento di 69 m, dette indagini sono state integrate da 3 analoghe prospezioni precedentemente eseguite; pertanto sono state utilizzate un complessivo numero di 47 indagini.

Nella procedura del "metodo attivo" le onde superficiali sono generate mediante una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e sono registrate da uno stendimento lineare costituito ricevitori posti a distanza costante che varia in funzione della lunghezza complessiva dell'antenna.

Il procedimento del "metodo passivo" presenta caratteristiche geometriche dello stendimento uguali a quelle del sistema attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (microtremore) prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche esaminano bande spettrali differenti: il metodo attivo consente di acquisire in modo dettagliato una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce significative informazioni relative alla parte più superficiale del sottosuolo

(fino a circa 10-20 m di profondità); il metodo passivo permette di determinare e definire una curva di dispersione nelle bande di frequenza tra 2 e 20 Hz e fornisce informazioni di maggior dettaglio sugli strati più profondi.

La combinazione delle due tecniche, mediante elaborazione integrata, consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 2 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 40-80-100 m di profondità, in funzione della lunghezza dello stendimento e della densità dei terreni.

Nell'esecuzione della prova MASW (attiva) è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 10 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di stacking). La sorgente è stata posta ad una distanza di 6 e 10 m dal primo geofono ("Optimum Field Parameters of an MASW Survey", *Park et al., 2005; Dal Moro, 2008*).

Per l'acquisizione dei microtremori ambientali (Re.Mi.) sono state effettuate venti registrazioni della durata di 30/50 sec con una frequenza di campionamento di 500 Hz.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare, tramite un opportuno software, una trasformata bidimensionale "*slowness-frequency*" (*p-f*) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico *p-f*. Gli spettri delle singole acquisizioni sono quindi mediati, escludendo eventualmente quelli che presentano una bassa coerenza.

In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, permettendo un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

In funzione di quanto esposto è possibile effettuare un "*picking*", attribuendo ad un certo numero di punti una o più *slowness* (*p* o *1/velocità di fase*) ed ottenere una "*curva di dispersione*".

Quest'ultima è visualizzata su un diagramma in cui appare anche la curva di dispersione calcolata in base ad un modello di Vs che è modificabile in sede di elaborazione. Variando il numero di strati, la loro velocità e la densità, la curva di dispersione calcolata è adattata sino ad aderire il più possibile a quella sperimentale ottenuta con il picking.

I risultati ottenuti ed i relativi diagrammi di elaborazione sono visualizzati nelle allegate schede "*Indagine Re.Mi. – Re.Mi./MASW*, riportanti lo spettro di potenza mediato, la curva di dispersione, sia sperimentale che calcolata, ed il relativo modello interpretativo.

## 8 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

### 8.1 Carta delle Indagini

In riferimento all'analisi delle caratteristiche litotecniche territoriali è stata effettuata una raccolta dati, mediante un censimento, delle indagini geognostiche e geofisiche realizzate per varie finalità nel territorio oggetto di analisi, presso le Amministrazioni Pubbliche Locali: Ufficio Tecnico Comunale, Servizio Aree Affluenti del Po Reggio Emilia, database Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione Emilia Romagna.

In considerazione del contesto geo-litologico in primo luogo sono state considerate, tutte le indagini sismiche di tipo Re.Mi, HVSr prove penetrometriche statiche CPT Rm, CPTU, sondaggi meccanici.

Successivamente è stata effettuata una selezione di dette documentazioni in base alla valutazione dell'attendibilità del dato.

In sintesi, tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 256 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 15 prove penetrometriche CPTE
- 13 prove penetrometriche CPTU
- 5 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (SM)
- 15 Stratigrafie derivanti da perforazioni di pozzi per acqua (PA)
- 47 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.
- 47 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola HVSr

In riferimento alla caratterizzazione degli ambiti: urbanizzati a quelli di prevedibile nuovo sviluppo, frazioni e principali reti infrastrutturali, preventivamente selezionati in accordo con l'U.T. Comunale, per i quali risulta necessario effettuare gli approfondimenti sismici prescritti dai testi di indirizzo riportati in premessa, sono state eseguite le seguenti indagini:

- 44 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo integrato passivo/attivo con antenna monodirezionale Re.Mi./MASW; pertanto comprendendo quelle precedentemente eseguite in Castelnovo di Sotto n°3, nelle aree comunali di Cadelbosco Sopra e Campegine n° 12 si ottiene un complessivo di n°59 siti di misura, 47 dei quali nell' area comunale e di 12 al bordo dello stesso negli adiacenti comuni.
- 44 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola HVSr., comprendendo quelle precedentemente eseguite nel territorio comunale si ottiene un n° complessivo di 47 siti di misura nell' area comunale e di 12 al bordo dello stesso negli adiacenti comuni, per un totale di 59 punti.

Le indagini sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale; le prospezioni geofisiche hanno coperto quest'ultimo secondo una maglia sub quadrata- rettangolare con lati di  $700 \div 1000$  m nell'area sede del capoluogo, zone industriali e delle principali frazioni, con interassi di  $1000 \div 1200$  m nelle zone extraurbane.

## 8.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nell'area comunale di Castelnovo di Sotto, unitamente a quelle precedentemente effettuate sia nella medesima che nei territori adiacenti, ha permesso di determinare le caratteristiche in termini di frequenza di vibrazione dei tipi litologici che formano il sottosuolo delle zone sede dell'urbanizzato, di previsto sviluppo, frazioni, case sparse, del territorio comunale.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 59 verticali a stazione singola con acquisizione di microtremori (HVSr)

Nel contesto delle indagini effettuate, relativamente alle analisi di approfondimento di primo livello, sono risultate significativamente efficienti le verticali con acquisizione di microtremori con stazione singola: HVSr. I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali prospezioni consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza ( $F_0$ ) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze.

Considerando che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito), è evidente l'efficienza di detta tipologia d'indagine per individuare, come previsto dal primo livello di approfondimento degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, le aree con comportamento sismico omogeneo - equivalente.

Per meglio evidenziare possibili congruenze tra i risultati, i valori Frequenza/Ampiezza rilevati sono stati associati, in termini di frequenza e di ampiezza del picco HVSr nelle seguenti classi:

| Frequenze Hz         | Ampiezze A         |
|----------------------|--------------------|
| $0,6 \leq F_0 < 1,0$ | $1,5 \leq A < 2$   |
|                      | $2,0 \leq A < 3,0$ |
|                      | $A \geq 3,0$       |

Dette associazioni sono riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni" (Tav. 1.4); le misure sono state identificate mediante una serie di simboli con colori e dimensioni differenti. Il colore è correlato alle diverse classi di frequenza mentre la dimensione alla classe di ampiezza.

Mediante questa indicizzazione dei risultati è stato possibile valutare la distribuzione delle classi di frequenza e ampiezza sul territorio e sviluppare alcune considerazioni qualitative sull'area oggetto di studio.

I valori delle frequenze principali nel territorio di Castelnovo di Sotto presentano un modesto campo di variabilità prevalentemente compreso tra  $F_0 = 0.75/0.9\text{Hz}$  ad eccezione della zona centro settentrionale di Cornetole – Cogruzzo, circa tra Condotta Po (sud) e Tubazione Formica (nord), Strada Tolara (ovest) e Canale di Castelnovo Sotto (est) nella quale  $F_0 = 0.65/0.7\text{Hz}$ .

Tali parametri denotano una tendenziale correlazione con il modello litostratigrafico del sottosuolo dell'area in esame (tav. 1.2.1) caratterizzato da modesta variabilità in spessore del *Sintema Emiliano Romagnolo Superiore*.

### **8.3 Tetto delle ghiaie – sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico**

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente ghiaioso sabbiosi – sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10÷20/30 m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido assimilabile al bedrock sismico.

#### **8.3.1 Tetto Ghiaie e sabbie**

La carta del tetto delle ghiaie sabbiose e delle unità sabbiose, ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT – stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti d'impedenza nei primi 5÷20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi./MASW eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna nelle quali prevalgono le litozone ghiaioso sabbiose – sabbiose con spessori significativi in rapporto agli effetti indotti dal moto sismico in superficie.

Il tetto delle ghiaie sabbiose, costituito dalle propaggini di terminazione frontale della conoide alluvionale del T. Enza, si rinviene esclusivamente nel settore all'estremità meridionale centrale del territorio comunale sud di Scarabella – via Antica, delimitato ad ovest dalla SP 55 e ad est della SS 358R, nel quale le sequenze contenenti strati sabbioso ghiaiosi si riscontrano a -30/-20 m pc con profondità che si approssimano al piano campagna in direzione sud nell'area di Campegine.

Il tetto delle sabbie è visualizzato da linee di eguale profondità rispetto al piano campagna delle quali quella più esterna individua il letto dell'unità (contatto tra la base delle litozone sabbiose con i depositi fini argilloso limosi – limoso argillosi) e quella più interna il tetto della stessa; l'assetto geometrico descrive fasce nastriformi discontinue prevalentemente allungate in direzione sud ovest – nord est.

In dette litozone lo spessore degli orizzonti sabbiosi varia tra 1/2÷3/4 m e lo stato di addensamento varia generalmente da poco addensato a moderatamente addensato.

Le zone nelle quali i corpi sabbiosi evidenziano gli spessori relativi maggiori: 2÷3/4 m, si riscontrano nel settore centro meridionale del territorio al quale appartengono il capoluogo e sue zone industriali; in dette aree quelli più significativi sono individuati dalla fascia allungata sud ovest nord est circa compresa limite ovest Zona Industriale– via G. Galilei, la

zona che asseconda l'andamento di via Pavese tra Strada Rivarolo e via Dante Alighieri, la fascia che asseconda la SP 358R – Strada Pallala, l'area nastriforme sud – nord circa compresa tra via Pescatora e Strada Prati Melli dal confine comunale sud ovest a Madonna del Gazzo e successivamente si orienta a est sino a via Prato Bovino.

Nella rimanente parte del territorio le fasce con presenza dei corpi sabbiosi, allungate sia sud ovest – nord est (Fontanese – intersezione Scolo Indivisi/ SP. Prato Bovino) che ovest – est (via Gazzo – sud Cornetole/Cogruzzo) sono contraddistinte da spessori delle unità sabbiose mediamente compresi tra 1 e 2 m.

La distribuzione areale delle profondità minori del tetto delle sabbie e di quello delle ghiaie concorda con le caratteristiche di accrescimento deposizionale territoriale: tratti di antichi percorsi d'alveo fluviale estinti e fascia di terminazione frontale della conoide alluvionale del T. Enza.

#### **8.4 Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico**

Le profondità dal piano campagna e l'assetto spaziale, dell'unità litologico tecnica che localmente indica comportamento relativo più rigido, con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico, sono state individuate in funzione dei valori di frequenza principale ottenuti dalle prospezioni HVSr e dalle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio della successione litotecnica che costituisce i primi 250/300 m del sottosuolo, valutate in base ai dati di  $V_s$  ottenuti dalle prospezioni linear array Re.Mi.

In riferimento a tali dati mediante la relazione:

$$H = \frac{V_s}{4f_0}$$

si è stimata la profondità dal piano campagna alla quale sono rinvenibili gli orizzonti litologici tecnici assimilabili al bedrock sismico, assunto con  $V_s = 700$  m/sec.

Tale stima è stata integrata in base al prolungamento in profondità dell'inclinazione delle parti terminali dei profili  $V_s$  delle verticali Re.Mi./MASW, nelle quali tale analisi risultava affidabile, sino al raggiungimento dei sopra indicati valori di  $V_s$ .

L'andamento spaziale denota una generale tendenza ad assecondare l'assetto della base dei depositi continentali del *Sintema Emiliano Romagnolo Superiore* ed in particolare con la zona mediana dell'unità stratigrafica AES3 nella prevalente parte del sottosuolo comunale e con la fascia superiore della stessa nelle aree settentrionali. Il tetto dell'unità assimilabile al bedrock sismico evidenzia geometrie con gradiente di incremento della profondità più accentuate nel sottosuolo delle zone meridionali (sud capoluogo) e centro settentrionali (nord di via Formica); nella zona più settentrionale di Meletole il gradiente in diminuzione della profondità del bedrock denota assetti che assecondano l'orientamento dello sovrascorrimento a forma arcuata esteso in direzione ovest est circa secondo l'allineamento Lentigione – Fodico – Santa Vittoria – Villa Boschi.

Procedendo in direzione meridionale l'assetto evidenzia una graduale diminuzione della profondità in direzione sud ovest con l'approssimarsi alla zona nel cui sottosuolo si rinviene

la parte di terminazione frontale dei depositi di conoide; analoghe condizioni si osservano procedendo in verso orientale meridionale con l'approssimarsi all'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese presente nel sottosuolo del territorio 1÷4 km ad oriente del confine comunale est in territorio di Cadelbosco di Sopra.

Le profondità minori del substrato assimilabile al bedrock sismico si rilevano nella parte meridionale occidentale a sud di via Rivarolo e ad ovest del confine comunale Castelnovo di Sotto – Cadelbosco di Sopra dove è generalmente rinvenibile tra -100/-110 m pc.

A nord della sopracitata via si approfondisce gradualmente a -120/-130 m pc sino circa a Meletole e successivamente a quest'ultima con accentuazione del gradiente di diminuzione delle profondità si attesta a -100/-110 m pc.

Il tetto dell'unità litostratigrafica assimilabile al bedrock sismico è tendenzialmente correlabile alla parte mediana del Sintema AES circa corrispondente alla zona media dell'unità AES3 nei settori centrali del sottosuolo dell'area comunale (capoluogo – via Formica); nelle aree meridionali – meridionali orientali (sud e sud est capoluogo), nelle zone settentrionali (nord di Meletole) del territorio di Castelnovo di Sotto è correlabile alla parte superiore della sopraddetta unità.

#### **8.5 Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali**

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza Delle Regioni e P.A., DGR.ER 1936/2023, e DGR 564/2021, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica.

Per dette aree sono stati definiti gli approfondimenti di indagine ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento da effettuarsi in funzione delle condizioni di pericolosità sismica che ad esse compete.

Nell'individuazione e delimitazione di dette zone oltre alle documentazioni territoriali prove penetrometriche CPT – CPTU, sondaggi meccanici, sono state utilizzate le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (MASW/Re.Mi.) che puntuali a stazione singola (HVSR). Detta analisi integrata ha consentito una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da comportamenti in condizioni statiche e dinamiche considerabili tra essi praticamente equivalenti.

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS Tav. 1.3, scala 1: 10.000, costituisce pertanto una zonazione di primo livello di approfondimento di tipo avanzato.

Al fine di individuare le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica sono stati utilizzati gli elaborati cartografici, prospezioni geognostiche precedentemente descritti, integrando detti dati con valutazioni di carattere geotecnico.

Dette disamine sono state sviluppate anche in riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, agli elaborati della Microzonazione sismica di II° livello 2016/2019 (*Centrogeo*) del Comune di Castelnovo di Sotto.

Le sopradescritte analisi e documentazioni hanno consentito di delimitare ambiti litologico tecnici contraddistinti da differenti caratteristiche geotecniche, di rigidità e di deformabilità, definendo le diverse condizioni di pericolosità sismica locale.

### **8.5.1 Definizione successioni a comportamento sismico equivalente**

L'individuazione delle sequenze litotecniche - sismiche delle aree a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, è stata definita in funzione delle prospezioni geognostiche e geofisiche ed elaborati sopra descritti integrati dalle prospezioni geofisiche e geognostiche eseguite nelle zone adiacenti/prossime al confine comunale di Castelnovo di Sotto.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione 4.2-12/2020, è stata eseguita in funzione delle caratteristiche litologiche e geotecniche che principalmente influenzano gli effetti dello scuotimento sismico in superficie, relativamente ai primi 20 – 30 m del sottosuolo.

