



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

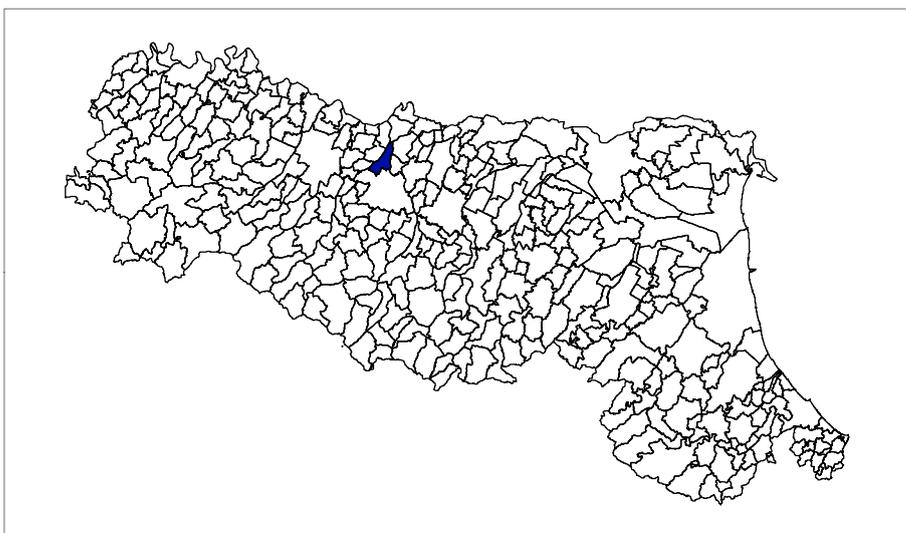
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

MICROZONAZIONE SISMICA

Modellazione e caratterizzazione geologico sismica e geotecnica

Relazione Tecnica Illustrativa

Regione Emilia-Romagna
Comune di Cadelbosco di Sopra



<p>Regione Emilia Romagna</p> <p><i>Studio realizzato con il contributo di cui all'OCDPC 344/2016 DET ER 8757/2017 DGR ER 2188/2016. Coordinamento della Regione Emilia-Romagna - Servizio Geologico Luca Martelli</i></p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p>Studio Geologico CENTROGEO</p> <p>Progetto: Gian Pietro Mazzetti</p> <p>Collaboratori: Stefano Gilli Mauro Mazzetti</p>	<p>Amministrazione comunale <i>Sindaco:</i> Tania Tellini</p> <p><i>Responsabile Settore Urbanistica - Edilizia Privata:</i> Moreno Veronese</p> <table border="1" data-bbox="1023 2016 1468 2112"> <tr> <td data-bbox="1023 2016 1252 2112"> <p>Data Novembre 2018</p> </td> <td data-bbox="1252 2016 1468 2112"></td> </tr> </table>	<p>Data Novembre 2018</p>	
<p>Data Novembre 2018</p>				

Provincia di Reggio Emilia
Comune di Cadelbosco di Sopra
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 Geomorfoloici.....	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.....	43
5.3	Definizione del sistema idrogeologico.....	43
5.3.1	Tetto delle Acque Salate.....	44
5.4	Definizione spaziale del Modello Idrogeologico Locale.....	44
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
5.7	Identificazione temporale del sistema Idrogeologico.....	55
5.8	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
7	MODELLI GEOTECNICI.....	69
7.1	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	72
8	INDAGINI PER LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....	73
8.1	Microtremori con la tecnica HVSR.....	73
8.2	Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.MI/MASW.....	74
9	PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	76
9.1	Carta delle indagini.....	76
9.2	Carta delle frequenze naturali del terreno.....	77
9.3	Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	78
9.3.1	Tetto Ghiaie e sabbie.....	78
9.4	Tetto del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.....	79
9.5	Microzone omogenee in Prospettiva Sismica o delle Aree Suscettibili di Effetti Locali.....	80
9.5.1	Definizione successioni a comportamento sismico equivalente.....	81
9.5.2	Aree Suscettibili di Effetti Locali e di Instabilità.....	82
9.6	Zone a comportamento sismico equivalente.....	89
10	SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO.....	90
10.1.1	Carta delle nuove indagini.....	90
10.1.2	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	91
10.2	Carte dei fattori di amplificazione - microzonazione sismica.....	91
10.3	Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA PGA.....	92
10.4	Carte dei fattori di amplificazione di intensità di Housner.....	93
10.5	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.1<T<0.5 sec.....	93
10.6	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1,0 sec.....	94
10.7	Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli 0.5<T<1.5 sec.....	95
11	ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI.....	96

ELABORATI

Tav. 1.1 Nord	Carta delle indagini pregresse e nuove	1:10.000
Tav. 1.1 Sud		1:10.000
Tav. 1.2 Nord	Carta geologico - tecnica	1:10.000
Tav. 1.2 Sud		1:10.000
Tav. 1.2.1	Sezioni geologiche	1:25.000/1:1.000
Tav. 1.3 Nord	Carta isopieze della falda	1:10.000
Tav. 1.3 Sud		1:10.000
Tav. 1.4 Nord	Carta Soggiacenza della falda	1:10.000
Tav. 1.4 Sud		1:10.000
Tav. 1.5 Nord	Carta tetto delle sabbie, delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido	1:10.000
Tav. 1.5 Sud		1:10.000
Tav. 1.6 Nord	Velocità delle onde di taglio Vs nei primi 30 m pc (Vs30)	1:10.000
Tav. 1.6 Sud		1:10.000
Tav. 1.7 Nord	Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000
Tav. 1.7 Sud		1:10.000
Tav. 1.8 Nord	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	1:10.000
Tav. 1.8 Sud		1:10.000
Tav. 2.1 Nord	Carta delle indagini di nuova esecuzione	1:10.000
Tav. 2.1 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.1 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 2.2.1 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.2 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.2 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.3 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 2.2.3 Sud		1:10.000
Tav. 2.2.4 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 2.2.4 Sud		1:10.000
Tav. 3.1 Nord	Carta Sovrapposizione MOPS - CLE	1:10.000
Tav. 3.1 Sud		1:10.000
Tav. 3.2 Nord	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA PGA	1:10.000
Tav. 3.2 Sud		1:10.000
Tav. 3.3 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,1 – 0,5 sec	1:10.000
Tav. 3.3 Sud		1:10.000
Tav. 3.4 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,5 – 1,0 sec	1:10.000
Tav. 3.4 Sud		1:10.000
Tav. 3.5 Nord	Carta di sovrapposizione CLE-FA IS 0,5 – 1,5 sec	1:10.000
Tav. 3.5 Sud		1:10.000

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 Cadelbosco di Sopra (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° 344 del 21/06/2016, sono state effettuate in conformità alla Delibera di Giunta Regionale Emilia Romagna n° 8757 del 05/06/2017 che recepisce la DGR 2188 del 31/12/2016 *Approvazione dei criteri, delle linee guida e delle indicazioni tecniche e procedurali per la presentazione dei progetti e l'attribuzione dei contributi per la realizzazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici pubblici, strategici e rilevanti in edifici privati e per studi di Microzonazione Sismica.*

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 Cadelbosco di Sopra 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: 182SE – 200NE*) sono inoltre state utilizzate le tavole ed elaborazioni del PSC ed Adeguamento Sismico 2012, Comune di Cadelbosco di Sopra.

Le analisi di microzonazione sismica, sono state eseguite su commissione **dell'Amministrazione Comunale di Cadelbosco di Sopra, RE**, Determinazione n° 73 del 28/08/2017 del Responsabile Area Urbanistica – Attività produttive *Geom. Corrado Iemmi*.

La microzonazione sismica del territorio ed analisi della Condizione Limite per l'Emergenza di Cadelbosco di Sopra, 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 Cadelbosco di Sotto responsabile *Arch. Moreno Veronese*.

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 Cadelbosco di Sopra ricade prevalentemente nella tavoletta

- CADELBOSCO DI SOPRA III NE

e per areali di estensione minore

- GUALTIERI IV SE (quadrante sud ovest)

- CASTELNOVO DI SOTTO III NO (quadrante sud est)

e per una ridottissima area all'estremità meridionale a

- REGGIO EMILIA III SE (quadrante nord est)

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

Il territorio comunale, si estende su una superficie di 44,06 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 ondulato caratterizzato da tre dossi principali allungati sud nord, uno dei quali al bordo occidentale dell'area comunale uno circa nella fascia mediana ed uno nel settore orientale.

Il primo di questi al confine ovest si estende concordemente all'andamento del T.Crostolo; il secondo, circa nel settore centrale, al quale appartengono il capoluogo e sue zone a destinazione produttiva e le principali frazioni: Zurco – La Madonnina – Cadelbosco di Sotto, asseconda la SP 63R sino all'incrocio della medesima con la SP 40 (Cadelbosco di Sotto); l'analoga struttura morfologica nel settore orientale si allunga secondo la SP 65 dal confine comunale meridionale a La Rocca, Argine, incrocio SP 65/SP 40 (limite est di Quarti).

Detti dossi nelle parti della superficie comunale ad est nord est del capoluogo ed a settentrione di La Madonnina – Quarti, delimitano ambiti territoriali leggermente depressi rispetto ai sopra descritti assi, che descrivono aree a geometria sub ellittica allungate in direzione settentrionale.

L'assetto topografico è caratterizzato da quote mediamente comprese tra 42 e 30 m slm nella parte meridionale dell'area comunale, alla quale appartiene il capoluogo, ed è generalmente contraddistinta da pendenze variabili tra $p = 2,5 \div 3,5 \text{ ‰}$, ad eccezione delle sopraccitate fasce di dosso nelle quali $p = 3,5 \div 5,5 \text{ ‰}$; simili condizioni contraddistinguono i dossi ad est e ad ovest del capoluogo declinati in direzione in nord con equivalenti pendenze $p = 3,5 \div 5,5 \text{ ‰}$; la parte centrale della superficie comunale tra il capoluogo e La Madonnina – Argine con quote comprese tra 30 e 25 m slm è caratterizzata da $p = 1,5 \div 2,5 \text{ ‰}$ declinati in verso nord ad eccezione delle fasce di dosso nelle quali le clivometrie sono equivalenti a quelle precedentemente descritte; la porzione centrosettentrionale e settentrionale del territorio è contraddistinta da quote mediamente variabili tra 25 e 20 m slm e pendenze generalmente corrispondenti a $p = 0,8 \div 1,0 \text{ ‰}$ e con minimi di $0,5 \div 0,6 \text{ ‰}$ nel settore nord orientale tra la SP 63R – SP 40 – confine comunale est - C. Magnana Nuova; fa eccezione

all'estremità nord est il dosso esteso sud ovest sul quale si estende la SP 81: Strada San Bernardino che presenta $P = 1,5 \div 2,0 \text{ ‰}$.

Dette morfologie evidenziano condizioni di difficoltoso drenaggio nelle fasce di territorio a settentrione di Cadelbosco di Sotto – Quarti sia ad ovest che ad est della SP 63R.

Tali condizioni assumono una primaria importanza sulle previsioni di destinazione d'uso del territorio, in particolare per l'area compresa tra SP 63R, via Quarti, Canalazzo Tassone, Cavo Bagnolo, Strada San Bernardino, 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 delimitazioni incrementerebbero le condizioni di difficoltoso drenaggio generando un ambito a rischio di allagamenti in occasione di eventi di piogge critiche.

Ne consegue che in dette 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 sud nord ad ovest della SP 63R tra Cadelbosco di Sotto - Santa Vittoria T. Crostolo.

Le sopra descritte condizioni trovano riscontro negli elaborati cartografici precedenti al 1900: IGM I° Impianto 1884 e Carta del Ducato di Modena G.Carandini 1821/1828 che nelle sopradescritte zone evidenziano aree con caratteristiche di ambienti di valle di pianura.

3 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità del territorio, prevalentemente correlata alle strutture geologiche superficiali (primi 10/15 km) ed in subordine di media profondità (15 ÷ 25 km), è collegata a meccanismi focali compressivi e trascorrenti, mentre sono nettamente secondari gli ipocentri a profondità sottostanti -25/-30 km e sono prevalentemente correlati a meccanismi focali distensivi.

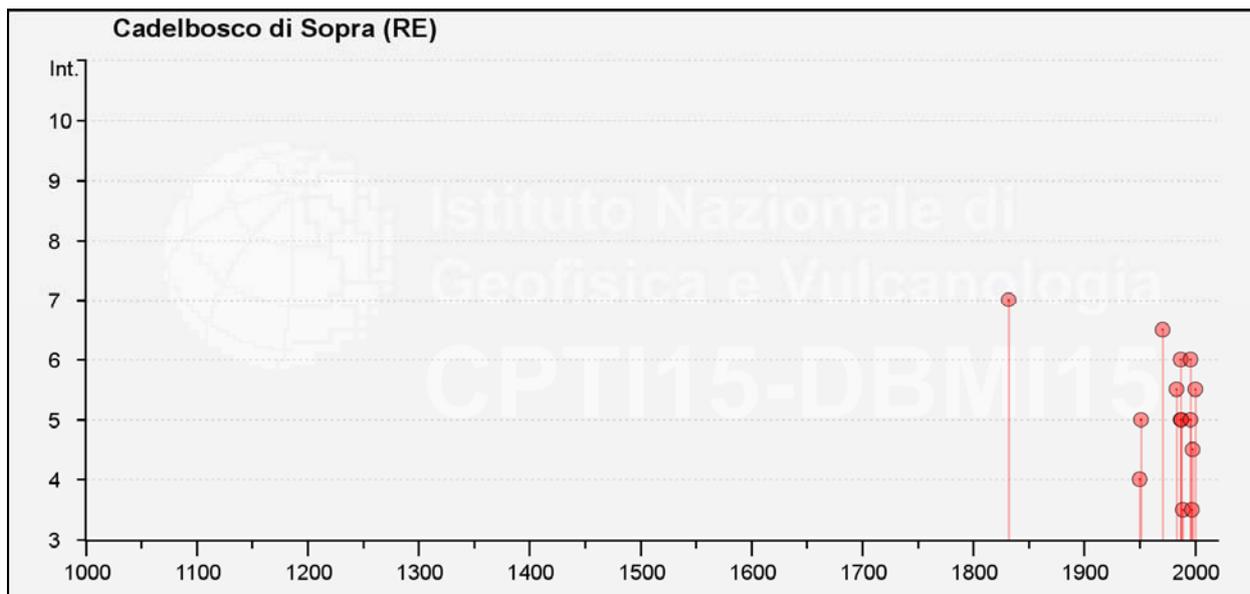
Nell'ambito territoriale al quale appartiene Cadelbosco di Sopra e zone ad esso adiacenti, il Database Macrosismico DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 (a cura di Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric 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 magnitudo variabile tra Mw = 4,8 ÷ 5,6; sono documentati due epicentri sismici, 1831-1832, con Mw ≥ 5,48 ÷ 5,51 ad est - sud est del capoluogo a distanza di 4 ÷ 7 km circa, rispettivamente tra Corte Valle Re/Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno (RE), epicentri con simile Mw ≥ 5,38, nel 1996 registrato 6,5 km a nord - nord est di Cadelbosco di Sopra centro storico - 2,5 km ad est di Quarti e nel medesimo giorno, circa due ore più tardi, 1,4 km a nord est di Quarti ed 1,6 km a nord di Argine con Mw = 4,29; analoghi epicentri nel 1987 con Mw = 4,71 ÷ 4,96, ubicati 9,5/11 km a nord est, hanno indotto risentimenti I₀ = 5-6 e 6, simili epicentri nel 1967 con Mw = 4,56, avvenuti 5,5/6,0 km ad est con effetti I₀ = 5-6.

