



**PROTEZIONE CIVILE**  
 Presidenza del Consiglio dei Ministri  
 Dipartimento della Protezione Civile



**Regione Emilia-Romagna**



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
 DELLE PROVINCE AUTONOME

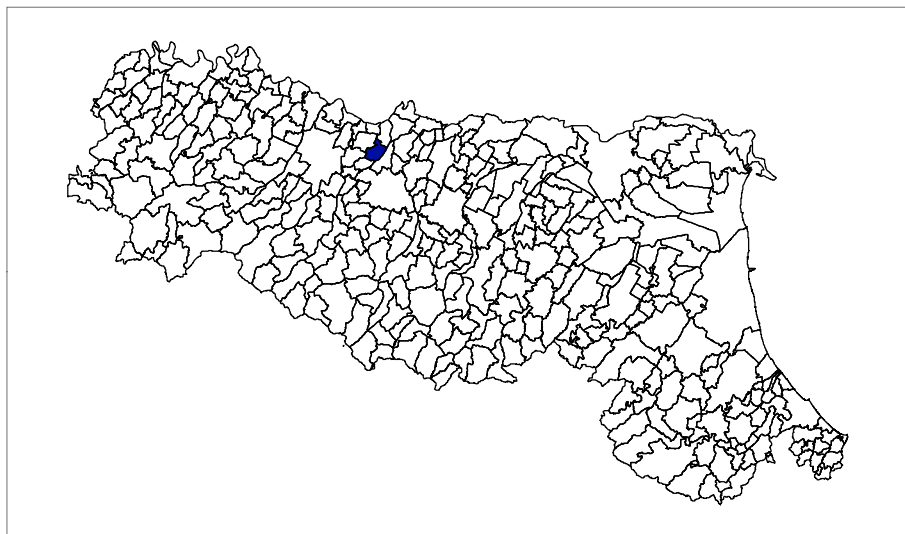
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

### Relazione Tecnica Illustrativa

**Regione Emilia-Romagna**  
**Comune di Castelnovo di Sotto**



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 171/2014 DGR ER 1227/2015.</i></p> <p><i>Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico</i> Luca Martelli</p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Studio Geologico CENTROGEO</p> <p><i>Progetto:</i> Gian Pietro Mazzetti</p> <p><i>Collaboratori:</i> Stefano Gilli Mauro Mazzetti</p>	<p>Amministrazione comunale</p> <p><i>Sindaco:</i> Francesco Monica</p> <p><i>Responsabile III° settore Ambiente e Territorio:</i> Luciano Mattioli</p> <table border="1" data-bbox="1023 2018 1481 2107"> <tr> <td data-bbox="1023 2018 1254 2107"> <p>Data Ottobre 2018</p> </td> <td data-bbox="1254 2018 1481 2107"></td> </tr> </table>	<p>Data Ottobre 2018</p>	
<p>Data Ottobre 2018</p>				

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

---

**SOMMARIO**

---

1	INTRODUZIONE.....	1
2	INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO.....	3
3	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	5
3.1	Pericolosità sismica – Definizione del moto di riferimento.....	18
4	ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	19
4.1	Caratteri sismotettonici.....	27
4.2	Attività tettonica.....	32
4.3	Subsidenza.....	36
4.4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	37
4.5	Caratteri Geomorfologico.....	37
5	IDROGEOLOGIA.....	40
5.1	Idrografia di superficie.....	40
5.1.1	Rete idrica superficiale / pericolosità idraulica del territorio comunale.....	41
5.2	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	44
5.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	44
5.3.1	Tetto delle Acque Salate.....	44
5.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	45
5.4.1	Successione Idrogeologica Locale.....	45
5.4.2	Serie Idrogeologica Locale.....	49
5.5	Assetto strutturale dell'acquifero.....	52
5.6	Trasmittività degli acquiferi profondi.....	52
5.6.1	Ambiente Idrico Sotterraneo.....	53
5.6.2	Isopieze dell'acquifero.....	53
5.6.3	Soggiacenza Acquifero freatico.....	54
	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	55
5.7	Condizioni al Contorno della Struttura Idrogeologica.....	56
6	CARATTERI GEOLOGICO TECNICI.....	57
6.1	Carta geologico tecnica.....	57
6.2	Caratteristiche litotecniche.....	59
6.3	Successioni Geotecniche.....	60
	MODELLI GEOTECNICI.....	67
6.4	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	70
7	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	70
7.1	Microtremori con la tecnica HVSR.....	70
7.2	Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.MI/MASW.....	71
8	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	73
8.1	Carta delle indagini.....	73
8.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	74
8.3	Tetto delle ghiaie – sabbie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	75
8.3.1	Tetto Ghiaie e sabbie.....	75
8.4	Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	76
8.5	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	77
8.5.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	78
8.5.2	Aree Suscettibili di Effetti Locali e di Instabilità.....	79
8.6	Zone a comportamento sismico equivalente.....	86
9	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	88
9.1.1	Carta delle nuove indagini.....	88
9.1.2	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	89
9.2	Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica.....	89
9.3	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FAPGA.....	90
9.4	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	90
9.5	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	91
9.6	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1,0 sec.....	92
9.7	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.5 sec.....	92
10	ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI.....	93

---

## ELABORATI

Tav. 1.1	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.2	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.3	Carta delle isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.4	Carta della soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 1.6	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.7	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.8	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 2.1	Carta delle indagini di nuova esecuzione	1:10.000
Tav. 2.2.1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.2.2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,5 – 1 sec	1:10.000
Tav. 2.2.4	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. CLE	Carta CLE	1:10.000
Tav. CLE1	Carta CLE località Castelnovo nord	1:2.000
Tav. CLE2	Carta CLE località Castelnovo sud	1:2.000
Tav. CLE3	Carta CLE località San Savino	1:2.000
Tav. CLE4	Carta CLE località Cogruzzo	1:2.000
Tav. CLE5	Carta CLE località Meletole	1:2.000

---

## ALLEGATI

Indagini geognostiche e geofisiche di nuova esecuzione  
Indagini geognostiche e geofisiche pregresse (prove CPT-CPTE-CPTU-SM-Re.Mi.-HVSR)

## 1 INTRODUZIONE

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

Tale disamina, finalizzata alla mitigazione del rischio sismico, è stata indirizzata all'esame delle zone sede del territorio urbanizzato, di prevista urbanizzazione, del patrimonio edilizio esistente, delle fasce interessate delle principali vie di comunicazione. In funzione del tessuto edificato tale valutazione è praticamente rappresentativa per tutto il territorio comunale.

Le analisi di microzonazione sismica, realizzate con i contributi di cui all'OCDPC n° 171 del 19/06/2014, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale Emilia Romagna n° 1227 del 31/08/2015 *“Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile. Attribuzione contributi a favore degli enti locali. Approvazione dei criteri per gli studi di Microzonazione sismica e delle indicazioni per l'archiviazione Informatica”*.

Le sopra indicate valutazioni sono inoltre state sviluppate in riferimento ai dettati delle leggi nazionali, D.M. 11/03/88, circ. LL.PP. n° 30483 del 24/09/88; L.R. n°20 del 24/03/2000, N.A. Piano Stralcio Assetto Idrogeologico allegato 7, Delibera della Giunta Regionale n°1300 del 01/08/2016: 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) e dell' art. 22 elaborato n°5 (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, NA PTCP Reggio Emilia, Delibera Giunta Regionale n° 2193 del 21/12/2015, DM 17-01-2018.

Le valutazioni del tipo di risentimento sismico atteso nelle varie zone della superficie comunale sono state redatte in funzione delle condizioni geologico strutturali, litologico stratigrafiche e delle tipologie dei processi morfogenetici che hanno costituito il territorio.

La determinazione della pericolosità sismica dell'area del Comune di Castelnuovo di Sotto è stata sviluppata mediante l'elaborazione delle carte di approfondimento sismico di primo livello per l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in caso di sollecitazione sismica e delle carte di approfondimento sismico di secondo livello, definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, con approccio semplificato, in riferimento alle indicazioni e tabelle contenute nella sopracitata DGR 2193/2015 ed agli I.C.M.S.: Indirizzi del Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Detti elaborati, propedeutici all'elaborazione degli strumenti di Pianificazione Urbanistica del territorio comunale, rappresentano un'analisi sostanziale per indirizzare le scelte urbanistiche in zone a riconosciuta minore pericolosità sismica e delle valutazioni per la priorità degli interventi sul patrimonio edilizio esistente.

Gli elaborati cartografici redatti sono pertanto relativi, agli ambiti di interesse per la pianificazione a scala comunale.



Tali disamine sono state sviluppate mediante rilevamenti ed indagini dirette che hanno integrato ed approfondito quelle precedentemente eseguite nel contesto delle analisi effettuate negli studi del P.T.C.P. di Reggio Emilia relativi alla cartografia per la riduzione del rischio sismico: Carta Degli Effetti Attesi (*Tav. P9a:182 SE*) sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni della Variante Generale al PRG 1997 e Varianti Parziali 2010, Comune di Castelnuovo di Sotto.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Castelnuovo di Sotto, RE**, Determinazione n° 64 del 01/06/2017 del Responsabile III Settore Ambiente e Patrimonio Arch. *Luciano Mattioli*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Castelnuovo di Sotto, 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 l'Ufficio Tecnico del Comune di Castelnuovo di Sotto responsabile Arch. *Luciano Mattioli*.

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

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

## 2 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, sistema UTM – WGS84 fuso 33, dai meridiani:

4963750 (W) – 4966090 (E)

e dai paralleli:

623325 (S) – 625035 (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 – SP 55 al settore occidentale 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 – Via Gazzaro a intersezione SP 81 – 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  $p = 1,5 \div 2,5 \text{ ‰}$ , ad eccezione delle sopracitate fasce di dosso nelle quali  $p = 2,7 \div 4,0 \text{ ‰}$ ; simili condizioni contraddistinguono il settore centrale tra il capoluogo e Cogruzzo con quote comprese tra 25,0 e 22,0 m slm,  $p = 1,4 \div 2,5 \text{ ‰}$  declinati in direzione in nord est ad eccezione del settore centro orientale con  $p = 0,9 \div 1,3 \text{ ‰}$ ; la parte settentrionale con quote mediamente comprese tra 20,0 - 21,0 m slm è caratterizzata da  $p = 1,3 \div 2,5 \text{ ‰}$  declinati in verso nord est, ad esclusione della fascia all'estremità settentrionale ed orientale nelle quali  $p = 0,9 \div 1,1 \text{ ‰}$ ; analoghe pendenze contraddistinguono il settore al bordo orientale dell'area comunale nel quale  $p = 0,5 \div 1,1 \text{ ‰}$  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 condizioni 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.

### 3 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), documenta eventi sismici giungenti al 7° ÷ 7,5° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con intensità variabile tra  $M_w = 4,8 \div 5,6$ ; sono documentati due epicentri sismici, 1831-1832, con  $M_w \geq 5,48 \div 5,51$  a meridione del capoluogo a distanza di 6 ÷ 7 km circa tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno (RE), epicentri con simile  $M_w \geq 5,38$ , nel 1996 registrato 7,0 km ad est di Castelnovo di Sotto capoluogo e nel 1971 10/11 km ad ovest con  $M_w \geq 5,32$ , epicentri con  $M_w = 4,97$  nel 1987 10/11 km ad est, che nel area comunale hanno indotto risentimenti  $I_0 = 6$  e 5-6.

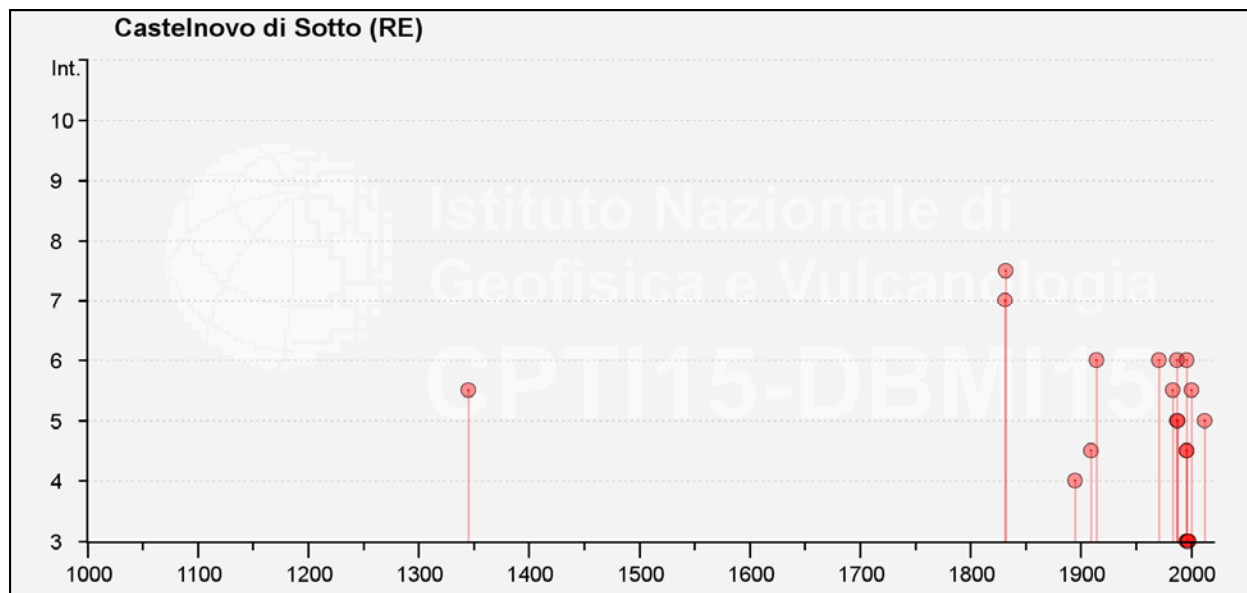
Nelle zone a sud ovest di Cella - Calerno sono individuate due box sismiche con asse maggiore orientato sud ovest - nord est che identificano la proiezione in superficie dell'orientamento delle faglie sepolte sorgente dei terremoti.

#### 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	Io	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
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

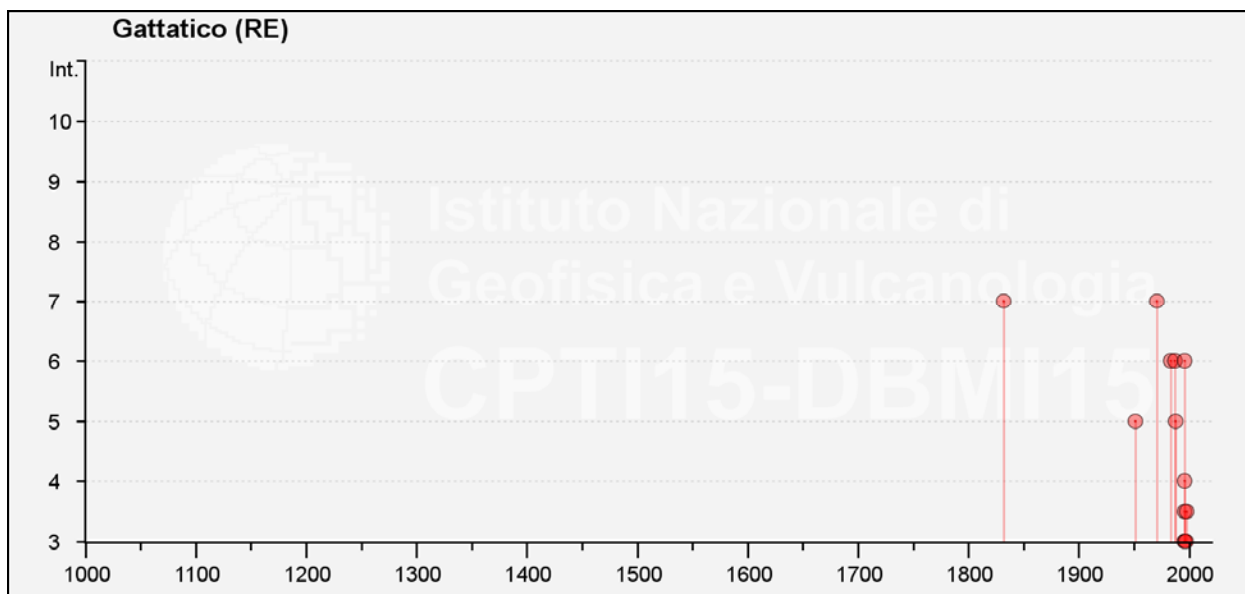
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
5	2012 01 25 08 06 3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98



**Storia sismica di Gattatico**

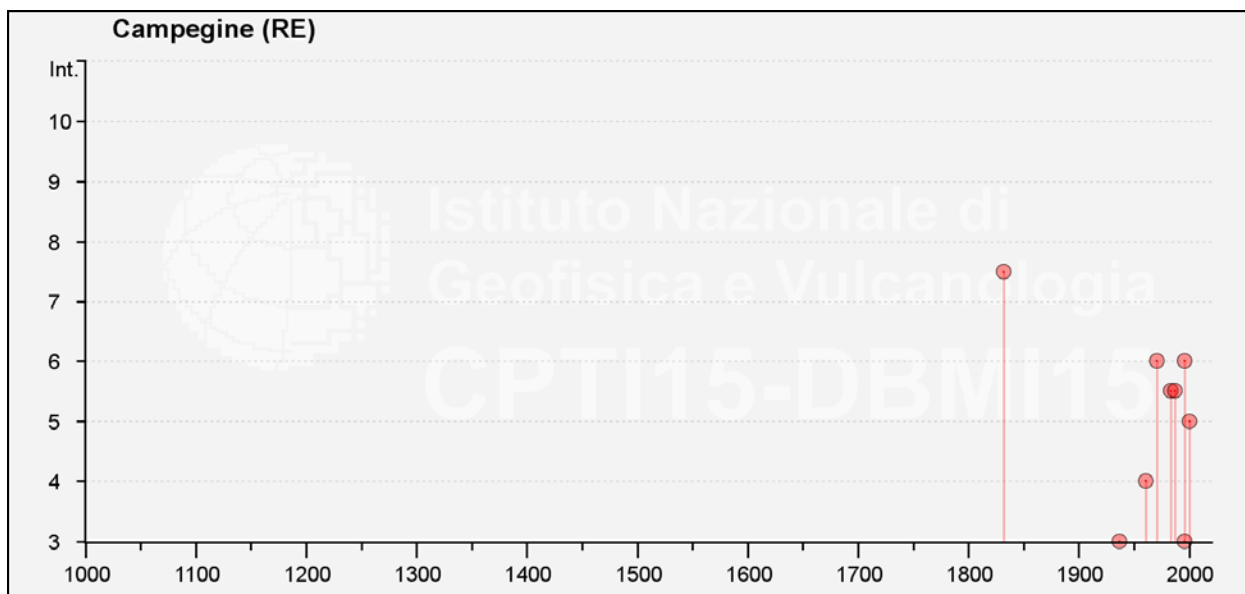
Numero di eventi: 18

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



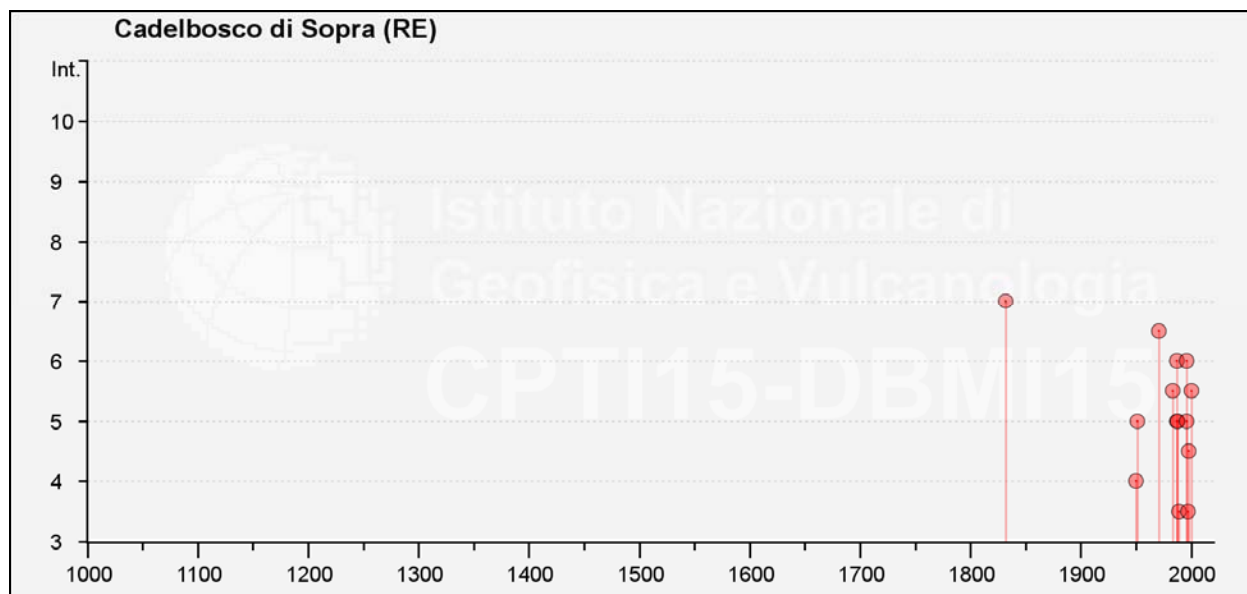
**Storia sismica di Campegine**  
Numero di eventi: 15