In riferimento a quanto esposto sono state quindi individuate le sequenze delle zone stabili nelle quali gli effetti sono correlati ad amplificazione per caratteristiche litologico stratigrafiche: zone 2001-2002-2003, le zone di attenzione per instabilità: zone 3050:2004-2005-2006.

Queste ultime distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5/15/20 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi a medio basso grado di addensamento ( $q_c < 20/40$  kgf/cm<sup>2</sup>) con  $V_s < 170/200$  m/sec e con spessori compresi tra 1/2 m e 4/6 m, soggetti a potenziale pericolosità di liquefazione: zone di attenzione LQ.

Nelle zone in cui le successioni litologiche prevalentemente limoso argillose – limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi – limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori/uguali ad 1 m e che nell'insieme dei primi 15 m pc non superano spessori di 2/3 m, contraddistinti da  $V_s \leq 170$  m/sec nei primi 7/9 m pc, possono insorgere deformazioni correlate ad addensamenti di sottili strati sabbioso limosi, ai quali possono conseguire cedimenti differenziali.

Analoghi effetti caratterizzano le sequenze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose che formano i primi 6/8 m del sottosuolo, volume significativo, a luoghi contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di media resistenza alla punta di insieme al penetrometro statico corrispondenti a  $q_c \leq 7/8$  kgf/cm<sup>2</sup> e valori di velocità di propagazione delle onde di taglio equivalenti a  $V_s \leq 150/170$  m/sec.

#### **8.5.1.1 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica – Aree Suscettibili di Effetti Locali e di attenzione per potenziale instabilità**

Per la redazione “Carta delle aree suscettibili di effetti locali (MOPS)”, prevista come elaborato del presente studio al primo livello di approfondimento, le porzioni di territorio urbanizzato o suscettibili di trasformazione urbanistiche, classificate in conformità alle categorie previste nell'allegato 2 della DGR.ER 1936/2023, sono state suddivise in:

Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone di attenzione per instabilità

alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali di amplificazione per effetti della stratigrafia zone 2001/2002/2003 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall'allegato 2 della DGR 1936/2023.
- **Zone di attenzione per potenziale instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree potenzialmente soggette a deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi che nei primi  $5 \div 15/20$  m del sottosuolo presentano spessori compresi tra  $1/2 \div 4/6$  m, potenzialmente suscettibili di liquefazione: zone 30xy-ZA<sub>LQ</sub>: 3050–2004/2005/2006; le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso argilloso sabbiose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi di spessori inferiori/uguali a 1 m, moderatamente addensati – poco addensati, suscettibili di liquefazione – addensamenti; le successioni limoso argillose– argilloso limose poco consistenti nei primi 7 m del sottosuolo e con velocità di propagazione delle  $V_s \leq 170$  m/sec, le sequenze prevalentemente limoso sabbiose – sabbioso limose poco consistenti nei primi  $6 \div 8$  m del sottosuolo e con  $q_c < 20 \div 40$  kgf/cm<sup>2</sup>,  $V_s \leq 170 \div 200$  m/sec soggette a potenziale pericolosità di addensamenti.

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.3, sono articolate come di seguito esposto:

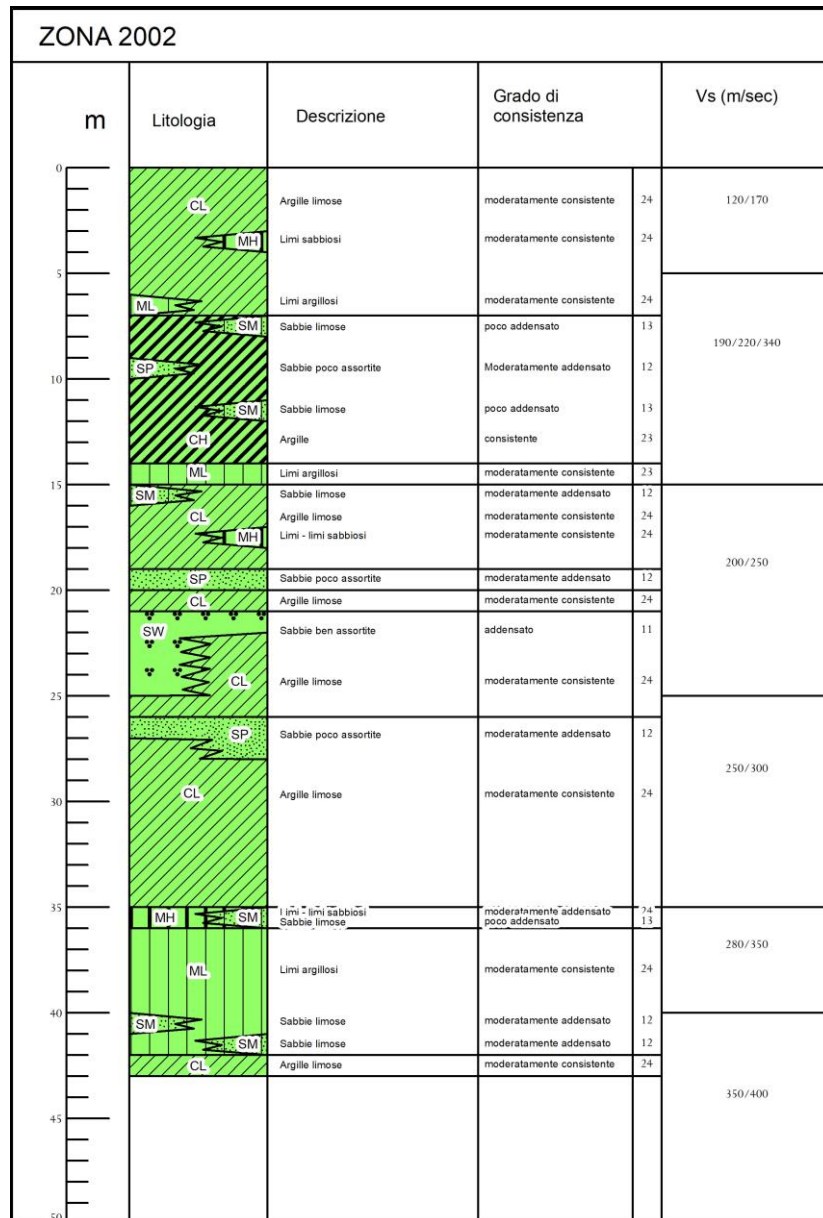
| ZONA 2001 |           |                       |                           |    |            |
|-----------|-----------|-----------------------|---------------------------|----|------------|
| m         | Litologia | Descrizione           | Grado di consistenza      |    | Vs (m/sec) |
| 0         | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 | 100/130    |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
| 5         | CH        | Argille               | consistente               | 23 | 210/240    |
| 10        | MH        | Limi - limi sabbiosi  | moderatamente consistente | 24 |            |
|           | SP        | Sabbie poco assortite | addensato                 | 11 |            |
| 15        | CL        | Argille limose        | consistente               | 23 | 200/220    |
| 20        | SW        | Sabbie ben assortite  | addensato                 | 11 |            |
| 25        | CH        | Argille               | consistente               | 23 | 210/300    |
|           | CL        | Argille limose        | consistente               | 23 |            |
| 30        | ML        | Limi - limi argillosi | consistente               | 23 | 250/350    |
|           | SW        | Sabbie ben assortite  | addensato                 | 11 |            |
| 35        | ML        | Limi argillosi        | consistente               | 23 |            |
|           | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensato   | 12 |            |
| 40        |           |                       |                           |    | 350/400    |
| 45        |           |                       |                           |    |            |
| 50        |           |                       |                           |    |            |

**ZONA 2001** – Aree stabili di piana inondabile a sequenze prevalentemente argillose consistenti (CH-23) e in subordine argilloso limose moderatamente consistenti (CL-23), con intercalati radi locali sottili strati lentiformi limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e limosi limoso sabbiosi moderatamente consistenti (MH-24) a zone sabbie addensate (SP-11), con spessori minori di 1 m, Vs<130 m/sec nei primi 4 m pc e Vs=210/240 m/sec sino a -15 m pc; alle profondità sottostanti sino a -29 m pc alternanze di strati argilloso limosi – argillosi consistenti (CL/CH-23), con intercalati o in sostituzione laterale corpi di sabbie ben assortite addensate (SW-11) con Vs=200/220 m/sec sino a -22 m pc e Vs=210/300 m/sec sino a -29 m pc; seguono sino a -38 m pc limi argillosi consistenti (ML-23) con intercalati corpi lentiformi a granulometria ben assortita addensati (SW-11), Vs=250/350 m/sec sino a -50 m pc successivamente Vs = 350/450 m/sec.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello.



**ZONA 2002** – Aree stabili di piana inondabile con presenza di alternanze prevalentemente argilloso limose, moderatamente consistenti (CL-24), con intercalati subordinati sottili corpi lentiformi limosi – limoso sabbiosi e limoso argillosi moderatamente consistenti (MH/ML-24) sino a -7 m pc contraddistinti da Vs=120/170 m/sec; seguono sino a -17 m pc argille di alta plasticità consistenti (CH-23) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi a granulometria poco assortita con spessori inferiori a 1m poco addensati moderatamente addensati (SM/SP-13/12), Vs=190/220 m/sec a zone Vs = 340 m/sec; alle profondità sottostanti sino a -28 m pc alternanze di strati, a zone con sostituzione laterale tra loro, argilloso limosi moderatamente consistenti (CL-24) e corpi sabbiosi lentiformi a zone continui, a granulometria ben assortita – poco assortita addensati/moderatamente addensati (SW/SP-11/12), Vs=200/250/360 m/sec; successivamente sino a -35 m pc argille limose mediamente consistenti (CL-24) Vs=250/300 m/sec; soggiacciono sino a -43 m pc limi argillosi moderatamente consistenti (ML-24) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi – limosi – limoso sabbiosi moderatamente addensati – moderatamente consistenti (SM/MH-12-24) con Vs=280/350/400 m/sec.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello

| ZONA 2003 |           |                       |                           |    |            |
|-----------|-----------|-----------------------|---------------------------|----|------------|
| m         | Litologia | Descrizione           | Grado di consistenza      |    | Vs (m/sec) |
| 0         | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 | 120/150    |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
|           | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 |            |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
| 5         | SM        | Sabbie limose         | poco addensate            | 13 | 200/250    |
|           | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
|           | CL        | Argille limose        | poco addensate            | 13 |            |
|           | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
| 10        | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 | 230/300    |
|           | CH        | Argille               | consistente               | 23 |            |
|           | SW        | Sabbie ben assortite  | addensate                 | 11 |            |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
| 15        | SW        | Sabbie ben assortite  | addensate                 | 11 | 300/350    |
|           | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 |            |
|           | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
|           | CH        | Argille               | addensate                 | 23 |            |
| 20        | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 | 350/400    |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
|           | CH        | Argille               | addensate                 | 23 |            |
|           | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 23 |            |
| 25        |           |                       |                           |    | 400/440    |
|           |           |                       |                           |    |            |
|           |           |                       |                           |    |            |
|           |           |                       |                           |    |            |
| 30        |           |                       |                           |    |            |
| 35        |           |                       |                           |    |            |
| 40        |           |                       |                           |    |            |
| 45        |           |                       |                           |    |            |
| 50        |           |                       |                           |    |            |

**ZONA 2003** – Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente limoso argillose – argilloso limose moderatamente consistenti (ML/CL-24), sino a -6 m pc, Vs<150 m/sec; seguono sino a -14 m pc alternanze di argille limose – argille moderatamente consistenti – consistenti (CL/CH-24/23) con intercalati corpi lentiformi, a zone continui, di sabbie limose – sabbie poco assortite – ben assortite moderatamente addensate – addensate (SP/SW-12/11), talora poco addensate (SM-13) Vs=200/250 m/sec; soggiacciono sino a -38 m pc alternanze argilloso limose moderatamente consistenti (CL/CH-24/23) con intercalati in subordine strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24) e corpi lentiformi di sabbie a granulometria ben assortita addensati – moderatamente addensati (SW-11/12), Vs= 230/300/350 m/sec; Vs=350/400 m/sec sino a -40 m pc; seguono limi argillosi consistenti (ML-23) con Vs = 400/440 m/sec.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello.

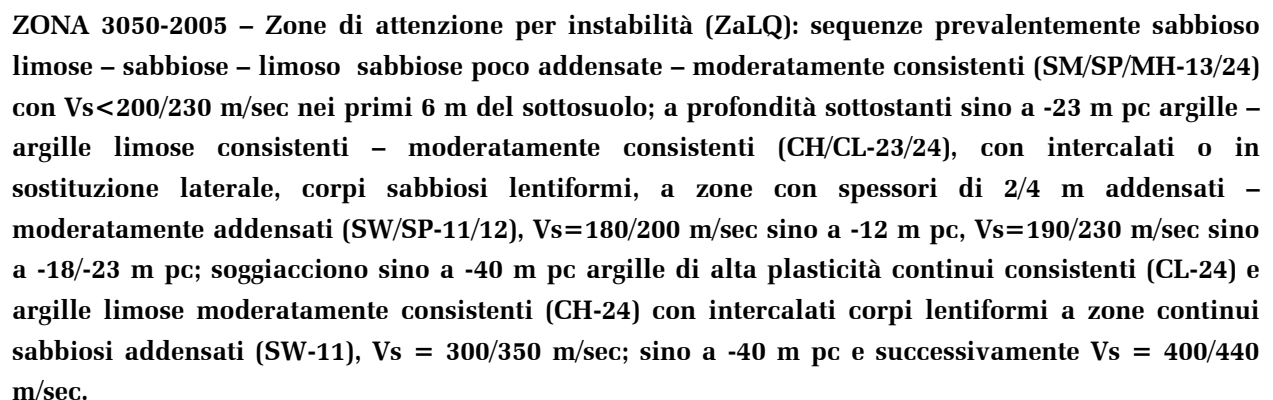
| ZONA 30502004 |           |                       |                           |            |         |
|---------------|-----------|-----------------------|---------------------------|------------|---------|
| m             | Litologia | Descrizione           | Grado di consistenza      | Vs (m/sec) |         |
| 0             | MH        | Limi - limi sabbiosi  | moderatamente consistente | 24         | 110/170 |
|               | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         |         |
| 5             | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensato   | 12         | 200/250 |
|               | MH        | Limi - limi sabbiosi  | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensate   | 12         |         |
|               | CL        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | ML        | Argille limose        | moderatamente consistente | 12         |         |
|               | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensato   | 12         |         |
| 10            | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 23         | 170/190 |
|               | SM        | Sabbie limose         | poco addensato            | 13         |         |
|               | MH        | Limi - limi sabbiosi  | moderatamente consistente | 24         |         |
| 15            | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensato   | 12         |         |
|               | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | SM        | Sabbie limose         | poco addensato            | 13         |         |
| 20            | ML        | Sabbie ben assortite  | addensato                 | 11         | 300/350 |
|               | SW        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | SP        | Sabbie poco assortite | addensato                 | 11         |         |
|               | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | CH        | Argille               | consistente               | 23         |         |
| 25            | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         |         |
|               | SW        | Sabbie ben assortite  | addensato                 | 11         |         |
| 30            | SW        | Sabbie ben assortite  | addensato                 | 11         |         |
| 35            | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24         | 350/430 |
| 40            |           |                       |                           |            |         |
| 45            |           |                       |                           |            |         |
| 50            |           |                       |                           |            |         |

**ZONA 30XY-2004** – Zone di attenzione per instabilità (ZaLQ): depositi di piana alluvionale prevalentemente limoso argillosi – limoso sabbiosi, moderatamente consistenti (ML/MH-25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi moderatamente addensati (SM -12) con spessori inferiori a 1 m sino a -6 m pc e Vs<170m/sec, nei primi 3 m del sottosuolo e successivamente Vs = 200/250 m/sec a profondità sottostanti sino a -18 m pc alternanze di argille limose moderatamente consistenti (CL-24), Vs=200/220 m/sec e limoso argillose – limoso sabbiose consistenti (ML/MH-24), con intercalate lenti sabbioso limose – sabbiose moderatamente – poco addensate (SM/SP-12/13) Vs=200/250 m/sec sino a -12 m pc e Vs=170/190 m/sec da -12 m a -18 m pc seguono sino a -25 m pc alternanze limoso argillose – argillose moderatamente consistenti – consistenti (ML/CH-24-23) con intercalati corpi sabbiosi addensati (SW/SP-11) e lenti limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24) Vs=300/350 m/sec; successivamente sino a -40 m pc alternanze limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24) con intercalati corpi lentiformi sabbiosi a granulometria ben assortita addensati (SW-11) con spessori di 2/3 m, Vs=300/350 m/sec sino a -35 m pc e successivamente Vs = 350/430 m/sec.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione – addensamenti;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima potenziale liquefazione/addensamento;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima suscettività alla liquefazione e addensamenti.