Nelle zone a sud ovest: 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 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

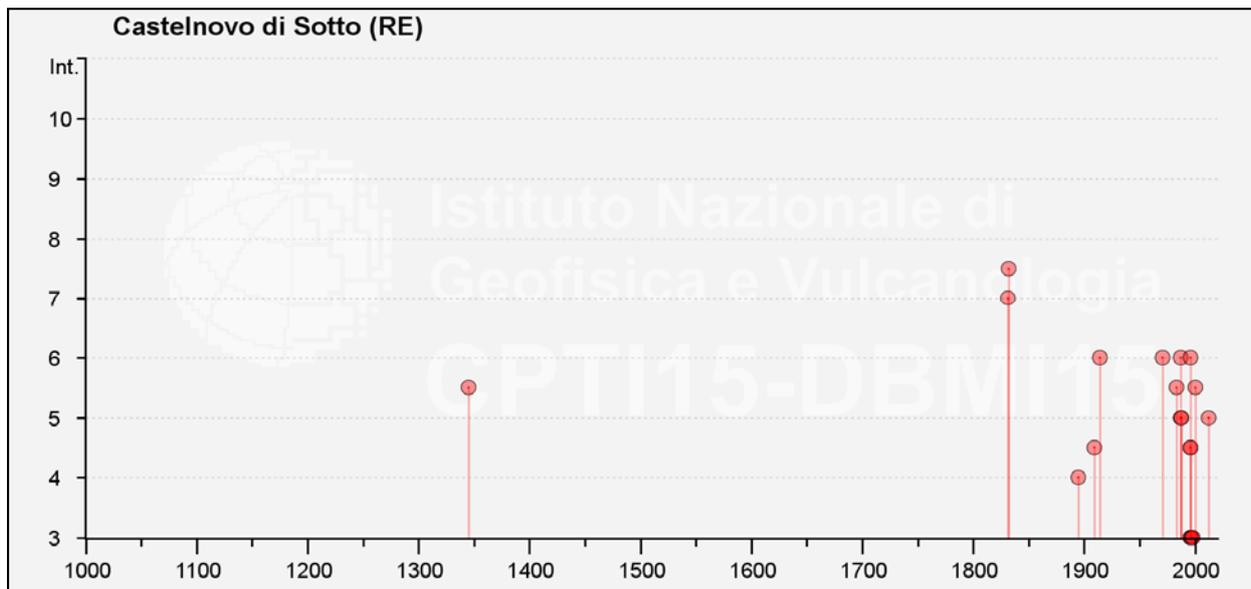
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3-4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
5-6	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30



Storia sismica di Castelnovo di Sotto
Numero di eventi: 23

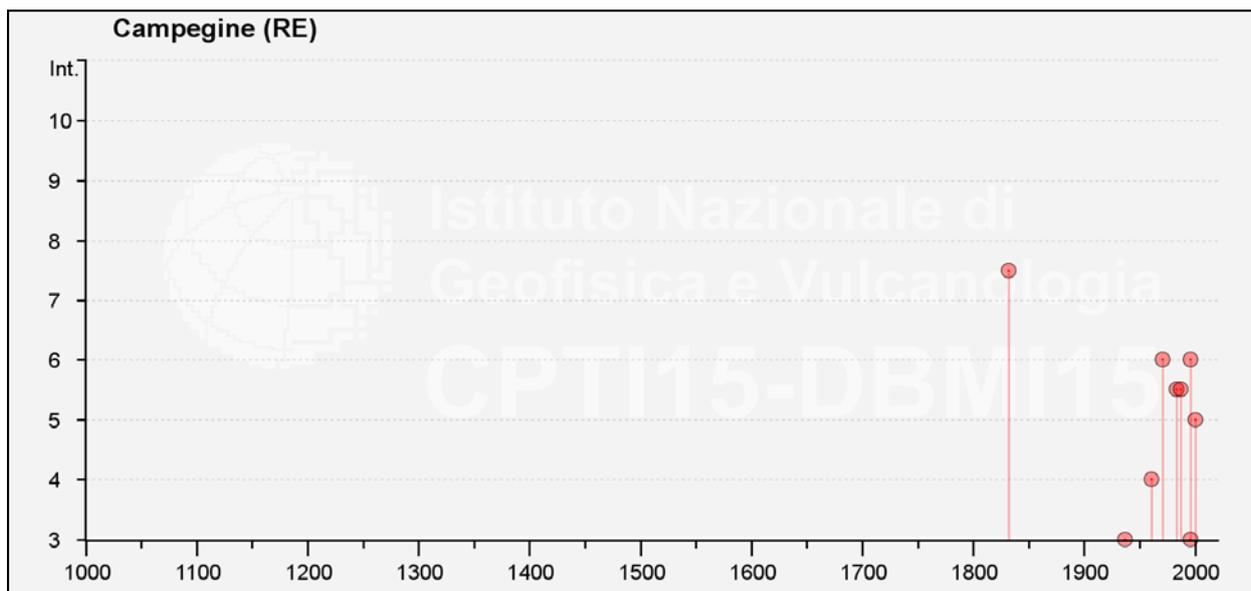
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1345 01 31	Pianura emiliana	1	5-6	4.40
7	1831 09 11 18 15	Pianura emiliana	25	7-8	5.48
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
4	1895 05 12 20 29	Reggiano	13	4-5	3.98
4-5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna 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

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



Storia sismica di Campegine
Numero di eventi: 15

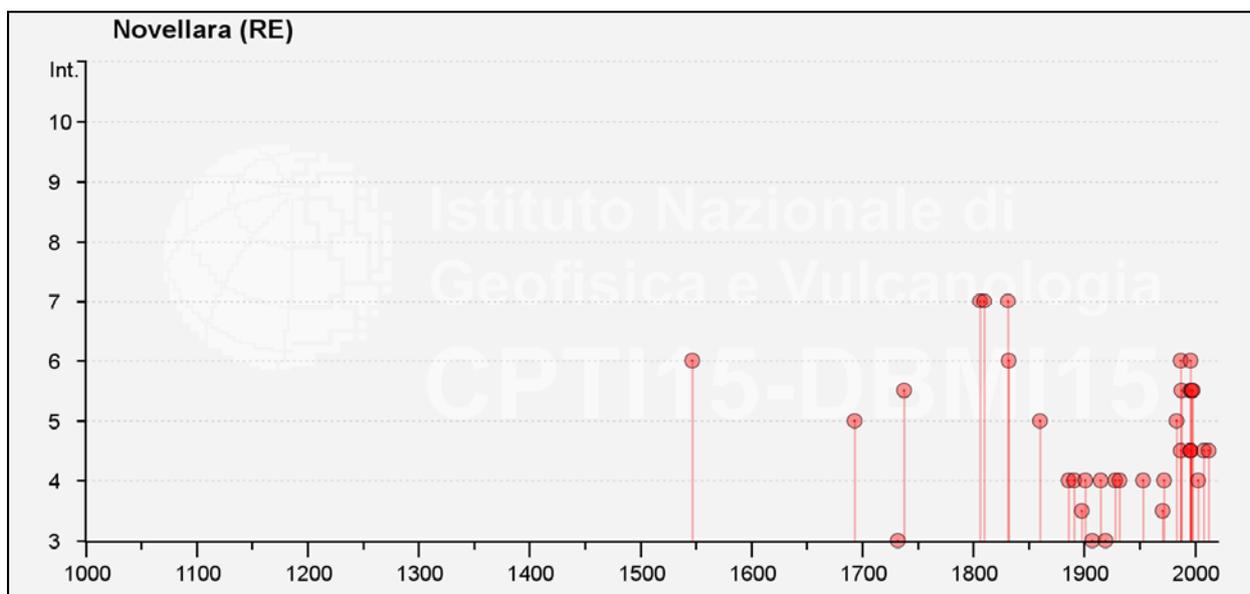
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	1832 03 13 03 30	Reggiano	97	7-8	5.51
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
5-6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
5-6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	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 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

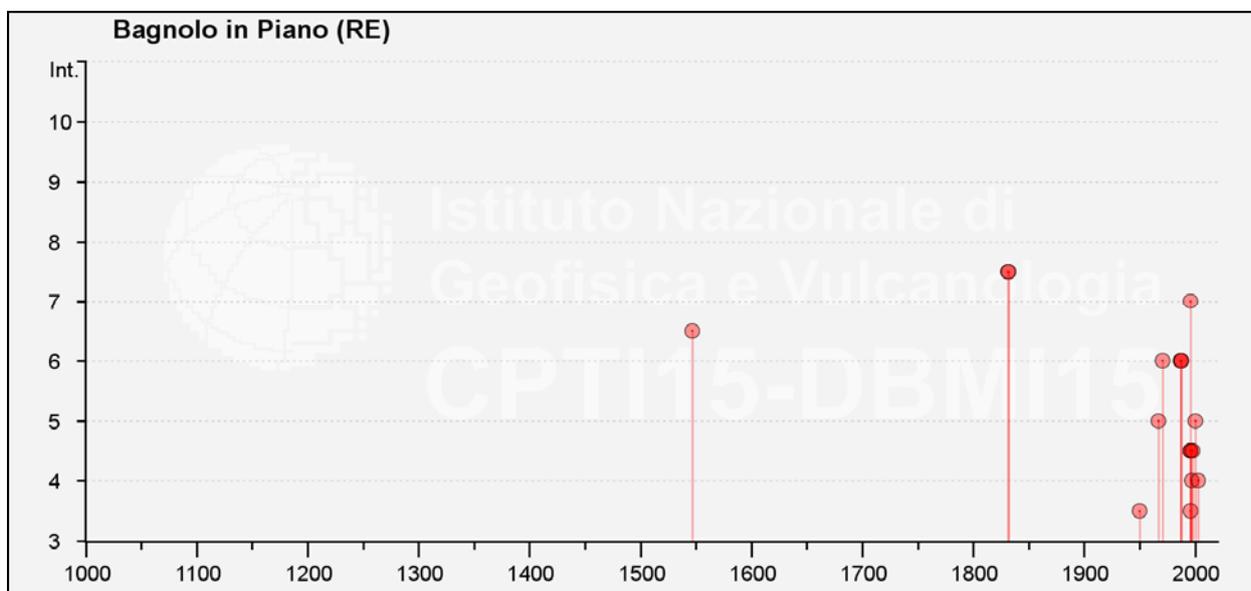
Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
F	1570 11 17 19 10	Ferrarese	58	7-8	5.44
F	1873 05 16 19 35	Reggiano	15	6-7	5.01
F	1887 02 23 05 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 Bagnolo in Piano
Numero di eventi: 24

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7-8	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
7	1996 10 15 09 55 5	Pianura emiliana	135	7	5.38
6-7	1547 02 10 13 20	Reggiano	7	7	5.10
6	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
6	1987 04 24 02 30 2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
6	1988 03 15 12 03 1	Reggiano	160	6	4.57
5	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
5	2000 06 18 07 42 0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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 11 25 19 47 5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
4-5	1998 02 21 02 21 1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4	1997 05 12 22 13 5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
4	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24
3-4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
3-4	1996 12 16 09 09 5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
2-3	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
2	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
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 11 13 10 48 0	Franciacorta	768	5	4.21



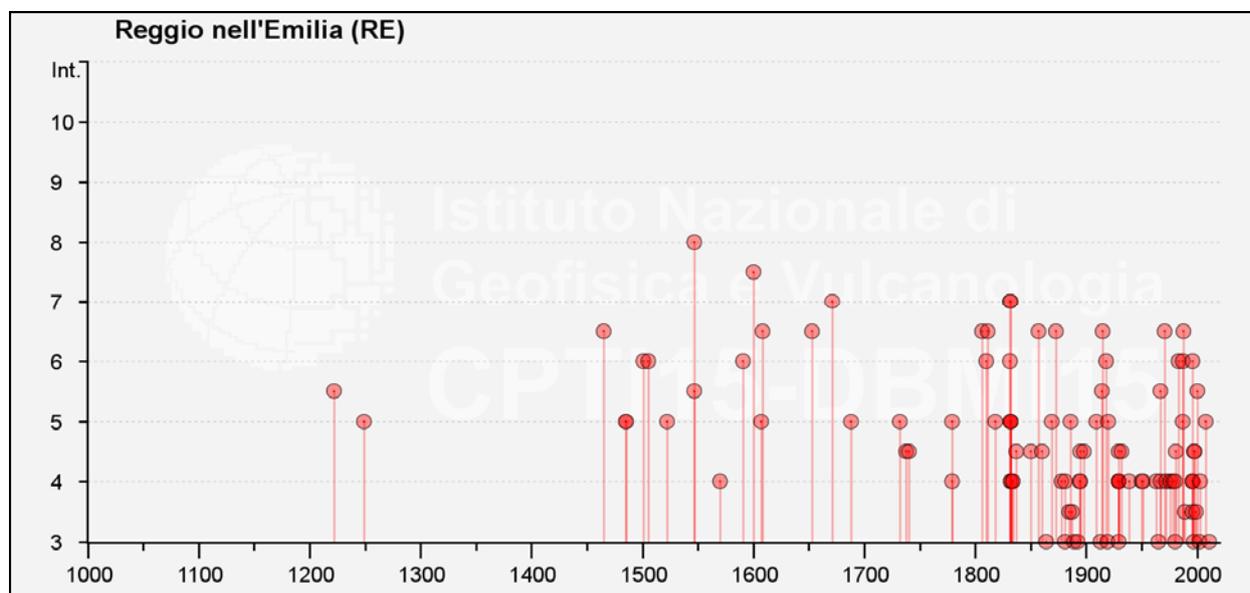
Storia sismica di Reggio Emilia
Numero di eventi: 126