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

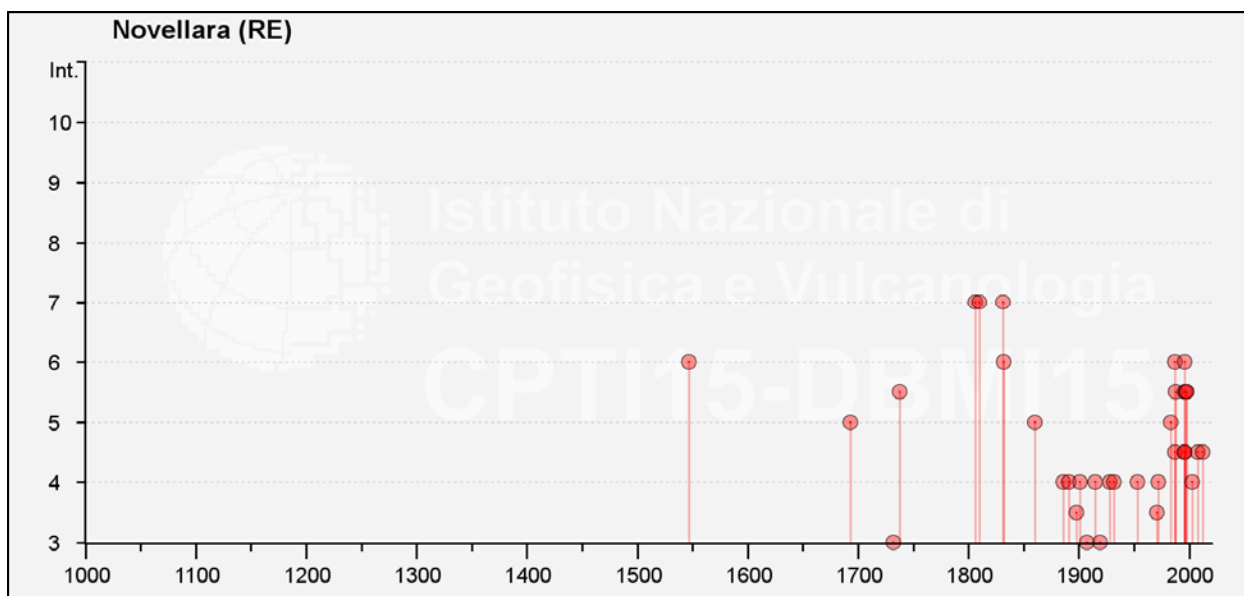


**Storia sismica di Novellara**  
Numero di eventi: 43

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
4	1953 08 22 05 26	Reggiano	6	6	4.73



Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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**

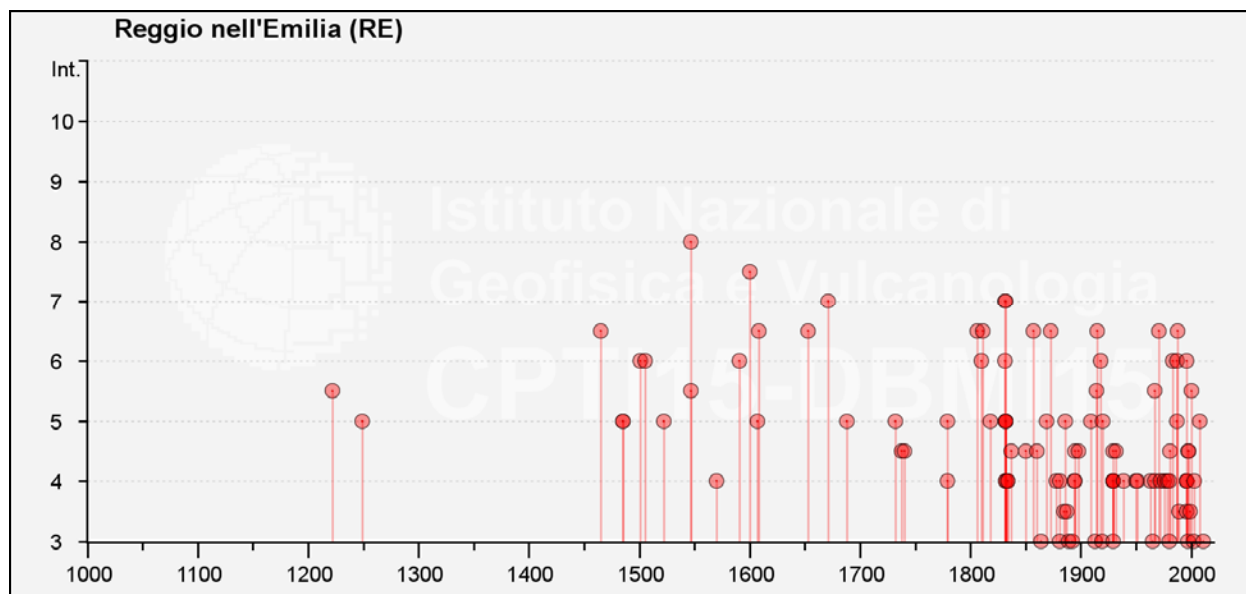
Numero di eventi: 126

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
8	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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
3	1881 01 25 07 06	Bolognese	18	5	4.59

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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	Carpineti	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	Frignana	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
4-5	1981 05 26 09 27 5	Reggiano	6	5	3.75

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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	Frignana	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	Frignana	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



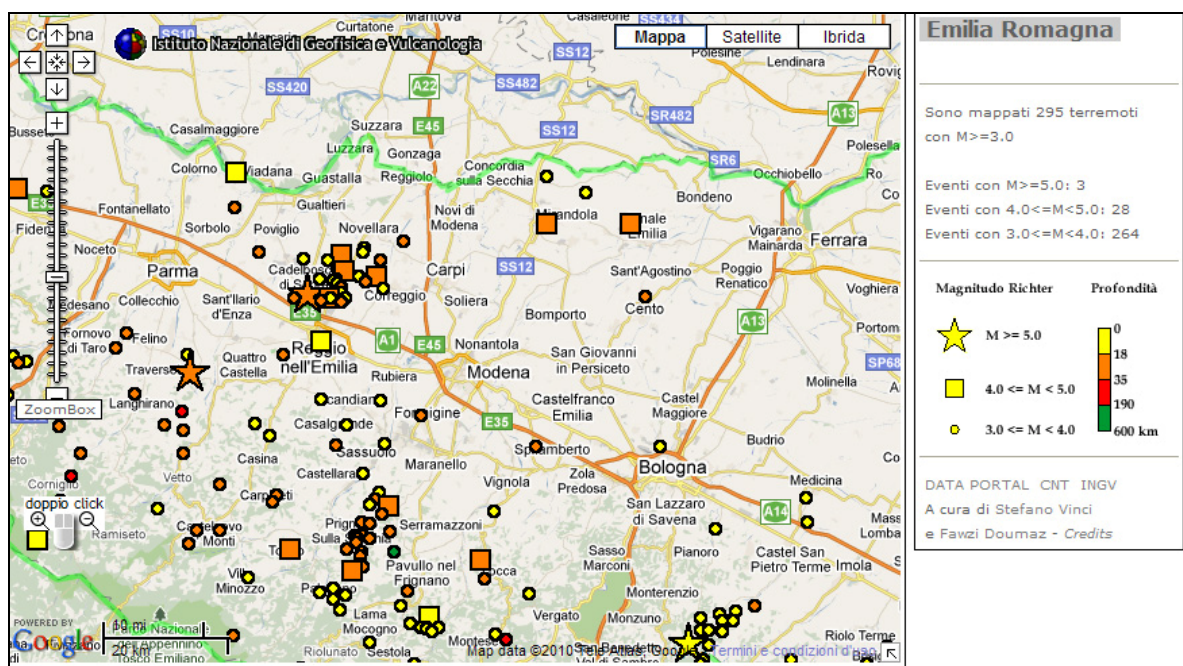
Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

- 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 – Castelnuovo 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, e per gli eventi meno recenti ad intervalli di 30-50 anni; di tali eventi 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 Castelnuovo di Sotto ha modestamente risentito degli effetti dei terremoti del maggio-giugno ( $I_0 = 5$ ).

I risentimenti più rilevanti nell'area di Castelnuovo di Sotto 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 epicentro tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra

Caprara/Calerno circa 6,5/6,8 km a sud – sud est del capoluogo, sono attribuite  $M_w = 5,48 - 5,51$ . Le documentazioni storiche per i sismi dell'1831 – 1832 attestano in Campegine crolli di comignoli, crepe, crollo delle volte e del campanile della chiesa e forti danni alla canonica; in Castelnovo di Sotto testimoniano il crollo di parte della facciata della chiesa parrocchiale di S. Andrea con lesioni e sconessioni dei pilastri, degli archi e della volta all'interno dell'edificio di culto; analoghi effetti sono avvenuti nella chiesa parrocchiale di San Bernardino con crollo di parte della volta e campanile pericolante; simili risentimenti si sono verificati nella chiesa parrocchiale di Sesso con inagibilità dell'edificio di culto e necessità di demolizione della torre campanaria.

Le informazioni degli effetti 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.

La chiesa parrocchiale di S. Andrea, già danneggiata al sisma del 1831 ed inseguito rinforzata, oltre ai danni sopra descritti, subì gravi dissesti al campanile che divenne pericolante e la canonica fù 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, oltre a Campegine, Castelnovo di Sotto e Cadelbosco di Sopra, correlati a detto evento nei territori circostanti, testimoniano i risentimenti di maggior entità in Bagnolo in Piano, Coviolo, Santa Vittoria, Sesso, Reggio Emilia.

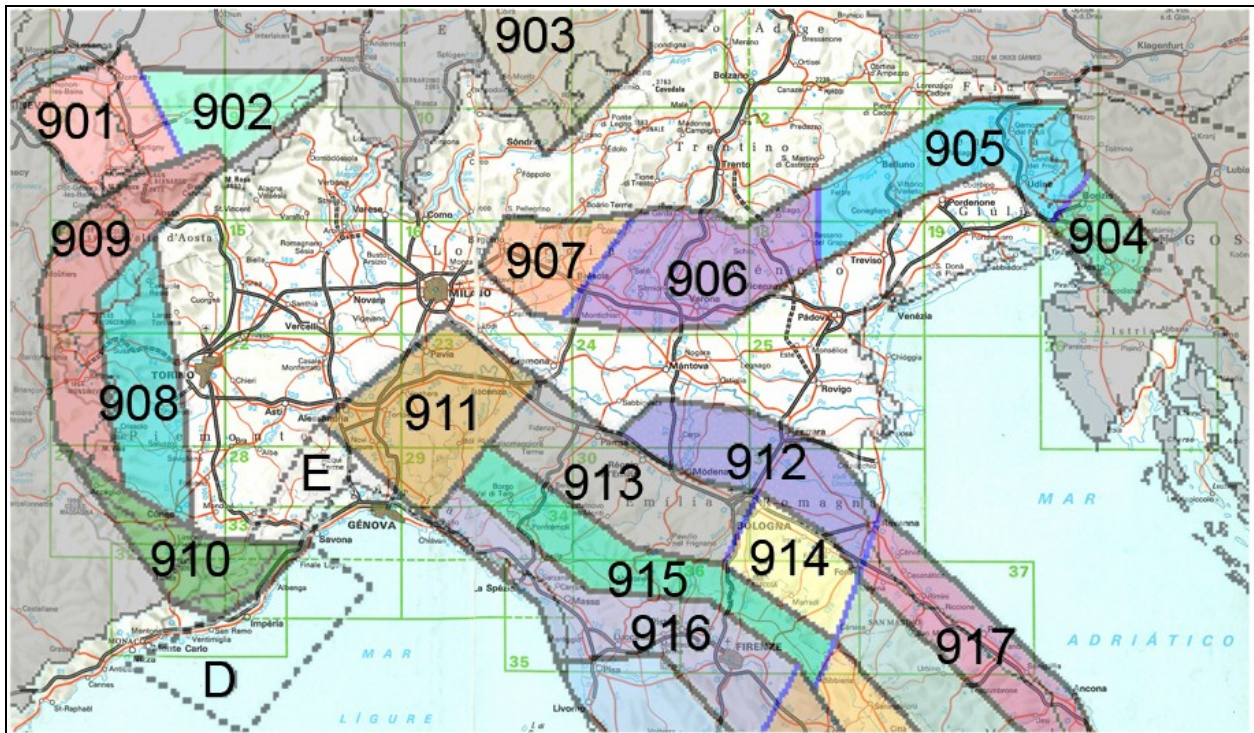
Detti effetti conseguiti al sisma del 1832 sono correlati anche alle preesistenti condizioni statico strutturali degli edifici in essere indotte dal terremoto del 1831, come sopra descritto. Il patrimonio edilizio esistente in tale periodo, in base alla Carta del Ducato Estense, *G. Carandini, 1820/1827*, nel territorio di Castelnovo di Sotto era essenzialmente localizzato nell'area sede del capoluogo e nelle fascia a sviluppo nastriforme 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 -50 km 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 monclinale alpina adiacente alla fascia orientale della zona sismogenetica 912 che forma l'area del dominio delle Pieghe Ferraresi; 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 Pedeappenniniche 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:  $M_w = 4,7/5,0 \div 5,51, 6,09$  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 Monclinale 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.

D'altra parte 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 distensivi.

La riclassificazione 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; i valori delle accelerazioni orizzontali della griglia delle NTC 17/01/2018 sono congruenti con la sopra citata classificazione.

In riferimento all'allegato A4 della Delibera della Giunta Regionale Emilia Romagna n° 2193/2015, al territorio comunale di Castelnovo di Sotto compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, variabili tra a:

$$a_{\text{gref}} = 0,112 \text{ g (settore nord - Meletole)}$$

$$a_{\text{gref}} = 0,115 \text{ g (zona centrale - Cogrizzo/Cornetole)}$$

$$a_{\text{gref}} = 0,117 \text{ g (zona Castelnovo di Sotto/San Savino)}$$

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:

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

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

In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Castelnovo di Sotto ha risentito di effetti inferiori ad  $I_0 = 5$ ; il territorio comunale non è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: "Rilievo Macrosismico MCS Speditivo" – Rapporto Finale – Protezione Civile – Giugno 2012).

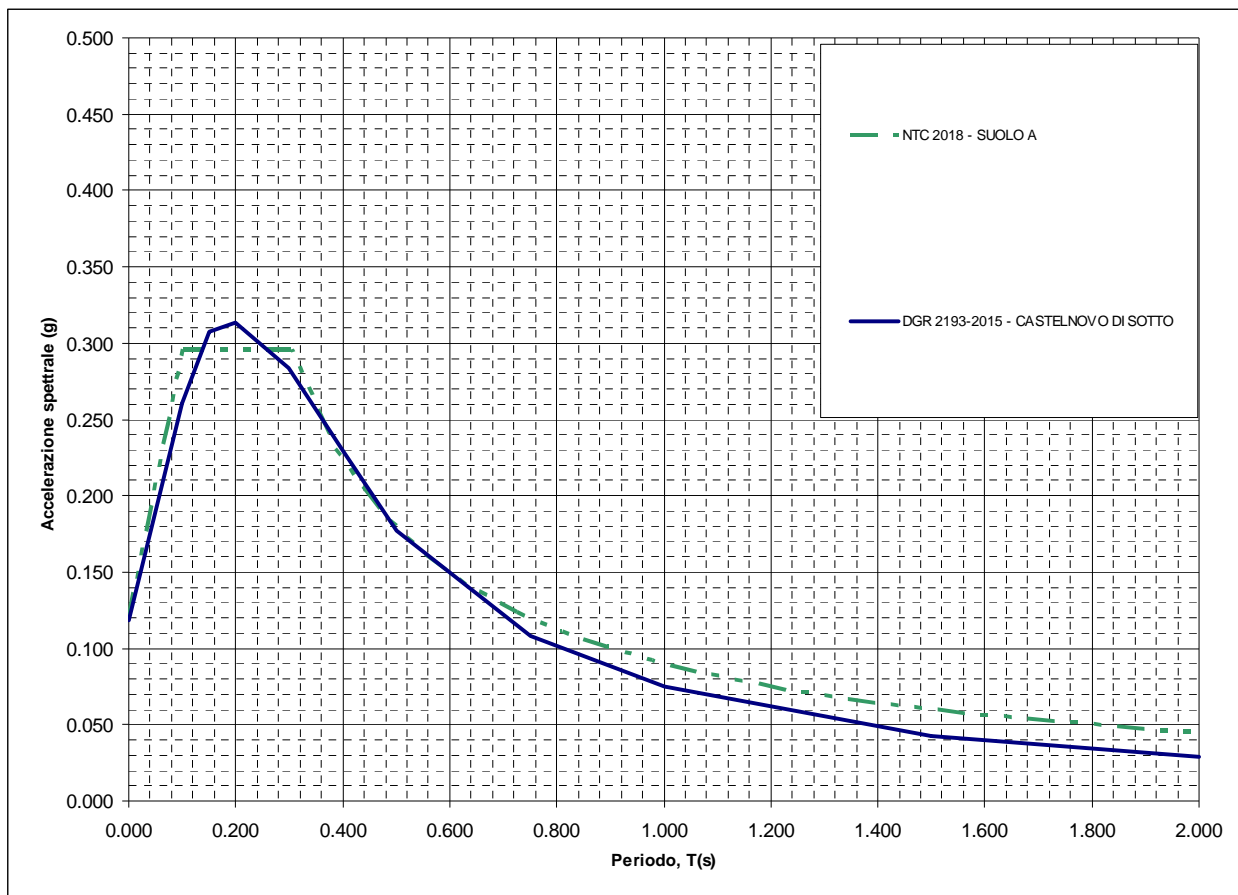
Contestualmente all'evento sismico del 25/01/2012 (Poviglio), il comune in oggetto ha risentito di  $I_0 = 5$ .



### 3.1 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 ag. Progetto DPC-INGV S1, Deliverable D2, <http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>*) varia nell'intervallo 0,100 ÷ 0,150 g. Tali dati sono stati utilizzati dalla Regione Emilia Romagna per la redazione delle tabelle contenute nella Delibera della Giunta Regionale n° 2193/2015 “*Approvazione aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato ‘Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e 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 n° 2193/2015, mentre con linea verde tratteggiata è riportato lo spettro elastico di risposta per suolo A determinato secondo i dettami delle NTC 2018.