**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

| ZONA 30502006 |           |                       |                           |    |            |
|---------------|-----------|-----------------------|---------------------------|----|------------|
| m             | Litologia | Descrizione           | Grado di consistenza      |    | Vs (m/sec) |
| 0             | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 | 130/160    |
|               | SM        | Sabbie limose         | poco addensate            | 13 |            |
|               | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 |            |
| 5             | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 | 200        |
|               | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
|               | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 |            |
| 10            | SP        | Sabbie poco assortite | poco addensate            | 13 | 170/200    |
|               | CH        | Argille               | consistente               | 23 |            |
| 15            | SW        | Sabbie ben assortite  | addensate                 | 11 | 240/300    |
| 20            | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 23 | 320/350    |
|               | SW        | Sabbie ben assortite  | addensate                 | 11 |            |
| 25            | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensate   | 12 |            |
|               | ML        | Limi argillosi        | moderatamente consistente | 24 |            |
|               | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
| 30            | CL        | Argille limose        | moderatamente consistente | 24 | 350/450    |
|               | SP        | Sabbie poco assortite | moderatamente addensate   | 12 |            |
| 35            | SM        | Sabbie limose         | moderatamente addensate   | 12 |            |
| 40            |           |                       |                           |    |            |
| 45            |           |                       |                           |    |            |
| 50            |           |                       |                           |    |            |

**ZONA 3050-2006** – Zone di attenzione per instabilità (ZaLQ): depositi di alveo fluviale a sequenze sabbiose – sabbioso limose poco addensate – moderatamente addensate (SP/SM-13/12) con intercalati strati limoso argillosi – argilloso limosi moderatamente consistenti (ML/CL-24) sino a -8 m pc, Vs=130/160 m/sec sino a -4 m pc e successivamente Vs = 200 m/sec; a profondità sottostanti argille limose – argille moderatamente consistenti – consistenti (CL/CH-24/23) con intercalati corpi sabbiosi poco addensati (SP-13), Vs=170/200 m/sec sino a -15 m pc; soggiacciono sino a -22 m pc argille di alta plasticità consistenti (CH-23) e argille limose moderatamente consistenti (CL-24) con intercalati corpi lentiformi di sabbie ben assortite addensate (SW-11) con spessori di 2/4 m, Vs=200/300 m/sec; successivamente sino a -35 m pc alternanze argilloso limose e in subordine limoso argilloso moderatamente consistenti (CL/ML-24) con intercalate lenti di sabbie poco assortite – sabbie limose moderatamente addensate (SP/SM-12), Vs = 320/350 m/sec, sino a -37 m pc e successivamente Vs=350/450 m/sec.

**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione;

**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, valutazione della suscettività alla liquefazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III livello per la stima di suscettività alla liquefazione.

Il terzo livello di approfondimento è comunque richiesto nelle aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico come specificato nella DGR 1661/2009

Nelle aree in cui sono previsti interventi in sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

$$H > 2 \text{ m}$$

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico, approfondimenti di III° livello.

Per i fabbricati con periodo  $T > 1$  sec. approfondimenti di III° livello.

## 9 SECONDO E TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo e terzo livello di approfondimento suddividono in dettaglio le aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con la rideterminazione, quando necessario, dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione e densificazione; in tale fase è inoltre definita, in funzione di un indice quantitativo dipendente dalle condizioni stratigrafiche, l'amplificazione sismica attesa ( $T_r=475$  anni;  $\zeta =5\%$ ) e dell'indice di liquefazione. In riferimento a quest'ultimo nella definizione delle condizioni di pericolosità territoriale è da considerare che per le zone con indice del potenziale di liquefazione minore di 2 (pericolosità bassa) gli effetti principali che possono conseguire alle azioni sismiche generino processi di addensamento degli strati sabbioso limosi – sabbiosi e quindi in grado di determinare cedimenti differenziali.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, sviluppata con codice di calcolo *Strata*, le elaborazioni individuano gli approfondimenti di terzo livello, integrativi, da effettuarsi, specificando le disamine da sviluppare.

### 9.1.1 Carta delle velocità delle onde di taglio ( $V_{s30}$ )

La carta delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  (Tav. 1.5), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 1,0/1.5 m pc, ( $V_{s30}$  m/sec) determinate in base alle indagini Re.Mi./MASW effettuate.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra massimi di  $V_{s30}=250\div 290$  m/sec nella fascia centro settentrionale estesa ovest est circa compresa tra Cavo Fossetta Montana e via Formica – Via B. Cellini, simili massimi con  $V_{s30}=250\div 280$  m/sec si riscontrano a nord del capoluogo tra la SS 358R e via Fontanese e nel settore meridionale, a sud dell'allineamento Strada Baiocca – Via E. Fermi nel quale  $V_{s30}=250\div 270$  m/sec.

I valori medi percentualmente più rappresentati nel territorio comunale corrispondono a  $V_{s30}=220\div 250$  m/sec mentre i minimi con  $V_{s30}=200\div 220$  m/sec si rinvencono in areali di estensione relativa inferiore a quelli che competono ai sopracitati settori e sono presenti nella zona settentrionale di Meletole ed area a nord est della stessa, nel settore nord orientale ed est di via Fossetta – sud di via C. Menotti, ovest T. Crostolo, nord di via Gambarotta, area orientale centrale di Cornetole, settore occidentale del capoluogo a sud del cimitero, ovest di V. Claudia, V. F.lli Cervi, areale ad ovest di Limido.

L'assetto territoriale dei valori di  $V_{s30}$  denota una tendenziale prevalente correlazione dei valori relativi medi inferiori:  $V_s=210\div 230$  m/sec, con le zone del territorio nelle quali sono principalmente rappresentate le sequenze argillose – argilloso limose di deposizione relativa più recente: AES8a, che costituiscono la fascia estesa sud nord al bordo orientale del comune di Castelnovo di Sotto; un simile assetto di tendenziale corrispondenza per quanto riguarda i valori medi maggiori è osservabile nella fascia più meridionale del territorio

comunale, sud di Strada Baiocca – Via Case Melli, nel sottosuolo della quale sono rinvenibili le successioni sabbioso ghiaiose della terminazione frontale distale dei depositi di conoidi del T. Enza e dei torrenti minori.

## **9.2 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica**

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, con valori dei fattori di amplificazione determinati con codice di calcolo, individua aree a comportamento sismico equivalente attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ( $T_r=475$  anni;  $\zeta = 5\%$ ).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei fattori di amplificazione FaPGA – FH – FA attinenti alle microzone individuate.

In funzione di tali elaborazioni sono stati visualizzati nelle tavole i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione in superficie in condizioni di *free field*: FaPGA e dell'intensità spettrale: FA.IS., di seguito FH, per gli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 0.5 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

I valori FA, amplificazione in termini di accelerazione, sono riferiti agli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.4 – 0.8 sec, 0.7 – 1.1 sec, 0.5 – 1.5 sec.

In funzione di questi ultimi sono stati determinati i parametri HSM ed H relativi agli stessi intervalli di FA.

I campi dei valori sopra indicati, definiti in rapporto ai range di maggior amplificazione evidenziati dalla sovrapposizione di insieme degli spettri calcolati, sono significativamente indicativi per le azioni sismiche che possono interessare le prevalenti tipologie edificatorie esistenti presenti nel territorio comunale ed a quelle che in funzione delle indicazioni delle vigenti norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

## **9.3 Definizione degli input sismici**

L'analisi della pericolosità sismica del territorio comunale è stata sviluppata in base al modello di studio – elaborazione per la definizione della pericolosità sismica a scala locale proposto da A. Marcellini et alii (1998)<sup>3</sup>.

Tale schema prevede:

- *Caratterizzazione della pericolosità sismica a scala locale*: attuata mediante la definizione dello scuotimento al bedrock col 10% di probabilità di almeno una eccedenza in 50 anni mediante metodologia di tipo probabilistico.

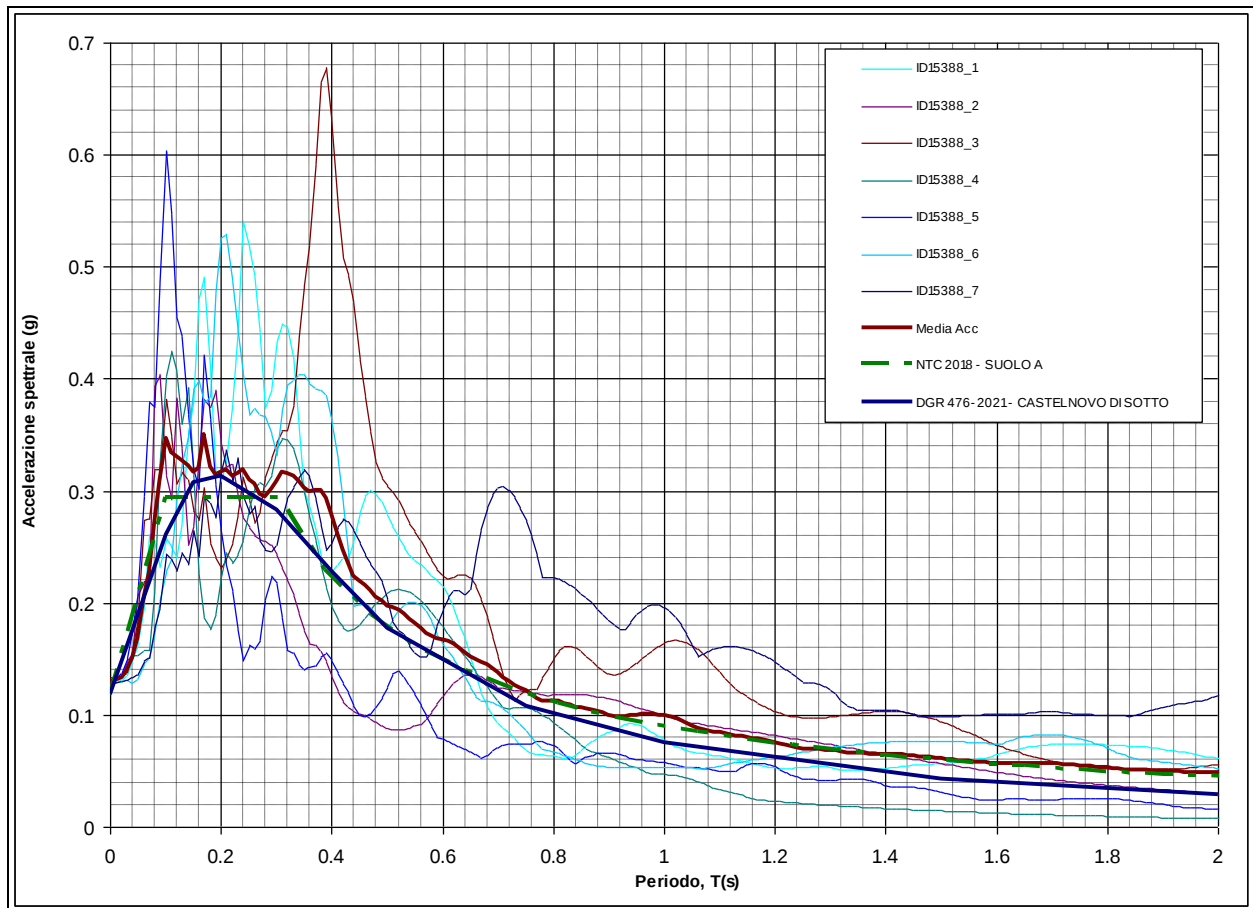
---

<sup>3</sup> Marcellini, A., Daminelli, R., Pagani, M., Riva, F., Tento, A., Crespellani, T., Madiati, C., Vannucchi, G., Frassinetti, G., Martelli, L., Palumbo, A., e Viel, G. (1998). Seismic Microzonation of some Municipalities of the Rubicone area (Emilia – Romagna Region). In Proceedings of the Eleventh European Conference on Earthquake Engineering, Invited Lectures Volume, pagg. 339-350. Balkema.

- *Scelta dei moti di riferimento:* mediante la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Parametrizzazione geotecnica e sismostratigrafica dei terreni:* mediante la definizione sismostratigrafica e litotecnica delle verticali esaminate e la scelta delle opportune curve di decadimento per la simulazione del comportamento non lineare dei terreni in occasione di sollecitazione sismica.
- *Scelta dei moti di riferimento:* attraverso la selezione di accelerogrammi reali da banche dati attraverso la comparazione degli spettri di risposta con quello determinato con metodo probabilistico.
- *Analisi delle amplificazioni a scala locale:* mediante simulazioni di propagazione verticale delle onde SH.
- *Zonizzazione finale:* determinazione di aree a caratteristiche omogenee.

La definizione degli input sismici utilizzati per le simulazioni di scuotimento in superficie è stata eseguita confrontando lo spettro di risposta degli accelerogrammi selezionati opportunamente scalati, con quella dello spettro a probabilità uniforme determinato secondo le indicazioni della DGR 564/2021 e resi disponibili nella piattaforma webgis <http://egeos-test.eucentre.it/rer/home.html> realizzata da EUCENTRE.

Da detta piattaforma è possibile scaricare l'input sismico selezionato per ciascun nodo del reticolo di riferimento per il territorio dell'Emilia-Romagna considerato dalle NTC18 (D.M. 17.01.2018). L'input sismico è espresso mediante un gruppo di 7 accelerogrammi reali, registrati su roccia, spettro-compatibili in media agli spettri di normativa definiti nelle NTC18.



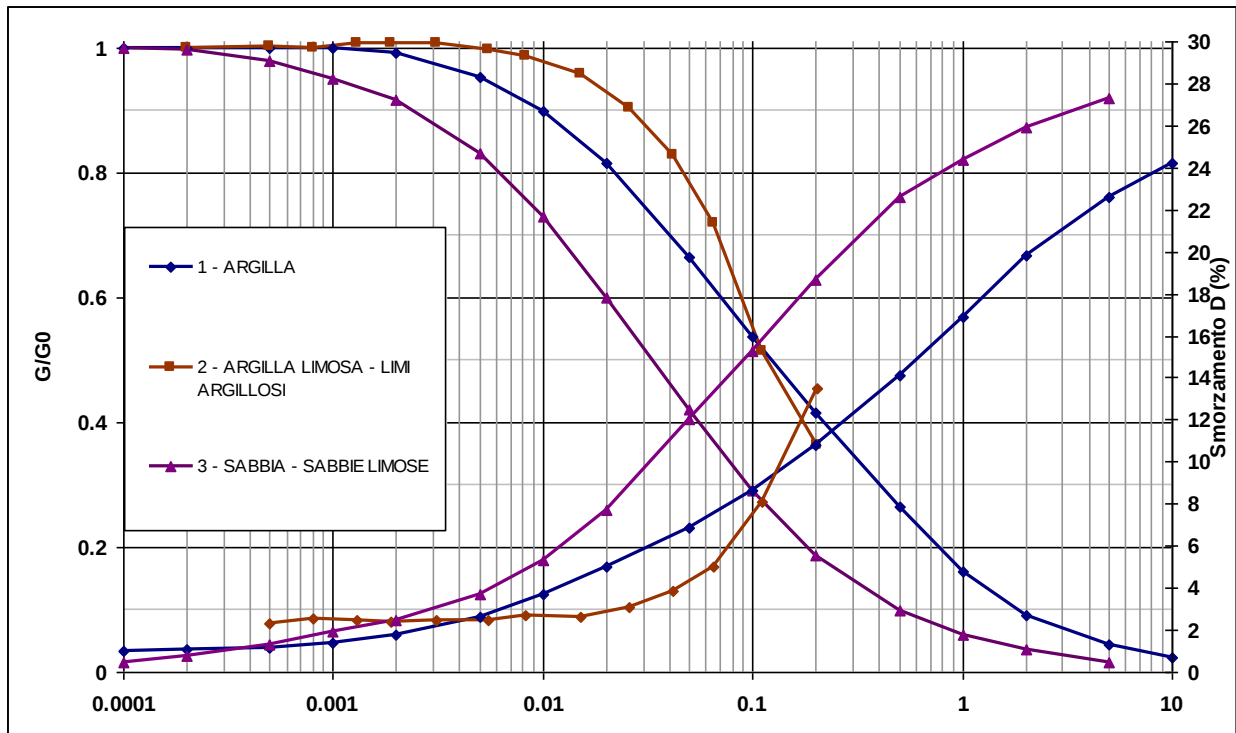
Spettro di risposta a probabilità uniforme (Periodo di ritorno di 474 anni, smorzamento=5%) costruito con i parametri esposti nelle delibere della Giunta Regionale ER n° 476/564-2021 (ID15168), spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettati delle NTC 2018 e spettri di risposta degli accelerogrammi selezionati.