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
5-6	1547 03 24	Reggiano	1	5-6	4.40

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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
2	1881 02 14 09 00 3	Appennino bolognese	21	6	4.77

Effetti	In occasione del terremoto del				
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
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	Frignano	101	6	4.82
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1913 11 25 20 55	Appennino parmense	73	4-5	4.65
5-6	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1915 10 10 23 10	Reggiano	30	6	4.87
F	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
6	1918 05 06 08 05	Reggiano	8	5-6	4.41
3	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
2-3	1928 08 03 23 09	Lunigiana	21	5	4.26
3	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
4-5	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
4	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
4	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
4	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
4-5	1932 07 13 03 42	Reggiano	8	4-5	3.86
4	1939 10 15 14 05	Garfagnana	62	6-7	4.96
F	1940 01 24 23 32 1	Appennino emiliano	6		
4	1950 05 06 03 43	Reggiano	4	4	4.41
4	1951 05 15 22 54	Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1963 11 04 15 46	Bassa modenese	5	5	4.16
3	1965 11 09 15 35	Appennino reggiano	32	5	4.17
5-6	1967 04 03 16 36 1	Reggiano	45	5	4.44
4	1967 12 30 04 19	Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
6-7	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
4	1972 10 25 21 56 1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
2-3	1978 12 05 15 39 0	Romagna	34	4-5	4.61
4	1978 12 25 22 53 4	Bassa modenese	28	5	4.39
3	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1980 12 23 12 01 0	Piacentino	69	6-7	4.57
4-5	1981 05 26 09 27 5	Reggiano	6	5	3.75
6	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04

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



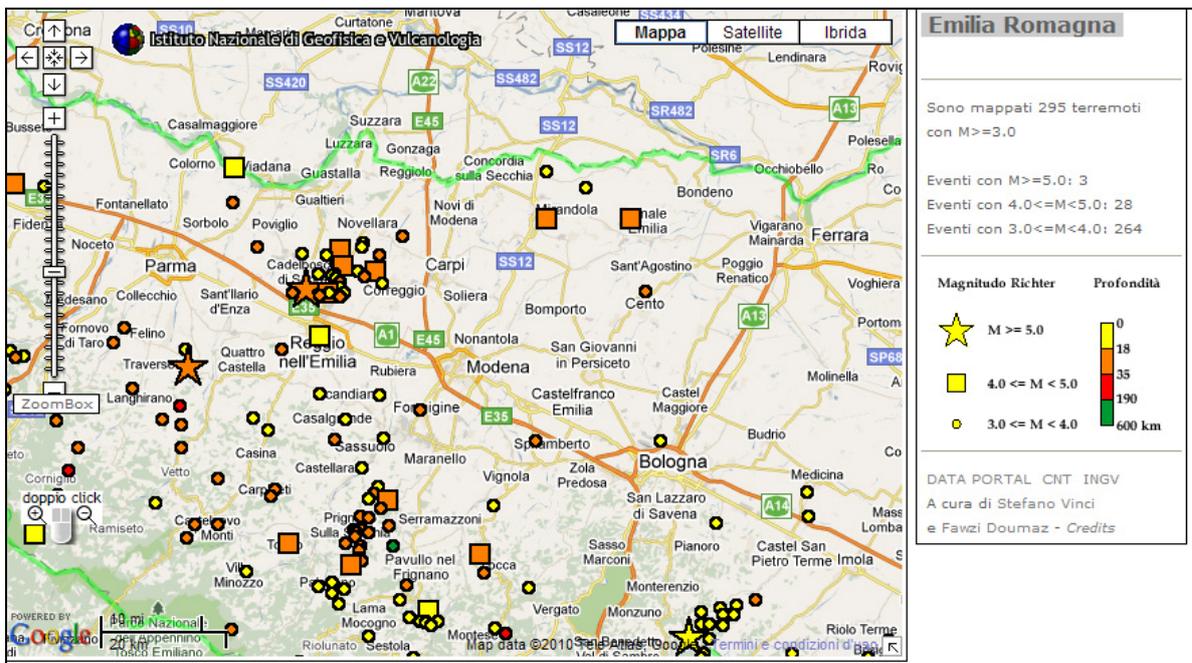
Dalle tabelle e dai grafici sopra esposti si possono ricavare le seguenti osservazioni:

- la storia sismica di Cadelbosco di Sopra e del suo intorno (con riferimento anche al comune di Reggio Emilia) ha una buona testimonianza ed estensione temporale (il primo evento documentato risale 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, territori di Campegine – Cadelbosco di Sopra, I = 7 Cadelbosco di Sopra, 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 (< 5/6 km), 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 10/15 \div 25/40 anni, e per gli eventi meno recenti ad intervalli di 30-60 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 \div 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 Cadelbosco di Sopra ha modestamente risentito degli effetti dei terremoti del maggio-giugno ($I_0 \leq 5$).

I risentimenti più rilevanti nell'area di Cadelbosco di Sopra sono rappresentati da quelli conseguiti ai terremoti del 1831-1832 e con entità di danni relativi inferiori a quelli del 1987 - 1996. Ai primi di questi, con epicentro tra Corte Valle Re / Parrocchia di Cella e tra Caprara/Calerno circa 4/7 km ad est - 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, crolli e lesioni a muri ed a volte in edifici civili e religiosi, gravi danni alla chiesa parrocchiale ed alla rocca di Bagnolo in Piano, simili risentimenti nella chiesa parrocchiale di Sesso con inagibilità dell'edificio di culto e necessità di demolizione della torre campanaria.

Le informazioni degli effetti sul territorio Cadelbosco di Sopra documentano danni a tutte le case che dovettero essere puntellate, danni alle volte ed alla facciata della chiesa parrocchiale ed alla torre campanaria che minacciò di crollare; queste ultime dovettero essere smantellate e la canonica divenne inagibile; si verificò il crollo di 2 piccoli edifici vicino alla parrocchia e di una piccola casa detta "La Colombaia".

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

Detti effetti conseguiti al sisma del 1832 sono con tutta probabilità correlati anche alle preesistenti condizioni statico strutturali degli edifici in essere sopra descritti indotte dal terremoto del 1831. Il patrimonio edilizio esistente in tale periodo, in base alla Carta del Ducato Estense, *G. Carandini, 1820/1827*, nel territorio di Cadelbosco di Sopra era essenzialmente localizzato nell'area sede del capoluogo e nella fascia sud nord che collega lo stesso a Cadelbosco di Sotto (SP 63 R) ed analogamente nell'area a sviluppo nastriforme estesa concordemente alla strada Villa Sesso - La Rocca - Villa Argine. A dette condizioni insediative corrispondono praticamente quelle presenti al 1884 visualizzate nelle tavolette I° impianto IGM 1884.

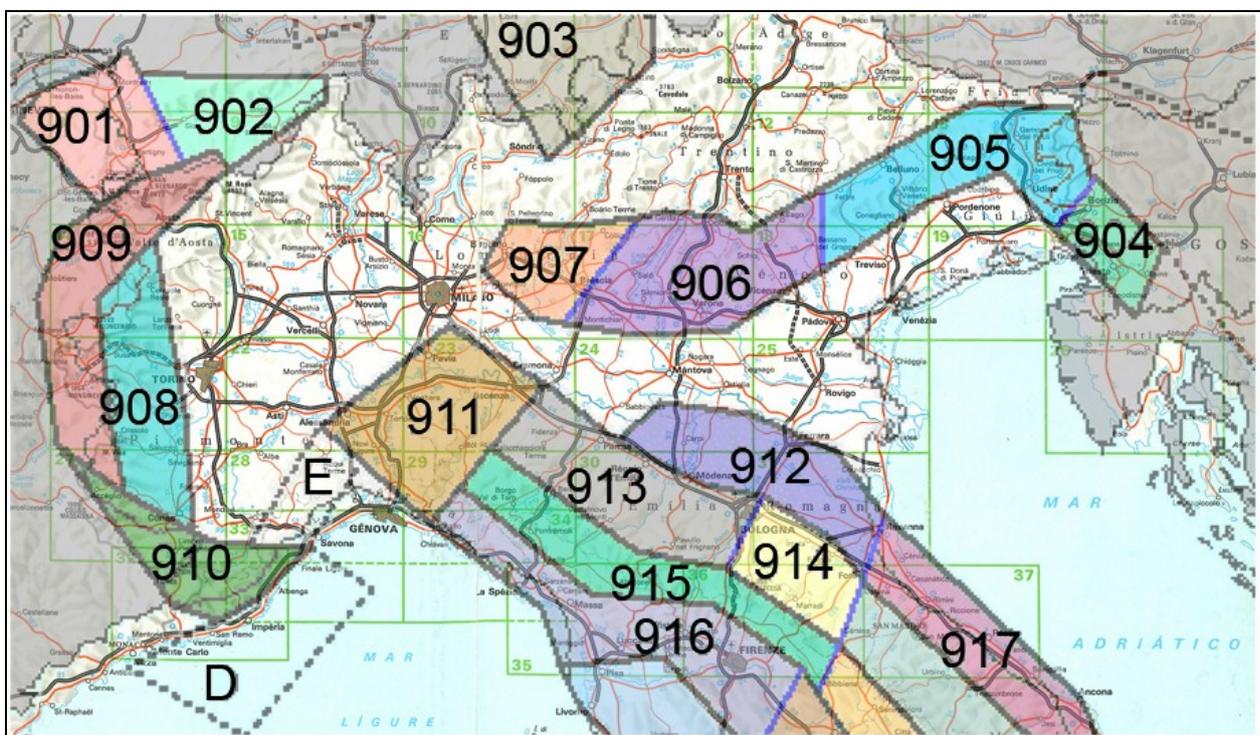
I sismi del 1987 rispettivamente con epicentri tra e Santa Maria della Fossa - Frassinara - Zona Industriale Motta di Novellara che hanno indotto risentimenti $I_0 = 6$ nel territorio di Cadelbosco di Sopra, hanno causato significativi danni al patrimonio edilizio nel settore centro orientale dell'area comunale tra La Rocca e Villa Argine e nell'area sede del capoluogo.

I sismi del 1996 con epicentri tra Bagnolo in Piano e Novellara con ipocentri a profondità di -5,0 km del piano campagna, hanno causato gravi danni agli edifici nella fascia orientale centrale La Rocca - Villa Argine e nel settore centrale del capoluogo; sono inoltre stati danneggiati alcuni altri isolati fabbricati uno dei quali in via Viazza, uno nel settore occidentale di Quarti ed uno ad ovest del cimitero di Villa Seta; i danni avvenuti in questi

ultimi sono con tutta probabilità conseguiti alle carenti condizioni statico strutturali degli stessi al 1996.

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 prevalente parte del territorio comunale alla fascia orientale della zona sismogenetica 912 che forma l'area del dominio delle Pieghe Ferraresi ed attribuisce la porzione centro settentrionale occidentale della superficie comunale al settore della Monclinale Alpina; oltre a ciò per quanto riguarda le strutture sismogenetiche la parte meridionale dell'area comunale è sita a distanza di 3 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: $M_w = 5,1 \div 5,56 \div 6,0$ con tempi di ricorrenza di 200/300÷350 anni per gli eventi con $I_0 = 8$ (Maranello) e di 70÷100 anni per i sismi con $I_0 = 7$; successivamente al 1900 tra Parma – Mirandola e Maranello gli eventi con $I_0 = 7$ sono avvenuti con ricorrenza di 10÷15 anni.

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

Dalla documentazione della storia sismica sopra esposta si evince che il territorio di Cadelbosco di Sopra, e le zone circostanti: Campegine – S. Ilario d'Enza, Castelnovo di Sotto, 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 29/30 km dal piano campagna, nella pianura è decisamente inferiore e risulta caratterizzata da sismi di media - medio elevata magnitudo e con componenti in prevalenza generate da processi tettonici di tipo distensivo.