## 4 ASSETTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il territorio del comune di Castelnuovo 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 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 *Pleistocene medio inferiore* comprese tra profondità di 1000/1300 e 1700/2000 m. Successivamente si rinvengono sino a -3/-4 ÷ -5/-6 km pc le formazioni del *Pliocene*. Queste ultime nel sottosuolo della zona di Castelnuovo di Sotto – Campegine - Cadelbosco di Sopra – Novellara – Sorbolo raggiungono -7 ÷ -7,5 km pc, analoghe profondità si riscontrano nei territori più ad oriente: Soliera – Carpi -7,5 ÷ -8,5 km pc.

A detta litozona soggiacciono le successioni dal *Miocene al Mesozoico*, individuate mediante disamine geofisiche, sino a -9.000 ÷ -12.000 m dal piano campagna ad eccezione della Dorsale Ferrarese come sopra accennato per Novi MO – Mirandola e dell'area ferrarese tra Porotto/Casaglia ed Occhiobello RO (Veneto).

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.

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia, Modena e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona formano il Fronte delle Pieghe

---

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

Emiliane, che assumono una larghezza variabile equivalente a più di 50 Km nell'Emilia orientale ed a 25 Km nell'area parmense; l'assetto del substrato nel territorio reggiano - modenese è caratterizzato dall'area delle Pieghe Ferraresi.

Nella zona circa tra le provincie di Parma e Reggio Emilia il basamento è dislocato da una faglia antiappenninica che ha determinato una traslazione in verso settentrionale del blocco dell'Arco Ferrarese - Romagnolo ed un'inclinazione molto maggiore in verso meridionale della parte sud orientale dello stesso (Placca Adriatica).

Nella porzione settentrionale del blocco orientale il sistema delle Pieghe Ferraresi si estende dapprima in direzione sud ovest - nord est da Reggio Emilia a Novi MO, con larghezze e comprese tra 10 e 15 km, e successivamente si orienta ovest - est assumendo larghezza di 8/10 km da Novi MO a Mirandola; il complesso di dette pieghe in direzione orientale giunge a 15-30 km di larghezza e si suddivide in un arco interno largo 8/15 km orientato ovest nordovest - est sudest da Finale Emilia o Portomaggiore - Alfonsine ed un arco esterno con larghezza di 10/17 km a direzione ovest est da Mirandola/Poggiorusco a Ferrara - Tresigallo - Comacchio.

Le Pieghe Ferraresi rappresentano un elemento strutturale sensibilmente complesso caratterizzato da un'intensa tettonizzazione che ha determinato notevoli innalzamenti del substrato carbonatico mesozoico, che presso Novi MO - Camurana si rinviene già da -220 m dal piano campagna ed a Casaglia FE a -150 m pc.

Nel sottosuolo del territorio di Castelnuovo di Sotto le formazioni del substrato prepliocenico, attribuibili alla Monoclinale Alpina, si rinvengono a profondità di 7 ÷ 7,5 km e quelle correlabili alle Pieghe Ferraresi ed Emiliane, rilevabili a distanze di 1-4 km ad est del confine orientale dell'area comunale, si estendono in direzione sud ovest - nord est circa secondo l'allineamento Roncocesi - Cadelbosco Sotto - Novellara, e si rinvengono a -4 ÷ -5 km; più ad oriente (Bagnolo in Piano) detto substrato risale a 2 ÷ 3 km di profondità, con culminazione a -1,1 ÷ -1,2 km pc tra Ponte della Beviera - Fosdondo - Canolo - Vicolo del Medico. Le Pieghe Ferraresi al fianco occidentale - occidentale settentrionale sono a contatto con la Monoclinale Alpina mediante sovrascorrimenti classificati attivi.

L'interazione tra l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese, denominata Rampa Laterale di Bagnolo in Piano (*G. Barbacini ed Alii*), con il Fronte delle Strutture Embriciate del Margine Appenninico, tra il T. Enza e F. Secchia, ha determinato un più accentuato sollevamento rispetto alle aree circostanti (o minori abbassamenti) del territorio tra Calerno e Campegine.

A ciò è conseguita una minore possibilità di sedimentazione dei depositi quaternari più recenti con la preservazione di morfologie e depositi più antichi (Calerno - La Razza; Gazzaro - Cà Rosalia) rispetto alle adiacenti zone di Castelnuovo di Sotto e Cadelbosco di Sopra.

Quanto esposto trova riscontro negli insediamenti superficiali di età *Neolitica* indicanti una deposizione alluvionale praticamente nulla negli ultimi 8000 - 12000 anni nel dosso di Via della Razza - Campegine e nella minore sedimentazione rispetto ai settori ad oriente del Cavo Cava come indicano gli insediamenti del Bronzo (5500 - 3200 anni bp) rilevati nel dosso orientato sud ovest - nord est esteso circa secondo l'allineamento Crocile - Fontanese - Fossa Marza.

Il fronte delle Pieghe Emiliane Sepolte, tra Reggio Emilia, Parma, Modena, rinvenibile nel sottosuolo dell'area 7/9 km a meridione del territorio di Castelnovo di Sotto, costituisce una fascia anticlinalica orientata ovest – nordovest – est – sudest e vergente verso nord che risulta dislocata trasversalmente da faglie a direttrice sud est – nord ovest. Tra queste, quella identificata come Linea dell'Enza, costituita da più faglie ad andamento sub parallelo, ha determinato un avanzamento della parte orientale del Fronte delle Pieghe Pedepenniniche, (in territorio reggiano), rispetto al settore occidentale (nel parmense) generando un disassamento del margine pedepenninico.

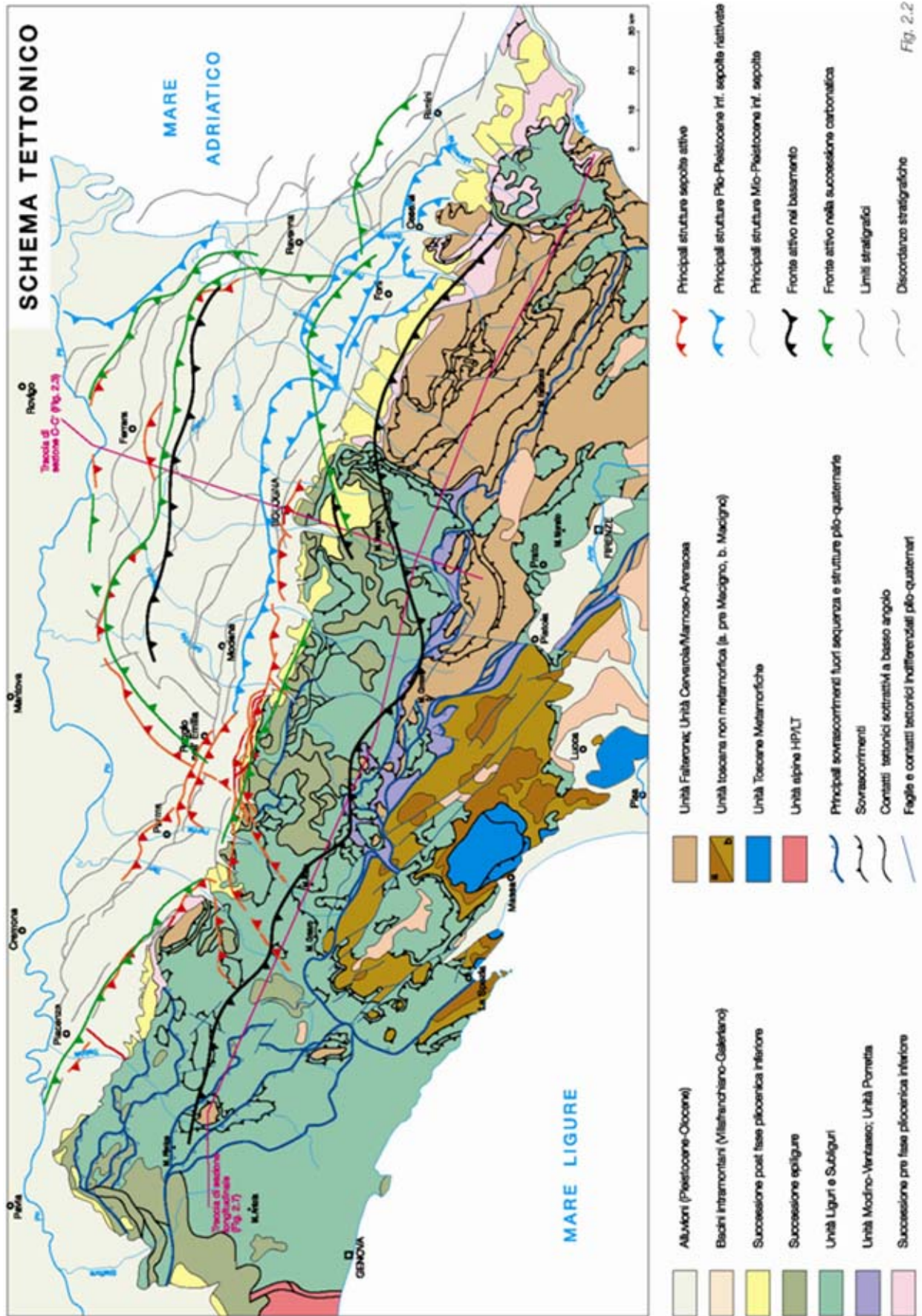
Nell'ambito del sistema plicativo che si sviluppa ad 1 ÷ 4 km ad est del Comune di Castelnovo di Sotto, la Dorsale Ferrarese costituisce la parte più esterna dell'arco e presenta vergenza settentrionale.

Nella zona centro settentrionale del territorio di Reggio Emilia (Bagnolo in Piano – Correggio) il sottosuolo è caratterizzato nei primi almeno 4500/6000 m dal p.c. dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con età *Giurassico sup.* - *Cretacico inf.* che risulta essere assente nelle aree circostanti.

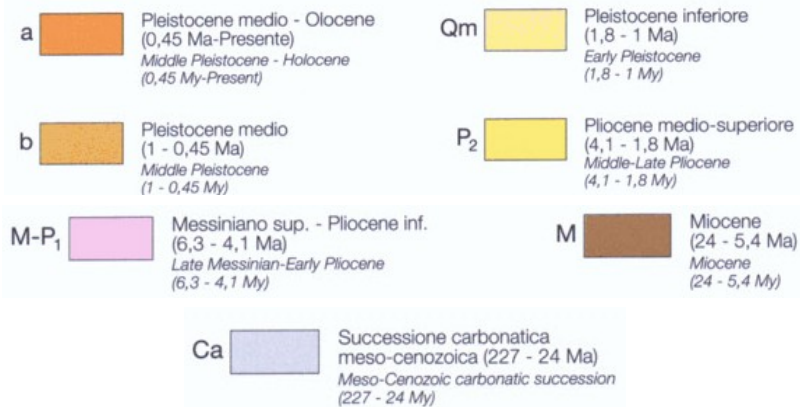
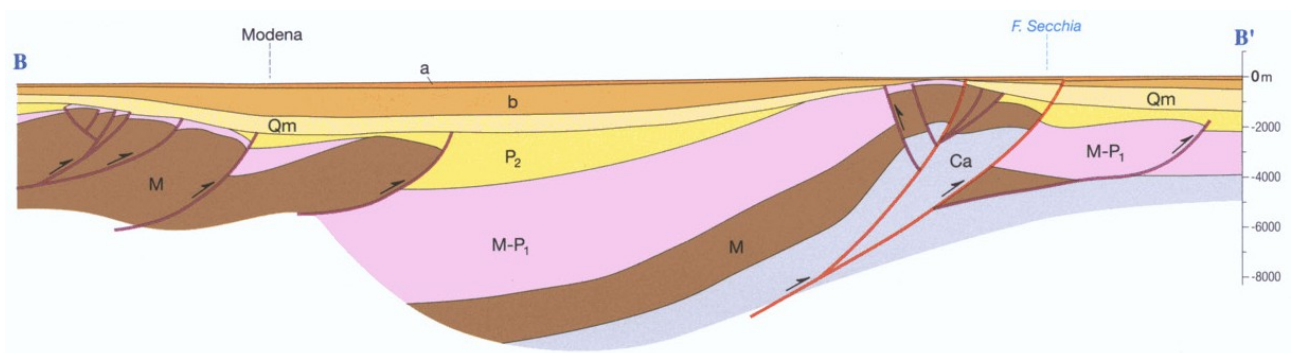
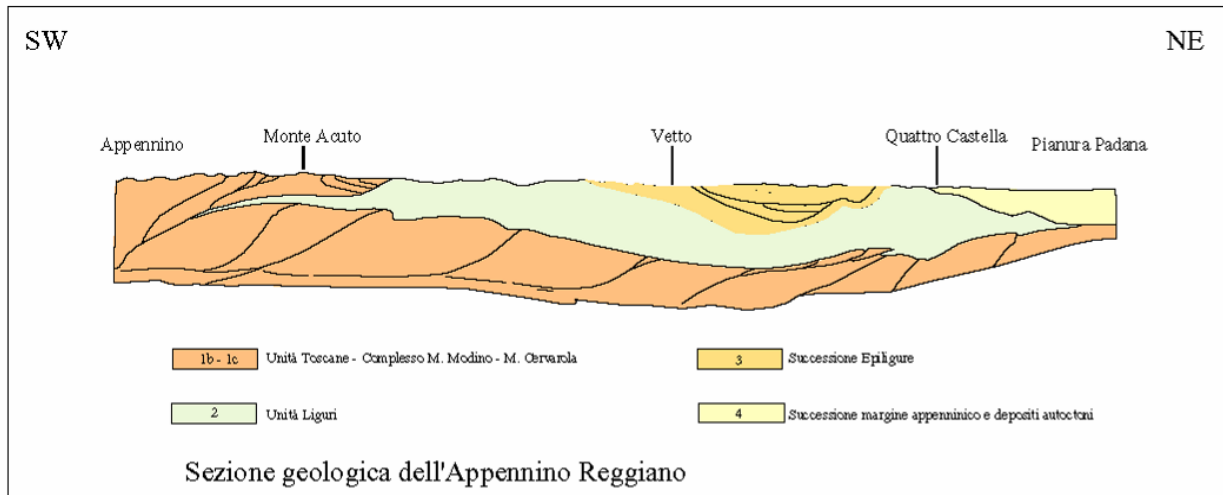
Nel sottosuolo di Castelnovo di Sotto, in base ai dati *RER*, i sedimenti alluvionali olocenici e pleistocenici, presentano spessori di 400/500 m, con progressivo graduale aumento in direzione nord – nord ovest giungendo a 550 m nel sottosuolo delle aree a settentrionali di Meletole – Poviglio.

Detti depositi nei settori più meridionali, al confine con Campegine, sono caratterizzati da livelli prevalentemente ghiaioso sabbiosi - sabbiosi, generalmente continui e con struttura lentiforme, intercalati a sequenze argilloso limose di spessore subordinato; queste ultime procedendo in direzione settentrionale, fino all'altezza di Cogruzzo – Poviglio, aumentano progressivamente in potenza sino a divenire gradualmente predominanti e contestualmente a ciò gli orizzonti permeabili si assottigliano e si arricchiscono nelle componenti sabbiose; in prossimità delle sopracitate località ed a settentrione delle stesse compaiono ed incrementano progressivamente in spessore e percentuale rappresentata gli orizzonti sabbiosi della zona di dominio del Po.

La serie litostratigrafica, che sarà descritta con maggior dettaglio nel paragrafo idrogeologia, nelle zone a meridione dell'Autosole è correlabile ai depositi continentali pleistocenici ed olocenici dell'alta pianura di conoide alluvionale, a settentrione di detto asse viario a quelli della fascia della media pianura di piana esondabile e più a nord alla bassa pianura; tali complessi sedimenti nell'insieme evidenziano geometrie che ricalcano l'assetto strutturale del substrato attenuandone le morfologie.



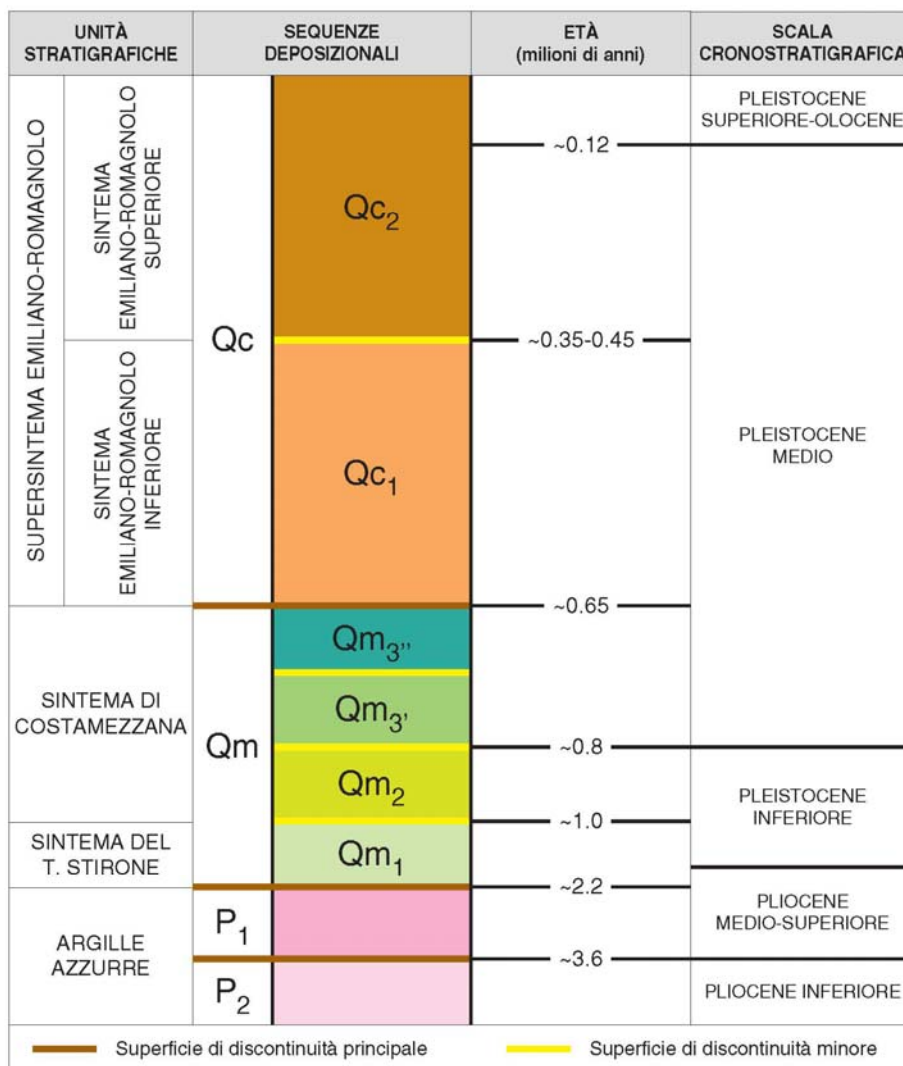




Sovrascorrimento plio-quadernario (4,5 - 1 Ma)  
*Pliocene-Quaternary thrust fault (4,5 - 1 My)*

Sovrascorrimento post Pleistocene medio (<1 Ma)  
*Post Middle Pleistocene thrust fault (<1 My)*