#### 9.4 Calcolo degli effetti di sito

Il comportamento non lineare dei terreni nelle analisi di risposta sismica locale (RSL) effettuate, è stato simulato utilizzando curve di degrado reperite da varie fonti bibliografiche, in particolare:

- Terreno tipo 1 - Litotipi prevalentemente argillosi: *Vucetic M. and Dobry R. (1991) – Effect of soil plasticity on cyclic response. Journal of Geotechnical Engineering, 117, 1, 89-117. N*
- Terreno tipo 2 - Litotipi prevalentemente argilloso limosi – limosi: *Regione Emilia-Romagna (2012) – "Microzonazione Sismica e analisi della condizione limite per le emergenze delle aree epicentrali dei terremoti della Pianura Emiliana di Maggio-Giugno 2012" (Ordinanza del Commissario Delegato – Presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012) - Relazione Illustrativa*
- Terreno tipo 3 - Litotipi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi: *Seed and Idriss (1970) - Soil moduls and damping factors for dynamic response analyses - EERC Report 70-10, University of California, Berkeley*

Dette curve sono schematizzate nel seguente grafico:



Al fine di eliminare le possibili alterazioni dovute alla dispersione dei dati, per rappresentare analiticamente la variazione di  $G$  e  $D$  con l'ampiezza della deformazione di taglio,  $\gamma$  (espressa in %) è stato utilizzato il modello *Yokota et al.* (1981).

Per il calcolo dello scuotimento in superficie è stato utilizzato un modello numerico che simula la propagazione verticale di onde SH attraverso strati piano paralleli omogenei ed isotropi a partire da uno strato di riferimento rigido (bedrock sismico). Nell'analisi è stato considerato il comportamento di tipo non lineare dei terreni con il livello di deformazione, assumendo come parametri di decadimento quelli indicati da dati bibliografici per litotipi simili a quelli dei terreni di Casatenovo di Sotto ed alle schede caratterizzazione geotecnica dello Allegato 1 delle "Analisi di Microzonazione Sismica delle Aree Epicentrali dei Terremoti della Pianura Emiliana di Maggio – Giugno 2012", L. Martelli e M. Romani R.E.R. 2013.

Il codice di calcolo 1D adottato: *Strata* (Kottke A. & Rathje M.R., 2010), simula la propagazione in direzione verticale delle onde sismiche di taglio SH, che si irradiano da un substrato sismico deformabile, orizzontale, ed attraversano livelli litologici stratificati orizzontalmente ed a spessore costante, sino al raggiungimento della superficie.

Sulla base dei risultati delle indagini geofisiche, sono stati discretizzati i profili delle onde S, estrapolando i valori e le profondità sino al raggiungimento del bedrock sismico con  $V_s$  corrispondente a 700/800 m/sec.

In rapporto alle profondità investigate dalle verticali sismiche effettuate che non hanno raggiunto detta velocità, è stato stimato un aumento proporzionale all'ultimo tratto di curva sperimentale. Per i sismostrati con valori di  $V_s$  interpolati maggiori di 500 m/sec. (elevata rigidità) e nel bedrock sismico ( $V_s=700$  m/sec.) è stato considerato trascurabile l'effetto di decadimento dovuto al comportamento non lineare dei terreni; quindi si è assunto un comportamento elastico con smorzamento lineare costante desunto da dati bibliografici (Vinale et al., 1996).

## 9.5 Parametrizzazione geotecnica e verticali sismiche

Di seguito si riportano le stratigrafie utilizzate per il calcolo di scuotimento in superficie, il cui codice corrisponde a quello della relativa indagine sismica di riferimento.

| Verticale L1REMI1 (R01) Castelnovo di sottoPSAO01 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 12           | 1           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 28           | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 20           | 2           | 340        | 226        | 19.2                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 20           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                 | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L2REMI2 (R02) Castelnovo di sottoPSAO02 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 9            | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 6.5          | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 35.5         | 2           | 350        | 240        | 19.25                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 29           | 3           | 420        | 352        | 19.6                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                 | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L3REMI3 (R03) Castelnovo di sottoPSAO03 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 10           | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 15           | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 26           | 2           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 14           | 3           | 380        | 286        | 19.4                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 15           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                 | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L3REMI3 (R03) Castelnovo di sottoPSAO03 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 14.5         | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 16.5         | 3           | 380        | 286        | 19.4                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 29           | 3           | 360        | 255        | 19.3                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 15           | 3           | 370        | 270        | 19.35                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 12           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 11           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                 | 12           | .           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L5REMI5 (R05) Castelnovo di sottoPSAO05 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 10           | 2           | 250        | 119        | 18.75                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 8            | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 27           | 2           | 340        | 226        | 19.2                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 39           | 3           | 360        | 255        | 19.3                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 16           | 3           | 370        | 270        | 19.35                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 7            | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 7                                                 | 6            | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 8                                                 | 7            | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 9                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L7REMI7 (R07) Castelnovo di sottoPSAO07 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 7            | 1           | 180        | 61         | 18.40                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 7            | 1           | 160        | 48         | 18.30                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 8            | 2           | 320        | 199        | 19.10                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 31           | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 27           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 20           | 3           | 500        | 510        | 20.00                  | 2                                   | -                                            |
| 7                                                 | 20           | -           | 600        | 771        | 21.00                  | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22.00                  | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L7REMI7 (R07) Castelnovo di sottoPSAO07 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 10           | 1           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 12           | 2           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 35           | 3           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 23           | 3           | 380        | 286        | 19.4                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 10           | -           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 10           | -           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                 | 10           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L9REMI9 (R09) Castelnovo di sottoPSAO09 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|---------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                             | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                 | 6            | 1           | 150        | 42         | 18.25                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                 | 12           | 2           | 220        | 92         | 18.6                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                 | 19           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                 | 33           | 3           | 370        | 270        | 19.35                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                 | 25           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                 | 8            | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                 | 7            | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                 |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L11REMI11 (R11) Castelnovo di sottoPSAO11 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 10           | 2           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 10           | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 25           | 2           | 310        | 187        | 19.05                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 35           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L12REMI12 (R12) Castelnovo di sottoPSAO12 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 8.5          | 2           | 220        | 92         | 18.6                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 8.5          | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 16           | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 24           | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 33           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L13REMI13 (R13) Castelnovo di sottoPSAO13 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 3            | 1           | 160        | 48         | 18.3                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 10           | 2           | 230        | 101        | 18.65                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 14           | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 31           | 2           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 33           | 2           | 300        | 174        | 19                     | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 9            | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 7                                                   | 5            | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 8                                                   | 5            | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 9                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L14REMI14 (R14) Castelnovo di sottoPSAO14 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 5.5          | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 6.5          | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 7            | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 34           | 3           | 340        | 226        | 19.2                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 37           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L15REMI15 (R15) Castelnovo di sottoPSAO15 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 7            | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 6.5          | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 9.5          | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 24           | 3           | 360        | 255        | 19.3                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 23           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L17REMI17 (R17) Castelnovo di sottoPSAO17 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 8.5          | 2           | 220        | 92         | 18.6                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 12.5         | 2           | 230        | 101        | 18.65                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 20           | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 49           | 3           | 420        | 352        | 19.6                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L18REMI18 (R18) Castelnovo di sottoPSAO18 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 5            | 2           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 3            | 1           | 160        | 48         | 18.3                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 6            | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 13           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 43           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L19REMI19 (R19) Castelnovo di sottoPSAO19 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 16           | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 10           | 2           | 230        | 101        | 18.65                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 19           | 2           | 300        | 174        | 19                     | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 25           | 3           | 440        | 389        | 19.7                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L20REMI20 (R20) Castelnovo di sottoPSAO20 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 17           | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 9            | 2           | 240        | 110        | 18.7                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 19           | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 20           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L21REMI21 (R21) Castelnovo di sottoPSAO21 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 9            | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 9            | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 20           | 3           | 370        | 270        | 19.35                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 32           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L22REMI22 (R22) Castelnovo di sottoPSAO22 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 13           | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 7            | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 42           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 18           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L23REMI23 (R23) Castelnovo di sottoPSAO22 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 11.5         | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 6.5          | 2           | 250        | 119        | 18.75                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 16           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 26           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 30           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 30           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L24REMI24 (R24) Castelnovo di sottoPSAO24 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 20           | 1           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 12           | 2           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 23           | 2           | 360        | 255        | 19.3                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 25           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L25REMI25 (R25) Castelnovo di sottoPSAO24 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 12.5         | 1           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 7.5          | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 19           | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 31           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L26REMI26 (R26) Castelnovo di sottoPSAO26 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 12.5         | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 25.5         | 2           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 7            | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 25           | 3           | 440        | 389        | 19.7                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L28REMI28 (R28) Castelnovo di sottoPSAO28 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 9            | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 19           | 2           | 260        | 130        | 18.8                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 15           | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 37           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L29REMI29 (R29) Castelnuovo di sottoPSAO29 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 11.5         | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 4.5          | 2           | 240        | 110        | 18.7                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 30           | 3           | 380        | 286        | 19.4                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 29           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 22           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                    | 23           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                    | -            | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L30REMI30 (R30) Castelnuovo di sottoPSAO30 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 5            | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 8            | 3           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 17           | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 3            | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 27           | 3           | 460        | 427        | 19.8                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                    | 30           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                    | 30           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                    | -            | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L31REMI31 (R31) Castelnuovo di sottoPSAO31 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 8.5          | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 17.5         | 2           | 250        | 119        | 18.75                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 6            | 2           | 310        | 187        | 19.05                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 14           | 3           | 340        | 226        | 19.2                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 34           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                    | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                    | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                    | -            | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L32REMI32 (R32) Castelnuovo di sottoPSAO32 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 4.5          | 1           | 160        | 48         | 18.3                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 12           | 2           | 230        | 101        | 18.65                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 15.5         | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 27           | 3           | 340        | 226        | 19.2                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 11           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                    | 20           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 7                                                    | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 8                                                    | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 9                                                    | -            | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L35REMI35 (R35) Castelnuovo di sottoPSAO35 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 5.5          | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | 4.1                                 | -                                            |
| 2                                                    | 8.5          | 1           | 170        | 54         | 18.35                  | 4.3                                 | -                                            |
| 3                                                    | 37           | 2           | 310        | 187        | 19.05                  | 2.95                                | -                                            |
| 4                                                    | 29           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | 2.5                                 | -                                            |
| 5                                                    | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                    | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                    | -            | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L37REMI37 (R37) Castelnovo di sottoPSAO37 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 14           | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | 4.1                                 | -                                            |
| 2                                                   | 11           | 2           | 310        | 187        | 19.05                  | 2.95                                | -                                            |
| 3                                                   | 41           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | 2.5                                 | -                                            |
| 4                                                   | 14           | 3           | 420        | 352        | 19.6                   | 2.4                                 | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L38REMI38 (R38) Castelnovo di sottoPSAO38 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 8            | 1           | 160        | 48         | 18.3                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 4            | 2           | 280        | 151        | 18.9                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 13           | 3           | 350        | 240        | 19.25                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 25           | 2           | 310        | 187        | 19.05                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 360        | 255        | 19.3                   | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 7                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 8                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 9                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L40REMI40 (R40) Castelnovo di sottoPSAO40 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 6.5          | 1           | 150        | 42         | 18.25                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 8.5          | 2           | 250        | 119        | 18.75                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 7            | 2           | 240        | 110        | 18.7                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 25           | 2           | 290        | 162        | 18.95                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 33           | 3           | 410        | 335        | 19.55                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L42REMI42 (R42) Castelnovo di sottoPSAO42 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 20           | 2           | 230        | 101        | 18.65                  | 3.7                                 | -                                            |
| 2                                                   | 25           | 2           | 330        | 213        | 19.15                  | 2.85                                | -                                            |
| 3                                                   | 37           | 3           | 420        | 352        | 19.6                   | 2.4                                 | -                                            |
| 4                                                   | 18           | 3           | 440        | 389        | 19.7                   | 2.3                                 | -                                            |
| 5                                                   | 15           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 15           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L43REMI43 (R43) Castelnovo di sottoPSAO43 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 12           | 1           | 190        | 68         | 18.45                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 2            | 2           | 270        | 140        | 18.85                  | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 15           | 3           | 390        | 302        | 19.45                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 21           | 3           | 380        | 286        | 19.4                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                   | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                   | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L44REMI44 (R44) Castelnovo di sottoPSAO44 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|-----------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                               | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                   | 12           | 2           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                   | 12           | 1           | 180        | 61         | 18.4                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                   | 28           | 2           | 330        | 213        | 19.15                  | -                                   | -                                            |
| 4                                                   | 28           | 3           | 420        | 352        | 19.6                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                   | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 6                                                   | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 7                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L46REMI46 (R102) Castelnovo di sottoPSAO46 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 4.5          | 2           | 210        | 83         | 18.55                  | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 21.5         | 2           | 220        | 92         | 18.6                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 3            | 2           | 240        | 110        | 18.7                   | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 6            | 2           | 320        | 199        | 19.1                   | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 13           | 3           | 350        | 240        | 19.25                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                    | 12           | 3           | 370        | 270        | 19.35                  | -                                   | -                                            |
| 7                                                    | 20           | 3           | 400        | 318        | 19.5                   | -                                   | -                                            |
| 8                                                    | 20           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 9                                                    | 20           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 10                                                   |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

| Verticale L47REMI47 (R103) Castelnovo di sottoPSAO47 |              |             |            |            |                        |                                     |                                              |
|------------------------------------------------------|--------------|-------------|------------|------------|------------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------|
| Unità                                                | Spessore (m) | Litotipo n° | Vs (m/sec) | Gmax (MPa) | Peso di Volume (KN/mc) | Fattore di smorzamento iniziale (%) | Localizzazione e tipo del terremoto di input |
| 1                                                    | 15           | 1           | 200        | 75         | 18.5                   | -                                   | -                                            |
| 2                                                    | 2            | 2           | 240        | 110        | 18.7                   | -                                   | -                                            |
| 3                                                    | 2            | 2           | 300        | 174        | 19                     | -                                   | -                                            |
| 4                                                    | 23           | 2           | 350        | 240        | 19.25                  | -                                   | -                                            |
| 5                                                    | 18           | 3           | 430        | 370        | 19.65                  | -                                   | -                                            |
| 6                                                    | 25           | 3           | 500        | 510        | 20                     | 2                                   | -                                            |
| 7                                                    | 25           | -           | 600        | 771        | 21                     | 1.5                                 | -                                            |
| 8                                                    |              | -           | 700        | 1099       | 22                     | 0.5                                 | Outcrop                                      |