La riclassificazione sismica del territorio nazionale OPCM 3274/2003, attribuisce il Comune di Cadelbosco di Sopra 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 Cadelbosco di Sopra compete un valore di picco massimo dell'accelerazione orizzontale, variabili tra a:

$$a_{\text{gref}} = 0,126 \text{ g (settore settentrionale – Ponte Forca)}$$

$$a_{\text{gref}} = 0,127 \text{ g (zona centrale – Cadelbosco di Sotto)}$$

$$a_{\text{gref}} = 0,138 \text{ g (zona meridionale Cadelbosco di Sopra)}$$

$$a_{\text{gref}} = 0,144 \text{ g (zona orientale Villa Argine)}$$

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:

$$\text{Cadelbosco di Sopra } a_g = 0,100 \div 0,150 \text{ g}$$

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

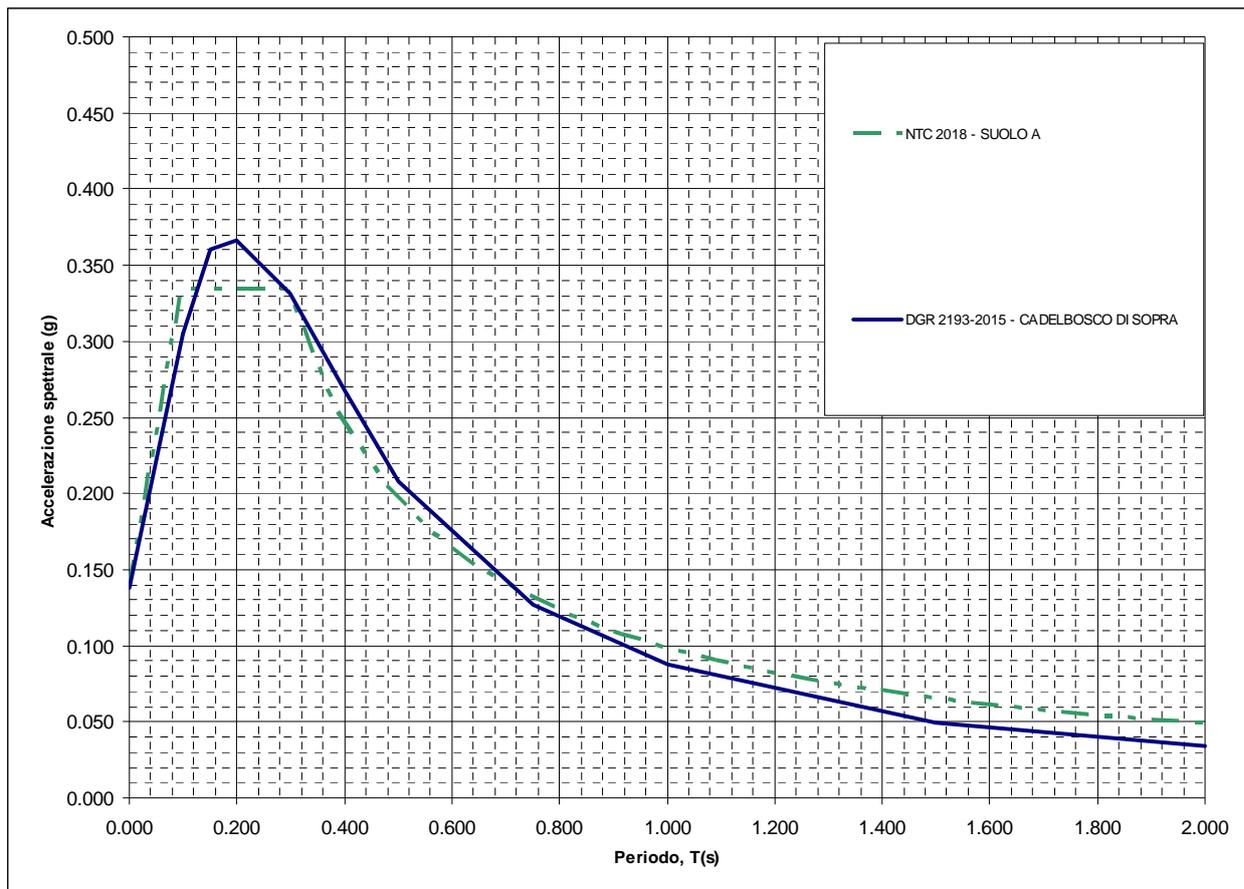
In occasione dei sismi che hanno colpito il territorio emiliano il 20 e 29 maggio 2012 l'area di Cadelbosco di Sopra ha risentito di effetti inferiori ad $I_0 = 5$; il territorio comunale non è stato inserito nei comuni appartenenti al cratere sismico. (Fonte: “*Rilievo Macrosismico MCS Speditivo*” – 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 $0,100 \div 0,150$ 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 Cadelbosco di Sopra, 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 Cadelbosco di Sopra. 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 Cadelbosco di Sopra 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 Ma¹, 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 ad ovest di Cadelbosco di Sotto e Cadelbosco di Sopra – aree di Campegine– 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.

¹ Milioni di anni.

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 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.

Il sottosuolo del territorio di Cadelbosco di Sopra è prevalentemente caratterizzato dalle formazioni del substrato preliocenico, attribuibili alle Pieghe Ferraresi che si estendono in direzione sud ovest - nord est circa secondo l'allineamento Roncocesi - Cadelbosco Sotto - Novellara, e si rinvengono a profondità di -4 ÷ -5 km; più ad oriente, Bagnolo in Piano, detto substrato risale a 2 ÷ -3 km di dal piano campagna, 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, nella fascia che forma il bordo occidentale - nord occidentale dell'area comunale di Cadelbosco di Sopra, sono a contatto con la Monoclinale Alpina mediante sovrascorrimenti classificati attivi, che si rinviene a profondità di -7 ÷ -7,5 km pc.

L'interazione tra l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese, denominata Rampa Laterale di Bagnolo in Piano (*G. Barbacini ed Altri*), 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 Castelnovo 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 8/10 km a ad ovest – sud ovest del territorio di Cadelbosco di Sopra, 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.

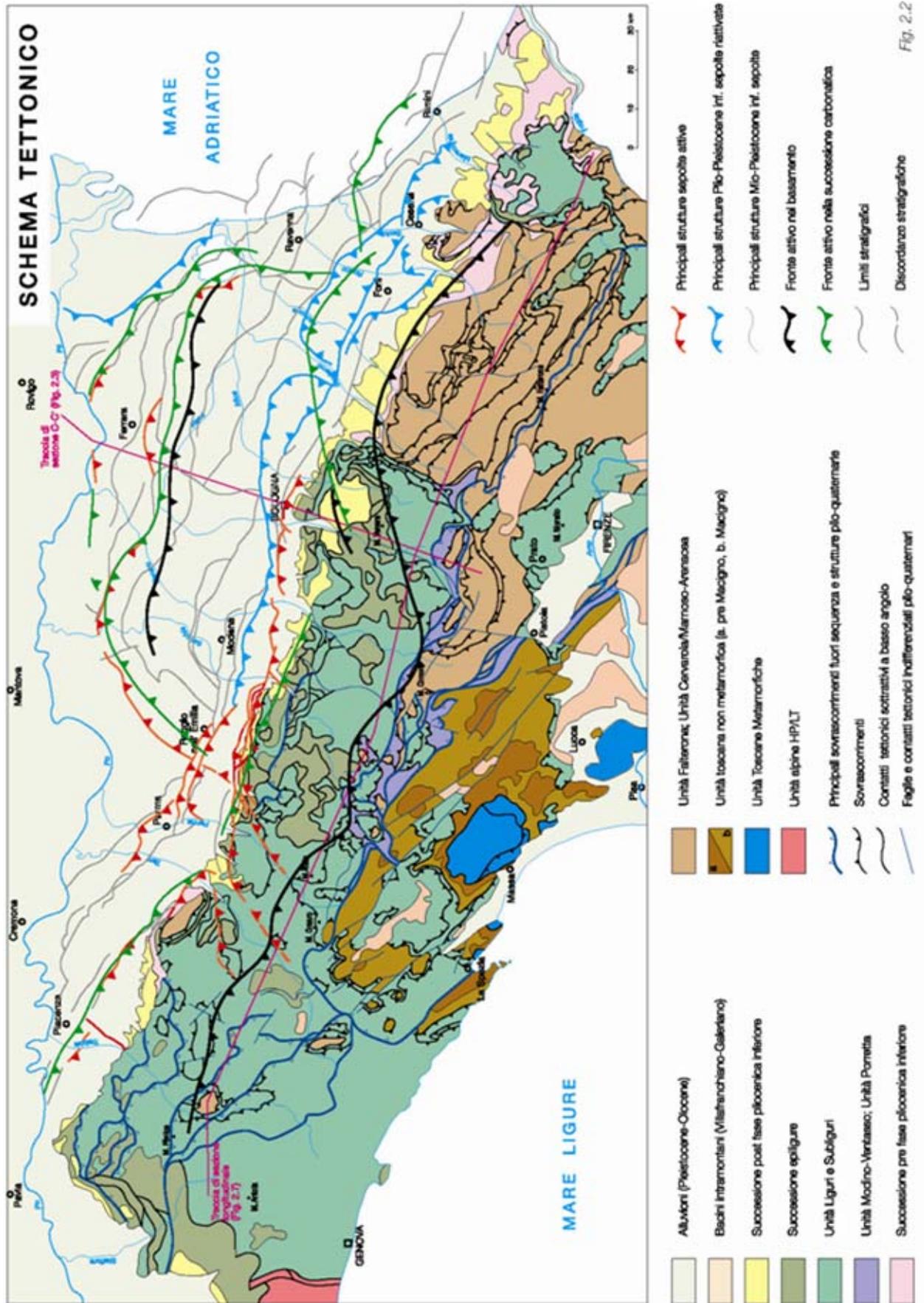
Nell'ambito del sistema plicativo che si sviluppa nel sottosuolo del comune di Cadelbosco di Sopra, la Dorsale Ferrarese costituisce la parte più esterna dell'arco e presenta vergenza settentrionale.

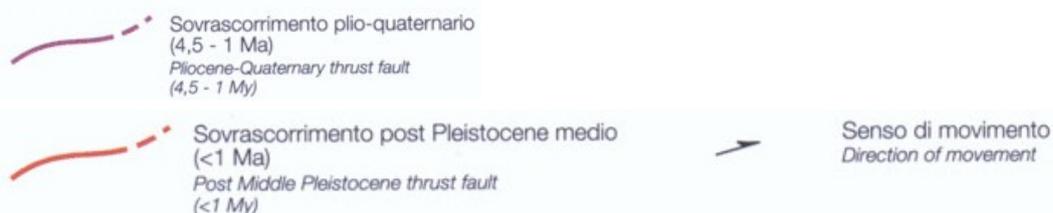
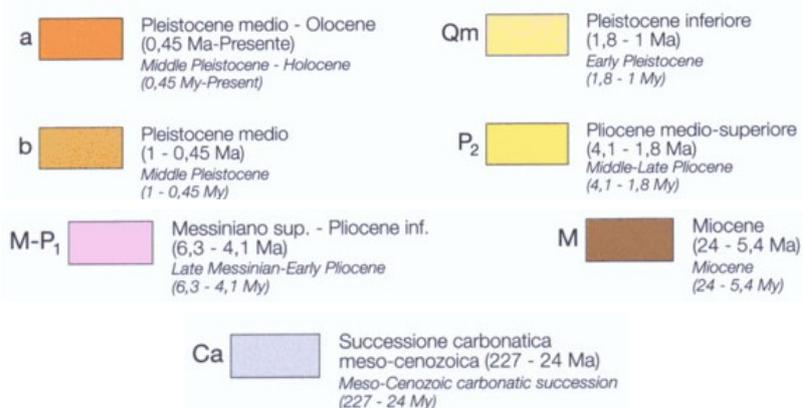
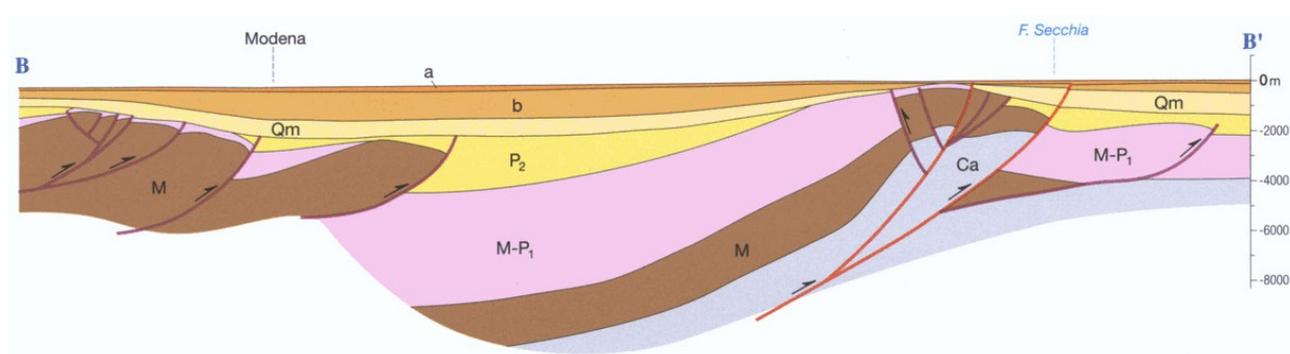
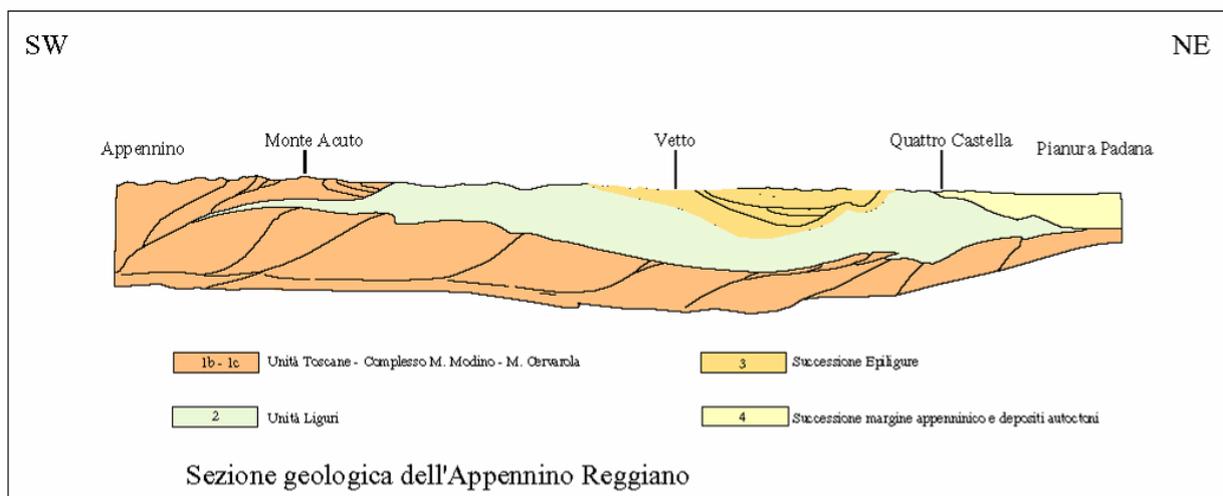
Nella zona centro settentrionale del territorio di Reggio Emilia (Bagnolo in Piano – Correggio) il sottosuolo è caratterizzato nei primi almeno 4500/6000 m dal p.c. dalla presenza di una formazione carbonatica di mare basso con età *Giurassico* sup. - *Cretacico* inf. che risulta essere assente nelle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