Senso di movimento  
*Direction of movement*



	ANNI	PERIODI GEOLOGICI	PERIODI STORICI	CIVILTÀ E CULTURE	
CLOCENE	1.200 476	POSTGLACIALE	ALTO MEDIEVO	v. XII Età Carolingia (750-900) Età Bizantina-Longobarda (VI-VIII) Età Romano-Barbarica (V-VI)	
			ETÀ ROMANA	Impero (27...) Età Severiana Età Antoniniana Età Adrianea Età Traiana Età Augustea e Claudio	
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-500) Villanoviana (...-550) Protoilliriana (1.100-900)	
	800		ETÀ DEL BRONZO	Culture delle terramare Culture adossperniche (1.450-1.100) Culture di Polada (1.750-1.450)	
	1.800		ENEOLITICO	Culture di Remedello (2.500-1.800) Culture del vaso campaniforme	
	2.800		NEOLITICO	Culture della Leggosa (3.000-2.500) Culture del vaso a bocca ansata (3.000-3.500) Culture di Fiorano (...-4.500 ?)	
	5.300		EPIPALEOLITICO	a Mesolitico (industria microlitica)	
	6.300 11.300 14.000		TARDOLACIALE	PALEOLITICO SUPERIORE (?)	Madrileniano (18.000-9.500) Sulmonese (18.000-17.500) Pergandiano (22.500-20.000) Aurignaciano (32.000-20.000)
	30.000		WORM	PALEOLITICO MEDIO	Madrileniano Acheuleano lineare
	PREISTORIA		75.000	INTERGLACIALE	
120.000		III II I		Acheuleano superiore (300.000-100.000) Prechvaldiano	
200.000		INTERGLACIALE		Clactonian	
300.000		III II I		Acheuleano medio (400.000-300.000) Acheuleano antico (700.000-400.000) Abbevilliano	
500.000		INTERGLACIALE		Industria su scheggia senza microliti	
700.000		GUINZ	PALEOLITICO INFERIORE	Pebble Culture	
PLEISTOCENE					

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989



SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			
SCALA CRONOSTRATIGRAFICA			
EPOCHE		ETÀ STANDARD	
0	PLEISTOCENE	1.7	CALABRIANO
5	PLIOCENE	2.8	PIACENZIANO
		4.2	TABIANIANO
		5.2	MESSINIANO
		6.6	TORTONIANO
10			CASTELLANIANO
15	MIOCENE	11.5	SERRAVALLIANO
		15.5	LANGHIANO
		16.5	LANGHIANO
20			BURDIGALIANO
		22.5	AQUITANIANO
		24	AQUITANIANO
25			CATTIANO
30	OLIGOCENE	32	CATTIANO
35			RUPELIANO
40		37	PRIABONIANO
		40	BARTONIANO
		44	BARTONIANO
45	EOCENE		LUTEZIANO
		49	LUTEZIANO
50			YPRESIANO
		53.5	YPRESIANO
55			THANETIANO
60	PALEOCENE	60	THANETIANO
			DANIANO
65		65	DANIANO

UNITA' DELLA SCALA STANDARD								
VALAZIONI IN MA	EON	ERA	PERIODI	EPOCHE	ETÀ		ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABANDONATI
					SISTEMI	SERIE		
1,8 5 24 37 53,5 65	C E N T R O Z I A O		QUATERNARIO	PLEISTOCENE	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTEI
						TIRRENIANO		
						MILAZIANO	CRIDONIANO	
						SICILIANO		
						EMILIANO		
						CALABRIANO	SANTERNANO	VELLAFRANCAZIANO
						PIACENZIANO		TABIANIANO
						ZANCLEANO		ANDALUSIANO
						MESSINIANO	PONTICO	
						TORTONIANO	PANNONICO	
24 37 53,5 65	N E O G E N E		NEOGENE	MIOCENE	PLIOCENE	SERRAVALLIANO		ELVEZIANO
						LANGHIANO		
						BURDIGALIANO		
						AQUITANIANO		
						CATTIANO		
						RUPELIANO	LATORFIANO	TONGRIANO LUORANO
						PRIABONIANO		BARTONIANO
								LEGNANO
								VALVERSIANO
65 96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	P A L E O G E N E		PALEOGENE	EOCENE	PALEOCENE	LUTEZIANO	BIARRIZIANO	ISPARACIANO
						YPRESIANO	CUSIANO	SPLECCHIANO
						THANETIANO		ILANDEMANO
						DANIANO		
						MONTANIANO		
						MAASIRICHIANO		
						SENONIANO		
						CAMPANIANO		
						SANTONIANO		
						CONIACIANO		
96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	C R E T A C I C O		CRETACICO	MALM	DOGGER	MAASIRICHIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
						BATHONIANO		
212 247 289 367 416 446 509 575	T R I A S S I C O		TRIASSICO	LIAS	DOGGER	TURONIANO		
						CENONIUMIANO		
						ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
247 289 367 416 446 509 575	P E R M I A N O		PERMIANO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
289 367 416 446 509 575	C A R B O N I F E R O		CARBONIFERO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
367 416 446 509 575	D E V O N I A N O		DEVONIANO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
416 446 509 575	S I L U R I A N O		SILURIANO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
446 509 575	O R D O V I C I A N O		ORDOVICIANO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		
509 575	C A M B R I A N O		CAMBRIANO	SILESIANO	DOGGER	ALBIANO		
						APTIANO		
						BARREMIANO		
						HAUTERIVIANO		
						VALANGINIANO		
						BERRIASIANO		
						PORTLANDIANO		
						KIMMERIDGIANO		
						OXFORDIANO		
						CALLOVIANO		

Da: P.R. Vail, 1977 parz. mod.

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 maggiormente coinvolto la zona emiliano – romagnola; in quest'ultima detti eventi sono rimarcati dalla superficie di erosione in ambiente subaereo della base del *Supersistema del Quaternario Marino*.

A tali eventi tettonici è seguita un'altra importante fase 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 ricalca l'andamento del substrato prepliocenico attenuandone le geometrie, come evidenziano, nelle zone di Cadelbosco Sopra/Bagnolo in Piano – Fabbrico – Novi MO, gli assetti blandamente antiformali della base delle unità alluvionali sedimentatesi negli ultimi 650.000 anni ciclo AEI, e delle parti deposizionali basali e medie del ciclo AES, 450.000 – 220.000 anni bp.

I conseguenti 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 zone della monoclinale alpina, minore nelle zone prossime ai settori di asse di anticlinale. Queste situazioni, in taluni casi, hanno indotto in circoscritte aree 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 assetto strutturale del bacino, a carattere compressivo, nel quale si delineavano a luoghi settori emersi soggetti ad erosione.

#### **4.1 Caratteri sismotettonici**

Il sottosuolo dell'area pianiziale delle province di Reggio Emilia e Parma appartiene alla Regione delle Pieghe Padane che in detta zona nella parte meridionale formano la fascia della Pieghe Emiliane, con larghezza variabile, da più di 50 Km nell'Emilia orientale a 25 Km in quella occidentale del parmense, e ad est – nord est l'arco delle Pieghe Ferraresi con larghezze 8/10 km a sud ovest e 15/30 km a nord est - est.

Dette pieghe rappresentano elementi strutturali sensibilmente complessi caratterizzati da un'intensa tettonizzazione che per la 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) ed a -150/-200 m pc a Casaglia (FE).

Nella fascia estesa ovest nordovest – est sudest del fronte delle pieghe pedeappenniniche i processi compressivi hanno determinato il sollevamento delle pieghe

sepolte sino a -2500/-3000 m dal piano campagna tra Modena e Reggio Emilia sino a -1000 a -2000 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 presenta andamento circa ovest-est dal Ferrarese a Camurana - Novi e successivamente con il passaggio alle Pieghe Ferraresi Interne assume direzione 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, a direttrice circa nord ovest-sud est.

Nella zona di Reggio Emilia - Bagnolo in Piano la successione delle formazioni nei primi 4500/6000 m. è caratterizzata dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con 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 4500 e >5730 m (profondità della base non pubblicata), conferisce un incremento relativo della rigidità della sequenza formante i primi 10 - 12 Km del sottosuolo tutt'altro che trascurabile. Detti elementi, unitamente all'esistenza della linea tettonica denominata *Emilian Fault* (*A. Bosellini; 1981*), determinano condizioni d'insieme significativamente influenti sul tipo di attività sismica dell'area pianiziale Reggiano – Parmense, come indicano l'epicentro del sisma di Bagnolo in Piano – Correggio del 1996 avvenuto a profondità di  $-5/\pm 0,3$  km dal piano campagna ed altri analoghi eventi, di minore magnitudo con ipocentri da -5 a -7 km pc, avvenuti sia precedentemente che successivamente.

Nell'ambito di quanto esposto è inoltre determinante la presenza delle faglie che delimitano le ali occidentali ed orientali della Dorsale Ferrarese e quella del Fronte di Accavallamento della Successione Carbonatica Meso-Cenozoica rinvenibile a profondità di  $7/8 \div 9/11$  km dal piano campagna con approfondimento in verso meridionale.

Il bordo dell'ala 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. A dette linee tettoniche regionali si associano fasce di fratturazione a direttrice sia appenninica che antiappenninica, 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 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.

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

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.

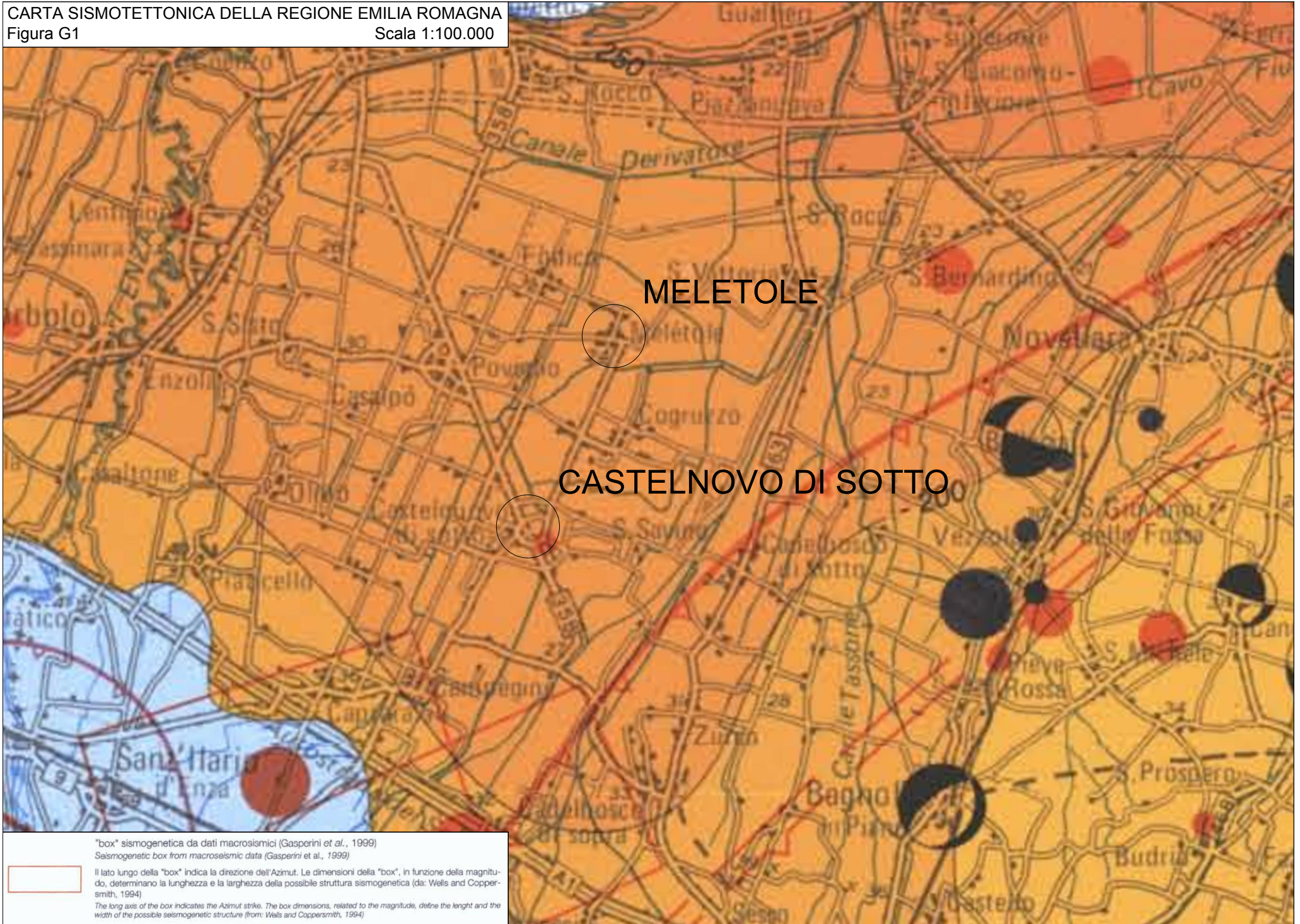
Dette suddivisioni evidenziano un grado di correlabilità molto elevato tra la fascia del margine appenninico settentrionale estesa secondo l'allineamento Parma - Reggio Emilia, Modena - Bologna e la zona di probabile presenza *dell'Emilian Fault*. Analoga considerazione è estendibile anche alle faglie inverse che delimitano il fronte occidentale e settentrionale dell'Arco della Pieghe Ferraresi.

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 di Campegine e successivamente a meridione di quest'ultimo – via Emilia si innalza rapidamente a -3 - -2 km pc in corrispondenza degli sovrascorrimenti del fronte delle pieghe pedeappenniniche.

La linea di sovrascorrimento che delimita l'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, che si estende in direzione sud ovest - nord est da Reggio Emilia a Cadelbosco Sotto – Novellara – Fabbrico, Novi di MO, nella zona meridionale si collega mediante una rapida monoclinale alla struttura di Reggio Emilia, appartenente alla “Regione delle Pieghe Pedeappenniniche”. Nel sottosuolo nell'area 5/6 km ad est del confine comunale orientale di Castelnovo di Sotto è presente la linea di sovrascorrimento della successione carbonatica meso cenozoica rinvenibile a profondità di -8/-9/-11 km e che si estende circa secondo l'allineamento Ghiardo – Pieve Modolena - Villa Sesso – S. Giovanni della Fossa – Campagnola E. – Zona Industriale Campogrande di Rolo – Novi di MO.

Detto fronte ad ovest del T. Baganza si estende in direzione sud ovest circa secondo le località Salsomaggiore T. – Costamezzana – Medesano.





MELETOLE

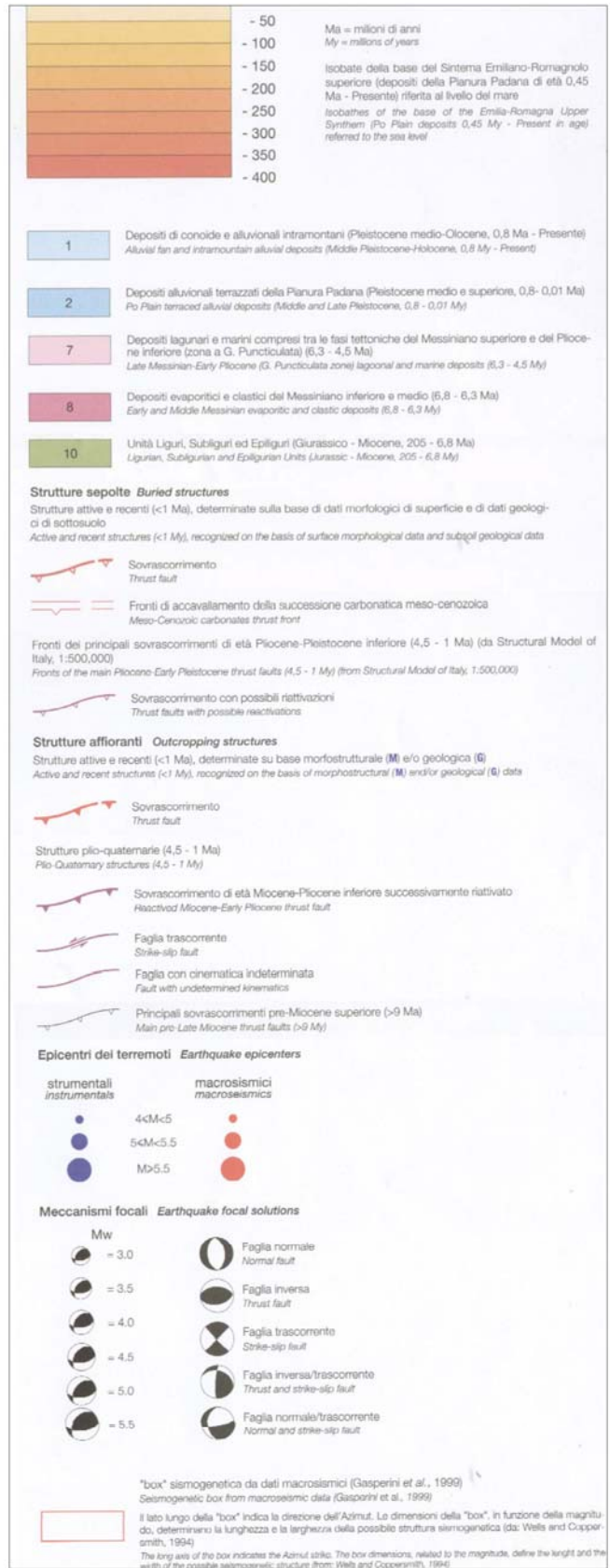
CASTELNOVO DI SOTTO

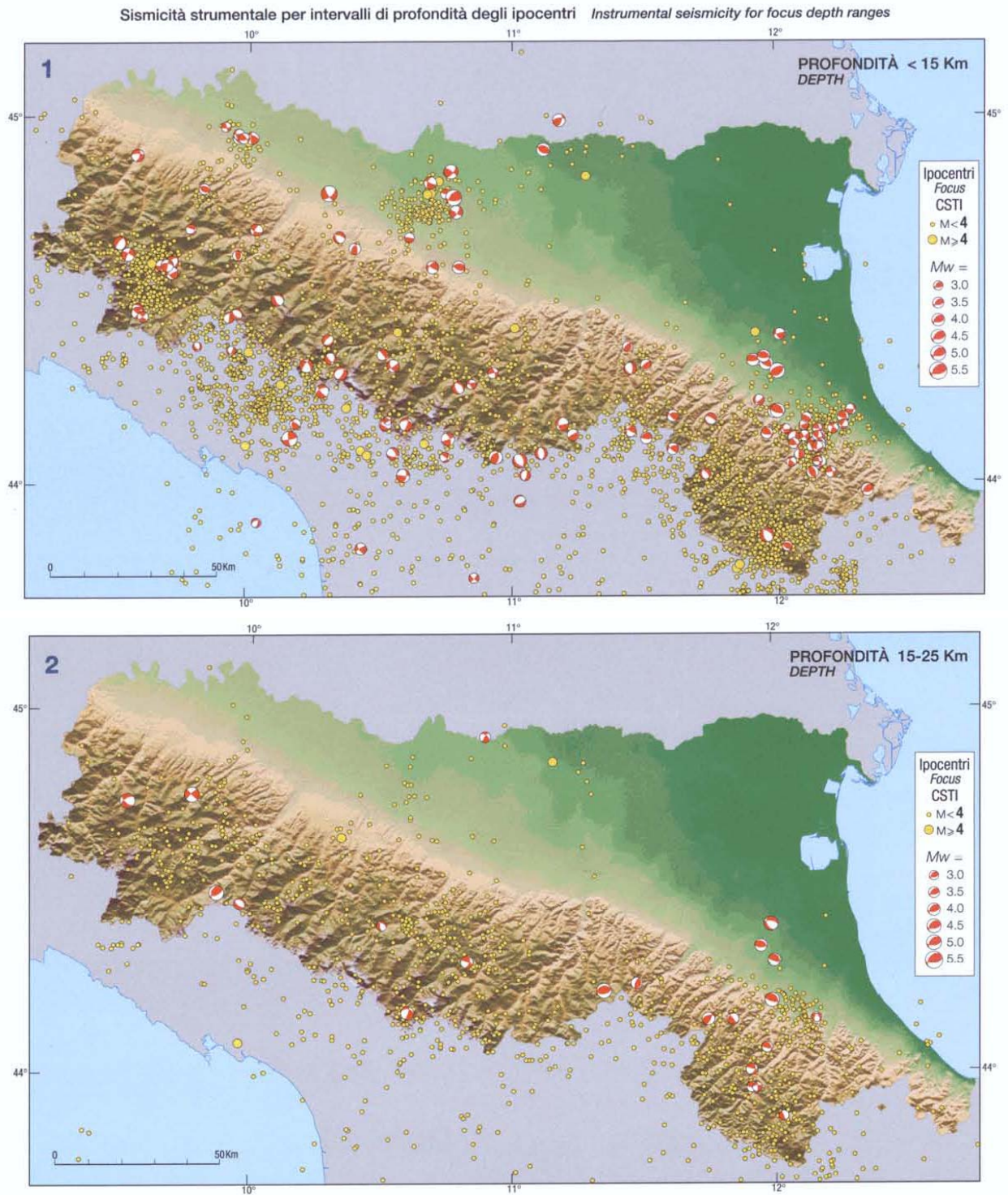
"box" sismogenetica da dati macrosismici (Gasperini et al., 1999)  
Seismogenic box from macroseismic data (Gasperini et al., 1999)