## 9.6 Definizione dei coefficienti di amplificazione sismica DGR 476/564-2021

La definizione dell'amplificazione del moto sismico tra bedrock sismico e superficie per ognuna delle zone identificate dai modelli in precedenza illustrati, è stata effettuata in ottemperanza alle indicazioni della DGR 476-21 in termini di:

- accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA<sub>0</sub>)
- intensità spettrale tra SI1: 0.1<T<0.5 sec, SI2: 0.5<T<1.0 sec, SI3: 0.5<T<1.5 sec, dove V è lo spettro di risposta in velocità, T il periodo
- intensità spettrale  $SA = \int_{T_1}^{T_2} PSA(T, \xi) dt$  tra SA1: 0.1<T<0.5 sec, SA2: 0.4<T<0.8 sec, SA3: 0.7<T<1.1 sec, SA4: 0.5<T<1.5 sec, dove A è lo spettro di risposta in accelerazione, T il periodo

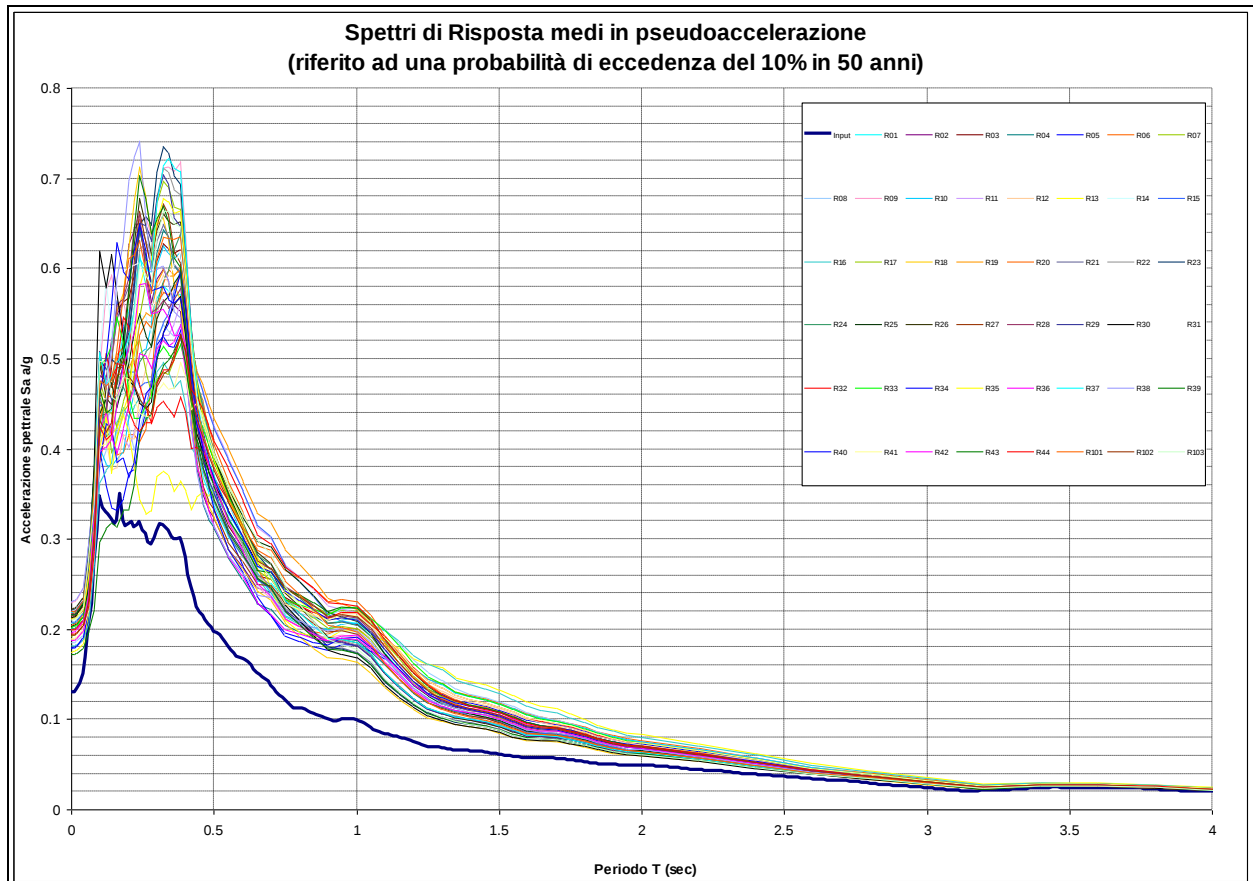
Oltre a detti fattori di amplificazione è stato determinato il livello di pericolosità sismica H<sub>SM</sub> (0.1<T<0.5 sec) e tra i periodi H 0.4<T<0.8; 0.7<T<1.1; 0.5<T<1.5 sec. e definiti come:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

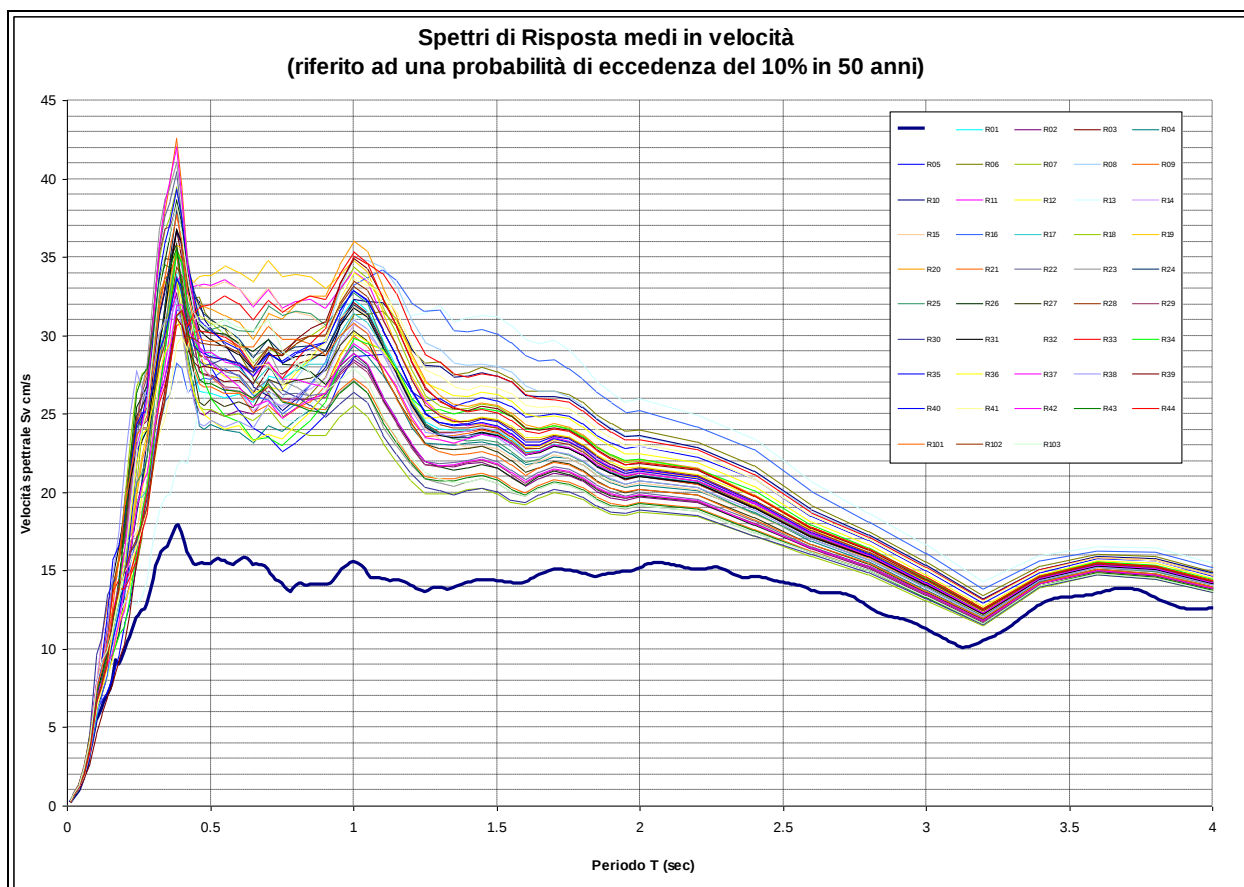
dove  $ASI_{UHS}$  è il valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per il corrispondente periodo e  $\Delta T$  l'intervallo in secondi, moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi.

Il parametro risultante evidenzia la severità del moto sismico in correlazione al danno potenziale atteso per effetto dei terremoti in esame.

I risultati ottenuti, espressi in forma grafica, sono di seguito visualizzati:



Spettri di risposta in superficie in termini di pseudoaccelerazione (PSA) definiti mediando i risultati degli spettri ottenuti applicando gli scuotimenti selezionati alle verticali sismico-stratigrafiche.



Spettri di risposta in superficie visualizzati in termini di pseudovelocità, PSV (smorzamento 5%). Le simulazioni presentano i maggiori valori di accelerazione nei periodi compresi tra 0,2 e 0,4 sec. I valori di amplificazione si mantengono comunque alti sino a periodi di circa 1.5 sec con un submassimo a circa 1.0 sec.

I risultati ottenuti sono esposti nella seguente tabella:

| N°              | pga<br>(g) | FPGA | SI      |         |         | SA      |         |         |         | HSM     |         |         |         |
|-----------------|------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                 |            |      | 0,1-0,5 | 0,5-1,0 | 0,5-1,5 | 0,1-0,5 | 0,4-0,8 | 0,1-0,5 | 0,4-0,8 | 0,1-0,5 | 0,5-1,5 | 0,7-1,1 | 0,5-1,5 |
| L1REMI1 (R01)   | 0.206      | 1.59 | 1.78    | 1.87    | 1.86    | 1.73    | 1.76    | 2.01    | 1.85    | 0.505   | 0.300   | 0.212   | 0.192   |
| L2REMI2 (R02)   | 0.219      | 1.69 | 1.8     | 1.75    | 1.7     | 1.8     | 1.68    | 1.84    | 1.7     | 0.523   | 0.287   | 0.193   | 0.177   |
| L3REMI3 (R03)   | 0.215      | 1.66 | 1.9     | 1.9     | 1.87    | 1.85    | 1.82    | 2.02    | 1.87    | 0.538   | 0.312   | 0.213   | 0.194   |
| L4REMI4 (R04)   | 0.207      | 1.59 | 1.8     | 1.68    | 1.71    | 1.75    | 1.61    | 1.81    | 1.69    | 0.509   | 0.276   | 0.190   | 0.175   |
| L5REMI5 (R05)   | 0.18       | 1.38 | 1.61    | 1.68    | 1.78    | 1.49    | 1.72    | 1.75    | 1.75    | 0.433   | 0.295   | 0.184   | 0.181   |
| L6REMI6 (R06)   | 0.199      | 1.54 | 1.76    | 1.87    | 1.95    | 1.63    | 1.91    | 1.92    | 1.93    | 0.474   | 0.326   | 0.202   | 0.200   |
| L7REMI7 (R07)   | 0.213      | 1.64 | 1.95    | 2.03    | 2       | 1.83    | 1.98    | 2.14    | 2       | 0.533   | 0.339   | 0.225   | 0.207   |
| L8REMI8 (R08)   | 0.185      | 1.43 | 1.64    | 1.91    | 2.03    | 1.55    | 1.8     | 2.07    | 1.98    | 0.452   | 0.308   | 0.218   | 0.206   |
| L9REMI9 (R09)   | 0.23       | 1.77 | 2.07    | 1.77    | 1.78    | 2.01    | 1.81    | 1.85    | 1.77    | 0.585   | 0.309   | 0.195   | 0.183   |
| L10REMI10 (R10) | 0.2        | 1.54 | 1.83    | 1.87    | 1.96    | 1.7     | 1.89    | 1.96    | 1.93    | 0.495   | 0.324   | 0.206   | 0.200   |
| L11REMI11 (R11) | 0.2        | 1.54 | 1.73    | 2.19    | 2.06    | 1.62    | 2.13    | 2.24    | 2.1     | 0.471   | 0.365   | 0.236   | 0.217   |
| L12REMI12 (R12) | 0.189      | 1.46 | 1.7     | 1.91    | 1.96    | 1.6     | 1.8     | 2.06    | 1.93    | 0.465   | 0.308   | 0.216   | 0.200   |
| L13REMI13 (R13) | 0.175      | 1.35 | 1.3     | 1.86    | 2.03    | 1.27    | 1.74    | 1.89    | 1.98    | 0.370   | 0.298   | 0.199   | 0.205   |
| L14REMI14 (R14) | 0.207      | 1.6  | 1.8     | 1.81    | 1.81    | 1.75    | 1.78    | 1.9     | 1.8     | 0.508   | 0.304   | 0.200   | 0.187   |
| L15REMI15 (R15) | 0.208      | 1.6  | 1.83    | 2.15    | 1.98    | 1.74    | 2.14    | 2.15    | 2.03    | 0.507   | 0.366   | 0.227   | 0.210   |
| L16REMI16 (R16) | 0.181      | 1.4  | 1.54    | 1.85    | 2.04    | 1.47    | 1.74    | 1.98    | 1.98    | 0.430   | 0.297   | 0.209   | 0.205   |
| L17REMI17 (R17) | 0.193      | 1.48 | 1.66    | 1.9     | 1.86    | 1.59    | 1.85    | 1.99    | 1.87    | 0.463   | 0.316   | 0.209   | 0.194   |
| L18REMI18 (R18) | 0.218      | 1.68 | 1.88    | 1.65    | 1.57    | 1.87    | 1.66    | 1.67    | 1.6     | 0.544   | 0.283   | 0.176   | 0.165   |
| L19REMI19 (R19) | 0.212      | 1.63 | 1.9     | 2.28    | 2.11    | 1.8     | 2.21    | 2.32    | 2.16    | 0.524   | 0.378   | 0.245   | 0.224   |
| L20REMI20 (R20) | 0.205      | 1.58 | 1.83    | 2.15    | 2.09    | 1.74    | 2.05    | 2.28    | 2.1     | 0.506   | 0.351   | 0.240   | 0.218   |
| L21REMI21 (R21) | 0.219      | 1.69 | 1.89    | 1.76    | 1.67    | 1.86    | 1.75    | 1.79    | 1.69    | 0.541   | 0.300   | 0.188   | 0.175   |
| L22REMI22 (R22) | 0.215      | 1.66 | 1.99    | 1.82    | 1.74    | 1.91    | 1.85    | 1.85    | 1.76    | 0.555   | 0.316   | 0.195   | 0.183   |
| L23REMI23 (R23) | 0.222      | 1.71 | 2.07    | 1.87    | 1.72    | 1.98    | 1.96    | 1.83    | 1.77    | 0.576   | 0.336   | 0.192   | 0.183   |
| L24REMI24 (R24) | 0.2        | 1.54 | 1.85    | 2       | 1.91    | 1.75    | 2       | 2.06    | 1.94    | 0.509   | 0.342   | 0.217   | 0.201   |
| L25REMI25 (R25) | 0.204      | 1.57 | 1.81    | 2.1     | 1.96    | 1.73    | 2.01    | 2.17    | 2       | 0.503   | 0.344   | 0.228   | 0.207   |
| L26REMI26 (R26) | 0.223      | 1.72 | 2       | 1.93    | 1.79    | 1.91    | 1.97    | 1.93    | 1.83    | 0.558   | 0.337   | 0.203   | 0.190   |
| L27REMI27 (R27) | 0.215      | 1.65 | 1.88    | 1.82    | 1.78    | 1.83    | 1.73    | 1.93    | 1.78    | 0.533   | 0.296   | 0.204   | 0.184   |