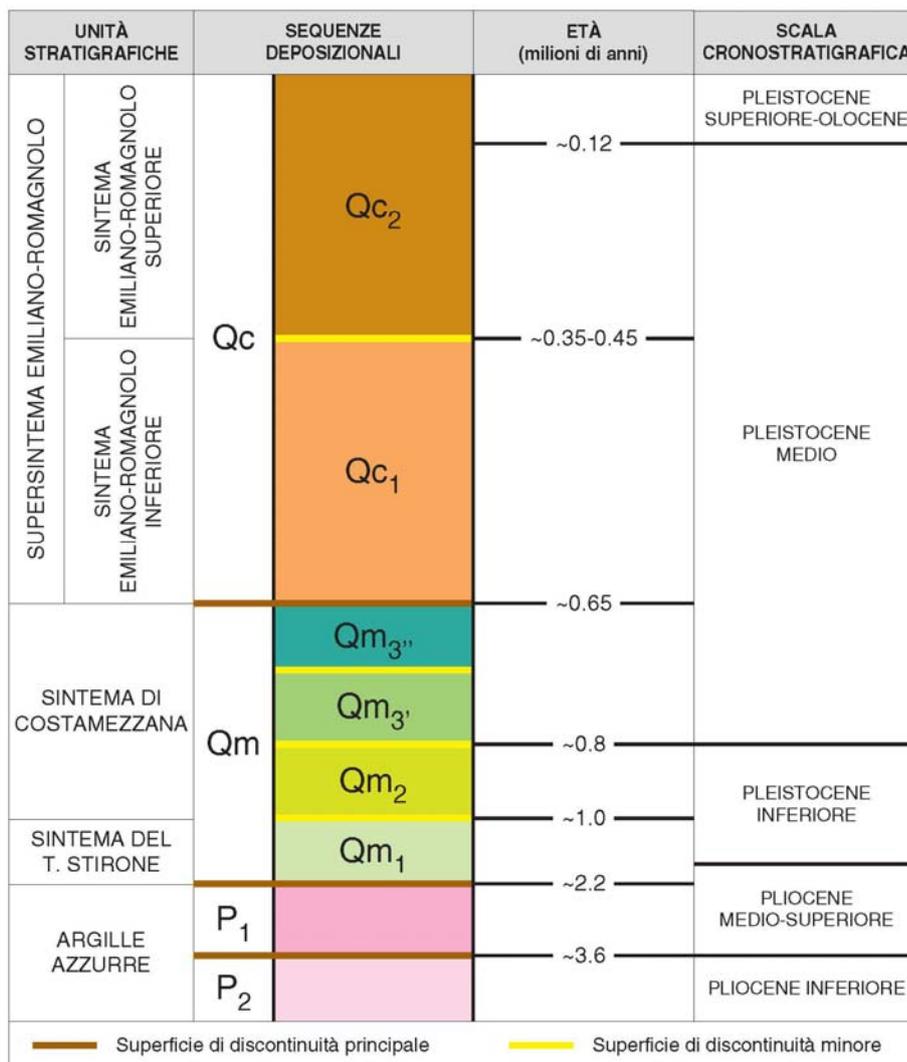
Nel sottosuolo di Cadelbosco di Sopra, in base ai dati *RER*, i sedimenti alluvionali olocenici e pleistocenici, presentano spessori di 400/500 m, con progressivo graduale aumento in direzione nord – nord ovest che giungono a 500/550 m nel sottosuolo delle aree a settentrionale di Ponte della Forca – Santa Vittoria.

Detti depositi nei settori più meridionali, sono caratterizzati da livelli prevalentemente ghiaioso sabbiosi - sabbiosi, generalmente continui e con struttura lentiforme, alternati a sequenze argilloso limose tendenzialmente prevalenti; queste ultime procedendo in direzione settentrionale aumentano progressivamente in potenza sino a divenire nettamente predominanti e contestualmente a ciò gli orizzonti permeabili si assottigliano e si arricchiscono nelle componenti sabbiose; nelle aree più a settentrione (Santa Vittoria) le litozone sabbiose aumentano gradualmente in spessore e percentuale rappresentata indicando la presenza della fascia di transizione alla zona di dominio del Po.

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







	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 Adriano Età Traiana Età Augustea e Claudio Repubblica (183-27)	
	162		ETÀ DEL FERRO	Civiltà Etrusca (...-550) Civiltà Gallica (500-180) Villanoviana (...-550)	
	800		ETÀ DEL BRONZO	Protoilliriano (1.100-900) 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 (7)	Madrileniano (18.000-9.500) Sulmonese (18.000-17.500) Pergandiano (12.500-10.000) 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) Preolivalupiano Clactoniano	
200.000		INTERGLACIALE			
300.000		III II I		Acheuleano medio (400.000-300.000) Acheuleano antico (700.000-400.000) Abbevilliano Industria su scheggia senza microliti	
500.000		INTERGLACIALE			
700.000		GUINZ			
PLEISTOCENE				Pebble Culture	

Da: AA.VV. Prov. RE, 1989

SCALA GEO-CRONOMETRICA IN MA			SCALA CRONOSTRATIGRAFICA	
EPOCHE		ETÀ STANDARD		
0				
5	PLEISTOCENE		1.7 CALABRIANO	
	Pliocene		2.8 PIACENZIANO	
10	SUPERIORE		4.2 TABIARIANO	ROSSI LIAKO
			5.2 MESSINIANO	
		6.6 TORTONIANO	CASTELLANIANO	
15	MIOCENE	MEDIO	11.5 SERRAVALLIANO	CESSOLANZANO
			15.5 LANGHIANO	
	INFERIORE	16.5 BURDIGALIANO	GIRONDIANO	
		22.5 AQUITANIANO		
25	OLIGOCENE	SUPERIORE	CATTIANO	
			32 RUPELIANO	
35	EOCENE	SUPERIORE	37 PRIABONIANO	BARTONIANO
			40	
	MEDIO	44 LUTEZIANO	YPRESIANO	
		49		
55	PALEOCENE	SUPERIORE	53.5 THANETIANO	DANIANO
			60	
65				

VALORIZZI IN MA	UNITA' DELLA SCALA STANDARD				ALTRE UNITA'	UNITA' LOCALI E NOMI ABBANDONATI		
	EON	PERIODE EPOCHI	PERIODI	EPOCHE			ETA'	
								SISTEMI
1,8 5 24 37 53,5 65 96 143 212 247 289 367 416 446 509 575	C E N T R O Z I A O M E S O Z O O I C Z O P E R M I A N O C A R B O N I F E R O D E V O N I A N O S I L U R I A N O O R D O V I C I A N O C A M B R I A N O	QUATERNARIO	OLOCENE	VERSILIANO	FLANDRIANO	IRECENTEI		
			PLEISTOCENE	TIRRENIANO				
				MILAZZIANO	CRIDONIANO			
				SICILIANO				
			NEOGENE	PLIOCENE	CALABRIANO	SANTERNANO	VELLAFRANCA	ASTIGIANO
					PIACENZIANO			TABIARIANO
					ZANCLEANO			ANDALUSIANO
				MIOCENE	MESSINIANO	PONTICO		
					TORTONIANO	PANNONICO	SARMAZIANO	ELVEZIANO
					SERRAVALLIANO			
					LANGHIANO			
			PALEOGENE	OLIGOCENE	CATTIANO	LATORFIANO	TONGRIANO	LUORIANO
					RUPELIANO		BARTONIANO	LEGNANO
				EOCENE	PRABONIANO			ALVERSIANO
					LUTEZIANO		BIARRIZIANO	
				PALEOCENE	YPRESIANO		CUSIANO	ISPARACIANO
					THANETIANO		SPICCIANO	ILDERIANO
					DANIANO			ILANDEMANO
CRETACICO	superiore	MAASIRICHIANO						
		CAMPANIANO						
		SANTONIANO						
		CONIACIANO						
		TURONIANO						
		CEHONIANIANO						
		ALBIANO						
	APTIANO							
	inferiore	BARREMIANO						
		HAUTERIVIANO						
		VALANGINIANO						
		BERRIASIANO						
		PORTLANDIANO						
		KIMMERIDGIANO						
MALM								
GIURASSICO	DOGGER	CALLOVIANO						
		BATHONIANO						
		BAJOCIANO						
	LIAS	ALENIANO						
		TOARCIANO						
TRIASSICO	superiore	PLEIENS-BACHIANO						
		SINEMURIANO						
	medio	RETICO						
		NORICO						
PERMIANO	inferiore	CARNICO						
		LADINICO						
	superiore	ANISICO						
		SCITICO						
		TATARIANO						
		KAZANIANO						
		KUNGURIANO						
		ARTINSKIANO						
		SARMARIANO						
		ORENBURGIANO						
GZELIANO								
CARBONIFERO	SILESIANO	MOSCOVIANO						
		BASHKIRIANO						
		SERPUKHOVIANO						
DEVONIANO	DINANTIANO	WISEANO						
		TOURNAISIANO						
		FAMENNIANO						
		FRANSIANO						
		GIVETIANO						
SILURIANO	superiore	EIFELIANO						
		EMSIANO						
	inferiore	SIEGEMANO						
		GEDINIANO						
ORDOVICIANO	superiore	PRIDOLIANO						
		LUUDOLVIANO						
	inferiore	WENLOCKIANO						
		LLANDOVERIANO						
CAMBRIANO	superiore	VALENTIANO						
		ASHGILLIANO						
		CARADOCIANO						
		LLANDEILIANO						
		LLANVIRNIANO						
CAMBRIANO	inferiore	ARENIGIANO						
		SKIDDAVIANO						
		TREMADOCIANO						
		POTSDAMIANO						
		CADCIANO						
CAMBRIANO	inferiore	GEORGIANO						
		EDLENZIANO						
		IGOTLANDIANO						
		REHANO						
		COUVRIANO						
CAMBRIANO	inferiore	STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
		THURINGIANO						
CAMBRIANO	inferiore	SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
		NAHURANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						
		AUTUNIANO						
		ROTLIENDES						
		WESTFALIANO						
CAMBRIANO	inferiore	WENLOCKIANO						
		STURBIANO						
		WEFEMANO						
		BUNTSANDSTEIN						
		ZECHSTEIN						
CAMBRIANO	inferiore	THURINGIANO						
		SASSONIANO						

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 Parma – Reggio Emilia – Modena 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, nel reggiano l'arco delle Pieghe Ferraresi che si estende in direzione nord est sino al modenese ed ovest est da quest'ultimo al ferrarese assume rispettivamente larghezze di 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); analoga condizione si riscontra a Casaglia (FE) nella quale la profondità corrisponde a -150/-200 m pc.

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 con origine a profondità di $-5/\pm 0,3$ km dal piano campagna ed altri analoghi eventi, di minore magnitudo ($M_w = 4,7 \div 4,96$) 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 occidentale ed orientale 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.

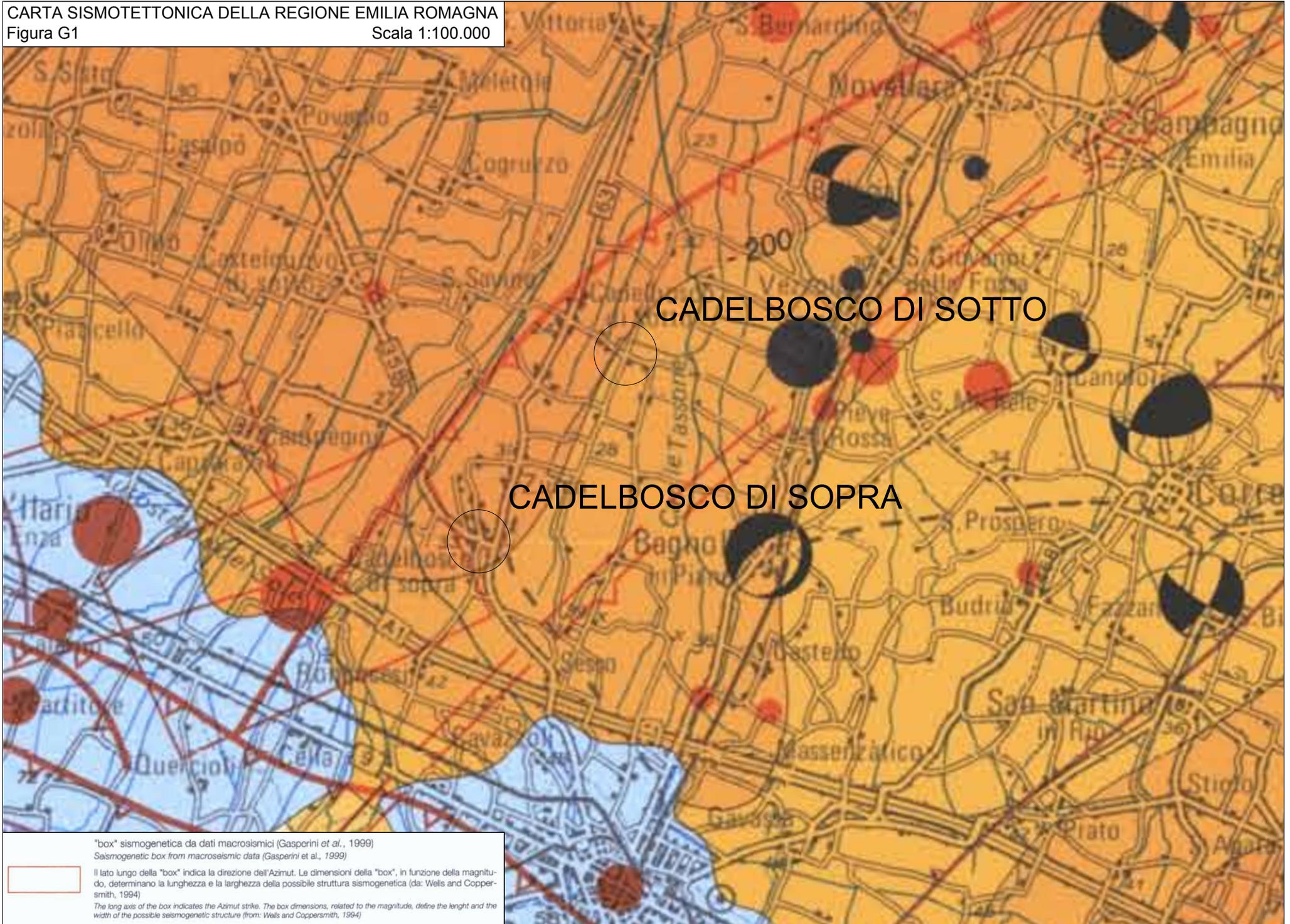
Dette suddivisioni evidenziano un grado di correlabilità molto elevato tra la fascia del margine appenninico settentrionale estesa secondo l'allineamento Parma - Reggio Emilia, Modena - Bologna e la zona di probabile presenza dell'*Emilian Fault*. Analoga considerazione è estendibile anche alle faglie 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 Cadelbosco di Sopra è rinvenibile tra $-3,5 \div -5$ km dal piano campagna con graduale approfondimento in direzione sud ovest, Roncocesi, 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; nella fascia al bordo occidentale al confine con i comuni di Campegine – Castelnuovo di Sotto detto substrato si attesta a $-7 \div -7,5$ km pc.