Il lato lungo della "box" indica la direzione dell'Azimut. Le dimensioni della "box", in funzione della magnitudo, determinano la lunghezza e la larghezza della possibile struttura sismogenetica (da: Wells and Copper-smith, 1994)

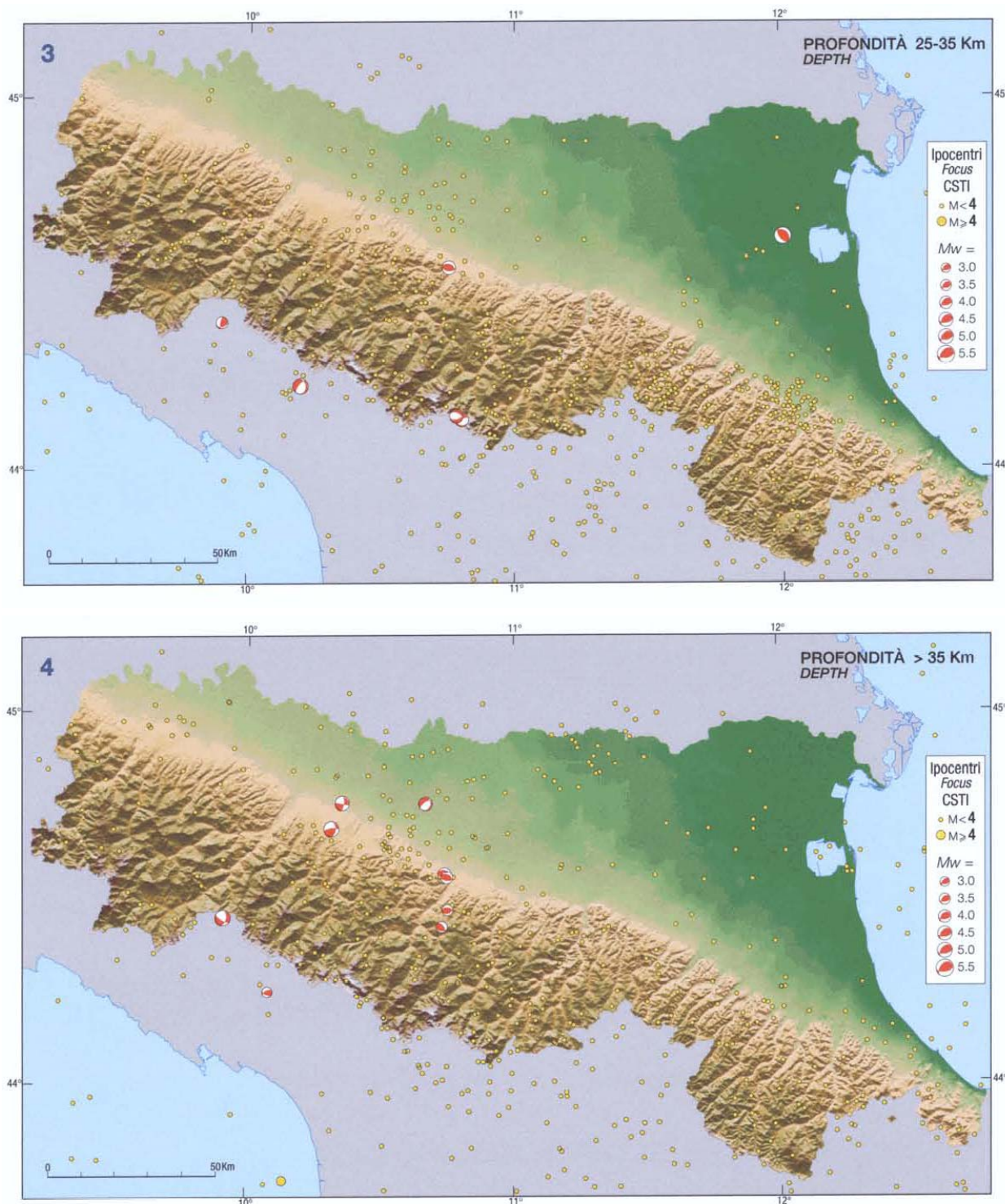
The long axis of the box indicates the Azimut strike. The box dimensions, related to the magnitude, define the length and the width of the possible seismogenic structure (from: Wells and Coppersmith, 1994)











#### 4.2 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.



Le sedimentazioni correlate ai progressivi stadi di sollevamento appenninico documentano importanti fasi all'inizio del *Pleistocene* (1,73 Ma) e nel *Pleistocene medio* (0,8 e 0,65 Ma) che nell'area reggiano - parmense sono probabilmente correlati all'interazione della parte più interna delle Pieghe Ferraresi (Struttura di Bagnolo) con il settore più esterno della struttura di Reggio (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 ÷ presente AES).

Le 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 ÷ 0.65 Ma<sup>2</sup>).

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 m nelle zone di Reggio Emilia e Modena ad eccezione di Novi MO – Mirandola dove si riscontra a -12 ÷ -15 m pc, e tende ad approfondirsi ulteriormente e procedendo verso est a -25 m dal piano campagna con l'approssimarsi al bolognese.

Concorrono a documentare un'attività tettonica recente le migrazioni verso occidente dei tracciati dei fiumi appenninici, tipo quelli rappresentati dai gomiti fluviali dell'asse del T. Enza tra Montecchio E. e S. Ilario d'Enza e tra i Pantari e l'Autosole e più ad oriente dell'alveo del F. Secchia tra Rubiera e l'A1, a settentrione dell'Autosole gli antichi depositi di canale fluviale abbandonati che frequentemente perdono di identità prima di giungere all'attuale percorso del Po quali il dosso Cogruzzo – Meletole e il Dosso Olmo – la Noce - Poviglio, la netta deviazione in verso settentrionale di detto fiume nella zona di Guastalla, praticamente a ridosso dell'ala occidentale – settentrionale della Dorsale Ferrarese.

Le faglie e sovrascorrimenti classificati attivi nel sottosuolo del territorio in esame sono tutti di tipo cieco.

L'assetto delle strutture profonde visualizzato nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (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 – Bellaria, sovrascorrimento al Fronte delle Pieghe Emiliane a direzione nord ovest – sud est circa da San Secondo – Paradigina (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 pedappenniniche estese in

---

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

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.

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).

Gli eventi di maggior intensità documentati più prossimi al territorio di Castelnovo di Sotto sono avvenuti il 09/1831, 03/1832 e 07/1971. Tali terremoti sono correlati (Gasperini et Alii, 1999) a faglie generatrici con lunghezza, larghezza, direzione, magnitudo momento sismico ( $M_w$ ) intensità epicentrale I, ricavata in funzione degli eventi – rigidità delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici, come nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione	Lunghezza faglia km	Larghezza faglia km	Magnitudo momento $M_w$	Intensità epicentrale I
09/1832	Bettolino – Case del Lago – Casetto di sopra	7,1	6,0	5,58	7,5
03/1831	Stazione FS - Cadè Barisella	7,4	6,1	5,60	7,5
07/1971	Casalbroncolo - Paulli	8,6	6,6	5,72	8,0

*Gasperini et Alii, 1999*

Le box sismiche di dette faglie sono visualizzate nella Carta Sismo Tettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004) della quale è riportato uno stralcio ingrandito alla scala 1:100.000 nell'allegata figura G1.

Oltre alle sopradescritte box sismiche nella omonima Carta Regione Emilia Romagna 2016 (L. Martelli et Alii) nel raggio di 10/12 km e che circonda il territorio di Castelnovo di Sotto sono individuate zone sorgente di shock sismico come esposto nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione	Profondità ipocentro km	Magnitudo momento $M_w$	Intensità epicentrale I
05/1967	Stazione Pratofontana – Novellara	39	4,56	5,0
05/1981	Ponte Nuovo (Bagnolo in p.) – Villarotta	7,0	4,31	6,0
04/1987	San Giovanni della Fossa – San Tommaso della Fossa	5,0	4,96	4,0
05/1987	Castello San Michele – Cognento – Campagnola E.	3,1	4,71	6,0
10/1996	Argine/la Rocca – Minghella – Brugneto	5,0	5,38	7,0
06/2000	Fosdondo – Santa Maria della Fossa – Bigliana	5,0	4,4	5 - 6

Terremoto	Direzione	Profondità ipocentro km	Magnitudo momento Mw	Intensità epicentrale I
09/2007	Sud Praticello –Castelnuovo di Sotto centro storico	9,7	4,24	/
01/2012	Ghiarole – Godezza – Castelnuovo di Sotto	29	4,95	5 - 6

*Gasparini et Alii, 1999*

L'interazione tra le Pieghe Emiliane e la parte più esterna della Struttura di Bagnolo (rampa laterale delle Pieghe Ferraresi) ha manifestato influenze che hanno determinato sollevamenti negli ultimi  $0,45 \div 0,22$  Ma e con tutta probabilità anche in epoca storica, come suggeriscono la diversione verso occidente del T. Enza e la presenza al piano campagna dei depositi dell'Unità di Vignola: AES7b, indicanti un apporto dei depositi alluvionali praticamente trascurabile negli ultimi 8/10000 anni nei territori di Sant' Ilario d'Enza e di Campegine.

Tali caratteristiche unitamente a quelle della fascia anticlinale del Ghiardo presente circa 8 - 10 km a sud dell'Autosole, che risulta sia stata interessata da movimenti in età recente, secondo *Cremaschi e Papani (1975)* pre *Riss* e con fasi Pre *Mindell*, ed alle analisi redatte nel contesto del *Progetto Finalizzato Geodinamica Sottoprogetto Neotettonica*, denotano l'attività tettonica recente nel territorio in narrativa,

La distribuzione degli ipocentri focali evidenzia che il territorio in oggetto è interessato principalmente da un'attività sismogenetica, correlata a faglie compressive e trascorrenti, di tipo superficiale: primi 5/10 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 - 30 km dal piano campagna, è simile a quella più superficiale ma contraddistinta da densità inferiore.

D'altra parte la sismicità più profonda, ipocentri sottostanti da -29/30 a >39 km dal piano campagna, è correlata principalmente a processi distensivi nel basamento e nella pianura è decisamente minore ed induce risentimenti in superficie con effetti più bassi.

Le direzioni delle faglie generatrici dei fuochi sismici sono principalmente anti appenniniche e nella zona tra Cadelbosco Sopra e Parma le zone sorgente si originano al fronte esterno delle Pieghe Emiliane orientate ovest sud ovest – est nord est. Nelle aree a settentrione di Praticello – Castelnuovo di Sotto le faglie sismogenetiche assumono direzione ovest – est. Nel territorio ad oriente di Campegine – Santa Vittoria – S. Bernardino dette strutture hanno direttrice sud ovest – nord est e nel sottosuolo di Cadelbosco Sopra – Bagnolo in Piano – Novellara sono principalmente localizzate tra la fascia del Fronte di accavallamento della Successione Carbonatica Meso Cenozoica e quella dello sovrascorrimento che delimita l'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese; è inoltre individuata una faglia sepolta potenzialmente attiva con direzione sud ovest – nord est circa da Santa Vittoria a La Riviera (Novellara).

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2004), ubica l'area in oggetto nella fascia di territorio adiacente al limite occidentale della zona sismogenetica 912 e circa 7 km a nord del bordo settentrionale della zona 913.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale: OPCM 3274/2003, NTC 14/09/2005, attribuisce il Comune di Castelnuovo 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:

$$a_g = 0,100 \div 0,150 g$$

con diminuzione di tali parametri da sud est a nord ovest.

Il valore della  $a_g$  di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera della Giunta Regionale, Emilia Romagna n° 2193/2015, per il comune di Castelnuovo di Sotto corrisponde a quelli sopra esposti.

### **4.3 Subsidenza**

I fenomeni subsidenti nel territorio di Castelnuovo 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 prepliocenico 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 2002 al 2006, sono correlati abbassamenti dei terreni corrispondenti a 0,25 ÷ 0,5 cm anno per il territorio a meridione del capoluogo e la fascia alla quale appartiene il medesimo; a settentrione di quest'ultima sono individuati gli abbassamenti di valore relativo minore stimati di entità minore di 0,25 cm/anno.

Nel successivo periodo dal 2006 al 2011 la prevalente parte del territorio comunale è stata interessata dalla diminuzione delle velocità di abbassamento risultata inferiore a 0,25 cm/anno, ad eccezione di areali di limitata estensione nel settore nord orientale nei quali i tassi di subsidenza hanno evidenziato valori corrispondenti a 0,25 ÷ 0,5 cm/anno.

Le diverse entità degli abbassamenti denotano 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_2_divello=1423)), 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 una significativa presenza di unità sabbioso 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; proseguendo in direzione nord tendono ad incrementare le intercalazioni in unità sabbiose che presentano spessori sempre maggiori ed a settentrione di Meletole denotano la presenza della fascia di transizione all'unità idrogeologica del Po.

#### **4.4 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 fotointerpretativa è stata eseguita in base ai fotogrammi PROV. RE/C, in scala approssimata 1:24.000 voli Aprile 1989, fotogrammi IGM/BN in scala 1:35.000 voli 1955, riprese consultabili in rete su Google Heart; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

#### **4.5 Caratteri Geomorfologico**

Il territorio di Castelnovo di Sotto appartiene prevalentemente alla zona della media pianura e nella parte più settentrionale, areale di Meletole, alla fascia di transizione tra i depositi alluvionali dalla Media alla Bassa Pianura Padana Appenninica, costituita dalle evoluzioni idrografiche del Po e dei suoi affluenti che hanno colmato il golfo padano delimitato dagli affioramenti appenninici a sud e da quelli alpini a nord.

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 wurmiani (Ghiardo – Montecchio) formanti il pleistocenico oggi rinvenibile secondo paleo-superfici terrazzate di 3÷4 m rispetto alle alluvioni medio recenti e wurmiane. Queste ultime si rinvengono 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 wurmiani 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 Lustrico delle pieghe Pedeappenniniche (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. Infatti il settore occidentale ed occidentale settentrionale presentano 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 nord est a settentrione della medesima.

Dette caratteristiche si evidenziano nella Carta Geologico tecnica, tav. 1.2, che denota un sistema paleoidrografico definito caratterizzato da tratti di canale fluviale estinto a direzione sud ovest - nord est ed ovest est.

Un'analoga morfostruttura significativa per l'evoluzione paleografica del territorio di Castelnuovo 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 che si sono verificate sostanzialmente 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 e nella zona settentrionale orientale circa tra Cogruzzo – Meletole ed il T. Crostolo.

## 5 IDROGEOLOGIA

### 5.1 Idrografia di superficie

La rete idrica superficiale è costituita dai cavi e canali del *Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale* appartenenti prevalentemente al bacino idrografico del F. Secchia ed in subordine per le aree orientali centro settentrionali e settentrionali di Cogruzzo e Meletole al bacino idrografico del T. Crostolo. entrambi appartenenti 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, 1,0/1,5 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 ed 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; fa eccezione il settore nord orientale tra il Canalino di Cogruzzo, Fossetta Montana, Canale di Castelnuovo, Fossa Marza, nel quale 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

### **5.1.1 Rete idrica superficiale / pericolosità idraulica del territorio comunale**

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. Oltre a ciò si è fatto riferimento all'assetto topografico e geomorfologico del territorio di Castelnuovo di Sotto.

Per quanto riguarda il reticolo primario, RP\_RSCM TAV.182 SE, PGRA, 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, si riscontra che il territorio di Castelnuovo di Sotto è totalmente classificato zona P1-L 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 P3-H 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.

Il reticolo secondario, tav 182 SE PGRA, evidenzia che la prevalente parte del territorio appartiene alla zona con pericolosità P2-M.

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 ovest est lunga 850 m e larga 300 m compresa tra SP 112 – via Castelnuovo – Scarabella, Via Antica – Canale di Castelnuovo; la striscia larga 250 m che comprende il Cavo Fossetta Montana circa dall'intersezione della stessa con via Pasubio e si estende in direzione est per circa 1000 m da dove si allarga in verso settentrionale sino a strada Gambarotta e ad oriente sino al Canale di Castelnuovo; l'area del settore nord orientale, a geometria sub trapezoidale, circa compresa tra Canale di Castelnuovo – Fossa Marza – Canalino di Cogruzzo per una lunghezza di 450 m in direzione sud e che da qui si raccorda in verso sud est al Canale di Castelnuovo; la fascia ovest est adiacente il limite comunale settentrionale (nord Meletole) con larghezza di 200 m rispetto alla sponda meridionale del Cavetto di Meletole che si amplia per 400 m in direzione sud in corrispondenza del lato occidentale dello Scolo di Meletole ed a nord del bordo orientale dello stesso verso nord sino al Cavetto di Meletole da dove prosegue ad est con larghezza di 250 – 130 m sino al Canale di Castelnuovo; le sopra descritte aree sono classificate P3-H soggette ad alluvioni frequenti con tempo di ritorno tra 20 e 50 anni ad elevata probabilità.

Nelle aree 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 gli areali del capoluogo, e sue zone ad uso produttivo sud e nord, le principali frazioni, Cogruzzo – Cornetole – Meletole – Case Melli, l'area ad uso produttivo a sud est tra il Canale di Castelnuovo – Cavo Cava – Strada per Castelnuovo di Sotto, a classe di pericolosità R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

Relativamente al reticolo secondario di pianura le sopra esposte aree sono classificate a classe di rischio R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4; a tali aree si aggiungono quelle precedentemente descritte classificate P3-H, ed un area di limitata estensione a settentrione del Cavo Fossetta Montana adiacente al lato est di via Pasubio larga 100 m e lunga 300 m classificata R3 (rischio elevato) classe di danno D4; sono inoltre attribuite a tale classe tratti a sviluppo lineare, di varia lunghezza, estesi concordemente ai tratti dei cavi – scoli – canali.

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.

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'idonea funzionalità degli stessi data l'assenza di avvallamenti e depressioni significative anche su lunghezze superiori ai 500 m.

Oltre a ciò si osserva che le continue manutenzioni e ripristini operate dal competente Consorzio di Bonifica, mantengono in essere 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 ed adeguamenti delle strutture per la sicurezza idraulica del territorio siano implementati, in particolare per il reticolo secondario di pianura.

## **5.2 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.

## **5.3 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; l'unità della media Pianura costituisce i settori centro meridionali centrali e centro settentrionali; 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 Monclinale Alpina in verso sud.

### **5.3.1 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 un richiamo significativo verso il piano campagna delle acque salate nel territorio di Castelnovo di Sotto.

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

La serie idrogeologica di seguito descritta si è ricostruita 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. Quanto sopra esposto è stato inoltre implementato dalle sezioni idrogeologiche strutturali redatte da RER e dalle 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 acquiferi 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.

##### **5.4.1 Successione Idrogeologica Locale**

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 è visualizzato nella tav. 1.2.1 sezioni geologiche.

Complesso Acquifero A0 (Unità stratigrafica AES8): è correlabile a deposizioni di ambiente continentale di età olocenica (10.200 – 14.000 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 quelli 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 nuovamente 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 ÷ 13/16 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.

Complesso Acquifero A1 (Unità stratigrafica AES7): è correlabile a deposizioni avvenute tra 10.000 - 14.000 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 prepliocenico 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 subordinate 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 -95/-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.