| N°               | pga<br>(g) | FPGA | SI      |         |         | SA      |         |         |         | HSM     |         |         |         |
|------------------|------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                  |            |      | 0,1-0,5 | 0,5-1,0 | 0,5-1,5 | 0,1-0,5 | 0,4-0,8 | 0,1-0,5 | 0,4-0,8 | 0,1-0,5 | 0,5-1,5 | 0,7-1,1 | 0,5-1,5 |
| L28REMI28 (R28)  | 0.217      | 1.67 | 1.86    | 1.99    | 1.93    | 1.82    | 1.89    | 2.1     | 1.94    | 0.529   | 0.323   | 0.222   | 0.201   |
| L29REMI29 (R29)  | 0.216      | 1.67 | 1.95    | 1.79    | 1.72    | 1.89    | 1.79    | 1.83    | 1.73    | 0.549   | 0.306   | 0.193   | 0.180   |
| L30REMI30 (R30)  | 0.213      | 1.64 | 1.73    | 1.81    | 1.67    | 1.71    | 1.84    | 1.78    | 1.71    | 0.498   | 0.314   | 0.188   | 0.177   |
| L31REMI31 (R31)  | 0.22       | 1.7  | 1.92    | 1.96    | 1.89    | 1.86    | 1.93    | 2.03    | 1.9     | 0.542   | 0.330   | 0.214   | 0.197   |
| L32REMI32 (R32)  | 0.199      | 1.54 | 1.58    | 1.97    | 2.01    | 1.56    | 1.84    | 2.09    | 1.99    | 0.453   | 0.314   | 0.220   | 0.207   |
| L33REMI33 (R33)  | 0.202      | 1.56 | 1.68    | 2       | 2.06    | 1.63    | 1.9     | 2.12    | 2.03    | 0.475   | 0.324   | 0.223   | 0.211   |
| L34REMI34 (R34)  | 0.179      | 1.38 | 1.66    | 1.58    | 1.77    | 1.56    | 1.69    | 1.79    | 1.74    | 0.454   | 0.288   | 0.189   | 0.180   |
| L35REMI35 (R35)  | 0.212      | 1.63 | 1.95    | 1.98    | 1.93    | 1.83    | 1.96    | 2.07    | 1.94    | 0.534   | 0.335   | 0.218   | 0.201   |
| L36REMI36 (R36)  | 0.197      | 1.52 | 1.69    | 1.69    | 1.76    | 1.64    | 1.61    | 1.82    | 1.73    | 0.477   | 0.275   | 0.191   | 0.179   |
| L37REMI37 (R37)  | 0.219      | 1.69 | 2.02    | 1.87    | 1.76    | 1.93    | 1.9     | 1.89    | 1.79    | 0.561   | 0.325   | 0.199   | 0.186   |
| L38REMI38 (R38)  | 0.231      | 1.78 | 1.85    | 1.77    | 1.78    | 1.86    | 1.64    | 1.92    | 1.76    | 0.542   | 0.280   | 0.202   | 0.183   |
| L39REMI39 (R39)  | 0.172      | 1.33 | 1.53    | 1.99    | 1.99    | 1.41    | 1.84    | 2.16    | 1.98    | 0.410   | 0.314   | 0.227   | 0.205   |
| L40REMI40 (R40)  | 0.22       | 1.69 | 1.88    | 1.96    | 1.92    | 1.86    | 1.87    | 2.07    | 1.93    | 0.541   | 0.321   | 0.218   | 0.200   |
| L41REMI41 (R41)  | 0.19       | 1.46 | 1.62    | 1.98    | 2.01    | 1.54    | 1.91    | 2.06    | 2       | 0.450   | 0.327   | 0.217   | 0.207   |
| L42REMI42 (R42)  | 0.187      | 1.44 | 1.68    | 1.78    | 1.77    | 1.59    | 1.78    | 1.84    | 1.78    | 0.464   | 0.305   | 0.194   | 0.184   |
| L43REMI43 (R43)  | 0.216      | 1.66 | 1.91    | 1.76    | 1.66    | 1.86    | 1.76    | 1.78    | 1.69    | 0.542   | 0.301   | 0.187   | 0.175   |
| L44REMI44 (R44)  | 0.194      | 1.5  | 1.66    | 2.18    | 2.09    | 1.57    | 2.06    | 2.27    | 2.11    | 0.458   | 0.353   | 0.239   | 0.218   |
| L45REMI45 (R101) | 0.22       | 1.69 | 1.95    | 2       | 1.87    | 1.88    | 1.96    | 2.05    | 1.9     | 0.548   | 0.336   | 0.215   | 0.197   |
| L46REMI46 (R102) | 0.194      | 1.49 | 1.65    | 2       | 1.96    | 1.58    | 1.9     | 2.11    | 1.96    | 0.460   | 0.325   | 0.222   | 0.203   |
| L47REMI47 (R103) | 0.21       | 1.62 | 1.95    | 1.96    | 1.77    | 1.86    | 2.01    | 1.91    | 1.83    | 0.541   | 0.343   | 0.202   | 0.190   |

Fattori di amplificazione dell'intensità spettrale determinati per ogni verticale sismostratigrafica per i vari intervalli di periodo. Tali fattori di amplificazione sono stati determinati considerando come spettro di riferimento quello definito dalle DGR ER 476 e 564/2021.

## 9.7 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione massima orizzontale Fa PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA<sub>0</sub>, elaborata per tutto il territorio comunale visualizzata, nelle relative tavole: Tavv. 2.1.1-2.1.5 evidenzia che la superficie di Castelnovo di Sotto è prevalentemente caratterizzata da FaPGA=1.5-1.6; nell'ambito di detto intervallo fanno eccezione aree di estensione inferiore contraddistinte dai valori relativi minori di FaPGA=1.3-1.4, quali la parte nord occidentale del capoluogo, il settore ad est dello stesso al confine comunale orientale, la zona sud ovest circostante l'intersezione Strada Baiocca/Canale di Risalita, l'area nord orientale tra Cavo Smorchio e Scolo Campo: I valori di massimo relativo equivalenti a FaPGA=1.7-1.8 caratterizzano la fascia sud nord centro orientale del territorio dal confine sud - sud est: parte meridionale orientale ZI capoluogo-intersezione Canale Castelnovo/via Corte Traghetino, a sud Cogruzzo, e la porzione nord ovest - nord di Strada Piave all'estremità settentrionale della superficie comunale; analoghi fattori di amplificazione individuano l'area a nord est del capoluogo tra Strada Fontanese - Strada Casanova e via Zoppellazzo - via Pescatora.

La distribuzione territoriale dei valori di FaPGA non evidenzia correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi massimi relativi territoriali dell'estremità meridionale orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite occidentale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest - nord est: Cella - Cà del Bosco di Sotto - Novellara.

## **9.8 Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner**

In funzione delle tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale gli elaborati in analisi, relativi agli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 3÷4 piani per le strutture a telaio in c.a. e sino a 4 ÷ 5 piani per gli edifici in muratura, che sono caratterizzati principalmente dai periodi  $0.1 < T < 0.3$  sec, sono significativi per indirizzare le aree di previsto sviluppo/completamento urbanistico. Dette informazioni consentono di individuare le preferenziali scelte a destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec sono inferiori; analogamente tale criterio di privilegio di utilizzo per i valori di FH minori nell'intervallo  $T \leq 0.5$  sec. è significativo per le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nelle valutazioni del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e consente di definire le priorità di previsione degli interventi di adeguamento/messa in sicurezza sismica.

In conformità a quanto previsto nelle DGR 1936/2023 e DGR 564/2021, degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (2008) sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli FH  $0.1 < T < 0.5$  sec, FH  $0.5 < T < 1.0$  sec e FH  $0.5 < T < 1.5$  sec.

Le tipologie edilizie prevalentemente presenti nel territorio comunale di Castelnovo di Sotto evidenziano che gli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 5÷6 piani per le strutture a telaio in CA o in muratura e fabbricati industriali con altezze sotto trave inferiori a 7 m, sono caratterizzati principalmente dai periodi  $0.1 < T < 0.5$  sec. Gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo con altezze sotto trave  $> 8$  m, gli edifici a telaio in C.A. oltre 7 piani, manufatti stretti e alti tipo torri, campanili, magazzini verticali ecc, sono contraddistinti in prevalenza dai periodi  $0.5 < T < 1.0$  sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec. sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenza per i valori di FH minori: Intervallo  $0.5 < T < .,0$  sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di parti del territorio ad uso produttivo.

## **9.9 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner in termini di pseudo velocità nell'intervallo FH $0.1 < T < 0.5$ sec**

La distribuzione generale dei valori di FH in tale intervallo (Tavv. 2.2.1-2.2.5), denota un significativo campo di variabilità dei fattori di amplificazione e nella suddivisione delle aree di massimo e minimo è simile a quelli della F.PGA.

Il territorio comunale è caratterizzato in percentuali circa equivalenti tra i medi minori e medi maggiori con una tendenziale prevalenza dei parametri di amplificazione medi minori.

Questi ultimi corrispondenti a  $FH=1.7-1.8$  contraddistinguono principalmente la parte centrale – centro occidentale, la fascia orientale a nord della SP 40 e quella sud ovest – nord est Fontanese – Cornetole – Campo Ranieri/La Missione nella parte settentrionale del territorio comunale, l'analoga area estesa nella medesima direzione che si sviluppa da Meletole al confine nord est. In tale ambito si differenziano zone di inferiore intensità caratterizzati dai minimi relativi di  $FH=1.5-1.6$  a nord ovest capoluogo nella quale si riscontrano i minimi territoriali tra la SP 358R e Strada Olartica, fascia orientale Tra Canale di Castelnovo Medio-Scolo Camporaniere Superiore a nord della SP 40, all'intorno dell'incrocio via Prato Bovino-via Cornetole. I fattori di amplificazione maggiori corrispondenti a  $FH=1.9-2.0$  caratterizzano la fascia sud nord centro orientale del territorio dal confine sud – sud est, rispettivamente parte meridionale orientale ZI capoluogo – intersezione Canale Castelnovo/via Corte Traghettono, la parte est di Cogruzzo/Cavo Fossetta di Cogruzzo, la fascia ovest – est che l'andamento della Fossa Marza sino al Canale Castelnovo Basso, il territorio a nord e ovest di Meletole all'estremità settentrionale del quale sono presenti i massimi territoriali di Castelnovo di Sotto equivalenti a  $FH=2.1-2.2$ .

La distribuzione territoriale dei valori di  $FH$  nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec non evidenzia correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi massimi relativi territoriali dell'estremità meridionale orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara.

#### **9.10 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.0$ sec**

La distribuzione territoriale dei valori di  $FH$  in tale intervallo (Tavv. 2.3.1-2.3.5), indica una perimetrazione areale simile a quella dell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec e quella della  $FH$   $0.1/0.5$  differenziandosi per una maggior estensione delle aree di medio massimo relativo corrispondente a  $FH=1.9 \div 2.0$ .

Queste ultime caratterizzano la fascia centrale estesa sud – nord del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo, Cornetole – Cogruzzo, Meletole; in detto ambito si distinguono superfici di minore estensione individuate da maggiori valori equivalenti a  $FH=2.1 \div 2.2$  che individuano la parte nord orientale del capoluogo, l'area a ovest di Cornetole a nord del Cavo Morella Inferiore, nel quale si riscontra il massimo territoriale di Castelnovo di Sotto corrispondente a  $FH=2.3 \div 2.4$  a ovest di Strada Badia; analoghi fattori di amplificazione descrivono la parte centrale occidentale di Meletole e l'area a nord est di detta frazione all'estremità nord orientale del confine comunale. I medi relativi inferiori identificano il settore a sud ovest del capoluogo e a sud dello stesso sede della parte meridionale della ZI, l'area a sud est del Canale di Castelnovo Alto; analoghi parametri individuano l'area a ovest di Madonna del Gazzo sino al confine nord ovest, la fascia sud nord che asseconda via Prato Bovino sino a sud Scuole Cogruzzo, la zona circostante intersezione

Strada prato Grande/carraia di Tubazione Formica, l'area nord orientale tra Cavo Smorchio – confine nord e est e quella a su della stessa tra Cavo Vecchia Fossetta – confine est, la fascia adiacente al confine comunale nord ovest con Poviglio.

La distribuzione territoriale dei valori di FH nell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi minori relativi territoriali dell'estremità meridionale orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara.

#### **9.11 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.5$ sec**

La distribuzione territoriale dei valori di FH in tale intervallo (Tav. 2.4.1–2.4.5) evidenzia similitudini con quella FH 0.5/1.0 sec ma differenziandosi con l'ampliamento delle aree con valori di amplificazione relativa inferiori.

Il territorio di Castelnovo di Sotto è caratterizzato in percentuale circa equivalente dai valori di FH=1.9–2.0 e FH=1.8–1.9 con tendenziale moderata prevalenza di questi ultimi. I fattori relativi maggiori caratterizzano il settore centro meridionale esteso ovest – est al quale appartiene il capoluogo ad eccezione della sua ZI sud est, l'analoga fascia ovest – est Cornetole – Cogruzzo dal confine comunale orientale a quello occidentale, dove in quest'ultimo si evidenzia il massimo territoriale di Castelnovo di Sotto corrispondente a FH=2.1–2.2; analoghe condizioni individuano la fascia sud ovest – nord est Meletole – estremità confine comunale nord est.

La rimanente parte della superficie comunale è identificata da FH=1.7÷1.8 e si caratterizza con il minimo territoriale comunale corrispondente a FH=1.5÷1.6 nel settore occidentale centrale tra Strada Pescatora e Strada Gazzaro che asseconda via Fontanese.

La moderata variabilità della distribuzione territoriale dei valori di FH nell'intervallo  $0.5 < T < 1.5$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i minimi relativi territoriali dell'estremità meridionale orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara.

#### **9.12 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA $0.1 < T < 0.5$ sec**

La distribuzione generale dei valori di FA nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec (Tavv. 2.5.1–2.5.5) indica un andamento tendenzialmente somigliante a quello dei valori medi relativi di FH=0.1–0.5 sec ma con minori estensioni delle aree contraddistinte dai massimi territoriali:

FA=2.1–2.2. Questi ultimi si osservano nella parte settentrionale nord di Meletole e fascia ovest – est asseccante Fossa Marza – Diversivo Cornetole, l'area estesa sud nord dall'intersezione Canale Castelnuovo Alto/via Corte Traghetino al confine sud orientale, a Strada Pasubio, Cogruzzo, e che a sud di Strada Argine Canalino si allarga a ovest sino a via Prato Bovino; analoghi fattori individuano la zona ovest di Madonna del Gazzo tra via Peschiera – Strada Gazzaro e Strada Casanova – via Fontanese, la fascia sud ovest – nord est nel settore sud del capoluogo tra via E. Fermi – via A. Volta. I fattori medi minori FA=1.5–1.6 identificano la parte centro settentrionale del capoluogo e la fascia a occidente dello stesso sino a Strada Pescatora e la zona a sud ovest della medesima sino ai confini comunali. In detto ambito a occidente della SP 39 –SP 358R sino a Strada Orlatica è presente un minimo territoriale corrispondente a FA=1.3–1.4; a settentrione di quest'ultimo l'area con FA=1.5–1.6 si estende a nord ovest asseccando la SP 358R sino al confine comunale con Poviglio. Equivalenti fattori di amplificazione caratterizzano la fascia sud – nord nel settore orientale tra confine con Cà del Bosco di Sopra e Cavo Fossetta Vecchia che include un minimo di FA=1.3–1.4 all'intorno dell'intersezione Strada Camporanieri – Canale di Castelnuovo Alto; analoghi valori medio minori di FA=1.5–1.6 individuano l'area all'intorno dell'incrocio via Cornetole – via Prato Bovino e quella a nord est capoluogo a oriente dell'incrocio SP 40 – Strada Sant'Abbondio. La rimanente parte del territorio comunale alla quale appartengono la parte centrale meridionale del capoluogo, Cogruzzo, Meletole, è identificata dai valori di amplificazione medio elevati di FA=1.7–1.8.