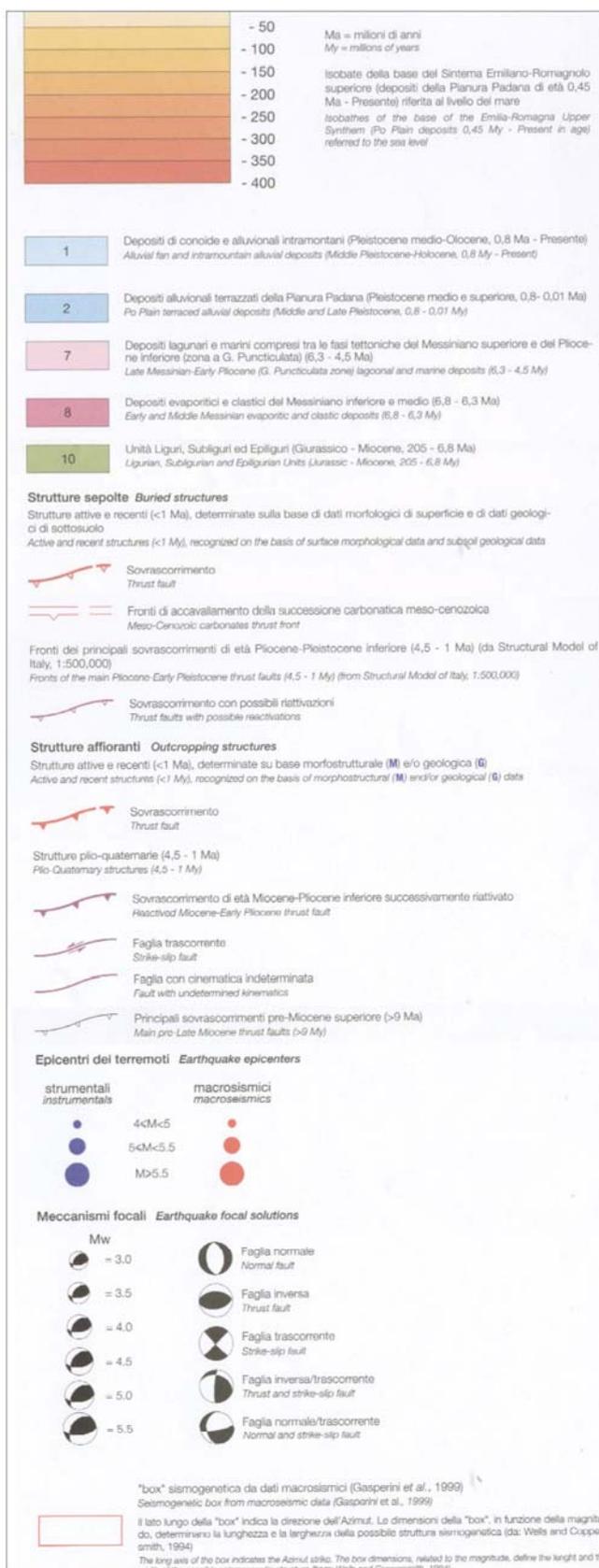
La linea di sovrascorrimento che delimita l'ala occidentale meridionale della Dorsale Ferrarese, che si estende in direzione sud ovest - nord est da Reggio Emilia a Cadelbosco Sotto – Novellara – Fabbrico – Novi di MO, nella zona meridionale si collega mediante una rapida monoclinale alla struttura di Reggio Emilia, appartenente alla “Regione delle Pieghe Pedeappenniniche”. Nel sottosuolo dell'area adiacente al confine comunale orientale di Cadelbosco di Sopra è presente la linea di sovrascorrimento della successione carbonatica meso cenozoica rinvenibile a profondità di $-8/-9/-11$ km, 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.

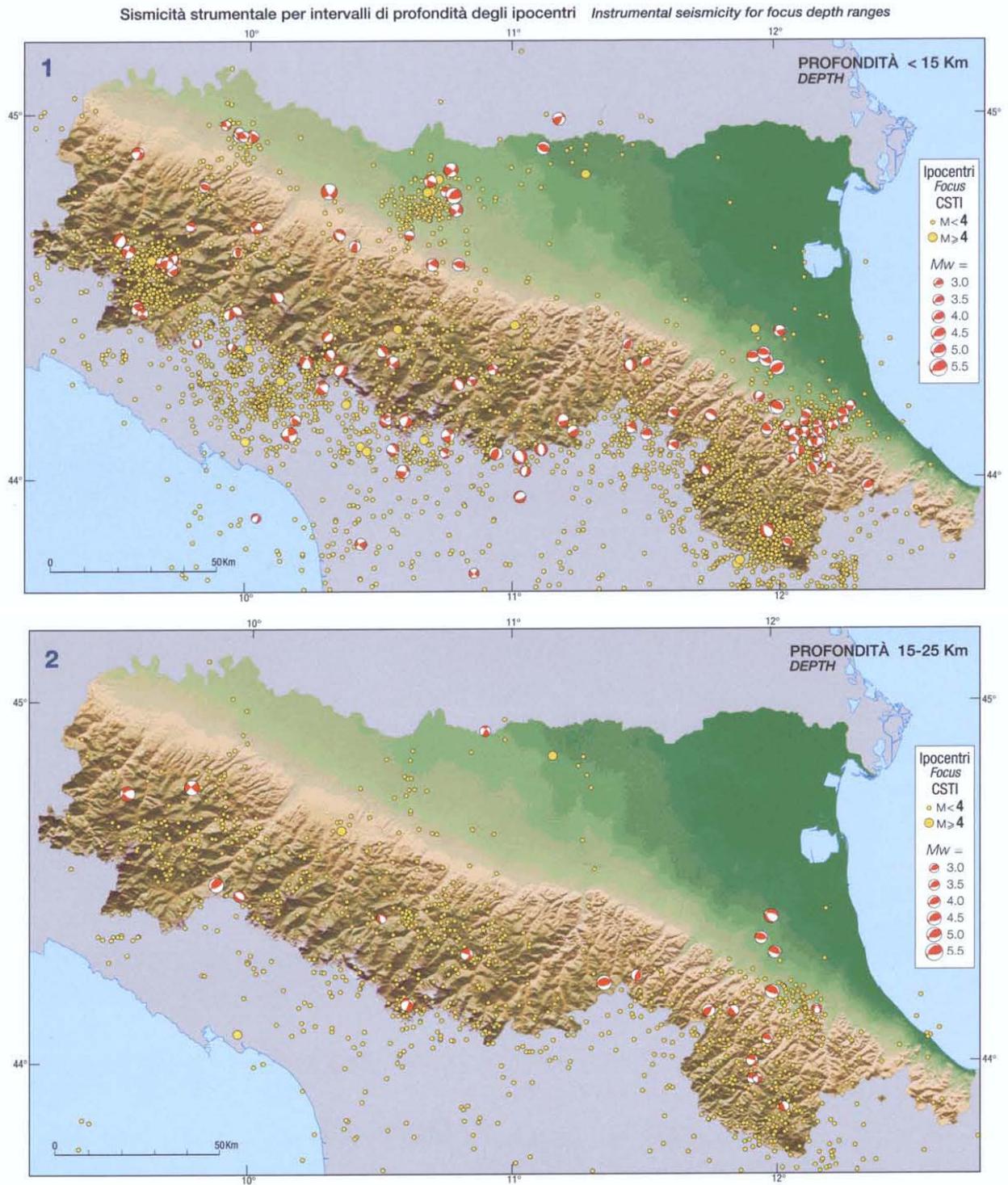
CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA
Figura G1

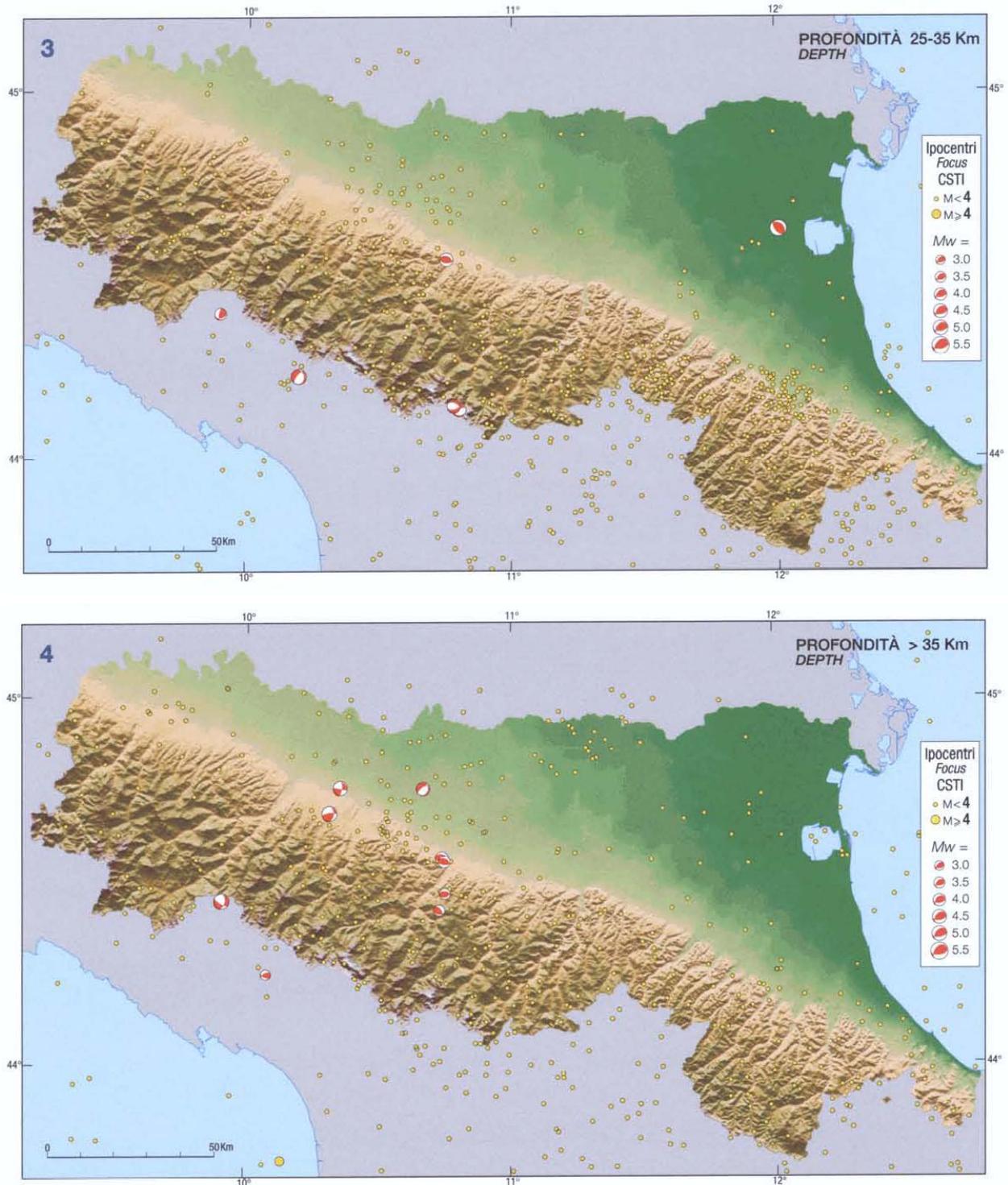
Scala 1:100.000



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







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 – 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 Ma²).

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 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, osservabili ad ovest – nord ovest di Castelnovo di Sotto, 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 del Po 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 – Fabbri; 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 a Paradigina (PR) – Beneceto – Taneto ed orientato ovest nordovest – est sudest da quest'ultimo a Calerno.

² Ma = Milioni di anni

Analoghe fasce di deformazione attiva che influiscono sull'attività sismica del territorio in oggetto sono rappresentate delle linee di sovrascorrimento pedappenniniche estese in direttrice ovest nordovest – est sudest presenti a meridione della via Emilia, circa tra la stessa e l'allineamento Parma – Cavriago – Reggio Emilia – Rubiera, secondo le quali si sono verificati epicentri sismici con Mw > 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 Cadelbosco di Sopra sono avvenuti il 09/1831, 03/1832 – 07/1971 – 05/1987 – 10/1996. I primi di detti terremoti sono correlati (Gasperini et Alii, 1999) a faglie generatrici con lunghezza, larghezza, direzione, magnitudo momento sismico (Mw) intensità epicentrale I, ricavata in funzione degli eventi – rigidità delle rocce, confronto fra sismogrammi reali e teorici, come nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione Principale faglia	Lunghezza faglia km	Larghezza faglia km	Magnitudo momento Mw	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	Casalbaroncolo - 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; 2016) nel raggio di 10/12 km che circonda il territorio di Cadelbosco di Sopra sono individuate zone sorgente di shock sismico come esposto nella seguente tabella:

Terremoto	Direzione Principale faglia	Profondità ipocentro km	Magnitudo momento Mw	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 – Brugno	5,0	5,38	7,0

06/2000	Fosdondo – Santa Maria della Fossa – Bigliana	5,0	4,4	5 - 6
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

R.E.R.–CNR–UNIFI–INGV, 2016

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 anticlinalica 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 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 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 – Santa Vittoria le faglie sismogenetiche assumono direzione ovest – est. Nel territorio ad oriente di Campegine – Santa Vittoria – S. Bernardino dette strutture sorgente 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 la prevalente parte

dell'area comunale nel settore al bordo occidentale della zona sismogenetica 912 e circa 3 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 Cadelbosco di Sopra 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:

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

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 Cadelbosco di Sopra corrisponde a quelli sopra esposti.