Complesso Acquifero A2 (Unità stratigrafica AES6): 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 sono osservabili nel sottosuolo del settore orientale al confine con Cadelbosco di Sopra dove si ha il passaggio dalla Monclinale Alpina alla Dorsale Ferrarese per contatto tettonico.

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 30/40 m nelle zone meridionali e di 45/50 m nelle aree centrali e settentrionali con graduale incremento verso nord; si riscontra sino a profondità di -130/-140 m pc nelle zone più a sud e sino a -140/-150 m pc. nelle aree centrali e settentrionali con aumento di profondità in direzione nord. 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 – Cogruzzo tra -95/-100 m pc e -105/-115 m pc.

Complesso Acquifero A3 (Unità stratigrafica AES3): denota modeste influenze, analogamente al complesso sovrastante, 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 che tendono ad accentuarsi in direzione orientale in accordo con l'innalzamento del substrato prepliocenico che ha condizionato le possibilità deposizionali. È costituito prevalentemente da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi ed argilloso limosi con prevalenza dei materiali più fini nelle zone meridionali, dove presenta spessori di 40/45 m che diminuiscono a 35/40 m in direzione orientale; in tale zona la percentuale nel sottosuolo dei corpi ghiaioso sabbiosi è minore rispetto a quella del complesso sovrastante (A2). Gli spessori di detta unità nel settore occidentale e centrale rimangono praticamente costanti in direzione sud nord variando da 40 a 45 m ed in tale verso gli orizzonti più permeabili diminuiscono e si arricchiscono nelle frazioni sabbiose in senso settentrionale e contestualmente divengono decisamente prevalenti le sequenze argilloso limose; procedendo in verso orientale la potenza diminuisce da 40/45 in comune di Castelnovo di Sotto a 35/40 m nell'area di Cadelbosco Sopra e la base dell'unità si innalza.

Si rinviene sino a -180/-190 m pc nei settori occidentali e meridionali, sino a -170/-180 m pc nelle zone orientali si innalza a -150/-160 m pc nelle aree più ad est in comune di Cadelbosco di Sopra.

Gli orizzonti acquiferi principali, si riscontrano al tetto del complesso dove individuano la transizione all'unità sovrastante (A2) a profondità tra -130/-140 nel settore meridionale, tra -135/-145 m pc nelle zone centrali e -120/-135 m pc nelle aree settentrionali.

Complesso Acquifero A4 indifferenziato (parte medio basale - basale 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 prevalenza delle sequenze argilloso limose ed i livelli permeabili sono principalmente sabbiosi di modesto spessore, lentiformi e si rinvencono tra -210/-220 m pc; nelle zone meridionali i corpi sabbioso ghiaiosi, dove presenti, risalgono a -170/-180 m pc e si esauriscono rapidamente in direzione nord. Detto ciclo è caratterizzato da spessori tra 90 e 100 m nelle aree più a meridione di Scarabella – via Antica ed in direzione nord diminuiscono a 80/70 m nelle zone centrali e si riducono a 70/60 m nella fascia più settentrionale del territorio a nord di Cogruzzo – Cornetole; analoga variabilità si riscontra in verso ovest – est con spessori relativi maggiori di 90/100 nei settori più occidentali che diminuiscono a 80/70 nella fascia di territorio ad oriente del capoluogo e si riducono ulteriormente a 70/60 m ad est del confine comunale orientale nell'area di Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano.

Gli orizzonti sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, ad assetto spiccatamente lentiforme, a maggior grado relativo di continuità si riscontrano al tetto dell'unità tra -210/-220 m pc nelle zone meridionali e -220/-230 m pc nelle aree centrali e settentrionali; altri livelli sabbiosi – sabbioso ghiaiosi discontinui lateralmente e pronunciatamente lentiformi sono localmente riscontrabili a -230/-240 m pc nelle zone meridionali centrali ed orientali e tra -270/-280 m pc nelle aree



centrosettentrionali – settentrionali ed orientali. È generalmente rinvenibile sino a -270 m pc nelle zone più meridionali ed occidentali, risale gradualmente a -265/-260 m pc nel settore centrale – centro settentrionale ed a -250 m pc nella fascia di territorio a nord di Cornetole – Cogruzzo. Simile assetto, ma con variazioni più accentuate, denota in direzione ovest est con profondità maggiori nelle aree ad occidente del capoluogo, circa corrispondenti a -270 m pc, che risalgono a -260/-250 m pc e nelle zone orientali ad -240/-220 m pc più ad est nei territori di Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano.

Gruppo Acquifero B (Sintema Alluvionale 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 sino a -370/-380 m pc nelle zone settentrionali e sino a -340/-360 m pc nei settori orientali più prossimi alla Dorsale Ferrarese.

#### **5.4.2 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 nettamente 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 lenticolari e discontinui lateralmente, percentualmente meno rappresentati e meno potenti rispetto alle componenti argilloso – limose.

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

#### Serie Litostratigrafica

- AES8

**A<sub>8</sub>** - Complesso a litologia variabile prevalentemente costituito da alternanze di livelli lenticolari 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 lenticolare la separazione tra il piano campagna e gli strati permeabili a scala territoriale non è continuo; l'acquifero in oggetto è interessato da ricarica per infiltrazione superficiale e fortemente suscettibile all'inquinamento. Gli spessori dei terreni coinvolti è mediamente compreso 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 direzione 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 argilloso, 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 e -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 subordinate 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 – limoso argilloso 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.
- AES6
- F<sub>3</sub>** - Unità permeabile formata da alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose – sabbiose continue lateralmente, inglobante in subordinate lenti e/o strati limoso argilloso, 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 centrali e 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 variabile tra 40 e 50 m, nelle zone a sud a sud di Scarabella – via Antica e di 50/60 m in quelle settentrionali; si rinviene generalmente sino a -130/-140 m pc nei settori più meridionali e sino a -140/-150 m pc, in quelle centrali e settentrionali.
- AES3
- H<sub>3</sub>** – unità a permeabilità discontinua lateralmente prevalentemente sabbioso ghiaiosa e con spessori di 4/5 m nel sottosuolo delle zone a sud di Scarabella – via Antica, si assottiglia ed arricchisce in componenti sabbiose in direzione settentrionale e si esaurisce nelle zone centrali; si riscontra tra -130 e -150 m pc.
- I<sub>3</sub>** – litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa con spessori medi di 35/45 m, contenente locali intercalazioni lentiformi sabbiose discontinue lateralmente; si rinviene sino a -170/-180 m pc nelle zone meridionali e sino a -180/-190 m pc in quelle centrali e settentrionali.

- AES basale indifferenziato

**L<sub>4</sub>** - orizzonte sabbioso ghiaioso a pronunciato assetto lentiforme con spessore di 5/6 m che si assottiglia ed esaurisce in direzione settentrionale ed occidentale, arricchendosi nelle componenti sabbiose; si riscontra tra -200/-210 m pc.

**M<sub>4</sub>** - unità impermeabile principalmente argilloso limosa con intercalati locali orizzonti lentiformi sabbiosi a pronunciata discontinuità laterale; si riscontra sino a -350/-380 m pc.

- AEI

**N<sub>B</sub>** - orizzonte permeabile prevalentemente sabbioso - sabbioso ghiaioso che individua il passaggio al Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore; presenta spessori oscillanti tra 5 e 10 m e si riscontra tra -350/-360 m pc nelle zone orientali e tra -370/-380 m pc nel sottosuolo delle aree settentrionali ed occidentali.

**O<sub>B</sub>** - litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa contenete in subordine locali unità sabbioso ghiaiose ad assetto lentiforme e discontinuo; si rinviene sino a -450/-500 m pc.

### **5.5 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

### **5.6 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.

Infatti 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.

### **5.6.1 Ambiente Idrico Sotterrano**

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.

### **5.6.2 Isopieze dell'acquifero**

L'assetto isopiezometrico 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.

### 5.6.3 Soggiacenza Acquifero freatico

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

la prima di queste identificata dalla parte meridionale del territorio comunale, zone a sud di Strada Gazzo – Fossetta Montana, è 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 Industriale via Curiel nella quale

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

Procedendo verso settentrione, tra le sopraccitate 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 sopra descritte, in funzione dell'andamento dei cicli stagionali del periodo dei rilevamenti sono mediamente rappresentative di periodi di submassimo 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.

### **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 contraddistinguono 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:

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

### **5.7 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.



## 6 CARATTERI GEOLOGICO TECNICI

Le caratteristiche litologiche relative ai primi 10 ÷ 20 m del sottosuolo del territorio di Castelnuovo 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 Variante Generale PRG 1997 e proposta Varianti Parziali al PRG 2010.

Gli areali che delimitano le unità litotecniche visualizzate nell'elaborato in oggetto, Tav. 1.2, identificano gli orizzonti litologici presenti nel 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.

### 6.1 Carta geologico 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, condizionate 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 difficoltà dei 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 direttici 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/via 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 con 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 Str. 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 – via 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.

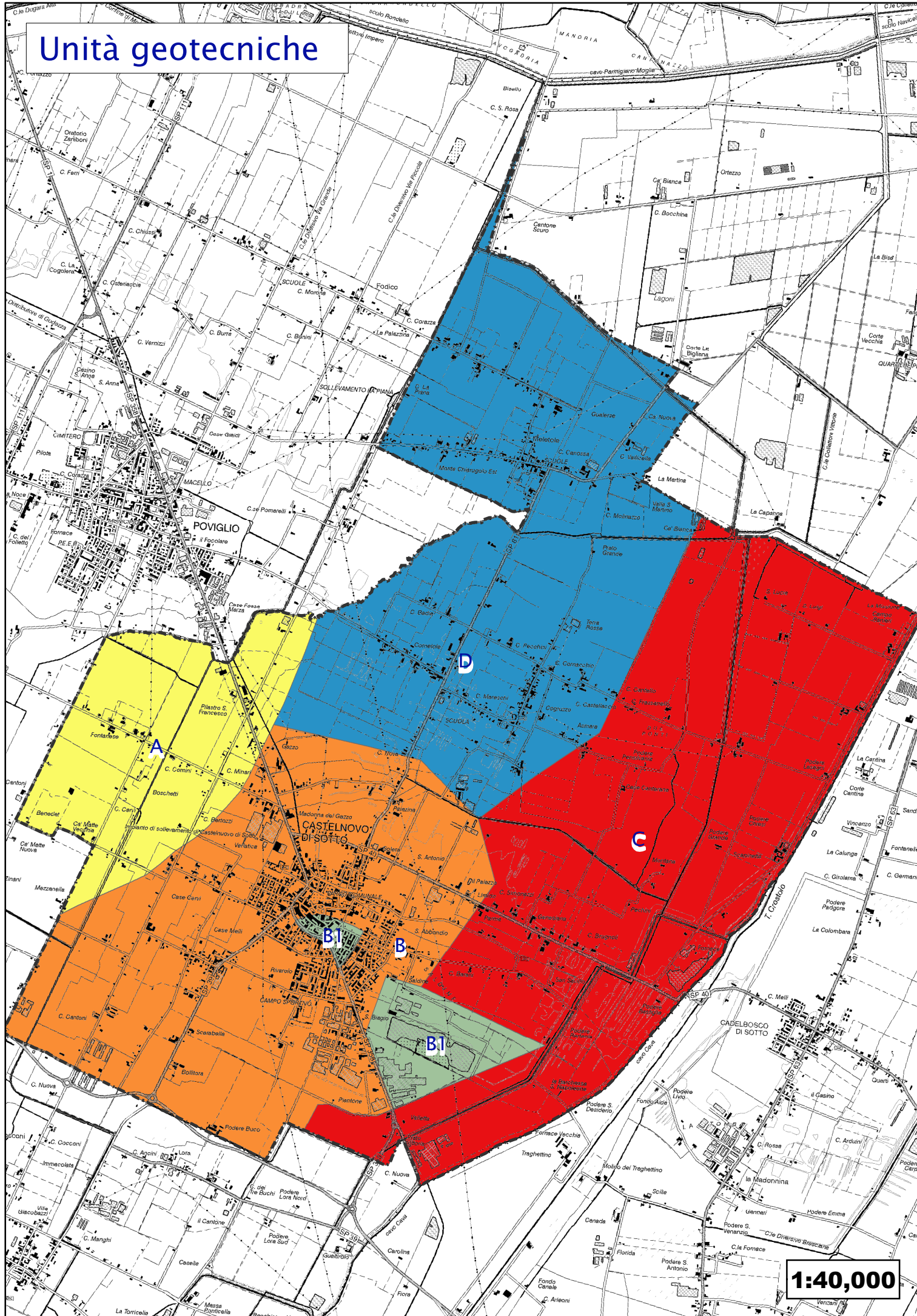
La terza macrozona costituisce la fascia orientale del territorio comunale estesa sud nord ad est dell'allineamento C. Barani – Limido – Asmara – Strada del Cantello, delimitata ad oriente ed a settentrione dai confini con i comuni di Cadelbosco di Sopra e Gualtieri; detto areale è formato in netta prevalenza 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.

## **6.2 Caratteristiche litotecniche**

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

# Unità geotecniche



1:40,000

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

<b>Ia Unità</b> Da piano campagna a - 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> da - 2,0 m 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> da - 4,0 m 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> Da -6,0 ÷ -7,0 m 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> Da -11,0 ÷ -12,0 m 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> da -14 ÷ -15 m 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> da -20,0 ÷ -22,0 m 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).**

<p><b>Ia Unità</b> Da piano campagna a -2,0 ÷ -3,0 m p.c.</p>	<p>Limi argillosi – argille limose, con locali intercalazioni limose e limoso sabbiose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra <math>q_{cm} = 8 \div 12</math> kgf/cmq e da resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra <math>f_{sm} = 0,3 \div 0,6</math> kgf/cmq. Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è di tipo medio.</p>
<p><b>Ia Unità</b> da -2,0 ÷ -3,0 m a -5,0 ÷ -7,0 m p.c.</p>	<p>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 <math>q_{cm} = 10/12 \div 14/16</math> kgf/cmq e nelle sabbie – sabbie limose <math>q_{cm} = 18/20 \div 30/40</math> kgf/cmq; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra <math>f_{sm} = 0,3 \div 0,5</math> kgf/cmq nei limi argillosi - argille limose e tra <math>f_{sm} = 0,1 \div 0,3</math> kgf/cmq 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.</p>
<p><b>IIIa Unità</b> da -5 ÷ -7 m a -8 ÷ -9,0 m p.c.</p>	<p>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 <math>q_{cm} = 14/16 \div 20</math> kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra <math>f_{sm} = 0,5 \div 0,8</math> kgf/cmq, ad eccezione delle zone dove prevalgono le componenti limoso sabbiose nelle quali <math>f_{sm} = 0,2 \div 0,4</math> kgf/cmq.</p>
<p><b>IVa Unità</b> da -8 ÷ -9 m a -12 ÷ -13,0 m p.c.</p>	<p>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 <math>q_{cm} = 12/16 \div 18/22</math> kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra <math>f_{sm} = 0,5 \div 0,8</math> kgf/cmq; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose <math>q_{cm} = 40 \div 50</math> kgf/cmq ed <math>f_{sm} = 0,2 \div 0,4</math> kgf/cmq; nei limi sabbiosi <math>q_{cm} = 10/12 \div 16</math> kgf/cmq ed <math>f_{sm} = 0,4 \div 0,6</math> kgf/cmq.</p>
<p><b>Va Unità</b> Da -12,0 ÷ -13 m a -19 ÷ -20,0 m p.c.</p>	<p>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 <math>q_{cm} = 14/16 \div 13/24</math> kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra <math>f_{sm} = 0,5 \div 0,8</math> kgf/cmq; nelle intercalazioni limoso sabbiose – sabbiose <math>q_{cm} = 20/30</math> kgf/cmq ed <math>f_{sm} = 0,3 \div 0,5</math> kgf/cmq.</p>
<p><b>VIa Unità</b> Da -19 ÷ -20,0 m a -22 ÷ -24,0 m p.c.</p>	<p>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 <math>q_{cm} = 80/100 \div 140/180</math> kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra <math>f_{sm} = 0,3 \div 0,5</math> kgf/cmq; nelle argille limose – limi argillosi <math>q_{cm} = 16/18 \div 22</math> kgf/cmq ed <math>f_{sm} = 0,7 \div 0,9</math> kgf/cmq.</p>



<b>VIIa Unità</b> da -22 ÷ -24 m 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> Da piano campagna a - 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>IIa Unità</b> da -2 m 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> da -5,0 m 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> Da -8 ÷ -9 m 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> da -11,0 m 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> Da -13,0 a -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> Da piano campagna a -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> da -2,0 m 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> da -4 ÷ -5 m 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> Da -6 ÷ -7 m a -12 ÷ -13 m p.c.	Alternanze di strati, argilloso limosi – limoso argillosi 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/cmq; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cmq.
<b>Va Unità</b> da -12 ÷ -13 m 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/cmq e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq; nei locali corpi sabbiosi $q_{cm} = 60/80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio.
<b>VIIa Unità</b> da -19 ÷ -20 m 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/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cmq; nelle argille limose $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cmq.
<b>Va Unità</b> Da -21 ÷ -22 m 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/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8$ kgf/cmq; nelle sabbie limose $q_{cm} = 28/32$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cmq; 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 Castello, 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).**

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

<b>Via Unità</b> da -14 ÷ -15 m 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> da -18,0 m 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.

## 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 argillosa – argilloso limosa con intercalati subordinati strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi sino a -15/-20 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 argillose – argilloso limose, 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 limose – limoso argillose sino a -19/-20 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:

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

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:

$$q_a = 0,9 \div 1,0 \text{ kgf/cmq}$$

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.

#### **6.4 SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

In relazione alla presenza nei primi 10/15/20 m del sottosuolo di strati sabbiosi – sabbioso fini e sabbioso limosi, generalmente in percentuale rappresentata inferiore rispetto alle componenti limoso argillose ed argilloso limose, saturati dalla falda idrica sotterranea, nelle successive fasi di analisi di caratterizzazione – microzonazione sismica saranno da sviluppare le valutazioni di risposta dei terreni in rapporto a condizioni di sollecitazione dinamica per la stima della pericolosità di liquefazione.

### **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 Castelnuovo 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 ÷ 1,0 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e sue zone industriali – uso produttivo e di 0,9 ÷ 1,1 km per le zone extraurbane (1,0 ÷ 1,2 kmq)

Il totale dei punti di indagine utilizzati per le analisi di microzonazione sismica è visualizzato nell'allegata figura G2 in scala 1:40.000.

#### **7.1 Microtremori con la tecnica HVSr**

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 44 punti, che sono stati integrati da 1 analoga verticale precedentemente eseguita nel territorio di Castelnuovo di Sotto; pertanto nella zona analizzata sono stati utilizzati in totale di 45 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 ÷ 0,8 kmq.

Le prospezioni sono state eseguite utilizzando un sismometro modello “SR04 GeoBox” (Sara Electronic Instruments) attrezzato con sensori da 4,5 Hz di frequenza propria ed un sismometro Tromino, entrambi ad elevata dinamica (24 bits).

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.

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

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo 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 6 analoghe prospezioni precedentemente eseguite.

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.

Fig. G2 - Ubicazione indagini utilizzate per la microzonazione sismica





## 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 Tecnico Degli Affluenti del Po, 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:

- 55 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 16 prove penetrometriche CPTE
- 10 prove penetrometriche CPTU
- 5 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo (SM)
- 15 Stratigrafie derivanti da perforazioni di pozzi per acqua (PA)
- 13 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi.
- 13 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 nell' area comunale di Cadelbosco Sopra e Campegine si ottiene un n° complessivo di 45 siti di misura 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 45 siti di misura nell' area comunale e di 12 al bordo dello stesso negli adiacenti comuni.