La distribuzione territoriale dei valori di FA nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi massimi relativi territoriali dell'estremità meridionale orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara.

### **9.13 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.4 < T < 0.8$ sec**

Le distribuzioni areali di fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo  $0.4 < T < 0.8$  sec (Tavv. 2.6.1-2.6.5) sono tendenzialmente simili a quelli di FH  $0.5 < T < 1.0$  sec nelle individuazioni delle zone di massimo nella fascia sud nord centro orientale, nella parte settentrionale e al limite del confine occidentale centro settentrionale, del confine meridionale orientale del territorio, mentre si differenziano in quella sud occidentale e fascia orientale, nelle quali aumentano le estensioni delle zone con valori inferiori, similmente si distinguono nelle zone sopra descritte per una diminuzione delle estensioni delle aree con i medi maggiori.

Queste ultime che individuano i medi massimi relativi di FA=1.9–2.0 nella parte orientale del capoluogo: est via S. Biagio – V.le S. Andrea – via Prato Bovino, e occidentale centro settentrionale: ovest Cornetole, si caratterizzano con i massimi territoriali

corrispondenti a  $FA=2.1\div 2.2$ ; analoghi medi massimi, oltre alle zone sopra indicate, identificano la fascia occidentale centro meridionale che si estende assecondando via Casanova, l'estremità al confine sud occidentale, l'area al bordo sud orientale a est si San Savino: intersezione Canale Castelnovo Alto/via Peschiera. Le rimanenti parti del territorio comunale, alle quali appartengono il settore nord occidentale capoluogo e zone ad occidente dello stesso e area a nord ovest circa compresa tra la SP 358R – via Fontanese, la fascia meridionale e orientale estesa concordemente ai confini comunali di detta zona – Canale dei Mulini, individuano i medi inferiori equivalenti a  $FA=1.7-1.8$ ; detti ambiti si caratterizzano con i minimi territoriali corrispondenti a  $FA=1.5-1.6$  nella zona a sud ovest capoluogo compresa tra Strada Prati Melli – SP 39 – sud via Case Melli, e nell'area orientale centro settentrionale tra Canale di Castelnovo Sotto Basso – Scapinetta.

La distribuzione territoriale dei valori di FA nell'intervallo  $0.4 < T < 0.8$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi relativi inferiori territoriali dell'estremità meridionale orientale e confine orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. in tale zona con l'approssimarsi al limite sud occidentale della Dorsale Ferrarese demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara.

#### **9.14 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo $FA\ 0.7 < T < 1.1$ sec**

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo  $0.7 < T < 1.1$  sec, (Tavv. 2.7.1-2.7.5) evidenziano una distribuzione areale tendenzialmente simile a quella della FH 0.5–1.0 sec nella fascia sud ovest – nord est nel settore centro occidentale della superficie comunale al quale appartiene la parte orientale centro settentrionale del capoluogo: nord via Bersaglio – est via A. Fogazzaro – V.le Repubblica – via Prato Bovino, nell'area occidentale centro settentrionale: ovest Cogruzzo, nella fascia sud ovest – nord est tra Meletole e confine nord orientale, identificate dai medi maggiori comunali corrispondenti a  $FA=2.1-2.2$ ; detti ambiti si caratterizzano con i massimi territoriali di  $FA=2.3-2.4$  nell'area occidentale centro settentrionale: ovest di Cornetole e nella zona a ovest dell'incrocio via A. Costa – via A. Alberici, Meletole. La rimanente parte del territorio, che rappresenta la maggior parte della superficie comunale, è caratterizzata dai medi relativi inferiori equivalenti a  $FA=1.9-2.0$ ; a detta zona appartengono le porzioni settentrionali e meridionali del capoluogo, la fascia sud est – nord ovest a settentrione di Madonna del Gazzo che asseconda la SP 358R, Cogruzzo, l'area a nord di Meletole, fasce adiacenti ai confini comunali occidentali, meridionali e orientali; in tali ambiti si riscontrano i fattori di amplificazione inferiori del territorio in narrativa equivalenti a  $FA=1.7-1.8$ , che individuano la fascia a sud ovest capoluogo che asseconda via Case Melli /via Baiocca, l'area a ovest di Madonna del Gazzo, la zona circostante l'incrocio Strada Gazzo – via Prato Bovino a nord capoluogo, e quella circostante l'intersezione Strada Prato Grande/carraia di Tubazione Formica a nord di Cogruzzo, gli areali di minore stensione all'intorno dell'intersezione

Diramazione sx Tubazione Camporanieri/Cavetto Camporanieri e Canale di Castelnuovo Medio/Condotto Nuovo.

La distribuzione territoriale dei valori di FA nell'intervallo  $0.7 < T < 1.1$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra i medi relativi inferiori territoriali alle fasce al confine meridionale orientale e orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. in tale zona con l'approssimarsi al limite sud occidentale della Dorsale Ferrarese demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara; quanto esposto tendenzialmente concorda con influenze relative maggiori correlate alle minori profondità dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico.

#### **9.15 Carta dei fattori di amplificazione in termini di pseudo accelerazione nell'intervallo FA $0.5 < T < 1.5$ sec**

I valori dei fattori di amplificazione dello spettro in accelerazione FA nell'intervallo  $0.5 < T < 1.5$  sec, (Tavv. 2.8.1-2.8.5), evidenziano una distribuzione areale simile/equivalente a quella FH 0.5/1.5 sec con modeste diversità delle estensioni delle aree con i valori di amplificazione relativa inferiori,

Il territorio di Castelnuovo di Sotto è caratterizzato in percentuale circa equivalente dai valori di FA=1.9–2.0 e FA=1.7–1.8 con moderata prevalenza di questi ultimi.

I fattori medi relativi maggiori caratterizzano il settore centro meridionale esteso ovest – est al quale appartiene il capoluogo ad eccezione della sua ZI sud est, l'analoga fascia ovest – est Cornetole – Cogrizzo dal confine comunale orientale a quello occidentale, dove in quest'ultimo si evidenzia un massimo territoriale di Castelnuovo di Sotto corrispondente a FA=2.1÷2.2; angola condizione di massimo relativo identifica l'areale a nord est del capoluogo tra S. Antonio e il Palazzo,; equivalenti situazioni individuano la fascia sud ovest – nord est Meletole – estremità confine comunale nord est, nella quale a ovest dell'incrocio via A Alberici – via A. Costa è presente un massimo relativo.

La rimanente parte della superficie comunale, di estensione prevalente, è identificata da FA=1.7÷1.8 e si caratterizza con il minimo territoriale comunale corrispondente a FA=1.5÷1.6 nel settore occidentale centrale tra Strada Pescatora e Strada Gazzaro che asseconda via Fontanese.

La moderata variabilità della distribuzione territoriale dei valori di FA nell'intervallo  $0.5 < T < 1.5$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico ad eccezione di un'indicativa tendenziale corrispondenza tra le fasce dei medi relativi inferiori ai bordi del confine comunale meridionale e sud orientale con la moderata diminuzione in spessore delle sequenze che formano il S.E.R.S. con l'approssimarsi al limite sud occidentale della Dorsale Ferrarese, demarcato dallo sovrascorrimento sud ovest – nord est: Cella – Cà del Bosco di Sotto – Novellara; quanto esposto tendenzialmente concorda con influenze relative maggiori correlate alle minori profondità rispetto alla superficie dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico.

### **9.16 LIVELLO DI PERICOLOSITA' SISMICA HSM**

In funzione dei fattori, di amplificazione in termini di accelerazione FA e dei parametri della griglia Ag-ASI – INGV sono stati determinati i valori del livello di pericolosità sismica (Naso et Alii; 2019) mediante la relazione:

$$H_{SM} = (ASI_{UHS}/\Delta T) \cdot FA$$

nella quale il valore ASI di griglia definito per l'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec corrisponde a 0.4 sec.

Le classi delle soglie di pericolosità sismica adottate sono riferite a quelle proposte da RER.

Oltre a queste si è fatto riferimento anche alle classi proposte in “*Maps for land management: from geological to seismic hazard* (Naso, Martelli et Alii; 2019)”; in “*Lo stato dell'arte della microzonazione sismica in Italia e prospettive future*” (G. Naso; 2019; BO – RER).

Le classi di  $H_{SM}$  – H nelle aree di pianura comprendono gli incrementi per effetti della topografia.

### **9.17 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo HSM: $0.1 < T < 0.5$ sec**

La distribuzione areale dei valori di  $H_{SM}$  nell'intervallo  $0.1 < T < 0.5$  sec, (Tavv. 2.9.1-2.9.5) evidenzia che il territorio di Castelnovo di Sotto è prevalentemente caratterizzato dalla classe di pericolosità potenziale moderata:  $H_{SM}=0.39 \div 0.54$  g e subordinatamente dalla classe moderato alta:  $H_{SM}=0.55 \div 0.70$  g, con modesta presenza della classe moderato bassa  $H_{SM}=0.22 \div 0.38$  g.

Come evidenziato nelle elaborazioni dei fattori di amplificazione FaPGA, FH, FA, i valori relativi maggiori  $H_{SM}=0.57 \div 0.55$  g caratterizzano la fascia sud nord del settore centro orientale del territorio e quella ovest est che asseconda il Diversivo Cornetole, le zone a settentrione di Meletole. La prima di queste, contraddistinta dai relativi maggiori:  $H_{SM}=0.57$ g, si estende dal confine sud est: intersezione Canale Castelnovo Alto/via Corte Traghetto a parte est di Cogruzzo/Canale di Cogruzzo – Scolo Braglia, e a sud di detta frazione si allarga a ovest sino a via Prato Bovino nell'area a nord della Fossetta Montana; la fascia che asseconda il Diversivo Cornetole individuata da  $H_{SM}=0.55$ g, si estende da via Prato Bovino alla Fossetta di Cogruzzo; equivalenti valori identificano la parte di territorio a nord est di Meletole sino ai confini comunali.

Alla prevalente parte della superficie comunale, caratterizzata dalla classe moderata:  $H_{SM}=0.47 \div 0.54$  g, appartengono il capoluogo, le frazioni di Cornetole, Cogruzzo, Meletole, le zone a destinazione produttiva e principali aree edificate; detto ambito include la zona identificata dal minimo territoriale corrispondente alla classe moderato bassa:  $H_{SM}=0.38$  g che individua il settore nord occidentale del capoluogo a ovest della SP 39 – via E. Curiel che si amplia sino a Strada Bezzecca – Strada Orlatica.

La moderata variabilità della distribuzione territoriale dei valori di  $H_{SM}$  non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico; è osservabile un'indicativa tendenziale correlazione tra la fascia sud nord del settore centro orientale a classe moderata, con la simile estensione areale delle zone con profondità relativa maggiore del tetto dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico.

## 10 TERZO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

La superficie delle aree oggetto di approfondimento di III° livello riveste il 45 % del territorio comunale.

### **10.1 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.4 < T < 0.8$ sec**

Le distribuzioni territoriali di fattori di  $H$  nell'intervallo  $0.4 < T < 0.8$  sec, (Tavv. 2.10.1-2.10.5) evidenziano che la netta prevalenza del territorio compreso nello sviluppo è caratterizzata da pericolosità potenziale moderata:  $H=0.31 \div 0.33$  g. A detta classe appartengono il capoluogo ad eccezione della sua parte al bordo orientale, di seguito descritta, Cornetole, Cogruzzo, Meletole, le zone a destinazione produttiva e principali aree edificate.

Si differenziano due zone a classe di pericolosità potenziale moderato alta:  $H=0.36 \div 0.38$  g, che identificano il settore orientale del capoluogo: aree a est di via G. Galilei – via T. Tasso – via F. Petrarca – via A. Moro – Strada Sant'Abbondio, e che si estende per larghezza di 700/750 m a nord di via Peschiera, si riduce in direzione meridionale progressivamente a 500 m sino a Strada Saldine e a sud della stessa diminuisce gradualmente a 200 m in prossimità di via A. Volta. Equivalente classificazione individua la parte occidentale di Cornetole latitante Strada Badia.

La moderata variabilità della distribuzione territoriale dei valori di  $H$   $0.4 < T < 0.8$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico; è osservabile un'indicativa tendenziale correlazione tra la fascia sud nord al bordo orientale del capoluogo con la simile estensione della zona con profondità relativa maggiore del tetto dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico.

### **10.2 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H: 0.7 < T < 1.1$ sec**

La distribuzione territoriale dei valori di  $H$  nell'intervallo  $0.7 < T < 1.1$  sec, (Tavv. 2.11.1-2.11.5) evidenzia che il territorio compreso nello sviluppo è caratterizzato in netta prevalenza da pericolosità potenziale moderata:  $H=0.18-0.22$  g, ed in percentuale subordinata da pericolosità moderato alta:  $H=0.23-0.24$  g.

I valori relativi maggiori:  $H=0.23-0.24$  g, identificano la parte centro settentrionale orientale del capoluogo: est di via E. Montale – sud est via della Conciliazione – est V.le S.Andrea/Strada Argine Canalino, la zona a sud est – est di Cogruzzo: est Strada Pasubio, ovest di Cornetole latitante Strada Badia, area di modesta estensione a occidente dell'incrocio

via A. Alberici – via A. Costa in Meletole. La rimanente parte del territorio, che costituisce la maggior parte della superficie comunale, è caratterizzata da pericolosità potenziale moderata:  $H=0.18-0.22$  g; a quest'ultima appartengono le zone meridionali, occidentali e settentrionali del capoluogo, Cogruzzo, Cornetole, Meletole, zone a destinazione produttiva e principali ambiti edificati.

La moderata variabilità della distribuzione territoriale dei valori di  $H$   $0.7 < T < 1.1$  sec non evidenzia palesi correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico; è osservabile un'indicativa tendenziale correlazione tra l'area sud ovest – nord est della parte nord orientale del capoluogo e ad est di Cogruzzo con la simile estensione della zona con profondità relativa maggiore del tetto dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico.

### **10.3 Carta del livello di pericolosità nell'intervallo $H$ : $0.5 < T < 1.5$ sec**

La totalità della superficie compresa nello sviluppo dei valori di  $H$  nell'intervallo  $0.5 < T < 1.5$  sec, (Tavv. 2.12.1-2.12.5) è caratterizzata da pericolosità potenziale moderata:  $H=0.18-0.22$  g.

La nulla variabilità della distribuzione territoriale dei valori di  $H$   $0.5 < T < 1.5$  sec indica l'assenza di correlazioni con l'assetto del substrato pliocenico e pre-pliocenico e con la profondità dell'unità con caratteristiche assimilabili al bedrock sismico; quanto esposto concorda con la modesta variazione in spessore del *S.E.R.S.* nel sottosuolo del territorio in narrativa.

## 11 RISENTIMENTO SISMICO – PERIODO FONDAMENTALE DI VIBRAZIONE PER MACRO TIPOLOGIE DI FABBRICATI

Le stime dei periodi principali dei fabbricati di seguito esposte, indicative per valutazioni in prima approssimazione per manufatti con caratteristiche strutturali “omogenee”, sono state sviluppate in riferimento sia a misurazioni dirette eseguite con metodo dei microtremori in edifici (effettuate dallo scrivente) ed a rilevazioni con vibrodine eseguite da *Distart UNI BO* alle quali sono state accoppiate in simultanea misurazioni con acquisizione di microtremori effettuate dallo scrivente.

In base al metodo di Analisi Lineare previste dalle vigenti NTC punto 7.3.3.2, ed esame critico di biografia scientifica in materia, la correlazione periodi/fabbricati è stimabile come di seguito esposto.

- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.1 – 0.3 sec:  
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie prevalenti nel settore ad uso civile realizzate in C.A., telaio C.A., aventi max 3/4 piani –  $H \leq 10$  m, edifici di 4/5 piani –  $H < 12$  m per le tipologie in muratura;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.3 – 0.5 sec:  
ricadono in questo intervallo le più comuni strutture a telaio in C.A. a 4/6 piani, e per estensione anche le prefabbricate tipiche del settore produttivo – manifatturiero commerciale/industriale aventi altezza sotto trave inferiore a sette metri;
- Fabbricati aventi periodo di vibrazione compreso nell'intervallo 0.5 – 1.0 sec:  
ricadono in questo intervallo le tipologie edilizie a torre tipicamente realizzate a telaio in C.A., fabbricati di oltre 6 piani e produttivi con altezza sotto trave maggiore di 7/8 m, e per estensione magazzini verticali e manufatti alti e stretti quali silos, torri di acquedotto, campanili, ecc.

Per i fabbricati che presentano periodo di vibrazione superiore a 1.0 sec sono da sviluppare approfondimenti mediante analisi con metodo approfondito di risposta sismica locale.

## 12 ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI

I risentimenti più rilevanti nel territorio di Castelnovo di Sotto sono quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 nel contesto dei quali detto comune ha risentito di effetti con  $I=7-8$ , ed in subordine a quelli del 1987/1996 (Bagnolo in Piano) che hanno indotto effetti  $I=6$ .

Le documentazioni storiche per i primi di detti sismi, con  $M_w$  5,48 – 5,51, attestano nel territorio Castelnovo di Sotto crolli parziali di molti edifici già danneggiati dal terremoto del 11/09/1831, in alcuni crollarono i tetti con collasso dei piani sottostanti, in altri fabbricati

---

<sup>4</sup> Si fa riferimento al metodo di Analisi lineare statica previsto dalle vigenti NTC 2018.

crollarono parti dei muri di facciata, in quasi tutti gli edifici insorsero ampie lesioni, molte famiglie rimasero senzatetto.

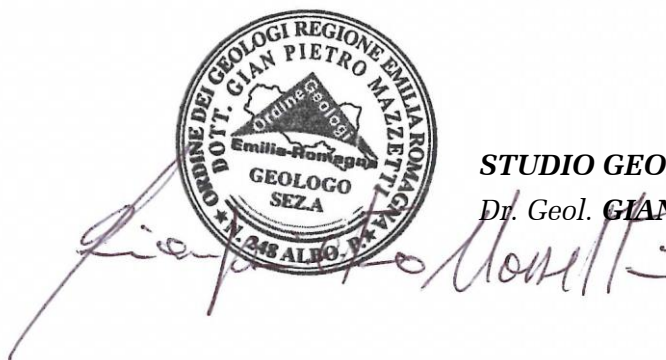
Nella chiesa parrocchiale di S. Andrea, già danneggiata al sisma del 1831 ed inseguito rinforzata, crollò parte della facciata e si verificarono lesioni e sconnessioni dei pilastri, degli archi e della volta all'interno dell'edificio di culto; insorsero gravi dissesti al campanile che divenne pericolante e la canonica fu resa inagibile. Gravi danni subì la chiesa della Madonna manifestatisi con ampie lesioni nelle pareti esterne e nella facciata, lesioni in volte e cappelle e dell'arco frontale dell'altare maggiore, divenne pericolante il campanile. Insorsero gravi lesioni nell'ospedale ed il fabbricato delle scuole crollò per metà e divenne totalmente inagibile; nella torre dell'orologio si aprirono lesioni verticali nel corpo centrale ed insorse un'inclinazione verso sud di oltre 10 cm, tali condizioni fecero decidere di procedere alla demolizione della sua parte più alta pericolante.

I danneggiamenti maggiori documentati nelle adiacenti aree testimoniano danni ai fabbricati, crepe, crolli di comignoli, crollo delle volte e del campanile della chiesa parrocchiale di Campegine e gravi danni alla canonica; nel territorio di Cadelbosco di Sopra insorsero danni a tutte le case, alle volte ed alla facciata della chiesa parrocchiale ed alla torre campanaria che dovettero essere successivamente smantellate, inagibilità della canonica, crollo di due piccoli edifici e di una piccola casa; si verificarono il crollo di parte della volta della chiesa parrocchiale di San Bernardino e il suo campanile divenne pericolante, crolli e lesioni a muri, volte di edifici civili e religiosi a Santa Vittoria; simili danni si manifestano nella chiesa parrocchiale di Sesso.

I risentimenti sismici maggiori registrati e documentati nel territorio di Castelnovo di Sotto sono correlabili al sommarsi degli effetti generati dagli scuotimenti in superficie che si sono sviluppati nel periodo di crisi sismica 1831/-1832

La documentazione storica dei risentimenti sismici nel territorio di Castelnovo di Sotto attesta che tutta l'area comunale edificata è stata diffusamente soggetta danni, parziali crolli; le più circostanziate testimonianze riguardano edifici ecclesiastici, campanili e pubblici presenti nel centro storico.

Le elaborazioni di microzonazione indicano una tendenziale correlazione dei risentimenti più gravosi con i fattori di amplificazione maggiori nell'intervallo  $FA\ 0.7 < T < 1.1$  sec. concordanti con le frequenze principali di campanili, torri, chiese, edifici con quattro/cinque piani, che precedentemente lesionati sono stati interessati da aumenti del periodo principale.



**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**

**Dr. Geol. GIAN PIETRO MAZZETTI**

## BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 200 REGGIO NELL'EMILIA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di M.PIZZOLO, S.SEGADELLI, S.C.VAIANI.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2016) alla scala 1:50.000, foglio 182 GUASTALLA ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di S.ROSSELLI, F.C.MOLINARI, P.SEVERI; InfoCartoGrafica – Piacenza, D.R.E.A.M. Italia
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 202 SAN GIOVANNI IN PERSICETO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di F.C. MOLINARI, M.PIZZOLO
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 201 MODENA. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G. GASPERI, M. PIZZOLO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2009) alla scala 1:50.000, foglio 220 CASALECCHIO DI RENO. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di L.MARTELLI, A.BERNINI, M.T.De NARDO.
- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2005) alla scala 1:50.000, foglio 199 PARMA SUD. ISPRA SGI Enti realizzatori Regione Emilia – Romagna SGSS, a cura di G DI DIO, S. LASAGNI, A. MARTINI, G.ZANZUCCHI.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – REGIONE TOSCANA – UNIVERSITA' DI SIENA 1240, AA.VV., 2013, Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'Appennino Tosco – Emiliano – Romagnolo e Val Padana. Centro Stampa – Regione Emilia-Romagna.
- NASO G. – MARTELLI L. – BRAGLIONE M. – CASTENETTO S. – D'INTIOSANTE V. – ERCOLESSI G. (2019), Maps for land management: from geology to seismic hazard, Boll. Geof. Teor. Appl., Vol.60, DOI 10.4430/bgta0263.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale 1939/2023 – Approvazione dei Contributi per la realizzazione e presentazione degli elaborati relativi a studi di Microzonazione Sismica e Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza.
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 564 del 21/04/2021 – Integrazione della propria Deliberazione N. 476 del 12 aprile 2021 mediante approvazione dell'Allegato A “Atto di coordinamento tecnico sugli studi di Microzonazione Sismica per la Pianificazione Territoriale e Urbanistica (Artt. 22 e 49, L.R. N. 24/2017).
- REGIONE EMILIA ROMAGNA – Delibera della Giunta Regionale n. 1936 del 13/11/2023 –O.C.D.P.C. 24 marzo 2023 N 978-approvazione dei criteri e delle indicazioni tecniche e procedurali per la presentazione e l'erogazione di contributi per studi di microzonazione sismica realizzati da comuni e unioni comuni.
- DISS Working Group (2021), Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.3.1: A compilation of potential sources for earthquakes than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.3.0.
- MARTELLI L. (coord.), BOVINI M. – CALABRESE L. – CORTI G. – ERCOLESSI G. – MOLINARI F.C. – PICCARDI L. – PONDRELLI S. – SANI F. – SEVERI P. (2017): Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna e Aree Limitrofe. Con note illustrative. Regione Emilia-Romagna, Servizio geologico, sismico e dei suoli, con note illustrative e CD, D.R.E.A.M. Italia.
- MAZZETTI G. P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Site effects in a narrow and faulted valley. Atti 41<sup>st</sup> GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G.P., GILLI S., MARTELLI L.; (2023): Possibili effetti di risonanza per convergenza di frequenza tra terreno e struttura: il caso di Castelnovo né Monti, Reggio Emilia. Atti 41<sup>st</sup> GNSTS National Conference, Bologna, febbraio 2023
- MAZZETTI G. P.; 2019: Opportunità della Microzonazione Sismica; Territori della Cultura pp 82-84, Centro Universitario Europeo per i Beni Culturali Ravello.
- MARTINELLI G., CHAHOUD A., DADOMO A., FAVA A.; (2014) Isotopic features of Emilia-Romagna Region (North Italy) Groundwaters: Environmental and climatological Implications. Articolo del 31 maggio 2014. Journal of Hydrology.
- CENTROGEO, G.P.MAZZETTI; 2018/2019: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Castelnovo di Sotto. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2025: Microzonazione sismica di III° livello del territorio Comunale di Novellara <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- CENTROGEO, G.P. MAZZETTI; 2019: Microzonazione sismica di II° livello del territorio Comunale di Cadelbosco di Spr, R.E. <http://www.ambiente-regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/microzonazione-sismica>.
- G.MARTINELLI, A.CHAHOUD, A.DADOMO, A.FAVA, 2014: Isotopic features of Emilia-Romagna region (North Italy) groundwaters: Environmental and climatological implications. Journal of Hydrology.
- L.MARTELLI, M.ROMANI; 2013: Microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza delle aree epicentrali dei terremoti della pianura emiliana di maggio giugno 2012. Relazione Illustrativa, (ordinanza del commissario delegato – presidente della Regione Emilia-Romagna n. 70/2012),
- A.FRAULINI, A.MANICARDI, B.MENGOLI C.UGOLETTI, G.P.MAZZETTI; 2013: Riduzione del rischio: esiti della microzonazione sismica nelle carte e norme degli strumenti urbanistici. Atti 32° GNSTS, Trieste.
- A.SPERONI (2016-2024) Indagini Geognostiche e Relazioni Geologico Tecniche nel territorio di Castelnovo di Sotto.
- G.P.MAZZETTI, S. GILLI; 2013: Geological characters and structural seismic response of litho units between ridge Apennine foot hills: area of the Municipalities of Montese, Zocca, Guiglia, Marano s/P, Atti IX Forum Italiano di Scienze della Terra, Geoitalia, Pisa,
- AA.VV. (2013) Assetto tettonico e potenzialità sismogenetica dell'appennino Tosco-Emiliano-Romagnolo e Val Padana, Regione Emilia Romagna – Toscana, Università di Siena 1240.
- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di) (2011). BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano, Bologna, <http://Edius.mi.ingv.it/DBMI11>
- CENTROGEO (2007) Analisi Geologico Ambientale – Analisi Sismica del territorio comunale di Bagnolo in Piano, PSC 2008. Non pubblicato.
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008). “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. [http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- MELETTI C. e VALENSISE G., (2004). Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: “Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- BOCCALETTI M. – MARTELLI L. – AA.VV. (2004) – Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze

- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274/2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". G.U. n. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.
- L. MARTELLI, A. MANICARDI, G.P. MAZZETTI, C. UGOLETTI. (2009). PTCP MODENA carte della sicurezza del territorio, riduzione del rischio sismico, carte delle aree suscettibili di effetti locali.
- A. CAMPISI, M. GUERRA, F. MANENTI, L. MARTELLI, G. P. MAZZETTI (2007) PTCP DI REGGIO EMILIA: rappresentazione della pericolosità sismica locale provinciale e indirizzi per la pianificazione comunale, 26° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida, Novembre.
- MOLINARI F.C. – BOLDRINI G. et ALII (2007) – Risorse Idriche Sotterranee della provincia di Ferrara; DB MAP, Firenze.
- G.P. MAZZETTI (2006), Evoluzione geologica del territorio reggiano. pp. 8-20 in "Una Provincia allo Specchio: Reggio Emilia"; Telesio Editrice, Carnate, Milano.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- G.P. MAZZETTI– NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospection, Atti 4<sup>th</sup> European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- FERULANO F. ENI S.p.A. Divisione AGIP (2001) Scossa di Correggio del 18 giugno 2000: Un'Anomalia? GNGTS Atti 19° Convegno Nazionale 12/2004.
- CREMASCHI M. (2002) Clima e Ambiente nel Quaternario in "Il Mondo dell'Archeologia", Periodizzazione Cronologica; Treccani
- Il Quaternario AA.VV. (2000): Le Fluttuazioni Del Clima Nel Corso Dell'Olocene: Stato Dell'Arte; Italian Journal of Quaternary Sciences, 9, 439-444.
- ANTONIOLI F. & SILENZI S. (2000): La Risalita Del Mare Nel Corso Dell'Olocene. 29 – 42 ICRAM
- OROMBELLI G.M. & RAVAZZI C. (1996): Schema cronostratigrafico del tardo Pleistocene e dell'Olocene. Il Quaternario – Italian Journal
- CIACCO M. G., CHIARABBA C. (2001-2002) Tomographics models seismotectonics of the Reggio Emilia region, Italy, Tectonophysics, 344 (2002)
- GASPERINI P. ET ALII (1999) – Defining Seismogenic Sources from Historical Earthquake Reports. Bull. Seism. Soc. Am. Vol. 89 No1.
- DI DIO G. et ALII (1998) - Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia Romagna S.E.L.C.A. Firenze
- SCANDONE P. et ALII (1992) - Struttura geologica, evoluzione cinematica e schema sismotettonico della penisola italiana, Atti, Convegno GNDT.
- MAZZETTI G.P. – POZZI P. (1993) – Studio di compatibilità ambientale fisica per la locazione di un impianto di scarico controllato in zone pianiziali – Discarica Intercomunale di Novellara (RE) – Atti 8° convegno Nazionale C.N.G.
- AGIP (1986) – Pianura Padana Interpretazione Integrata di dati Geofisici e Geologici. Società Geologica Italiana, 4 ottobre
- BOSELLINI A. - MUTTI E. - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET
- MAZZETTI G.P. (1983) – studio geologico ambientale del comprensorio di media pianura Carpi – Correggio, Regione Emilia Romagna.
- AGIP (1981) - Subsurface geological structure of the Po Plain. Italy - C.N.R.
- BOSELLINI A. (1981) - The emile fault. A jurassic fracture zone that evolved into a Cretaceous Paleogene sinistral wrench fault. Boll. Soc. Geol. It.
- FERRARI G - POSTPISCHL D. (1981) - Le scale macrosismiche C.N.R. P.F. Geodinamica. Pubbl. N° 387. Ist. Topografia, geodesia e geofisica Mineraria, Univ. BO
- C.N.R. (1980) - Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale - Pubbl. N° 361 ESA Editrice - Roma.
- C.N.R. (1979) - Carte preliminari di scuotibilità del territorio nazionale. Pubbl. N° 227 ESA Editrice - Roma
- IST. GEOL. UNIV. MO (1978) - Metodologie e primi risultati di neotettonica nel modenese e territori limitrofi. Mem. Soc. Geol. It.
- CASTANY G. (1976) – Traité pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. Tectonophysics.
- VEGGIANI A. (1974) – Le variazioni idrografiche del basso corso del fiume Po negli ultimi 3.000 anni. Padusa Riv. C. Palesano St. Stor. Arch. E Etr. Rovigo.
- ENI (1972) - Acque dolci sotterranee - ENI
- ENI (1965) – Enciclopedia del petrolio e del gaso naturale, volume VI, Carlo Colombo Editore.
- AGIP (1969) - Italia II - Geologia e ricerca petrolifera; Pianura Padana Veneta-Enciclopedia del petrolio e del gas naturale, ENI
- LOSACCO U. (1949) - La glaciazione quaternaria dell'Appennino Settentrionale. Riv geografia It, 56 (2)