4.3 Subsidenza

I fenomeni subsidenti nel territorio di Cadelbosco di Sopra 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 detti processi dal 1992 al 2000 nell'area di Cadelbosco di Sopra sono generalmente correlati abbassamenti corrispondenti a 0,25 ÷ 0,50 cm/anno ad eccezione dell'area tra il T. Crostolo e Viottolo la Pinza – SS 358, Ponte Nuovo, nella quale sono stati registrati abbassamenti di 0,5 ÷ 1,0 cm/anno, della zona sede del capoluogo allungata concordemente alla SP 63 R dal confine comunale sud a Podere San Venanzio; simili valori $\delta h = 0,5 \div 0,75$ cm/anno sono individuati tra La Rocca e Argine.

Nel periodo dal 2002 al 2006 è stato registrato un campo valori prevalentemente equivalente a 0,5 ÷ 0,75 cm/anno ad eccezione della fascia al bordo occidentale nel quale gli abbassamenti sono rimasti praticamente costanti: 0,25 ÷ 0,5 cm/anno.

Nel settore sede del capoluogo non sono state registrate significative modifiche $\delta h = 0,5 \div 0,75$ cm, mentre nella zona di La Rocca – Argine sono stati individuati aumenti a 0,75 ÷ 1,25 cm/anno.

Negli anni successivi sino al 2011 è stata registrata una generale diminuzione delle velocità di abbassamento anno di 0,25 cm.

Il trend evolutivo in diminuzione è proseguito dal 2011 al 2016 che si è ridotto a valori praticamente nulli nell'area del capoluogo ed in quella tra Zurco e Cadelbosco di Sotto e nelle rimanenti parti del territorio comunale sono stati registrati abbassamenti tra 0 ÷ 0,25 cm/anno.

Le diverse entità degli abbassamenti nei primi periodi precedenti al 2006 evidenziano il prevalente grado di correlabilità con le zone del territorio sede dell'urbanizzato del capoluogo e sue zone ad uso produttivo; nel successivo periodo del 2006 al 2016 i decrementi delle velocità di abbassamento annuo indicano una diminuzione dei volumi complessivi di estrazione idrica del sottosuolo e contestualmente suggeriscono si siano verificati movimenti positivi nelle litozone del substrato preplioceno in particolare dal 2011 al 2016, che hanno compensato i tassi di subsidenza connessi agli emungimenti idrici sotterranei.

Quanto esposto trova riscontro con gli spessori dei depositi del ciclo AES6 che aumentano in direzione nord e diminuiscono in verso orientale, nei quali precedentemente al 2011, tra La Rocca ed Argine, sono state rilevate le velocità relative di abbassamento anno maggiori (ARPA.RER; [www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id2051 2 divello = 1423](http://www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?Id2051%20divello%20=1423)).

Le sezioni idrogeologico strutturali, 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 50/60 m del sottosuolo; queste ultime procedendo in verso settentrionale si arricchiscono in componenti sabbiose assottigliandosi e contestualmente diminuiscono sensibilmente in percentuale rappresentata con decisa prevalenza degli orizzonti limoso argillosi - argillosi a grado di compressibilità relativamente maggiore; proseguendo in direzione nord, a settentrione di Santa Vittoria, tendono ad incrementare le intercalazioni in unità sabbiose che assumendo spessori sempre maggiori a indicano 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 Earth; l'esame topografico sulle basi cartografiche C.T.R. E.R. in scala 1:5.000 - 1:10.000.

4.5 Caratteri Geomorfologici

Il territorio di Cadelbosco di Sopra appartiene prevalentemente alla zona della media pianura e nella parte più settentrionale, aree a nord di Pd.re S. Antonio - C. Argine Vecchio, alla fascia di transizione tra i depositi alluvionali dalla Media alla Bassa Pianura Padana Appenninica. Detta zona è stata formata 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, capoluogo – Zona Industriale – settore sud occidentale, appartiene alla fascia di terminazione frontale distale della conoide alluvionale del T. Enza e per la porzione centrale ed orientale alla analoga fascia dell'unità delle conoidi alluvionali dei torrenti minori tra il T. Enza ed il F. Secchia; di dette conoidi di quella del T. Enza, con bacino di 670,4 kmq, 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.

Analoghe caratteristiche ha l'unità dei torrenti minori, localmente riconducibili ai T. Modolena e T. Crostolo, che si sviluppano maggiormente a meridione dell'Autosole con allineamento del fronte degli antichi fontanili, attivi precedentemente agli anni 1950, a meridione di via Cugini, Reggio Emilia; la fascia di transizione ai depositi di media pianura della conoide del T. Enza 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.

Le sopracitate conoidi dei torrenti Modolena e Crostolo presentano 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 frontali; 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.

Dette unità deposizionali formatesi in condizioni morfoclimatiche variabili hanno costituito un insieme contraddistinto da interdigitazioni di orizzonti multipli più o meno terrazzati, come evidenziano i depositi pre wurmiani (Ghiardo – Montecchio) formanti il pleocoeno pleistocenico oggi rinvenibile secondo paleo-superfici terrazzate di 3÷4 m rispetto alle alluvioni medio recenti e wurmiane. Queste ultime si rinvenivano 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 Cadelbosco di Sopra.

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 Litrice delle pieghe Pedappenniniche (G. Barbacini et Alii; 2002).

Simili caratteristiche presenta l'unità dei torrenti minori evidenziate dal tratto di alveo abbandonato del T. Crostolo circa tra Ponticelli e Case Camurani, del quale sono tuttora riconoscibili le scarpate di incisione fluviale, che è disalveato in località Ponticelli, dai terrazzamenti di 20/25 m dei depositi rissiani e mindelliani a sud di San Rigo – Chiesa di Canali, della troncatura di fronti di conoidi secondarie e loro basculatura a sud di Montecavolo, dal gomito con flessione in direzione orientale del T. Modolena in prossimità della sopracitata località.

Le caratteristiche evolutive del territorio di Cadelbosco di Sopra, 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 in subordine alla fascia di transizione tra la stessa e la zona della bassa pianura nelle aree più settentrionali.

A tale suddivisione corrispondono diversi assetti morfologici che caratterizzano il territorio con tre dossi principali allungati in direzione nord, localizzati al confine occidentale con Castelnovo di Sotto, nella fascia centrale dell'area comunale estesa concordemente all'andamento della SP 63 R, nella zona orientale che si allunga assecondando la SP 65.

I sopra descritti dossi, delimitati a settentrione dal dosso Santa Vittoria – San Bernardino, hanno costituito barriere idrauliche determinando ritardi e forti diminuzioni delle deposizioni alluvionali nei settori tra loro compresi; in questi ultimi si sono instaurate aree depresse a lenta deposizione colmate sostanzialmente in occasione di processi di rotta fluviale. Tali zone sono costituite da depositi prevalentemente argilloso limosi – argillosi che nei settori al confine comunale centrale occidentale ed orientale – nord orientale individuano ambiti vallivi di pianura contraddistinti da pendenze $p = 0,5 \div 0,8 \%$.

Dette caratteristiche si evidenziano nella Carta Geologico Tecnica, Tav. 1.2, che denota un sistema paleoidrografico ben definito caratterizzato da tratti di canale fluviale estinto a direzione sud – nord ed ambiti vallivi allungati nello stesso verso con morfologia territoriale declinante in direzione sud nord.

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 al bacino idrografico del F. Secchia rientrante nel bacino idrografico principale del Po.

Gli assi drenanti sono a scolo naturale nelle parti meridionali e centrali dell'area comunale, zone a sud di Argine – La Madonnina, ed a scolo meccanico nella parte di territorio a settentrione di dette località.

Il reticolo idrografico consegue, oltre che alla naturale evoluzione del F. Enza, del T. Crostolo e T. Modolena, F. 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 $2 \div 3 \text{ ‰}$ nelle zone meridionali, ad eccezione delle zone di dosso con $p = 3,5 \div 5,5 \text{ ‰}$, tra $1,5 \div 2,5 \text{ ‰}$ nelle zone centrali e settentrionali, con attenuazione a $0,5 \div 0,8 \text{ ‰}$ nelle aree nord orientali – orientali ed occidentali centrali, denota una conformazione blandamente ondulata in senso ovest – est con direttrici generali delle pendenze declinanti in verso sud – nord.

In tale struttura topografica le fasce di spartiacque morfologico che contraddistinguono il territorio sono rappresentate dall'asse del T. Crostolo, al confine comunale occidentale, dal dosso sud – nord che si estende concordemente alla SP 63 R dal dosso allungato secondo la SP 65 e l'analoga morfostruttura estesa concordemente a via Argine Francone.

Nelle aree all'estremità settentrionale, nord di C. La Melina – C. La Pompea, le clivometrie territoriali indirizzano i moti di flusso dello scolo idrico superficiale in direttrice nord est.

I principali assi della rete idrica superficiale sono costituiti dal T. Crostolo nella fascia occidentale, Fossetta di Quarti–Collettore Acque Basse Reggiane nel settore Centrale, Cavo Bresciana nell' area centro orientale, Canalazzo Tassone nella zona orientale.

Il Cavo Bresciana che raccoglie le acque del Cavo Barisello al quale affluisce il Cavo Dugara, del Fosso Vialato Alto – Fosso Prampolini, Cavo Campiazzo – Fosso Vialato Basso, del Dugale S. Michele al quale affluisce il Fosso S. Giustina, riversa il proprio carico idraulico al Diversivo Bresciana offerente al Cavo Bondeno a sua volta tributario del Cavo Parmigiana Moglia che affluisce al F. Secchia, in località Bondanello, dal quale i deflussi idrici giungono al F.Po.

Le acque della parte settentrionale del territorio comunale, che richiedono sollevamento meccanico, sono raccolte dal Cavo Modolena Bassa, Fossetta Menozzi, Condotto della Seta, Fassa Sarti, Fosso Baragalla, Cavo Modolena Alta, Cavo Varana, Cavo Sissa, tutti tributari del

Collettore Acque Basse Reggiane che tramite il Canale Emissario, mediante l'impianto di sollevamento S. Siro, convoglia il carico idraulico al F. Secchia a sua volta affluente del F.Po.

Dal confronto tra l'assetto morfologico del territorio, con pendenze medie territoriali prevalentemente maggiori del 2,0‰, e l'organizzazione dei bacini scolanti principali si evince che il drenaggio idrico superficiale nella parte meridionale dell'area comunale non presenta generalmente condizioni di criticità; tali condizioni non sussistono per le zone settentrionali, nord di Argine – La Madonnina, nelle quali le pendenze minori dell'1‰ evidenziano condizioni di difficoltoso drenaggio che per l'agibilità del territorio richiedono sollevamenti meccanici.

Per quanto riguarda gli assi idrici superficiali classificati come acque pubbliche (TU del 11-12/33 n°1775) che interessano l'area di Cadelbosco di Sopra RE risultano ad essi attribuiti:

- Scolo Bresciana inf.
- Scolo Modolena inf.
- Fossa Marza di Castelnuovo
- Torrente Crostolo inf.
- Canalazzo Tassone
- Terrente Modolena
- Canale di San Silvestro
- Scolo Cava

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 Cadelbosco di Sopra.

Per quanto riguarda il reticolo primario, RP_RSCM Tav.200 NE e Tav.182 SE, PGRA, ad eccezione fascia del T. Crostolo, si riscontra che il territorio di Cadelbosco di Sopra 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 sopraccitata fascia del T. Crostolo al confine comunale occidentale 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 il settore meridionale occidentale tra Cavetto di Casaloffia – Cavo Cavo e Cavo Macera, SS 358, l'area in destra Cavo Bresciana tra via Quarti – 200 m ad est di Vialalto e delimitata a sud da via Santa Giustina; la zona a settentrione di via Quarti sino a via Luzzi, compresa tra il C.A.B.R. e via Canalina – Canale della Gorna e che ad est di Quarti di allarga sino al torrente Tassone tra il Diversivo Bresciana e via Mulinazzo; l'area compresa tra via Argine Francone, via Magnano, SP 63 R, sino al C.A.B.R. a meridione del quale si estende in direzione sud in sinistra del tratto meridione di detto Cavo sino a via Fontanelle delimitata ad est del Canale Modolena Alta.

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 la fascia a sviluppo lineare tra il capoluogo Cadelbosco di Sopra, frazioni di Zurco – Cananea – Pd.re S. Antonio – La Madonnina – Il Casino – Cadelbosco di Sotto, fascia ovest est di Quarti a classe di pericolosità R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

Relativamente al reticolo secondario di pianura il territorio da Cadelbosco di Sopra è prevalentemente in classe di rischio R1 con classe di danno D1; fanno eccezione le aree sopra descritte P3H, classificate classe di rischio R2 (rischio medio) e di danno potenziale D4.

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

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 ÷ 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 della media pianura ed in subordine a quella delle conoidi dei fiumi appenninici.

Quest'ultima caratterizza il settore meridionale dell'area, capoluogo e aree a sud, nel sottosuolo del quale si rinviene la fascia di terminazione frontale delle conoidi dei terreni minori e le propaggini delle estremità nord orientali della conoide del T. Enza.

Nelle aree a settentrione del capoluogo i livelli acquiferi si arricchiscono nelle componenti sabbiose e contestualmente si assottigliano e diminuiscono nelle percentuali rappresentate a favore delle sequenze argilloso limose che si rinvengono nettamente prevalenti sino alle zone più settentrionali nord di Santa Vittoria – C. Magnana Nuova, nelle quali si delineano le propaggini sabbiose dell'Unità Idrogeologica del Po evidenziando 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, con profondità relative minori nelle nord-centrorientali concordanti con l'innalzamento del substrato correlato all'assetto della Dorsale Ferrarese; d'altra parte si approfondisce in direzione sud occidentale in accordo con la progressiva immersione della sopra citata struttura ed il passaggio alla Monclinale Alpina.

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 -450/500 m dal piano campagna con profondità relative minori nelle zone orientali centro settentrionali – settentrionali e progressivamente maggiori procedendo in verso meridionale – meridionale occidentale; in direzione est, nei territori di Bagnolo in Piano - Novellara, detta interfaccia tende ad innalzarsi attestandosi a -350/-300 m dal piano campagna; d'altra parte in verso nord – 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 Cadelbosco di Sopra.