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, 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 Castelnuovo 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:

- 45 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
$0,5 \leq F_0 < 0,8$	$1,0 \leq A < 2$
$0,8 \leq F_0 < 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
	$A \geq 3,0$

Dette associazioni sono riportate nella tavola "Frequenze Naturali Terreni" (Tav. 1.7); 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 Castelnuovo di Sotto presentano un modesto campo di variabilità prevalentemente compreso tra  $F_0 = 0.7/1.0$  Hz.

Nelle parti meridionali occidentali, fascia ovest est centro settentrionale tra Cavo Fossetta Montana e via Cantone – via Formica, ovest – nord ovest di Meletole, si riscontrano i minimi relativi minori corrispondenti ad  $F_0 = 0,65 \div 0,75$  Hz.

I valori delle frequenze principali aumentano gradualmente in direzione della fascia Cogruzzo – Strada G. Mameli, e nel settore centro meridionale sede del capoluogo sino al confine con Cadelbosco di Sopra, nelle quali le frequenze sono mediamente variabili tra  $F_0 = 0,8 \div 0,95$  Hz ad eccezione della zona orientale del capoluogo ad est di via San Biagio – Via S. Andrea, sud di Strada Limido, ovest di Limido – C. Barani, nord di Scolo Saldine nella quale  $F_0 = 0,75$  Hz.

Tali parametri denotano una tendenziale correlabilità con il modello litostratigrafico del sottosuolo dell'area in esame (tav. 1.7) che nelle zone meridionali orientali, è caratterizzato dalla diminuzione in spessore del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore con minori profondità relative del piano campagne della base di AES; analoga considerazione è estendibile al settore nord orientale nel quale si riscontra innalzamento, meno accentuato, della base del sopracitato Sintema.

### **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  $10 \div 20/30$  m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: 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  $5 \div 20$  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 358, 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 S. Biagio – via G. Galilei, la zona che asseconda l'andamento di via Pavese tra Strada Rivarolo e via Dante Alighieri, la fascia ovest est tra quest'ultima strada e via S. Quasimodo – via D. Alighieri, l'area nastriforme circa compresa tra via Pescatora e Strada Prati Melli dal confine comunale sud ovest al cimitero del capoluogo.

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 – Cornetole/Cogruzzo – Meletole) 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 litotecnica 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 litotecnici 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 AES6 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 – Minghella.

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 meridionale occidentale 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 nel sottosuolo della 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 AES6 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 573/2016, e DAL 2193/2015, 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, sondaggi meccanici, sono state utilizzate sia le verticali di indagine geofisica di tipo lineare ed antenna monodirezionale (Re.Mi./MASW) che puntuali a stazione singola (HVSr) per una più attendibile individuazione delle unità litologiche contraddistinte da Vs considerabili tra essi praticamente equivalenti.



La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica MOPS tav. 1.8, 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.

In tale contesto sono inoltre state usate le documentazioni della Regione Emilia Romagna, in particolare le carte topografiche di dettaglio, il modello digitale del terreno e la banca dati geologica del territorio comunale, resi disponibili in formato digitale dal *Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli*.

Oltre a ciò si è fatto riferimento alle elaborazioni individuanti i differenti scenari di pericolosità sismica locale e degli effetti locali attesi del PTCP della Provincia di Reggio Emilia, gli elaborati della relazione geologica della Variante Generale al PRG 1997 e Variante Parziale PRG 2010 del comune di Castelnovo di Sotto, alla banca dati del U.T. del Comune di Castelnovo di Sotto.

Le sopradescritte disamine e documentazioni hanno consentito di delimitare ambiti litotecnici contraddistinti da differenti caratteristiche geotecniche e di rigidità, 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 direttamente eseguite, quelle reperite presso Servizio Geologico Sismico e dei suoli RER – UT comunale – STB.

La discretizzazione delle verticali litotecniche, redatta in conformità alle simbologie e criteri degli standard di MS versione 4.0b dell'ottobre 2015, 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 litostratigrafiche: zone 1 – 2 – 3 (2001 – 2002 - 2003) e le zone suscettibili di instabilità: zone  $ZA_{LQ}$ : 3050/2004 – 3050/2005 e zone soggette a potenziali cedimenti differenziali  $ZA_{CD}$  (3080). Tali classificazioni per le zone LQ distinguono le successioni nelle quali sono presenti nei primi 5 m del sottosuolo strati sabbiosi con spessore di almeno 1 m, ai quali seguono sequenze contenenti orizzonti sabbiosi con potenze di 2 – 4 m da -5 a -15/-20 m pc, da moderatamente a poco addensati, con  $V_s < 200 \div 220$  m/sec nei primi 10 m del piano campagna, soggetti a potenziale pericolosità di liquefazione, rispetto a quelle in cui sono attesi incrementi dei consolidamenti per effetti cosismici  $ZA_{CD}$ .

Questi ultimi si sviluppano nelle condizioni in cui le successioni litologiche prevalentemente limose – argilloso limose contengono intercalazioni di strati sabbioso limosi e limoso sabbiosi, ad assetto prevalentemente lentiforme, con spessori inferiori ad 1 m, poco

addensati - poco/moderatamente consistenti, che nella stratigrafia di insieme dei primi 15 m pc presentano potenza complessiva inferiore a 2/3 m, contraddistinti da  $V_s < 150/180$  m/sec nei primi 5 m pc; in detti casi possono insorgere effetti correlabili ad addensamenti differenziati e/o per addensamenti di sottili strati sabbioso limosi.

Analoghi potenziali effetti caratterizzano le successioni prevalentemente limoso argillose – limoso sabbiose ed argillose, nei primi 7/10 m del sottosuolo, contenenti livelli sabbiosi lentiformi con spessore inferiore a 1 m, contraddistinte da valori di resistenza alla punta al penetrometro statico corrispondenti a  $q_c < 7$  kgf/cm<sup>2</sup> per spessori di 2-4 m e valori di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio equivalenti a  $V_s < 120/150$  m/sec, nei primi 5/7 m del sottosuolo. Tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

### **8.5.2 Aree Suscettibili di Effetti Locali e di 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 negli allegati B e C della D.G.R. 1227/2015, sono state suddivise in:

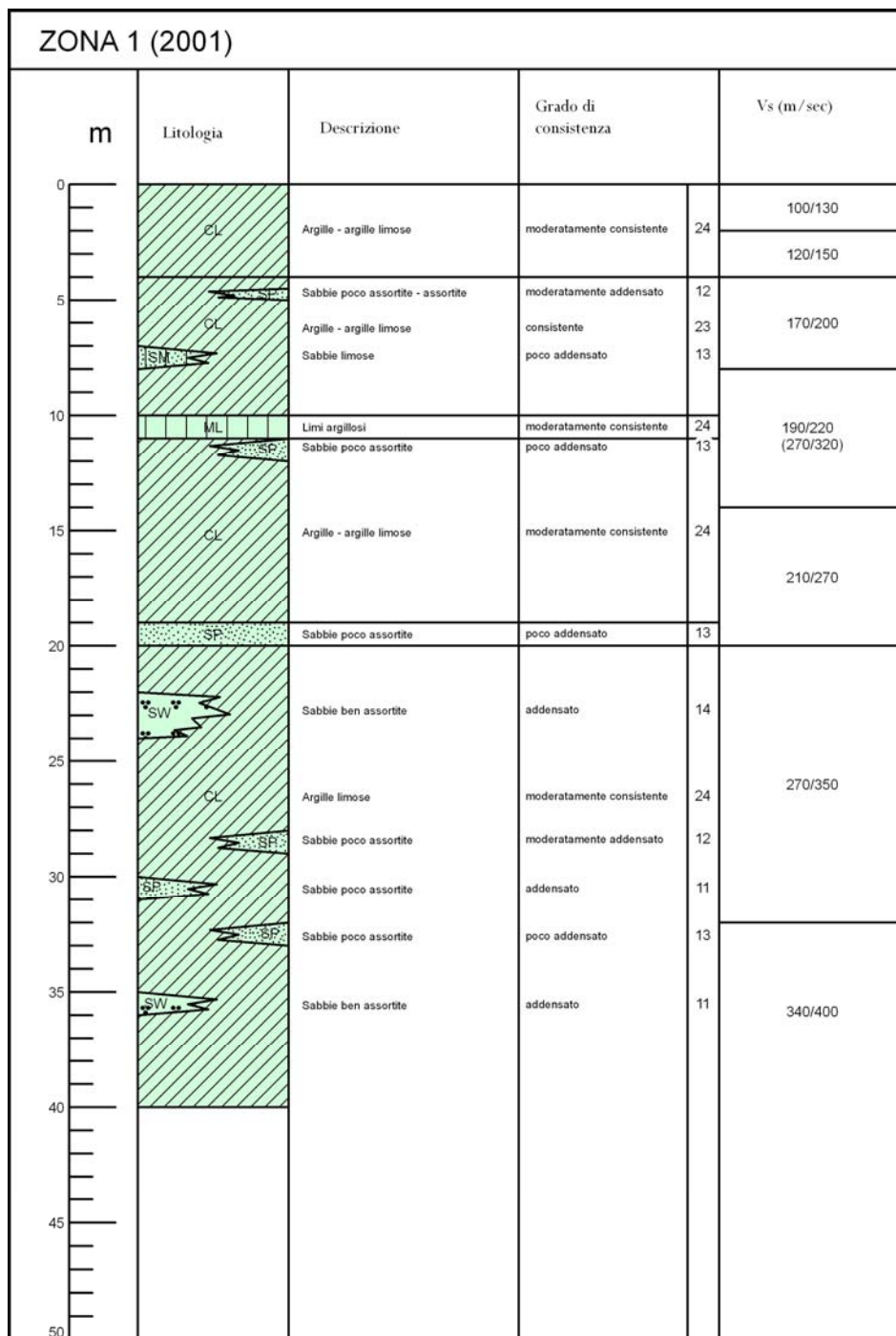
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

Zone di attenzione per instabilità

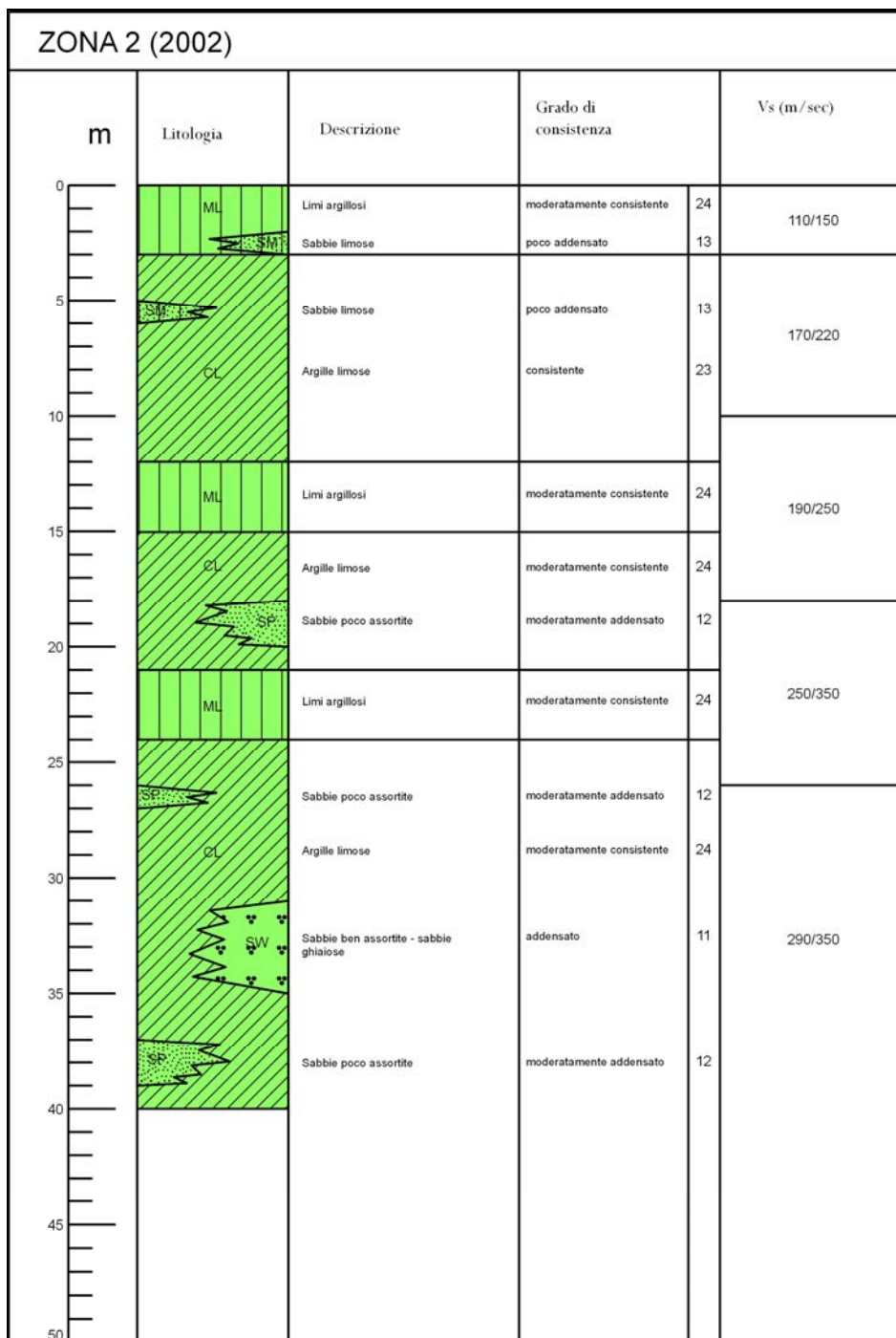
alle quali sono riconducibili le caratteristiche di seguito descritte:

- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locali:** appartengono a tale categoria tutte le aree con caratteristiche stratigrafiche tali da indurre effetti locali, zone 1 – 2 – 3 di legenda, secondo quanto previsto dai testi di riferimento indicati in premessa, in particolare dall’allegato 1 della DGR 2193/2015.
- **Zone suscettibili di instabilità:** appartengono a tale categoria tutte le aree suscettibili di deformazioni permanenti nelle quali le caratteristiche litostratigrafiche evidenziano la presenza di alternanze di strati sabbiosi – sabbioso limosi nei primi 2 ÷ 5 ÷ 15 m del sottosuolo, con spessori compresi tra 1/2 ÷ 2-4 m, potenzialmente suscettibili di liquefazione (zone LQ 2004 – 2005); le zone a sequenze prevalentemente limose – limoso sabbiose argillose che contengono corpi lentiformi sabbioso limosi con spessori inferiori a 1 m, da moderatamente a poco addensati con  $V_s \leq 150 \div 180$  m/sec, suscettibili di cedimenti differenziali; le con sequenze prevalentemente limoso argillose – limose poco/moderatamente consistenti, con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con spessore inferiore a 1 m poco addensati nei primi 6 ÷ 7 m del sottosuolo, contraddistinti da  $V_s < 120/150$  m/sec, soggette a potenziali cedimenti differenziali e le successioni litotecniche con orizzonti di spessore di 2/4 m nei primi 10 m del sottosuolo a medio elevata compressibilità ( $q_c \leq 7$  kgf/cm<sup>2</sup>).

Le delimitazioni delle zone e relative colonne stratigrafiche, esposte nella legenda della tav. 1.8, sono articolate come di seguito esposto:



**ZONA 1 (2001):** Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose moderatamente consistenti (CL -24); con intercalati subordinati locali sottili strati sabbiosi sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SP/SM - 13-12);  
**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;  
**studi richiesti:** valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;  
**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello



**ZONA 2 (2003):** Aree stabili di piana inondabile con presenza di alternanze prevalentemente limoso argillose - argilloso limose, moderatamente consistenti (ML/CL - 24), con intercalati subordinati sottili corpi lentiformi sabbiosi – sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati (SP/SM – 13/12) con spessori inferiori a 1 m sino a -20 m pc; a profondità sottostanti tra -30 e -35 m pc corpi lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi addensati con spessori di 4 – 5 m (SW-11);

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

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

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello

ZONA 3 (2003)				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0 - 5	CH	Argille di alta plasticità	moderatamente consistente	24 / 100/130
5 - 7	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24 / 190/210
7 - 8	MH	Limii sabbiosi	moderatamente consistente	
8 - 10	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
10 - 15	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24 / 200/220
15 - 20	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensato	
20 - 25	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12 / 250/300
25 - 30	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	
30 - 35				
35 - 40				
40 - 45				
45 - 50				

**ZONA 3 (2002):** Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente argillose - argilloso limose moderatamente consistenti (CH/CL - 24), con intercalati, subordinati corpi lentiformi limoso sabbiosi - sabbiosi moderatamente consistenti - poco addensati con spessori inferiori a 1 m, (MH-24/SP-13), lenti sabbiose con spessori di 1,5/2 m, moderatamente addensate - addensate (SW - 12/11) tra -15 e -20 m pc.

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

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

**microzonazione sismica:** approfondimenti di II livello

ZA LQ (2004) POTENZIALE LIQUEFAZIONE				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	ML	Limi - limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SM	Sabbie limose - limi sabbiosi	poco addensato	13
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
	SL	Limi sabbiosi	poco consistente	25
5	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12
	SL	Limi sabbiosi	poco consistente	25
	SM	Sabbie limose	poco addensato	13
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
10	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
15	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
20	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
25	SW	Sabbie ben assortite - sabbie ghiaiose	addensato	11
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
30	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
35	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
40	SP	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
45				
50				

**ZONA 30502004 - ZA<sub>LQ</sub>** – Aree potenzialmente instabili, costituite da alternanze di depositi di canale fluviale e di piana inondabile, prevalentemente sabbioso limosi – sabbiosi da poco a mediamente addensati, intercalati a strati limoso sabbiosi – limoso argillosi da moderatamente a poco consistenti, con Vs <180 m/sec nei primi 4,0 m del sottosuolo e Vs = 200/220 m/sec da -4,0 a -10 m pc.

**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.



ZA LQ (2005) POTENZIALE LIQUEFAZIONE				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	MH	Limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
5	MH	Limi sabbiosi	poco consistente	25
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
	SP/SM	Sabbie poco assortite - sabbie limose	poco addensato	13
10	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
15	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
20	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
	SP	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
	SW	Sabbie ghiaiose	addensato	11
25	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
	SW	Sabbie ben assortite - sabbie ghiaiose	addensato	11
30	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
35	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
40	MH	Limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
45	SW	Sabbie ben assortite - sabbie ghiaiose	addensato	11
50				

**ZONA 2005 - ZA<sub>LQ</sub>** – Aree potenzialmente instabili costituite da depositi di canale fluviale di piana inondabile formati da alternanze prevalentemente limoso sabbiose e sabbie da moderatamente a poco addensate (MH/SP-24/13), intercalate a strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML24); con Vs <150 m/sec nei primi 4 m del sottosuolo e Vs = 150 ÷ 220 m/sec da -4 a -10 m dal piano campagna; alle quote sottostanti alternanze prevalentemente argilloso limose – limose argillose moderatamente consistenti (CL/ML-24) con Vs = 200/300 m/sec; presenza di orizzonti sabbiosi addensati ad assetto lentiforme con spessori di 3-6 m tra -20 e -30 m pc;

**effetti attesi:** amplificazione litostratigrafica, potenziale liquefazione;

**studi richiesti:** valutazione dell’amplificazione, per effetti della stratigrafia, stima della pericolosità di liquefazione;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima della suscettività alla liquefazione con terreni poco consistenti (25).



ZA CD CEDIMENTI DIFFERENZIALI (3080)				
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza	Vs (m/sec)
0	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
2.5	SM	Limi - limi sabbiosi	poco consistente	25
3.5	MH	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
4	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
5	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24
7.5	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
8.5	SM	Sabbie poco assortite	poco addensato	13
10	ML	Limi - limi argillosi	moderatamente consistente	24
11.5	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
12	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
13	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
14	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensato	11
15	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
16.5	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
18	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
19	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
20	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
21	SW	Sabbie pulite ben assortite	addensato	11
22	ML	Limi argillosi	moderatamente consistente	24
23	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12
24	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
25	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
26	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
27	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
28	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
29	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
30	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
31	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
32	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
33	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
34	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
35	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
36	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
37	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
38	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
39	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
40	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
41	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
42	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
43	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
44	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
45	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
46	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
47	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
48	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24
49	SW	Sabbie pulite ben assortite	moderatamente addensato	12
50	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24

**ZONA CED – Aree potenzialmente instabili per cedimenti differenziali costituite da depositi limoso argillosi – limoso sabbiosi da moderatamente a poco consistenti (ML/MH – 24/25) contenenti corpi lentiformi sabbioso limosi - sabbiosi, con spessori di inferiori ad 1 m poco addensati (SM/SP - 13), con Vs<180 m/sec nei primi 4 m del sottosuolo; alle profondità sottostanti; argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con Vs<200 m/sec con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi, moderatamente addensati - addensati (SM/SW – 12/11) sino a -15 m pc, con Vs<200 m/sec; a profondità sottostanti argille limose moderatamente consistenti (CL-24) con intercalate subordinate sottili lenti sabbiose moderatamente addensate – addensate con Vs = 250/350 m/sec.**

Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti  
**effetti attesi:** amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti

**studi richiesti:** valutazione dell'amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, stima dei cedimenti differenziali;

**microzonazione sismica:** approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti, in condizioni statiche e dinamiche.

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: *“Elenco categorie di edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile ed elenco categorie di edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso..”*.

Analogamente nelle aree in cui sono previsti interventi in sottoterraneo 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, per i fabbricati con periodo  $T > 1$  sec. approfondimenti di III° livello.

### **8.6 Zone a comportamento sismico equivalente**

Il territorio Comunale di Castelnovo di Sotto è prevalentemente costituito da zone stabili (81%) ed in subordine da zone di attenzione per potenziale instabilità (19%). Nelle prime di queste, visualizzate nella Tav. 1.8, MOPS con colore pieno e senza sovrassegno, gli effetti dello scuotimento sismico sono correlati ad amplificazione per effetti delle condizioni litostratigrafiche. Detti areali assumono gli sviluppi maggiori nei settori orientali e centro settentrionali nei quali prevalgono le sequenze argilloso limose rispetto a quelle sabbioso limose – sabbiose; analoghe caratteristiche di zona stabile caratterizzano il settore occidentale centrale ad ovest del capoluogo.

Una significativa parte della superficie comunale (13%) evidenzia condizioni di potenziale instabilità per pericolosità di liquefazione correlata alla presenza di unità sabbioso fini limose – sabbiose poco addensate – moderatamente addensate sature, contraddistinte da  $V_s < 200$  m/sec nei primi 7/8 m del sottosuolo.

Dette aree di attenzione sono presenti nel settore occidentale nord occidentale del territorio, dove costituiscono fasce allungate in direzione sud ovest – nord est ad ovest del capoluogo, orientate ovest – nord ovest in Cornetole, e nord ovest nella zona di Meletole.

Equivalenti condizioni caratterizzano le aree allungate sud nord nel settore centro occidentale del capoluogo e tra Cogruzzo e Cornacchio.

Le zone suscettibili di potenziale instabilità per cedimenti differenziali (6%) caratterizzano prevalentemente il settore centro meridionale occidentale e meridionale del territorio, al quale appartengono il capoluogo e sue zone industriali, circa delimitato ad ovest da via Pescatora, a nord dalla SP 40 e ad est dell'allineamento intersezione Canale di Castelnuovo/SP 40 via Limido.

Analoghe condizioni contraddistinguono nell'area settentrionale la zona sede di Meletole.

In detti settori nelle successive fasi saranno da eseguire analisi di caratterizzazione sismica di III° livello di approfondimento per la valutazione dei cedimenti.

Nelle aree di attenzione per potenziale pericolosità di liquefazione nelle successive fasi saranno da eseguire analisi di caratterizzazione sismica di III° livello di approfondimento.

## 9 SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

Il secondo livello approfondisce e definisce la suddivisione in dettaglio del territorio delle aree oggetto di microzonazione sismica individuate negli elaborati di primo livello (carta MOPS) con rideterminazione dei limiti delle condizioni di pericolosità per liquefazione densificazione, quando necessario, e la definizione in funzione di un indice quantitativo, in base alle condizioni stratigrafiche, dell'amplificazione sismica attesa ( $T_r = 475$  anni;  $\zeta = 5\%$ ) in questo studio determinata con approccio semplificato utilizzando le tabelle dell'allegato A2.1.2, Pianura 2, della DGR 2193/2015.

PIANURA 2: settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.;

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5
F.A. SI1	2.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	3.1	3.0	2.7	2.4	2.1	2.0
F.A. SI3	3.6	3.3	2.9	2.5	2.2	2.0

Pianura 2. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA, SI1, SI2 e SI3**.

Contestualmente alla classificazione del territorio con detta analisi sismica, le elaborazioni individuano le aree soggette alle integrazioni di terzo livello approfondimento, specificando le disamine da eseguire nelle aree a potenziale pericolosità per liquefazione e per sovrapposizione di instabilità differenti.

### 9.1.1 Carta delle nuove indagini

Detto elaborato (Tav 2.1) visualizza l'ubicazione delle nuove verticali di indagine geofisica: MASW/Re.Mi. – HVSR e quelle precedentemente eseguite, utilizzate per la microzonazione delle aree urbanizzate, di previsto nuovo insediamento, integrate dalle analoghe prospezioni geofisiche effettuate in adiacenza ai confini comunali di Castelnuovo di Sotto, nei territori di comuni per i quali si sono sviluppate equivalenti analisi di microzonazione sismica: Campegine – Cadelbosco di Sopra - Gattatico.

La simbologia e caratteristiche degli elementi riportati in carta, relative ai punti di indagine sono conformi allo standard di rappresentazione e archiviazione informatica previste nell'allegato della Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (Art. 5, comma 7 dell'OPCM 13/11/2010, n° 3907) Standard versione 4.0b dell'ottobre 2015.

La carta ubicazione nuove indagini visualizza i siti delle verticali di indagine effettuate nel territorio per l'individuazione dei fattori di amplificazione che competono alle varie aree esaminate.

Dette prospezioni coprono il territorio comunale omogeneamente secondo una maglia sub quadrangolare con lati mediamente equivalenti  $700 \div 1100$  m, con interassi relativi

minori: 600 ÷ 800 m nell'urbanizzato del capoluogo e maggiori: 900 ÷ 1100 m nelle zone extraurbane.

### **9.1.2 Carta delle velocità delle onde di taglio $V_s$ ( $V_{s30}$ )**

La carta delle velocità delle onde di taglio  $V_s$  (Tav. 1.6), visualizza i valori di velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, soggiacenti i primi 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 358 e via Fontanese e nel settore meridionale, a sud dell'allineamento Str. 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 correlabilità 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 Castelnuovo di Sotto; un simile assetto di correlabilità per quanto riguarda i valori medi maggiori è osservabile nella fascia più meridionale del territorio comunale, sud di Str. Baiocca – Via Case Melli, nel sottosuolo della quale sono rinvenibili le successioni sabbioso ghiaiose della terminazione frontale distale dei depositi di conoide del T. Enza e dei torrenti minori.

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

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate, individua le zone 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;  $\xi = 5\%$ ).

Ad ognuna delle microzone individuate sono assegnati i valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) determinati con approccio semplificato.

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*: FA, PGA e

dell'intensità spettrale: FA.IS. per gli intervalli 0.1 – 0.5 sec, 0.5 – 1.0 sec, 0.5 – 1.5 sec, attinenti alle microzone individuate.

I campi dei periodi sopra indicati, determinati in base alle tabelle pianura 2 Allegato A2.1.2 DGR 2019/2015, sono stati definiti anche in funzione delle tipologie edificatorie esistenti prevalentemente presenti nel territorio comunale ed a quelle di nuova costruzione che in funzione rapporto alle vigenti norme urbanistiche sono previste nella percentuale maggiore.

In base a quanto sopra esposto sono state individuate macro tipologie di fabbricati alle quali si può fare indicativamente riferimento per le valutazioni delle destinazioni d'uso dei siti di nuova urbanizzazione e per stimare le priorità di intervento per il patrimonio edilizio esistente.

La definizione del periodo fondamentale di vibrazione delle macro-tipologie di fabbricati è stata sviluppata in riferimento al metodo di analisi lineare statica previsto dalle NTC 2018 punto 7.3.3.

- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.1 < T < 0.3$  sec: sono a questi attribuibili la maggior percentuale dei fabbricati ad uso civile in muratura sino a 4 – 5 piani di altezza e le costruzioni a telaio in C.A. sino a 3 – 4 piani di altezza.
- Fabbricati appartenenti all'intervallo  $0.3 < T < 0.5$  sec: sono a questi attribuibili la prevalente percentuale dei fabbricati ad uso civile a telaio in C.A. con elevazioni di 5/7 piani di altezza, o in metallo con equivalenti altezze, manufatti in muratura stretti quali campanili – torri con altezze inferiori a 20 m.
- Fabbricati appartenenti agli intervalli  $0.5 < T < 1.0$  e  $0.5 < T < 1.5$  sec: possono corrispondere a tale campo strutture a telaio in C.A. o metallo con elevazioni maggiori di 7 ÷ 8 piani, magazzini verticali, manufatti alti e stretti quali silos, torri in genere, ecc.

### **9.3 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA.PGA**

La carta dei fattori di amplificazione  $PGA/PGA_0$ , elaborata per gli sviluppi di interesse delle aree urbanizzate (Tav. 2.2.1), evidenzia un moderato campo di variabilità dei valori generalmente, compresi tra 1.6 ÷ 1.8.

I valori di amplificazione della P.G.A. nettamente prevalenti nel territorio comunale appartengono al campo 1,7 ÷ 1,8, fa eccezione un'areale di limitata estensione all'intorno di Case Cantarana – Podere Pensilvania nel quale  $Fa.PGA = 1,5 ÷ 1,6$ .

Il modesto campo di variabilità della  $Fa.PGA$  concorda con la moderata differenziazione in spessore delle sequenze che contraddistinguono l'AES.

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

In conformità a quanto previsto nella DGR 1227/2015 e degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS 2008), sono state elaborate le carte dei fattori di amplificazione di

intensità di Housner negli intervalli FA.IS.  $0.1 < T < 0.5$  sec, FA.IS.  $0.5 < T < 1.0$  sec, e FA.IS  $0,5 < T < 1,5$ .

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, appartengono principalmente ai periodi  $0,1 < T < 0,5$  sec; gli intervalli dei periodi delle 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 riconducibili prevalentemente ai 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 FA.IS minori, nell'intervallo  $0,5 < T < 1,0$  sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di tali settori del territorio ad uso produttivo.

La discretizzazione degli intervalli sopraindicati è inoltre di sostanziale ausilio nella valutazione del grado di vulnerabilità sismica del patrimonio edilizio esistente e può essere riferimento per le stime di priorità degli interventi di miglioramento/adeguamento sismico.

### **9.5 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.1 < T < 0.5$ sec.**

La distribuzione generale dei valori di FA. IS. in tale intervallo (Tav. 2.2.2), denota un moderato campo di variabilità dei fattori di amplificazione simile a quello della Fa.PGA.

La netta prevalenza del territorio comunale è caratterizzata dal FA.IS = 1,9 ad eccezione di due areali di estensione relativa inferiore con valori maggiori.

Questi ultimi costituiscono la fascia centro meridionale principalmente estesa ovest est dell'area comunale, alla quale appartiene il capoluogo, circa compresa tra la SP 40 e via Case Melli – Via Rivarolo, delimitata ad est da Via Isonzo, nella quale FA.IS = 2,0; analoghe distribuzioni areali orientate ovest est, contraddistinguono il settore di territorio circa compreso tra Via Cornetole – Via del Partigiani e via Formica a cui appartengono Cogruzzo e Cornetole, la fascia che asseconda l'andamento di Via Alberici – Via Melegari che successivamente a Meletole si orienta a nord est in direzione di Cà Nova – Corte Bigliana, nella quale FA.IS = 2,0.

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS nell'intervallo  $0,1 < T < 0,5$  sec. indica la correlabilità dei valori di amplificazione maggiori con le aree nel cui sottosuolo gli spessori delle sequenze prevalentemente argillose del Sintema Emiliano Romagnolo Superiore sono maggiori: zone del capoluogo e di Cogruzzo – Cornetole; l'analoga conformazione ovest est nella zona di Meletole tendenzialmente asseconda l'orientamento dello sovrascorrimento sepolto Lentigione – Fodico – Santa Vittoria.

I valori di massimo nel settore sede del capoluogo, nel sottosuolo del quale la base dell'AES è a 270/280 m pc ed il substrato preplioceno è rinvenibile a -7.300 m di profondità,

si estendono secondo una direttrice che indica concordanza con quella dell'azimut della faglia cieca sorgente che ha generato il sisma e del 09/2007 a sud di Praticello.

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

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS in tale intervallo (Tav. 2.2.3), denota un andamento simile, blandamente più accentuato, a quello dell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec. e della Fa.PGA ed evidenzia un campo di variabilità  $FA.IS = 2,5 \div 3,0$ .

I valori relativi minori:  $FA.IS = 2,6 \div 2,7$  si riscontrano nella zona meridionale: sud di via Rivarolo, nella fascia ovest est di circa compresa tra via Fontanese – SP 40 e l'allineamento Irrigatore Fossetta Montana – via dei Partigiani; analoghi parametri contraddistinguono il settore di territorio esteso ovest est circa compreso tra via Formica e Fossa Marza sud e Canale di Cogruzzo.

La distribuzione areale dei valori relativi maggiori è simile a quella del campo  $FA.IS = 0,1 \div 0,5$  e caratterizza le fasce ovest est del capoluogo – Case Cervi, Cornetole – Cogruzzo e di Meletole – Cà Nova – Corte Bigliana.

Analogamente a quanto precedentemente esposto i massimi relativi assecondano l'andamento gli spessori maggiori dell'AES e profondità relativa maggiore del bedrock sismico nel settore di Cornetole – Cogruzzo, l'orientamento dello sovrascorrimento cieco Lentigione – Fodico – Santa Vittoria e l'azimut della faglia sorgente del sisma del 09/2007 a sud di Praticello.

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

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS in tale intervallo (Tav. 2.2.4), denota un andamento simile a quello dell'intervallo  $0.5 < T < 1.0$  sec e della Fa.PGA.

I valori relativi maggiori corrispondenti  $FA.IS = 3,1 \div 3,3$  caratterizzano infatti le fasce di territorio estese ovest est di Case Cervi – Capoluogo – Limido, di Cogruzzo – Cornetole, di Meletole – Cà Nova – Corte Bigliana, nel sottosuolo delle quali come precedentemente descritto, si riscontrano gli spessori maggiori dell'unità stratigrafica AES (zone capoluogo – Cogruzzo) e lo sovrascorrimento sepolto Lentigione – Fodico – Santa Vittoria (Meletole – Corte Bigliana).



## 10 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 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 sconessioni dei pilastri, degli archi e della volta all'interno dell'edificio di culto; oltre a ciò insorsero gravi dissesti al campanile che divenne pericolante e la canonica fù 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; oltre a quanto esposto insorsero ingenti danni alla chiesa parrocchiale di Coviolo; nella città di Reggio Emilia, in particolare nel quartiere di S. Croce e nel Ghetto Ebraico, insorsero gravi danni agli edifici monumentali ed ecclesiastici con parziale crollo di alcune torri e campanili, sensibili crepe nei muri e nelle volte di molti edifici; a Bagnolo in Piano subirono gravi danni la chiesa parrocchiale e la rocca.

L'areale coinvolto dai maggiori risentimenti evidenzia due direzioni principali, una sud ovest – nord est: Coviolo – Argine – Santa Vittoria/San Bernardino ed una seconda orientata ovest est: Campegine – Bagnolo in Piano. Relativamente al forese del territorio di Castelnovo di Sotto, in rapporto alla poco diffusa presenza in tale periodo di patrimonio edilizio e con tipologia equivalente a quelle sopra descritte, non sono riportate significative altre informazioni.

Nel contesto degli eventi del 1987 e del 1996 il territorio di Castelnovo di Sotto ha risentito di effetti  $I_0 = 6$ .


Gli eventi del maggio – giugno 2012 nel comune di Castelnuovo di Sotto hanno indotto effetti  $I < 5$ .

Le informazioni relative ai risentimenti avvenuti nell'area di Castelnuovo di Sotto indicano che i danni maggiori conseguiti ai sismi del 1831-1832, indipendentemente dalle tipologie edilizie e condizioni statico strutturali delle stesse, considerate praticamente tra loro equivalenti, evidenziano che i danni relativi maggiori si sono verificati nel settore centro meridionale del territorio comunale sede del capoluogo che in tale periodo costituiva l'area a maggiore insediamento urbanizzato.


Detta zona è caratterizzata dai valori maggiori dei fattori di amplificazione di intensità di Housner (FA.IS) negli intervalli  $0,1 < T < 0,5$  sec e  $0,5 < T < 1,0$  sec,  $0,5 < T < 1,5$  sec.

Nel sottosuolo di tale area sono a luoghi presenti corpi sabbiosi – sabbioso limosi con spessori di 1/3 m a sviluppo nastriforme a medio grado di addensamento che a zone sono sostituiti da sequenze limoso sabbiose – limoso argillose ed argilloso limose con locali livelli lentiformi torbosi, a scadenti caratteristiche geotecniche ed elevato grado di compressibilità tra -2 e -4/-5 m pc. soggetti a processi di addensamento/cedimenti e potenziale liquefazione in concomitanza delle sollecitazioni dinamiche.

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



**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**  
Dr. Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**



**BIBLIOGRAFIA**

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2014) 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 (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.
- 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).
- L.MARTELLI et Alii – CNR.FI UNIFI – (2016): Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna e zone limitrofe. RER, D.R.E.A.M. 2017.
- DGR 2193/2015 Deliberazione della Giunta Regionale 21 dicembre 2015, n°2193.  
Art. 16 della L.R. n°20 del 24/03/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea legislativa 2 maggio 2007, n°112.
- 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.
- 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, Geitalia, 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.
- DGR 1051/2011. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1032/2012, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 3907/2010 e ss.mm". Boll. Uff. Reg. Emilia-Romagna n. 120 del 02/08/2011.  
<http://demetra.regione.emilia-romagna.it/> o <http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/>
- 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 (2013) Studio Geologico Ambientale - Analisi Sismica e Microzonazione Comune di Castelnuovo di Sotto. 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.
- G.P. MAZZETTI (2008), Indagine Geologico Ambientale – Analisi Sismica, Quadro Conoscitivo Preliminare Piano Strutturale Comunale di San Martino in Rio, dati non pubblicati.
- M. PAGANI, A. MARCELLINI, R. DAMINNELLI, L. MARTELLI, G.P. MAZZETTI (2003). Valutazione della pericolosità sismica di Castelnuovo 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.
- AA.VV. (1970-1980) – Rapporti ed indagini geognostiche sul territorio di Bagnolo in Piano (RE). Documenti inediti.
- M. PANIZZA ET ALII (1978). Geomorfologia dell'area circostante la Pietra di Bismantova; Servizio Geologico d'Italia, vol. XCVII, C.N.R.
- G.P. MAZZETTI- NASSER A.Z. – GILLI S. (2003) – Enza the alluvial cone model trough geoelectric prospecting, Atti 4<sup>th</sup> European Congress in Regional Geoscientific Cartography; R.E.R. Ind. Graf. Labanti e Nanni – BO.
- 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.
- 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 - Pubblic. 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) – Traitè pratique des eaux souterraines. Dunod, Paris.
- VANDENBERG J. & WONDERS A.A.H. (1976) - Paleomagnetic evidence of large fault displacement around the Po-Basin. *Tecnophysics*.
- 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)