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, Bagnolo in Piano, Novellara, effettuate da Dr. Fabio Molinari in base ad analisi ed interpretazione di sezioni geofisiche di AGIP-ENI. Quanto sopra

esposto è stato inoltre implementato delle sezioni idrogeologiche strutturali redatte da RER e delle sezioni idrogeologiche IRSA in: Le Falde Acquifere della Pianura di Reggio Emilia 1° ricostruzione strutturale (M. Pellegrini et Alii; 1976).

Il sottosuolo di Cadelbosco di Sopra dal punto di vista idrogeologico è prevalentemente attribuibile all'Unità Idrogeologica della media pianura ad eccezione della parte più meridionale, zona capoluogo e sud dello stesso, correlabile alla fascia terminazione frontale delle unità delle conoidi minori e del T. Enza per il settore occidentale.

Nella porzione più settentrionale dell'area comunale, nord di Santa Vittoria – Magnana Nuova, si delineano le propaggini sabbiose 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 centrosettentrionali, 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 nettamente 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 sedimentari 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 stratigrafico deposizionali, 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 sabbioso - ghiaiosi – sabbiosi nelle zone più meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali, a geometria sia lentiforme che tabulare. Tale complesso presenta spessori relativi minori nei settori a sud nei quali corrisponde a 18/20 m che aumentano gradualmente in direzione settentrionale attestandosi a 22/24 m sino nelle zone a nord dell'allineamento C. La Mellina – C.A.B.R. nelle quali diminuisce a 18/16 m.

Lo spessore complessivo dell'acquifero A0 oscilla mediamente tra 20/22 m nelle zone meridionali ed incrementa a 22/24 m nelle aree centrali – centro settentrionali e diminuisce nuovamente a 18/16 m di potenza nella fascia più a nord.

Nelle aree più meridionali, sud di capoluogo, gli orizzonti sabbiosi - sabbioso ghiaiosi principali si riscontrano tra -15 ÷ -20 m dal piano campagna; nel settore centrale tra il capoluogo e Quarti, i corpi permeabili sabbiosi presentano assetto spiccatamente lentiforme e quelli a maggior grado relativo di continuità con spessori di 2 – 3 m si rilevano a -10/-15 m pc e -20/-23 m pc; nella parte settentrionale del territorio gli orizzonti acquiferi, con potenze di -2/-3 m, si arricchiscono nelle componenti sabbiose e si rilevano generalmente tra -10/-15 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 Cadelbosco di Sopra – Bagnolo in Piano; presenta spessori praticamente costanti in direzione sud nord, mediamente 60/65 m, e si assottiglia in verso orientale attestandosi a 55 m ad est di Argine. 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 occidentali dell'area comunale che incrementa ulteriormente nel territorio ad ovest di Castelnovo di Sotto.

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 del C.A.B.R.

Tale insieme presenta generalmente spessori di 60/65 m nel sottosuolo delle aree sia meridionali che centrali ed in quelle settentrionali, diminuisce a potenza di 55 m in prossimità di Argine - confine comunale con Bagnolo in Piano.

Si rinviene generalmente sino a -80/-90 m nei settori occidentali del territorio e sino a -75 ÷ -80 m pc nelle fasce ad oriente di Argine.

Gli orizzonti acquiferi, costituiti in prevalenza da sabbie – sabbie ghiaiose, nelle aree capoluogo e sud dello stesso si rinvencono a -25/-30 m pc, -65/-70 m pc e -75/-80 m pc; nel territorio centrale e settentrionale le unità permeabili si arricchiscono decisamente nelle componenti sabbiose assottigliandosi e si rilevano generalmente al tetto dell'unità tra -25 e -30 m pc e tra -45/-50 m pc; a settentrione i corpi sabbiosi aumentano in spessore e quelli con maggior grado relativo di continuità laterale si rilevano tra -20/-30 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 Cadelbosco di Sopra sono osservabili nel sottosuolo del settore sud orientale – orientale tra via Vialato ed il confine con Bagnolo in Piano dove si ha il progressivo innalzamento della Dorsale Ferrarese.

Il ciclo deposizionale A2 nelle zone più meridionali è costituito prevalentemente da alternanze di orizzonti e limoso argillosi – argilloso limosi, ai quali nelle aree a sud del capoluogo si intercalano in subordine livelli sabbioso ghiaiosi ad assetto lentiforme di terminazione frontale di conoide alluvionale, che in direzione settentrionale si arricchiscono in sabbie, depositatisi tra 125.000 e 225.000 anni b.p.

Il tetto dell'unità a sud è caratterizzato da corpi sabbioso ghiaiosi continui lateralmente con spessori di 2/5 m che verso settentrione si assottigliano ed arricchiscono nelle componenti sabbiose; queste ultime, che prevalgono nel settore a nord di La Madonnina – Argine tendono ad esaurirsi in modo lentiforme; a settentrione di Cadelbosco di Sotto, nella parte occidentale dell'area comunale, si delineano propaggini di litozone sabbiose, che aumentano in direzione occidentale in territorio di Castelnovo di Sotto, indicanti la presenza della fascia di transizione all'Unità del Po. Detto complesso presenta spessori mediamente compresi 35/40 m nelle zone meridionali e di 45/50 m nelle aree centrali e settentrionali con graduale diminuzione in spessore in verso ovest; si riscontra sino a -120/-125 m pc nelle zone più a sud con diminuzione della profondità in direzione sud orientale – orientale; analoghe quote di -120 ÷ -130 m pc caratterizzano il sottosuolo delle aree settentrionali con progressivo approfondimento in direzione nord. Gli acquiferi principali si rilevano al tetto dell'unità -80/-90 m sia nelle zone meridionali che centrali e settentrionali, sono inoltre presenti significativi livelli sabbiosi a buon grado di continuità tra -95 e -100/-110 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 nell'area di dominio delle Pieghe Ferraresi che ha condizionato le possibilità deposizionali. È costituito prevalentemente da alternanze di orizzonti sabbiosi - sabbioso ghiaiosi ed argilloso limosi con prevalenza dei materiali più fini; nelle zone meridionali, dove presenta spessori di

40/50 m che diminuiscono a 35/40 in direzione orientale, sono presenti corpi ghiaioso sabbiosi – sabbiosi.

Tali orizzonti procedendo in verso settentrionale si arricchiscono in componenti fini e denotano zone di discontinuità. Gli spessori di detta unità procedendo in verso nord aumentano 55/60 m ed in direzione sud orientale – orientale diminuiscono a 35/40 m.

Si rinviene sino a -180/-190 m pc nei settori occidentali meridionali, sino a -150/-160 m pc nelle zone meridionali ed orientali e si approfondisce a -165/-180 m pc nelle aree centro settentrionali – settentrionali.

Gli orizzonti acquiferi principali, si riscontrano al tetto del complesso dove individuano la transizione all'unità sovrastante (A2) a profondità tra -120/-130 m pc nel settore meridionale, tra -125/-135 m pc nelle zone centro settentrionali – settentrionali.

Complesso Acquifero A4 indifferenziato (parte medio basale - basale AES): denota influenze molto modeste in direttrice sud nord, che si accentuano in verso sud orientale – 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 prevalentemente da alternanze di orizzonti argilloso limosi a quali si intercalano in subordinate e livelli sabbioso ghiaiosi. Nel sottosuolo delle zone centro settentrionali si evidenzia la netta prevalenza delle sequenze argilloso limose ed i livelli permeabili sono principalmente sabbiosi di modesto spessore e lentiformi; le unità sabbioso ghiaiose presenti a sud del capoluogo si esauriscono rapidamente in direzione nord e sono praticamente assenti a settentrione di Argine - Quarti. Detto ciclo è caratterizzato da spessori tra 35 e 60 m nelle aree più meridionali e mediamente di 60/65 m nelle zone centrali e settentrionali.

Gli orizzonti sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, ad assetto spiccatamente lentiforme, a maggior grado relativo di continuità si riscontrano al tetto dell'unità tra -150/-160 m pc in genere rinvenibili nelle zone meridionali e centrali; sono inoltre presenti orizzonti sabbiosi discontinui lateralmente e pronunciatamente lentiformi localmente riscontrabili a -165/-175 m pc. La base del complesso è generalmente rinvenibile sino a -210 m pc nelle zone più meridionali ed orientali, si approfondisce gradualmente a -220/-230 m in direzione settentrionale.

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 ovest - nord ovest. Gli orizzonti sabbioso ghiaiosi più significativi si riscontrano al tetto dell'unità tra -210/-220 m pc e tra -230/-240 m pc, con incremento della profondità in verso nord, ed individuano il limite del passaggio al soprastante complesso.

Detto ciclo deposizionale è riscontrabile sino a -350/-360 m pc nei settori orientali più prossimi alla Dorsale Ferrarese e sino a -370/-400 m nelle zone occidentali – nord occidentali nel sottosuolo del territorio di Castelnovo di Sotto.

5.4.2 Serie Idrogeologica Locale

I litotipi che caratterizzano il territorio meridionale di Cadelbosco di Sopra, capoluogo e sue zone a sud, sono costituiti da una successione da alternanze di orizzonti sabbioso ghiaiosi alternati a sequenze principalmente argilloso limose - limoso argilloso con prevalenza di queste ultime. 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 delle sequenze a granulometrie fini argilloso limose.

La zona di transizione la fascia di terminazione frontale delle unità delle conoidi dei torrenti minori e del T. Enza, individuata dalla linea delle risorgive, assente nel territorio di Cadelbosco di Sopra, rinvenibile rispettivamente 5 km a sud est del confine comunale, zone di meridione di via Cugini Reggio Emilia, nelle quali i fontanili erano attivi precedentemente agli anni 1950, e ad ovest - sudovest nei territori di Campegine e Gattatico dove si estende secondo una fascia orientata nord ovest - sud est dai Pantari a Taneto - Pd.re S. Margherita (nord di Calerno) - la Razza/Corte Valle Re.

Nel sottosuolo della parte settentrionale del comune di Cadelbosco di Sopra, a nord dell'allineamento C. La Melina - CABR gli orizzonti sabbiosi tendono gradualmente ad aumentare sia in percentuale rappresentata che spessore evidenziano la presenza della fascia di transizione dall'Unità della Media Pianura a quella del Po che si delinea più decisamente a settentrione nei territori di Gualtieri - Novellara.

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 gli orizzonti 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 rappresentata rispetto ai materiali sabbiosi - sabbioso ghiaiosi.

Analogamente per quanto riguarda le unità impermeabili risulta che esse costituiscono orizzonti continui lateralmente principalmente formate da materiali fini quali argille e limi che possono inglobare strati sabbioso ghiaiosi - sabbiosi, più o meno lentiformi e discontinui

lateralmente, percentualmente meno rappresentati e meno potenti rispetto alle componenti argilloso – limose.

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

Serie Litostratigrafica

• AES8

A₈ - Complesso a litologia variabile prevalentemente costituito da alternanze di livelli lentiformi formati da argille, limi, ai quali si intercalano strati lenticolari sabbiosi – sabbioso ghiaiosi, con sabbie e ghiaie in percentuali variabili, prevalentemente presenti nelle zone a sud del capoluogo. Ai cambiamenti laterali e verticali conseguono valori di permeabilità oscillanti tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ cm/sec. In funzione della struttura fortemente lentiforme la separazione tra il piano campagna e gli strati permeabili a scala territoriale non è continuo; l'acquifero in oggetto è interessato da ricarica per infiltrazione superficiale e fortemente suscettibile all'inquinamento. Gli spessori dei terreni coinvolti è mediamente equivalente a 20 m nel settore a meridione del capoluogo, tra 20/24 m a settentrione di quest'ultimo a nord del CABR – Cà la Melina e tra 18/20 m nella fascia a settentrione degli stessi.

L'orizzonte acquifero a maggior grado di continuità laterale, con spessore di 2/4 m si riscontra -15/18 m pc; sono inoltre presenti livelli sabbiosi discontinui e lentiformi con potenza di 2/3 m tra -10 e -15 m pc.

• AES7

B₇ - Orizzonte continuo formato in prevalenza da materiali sabbioso ghiaiosi a sud – sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali, con spessori variabili sia in senso laterale che verticale, compresi mediamente tra 3 e 5 m nelle zone meridionali e centrali che si assottiglia in direttrice nord, assumendo spessori di 2/3 m ed aumenta a 3/4 m nelle zone a settentrione di Cà La Melina - CABR; contestualmente alla diminuzione in spessore si arricchisce in componenti sabbiose; si rinviene tra -20 e -24 m pc nelle aree meridionali e centrali tra -22/-24 m nella fascia a settentrione del CABR.

C₇ - Unità prevalentemente impermeabile costituita da terreni argilloso limosi – limoso argillosi, continui lateralmente, contraddistinta da spessori mediamente compresi tra 5 e 10 m sia nelle aree a sud che a nord, si rinviene da -20/-22 ÷ -24 m pc a -40/-45 m pc e nelle zone del capoluogo ed a sud dello stesso include corpi sabbioso ghiaiosi – sabbiosi discontinui e lentiformi, con spessori di 2/3 m, tra -15/-30 m pc e -35/-40 m pc.

D₇ - Orizzonte permeabile costituito da alternanze di strati prevalentemente sabbioso ghiaiosi nelle zone meridionali e sabbiosi nelle aree centrali e settentrionali ad assetto spiccatamente lentiforme con intercalati o in sostituzione laterale strati lentiformi argilloso limosi – limosi; presenta spessori variabili tra 2 e 4 m e nelle zone meridionali è sabbioso ghiaioso, mentre in quelle centrali e settentrionali è prevalentemente sabbioso.

- E₇** - Complesso sostanzialmente impermeabile formato principalmente da alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi contenente nei settori del capoluogo e sud dello stesso subordinati orizzonti lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; lo spessore varia tra 35 e 40 m; si rinviene sino a profondità variabili tra -80/-85 m pc.
- AES6
- F₃** - Unità permeabile formata da alternanze prevalentemente sabbioso ghiaiose – sabbiose nelle zone meridionali e sabbiose in quelle centrali e settentrionali, continue lateralmente, ingloba in subordine lenti e/o strati limoso argillosi; presenta spessori variabili tra 2 e 5 m nelle zone a sud che diminuiscono a 2/3 m nel sottosuolo delle aree centrali e settentrionali; si arricchisce decisamente nelle componenti sabbiose in direzione nord nelle quali è discontinuo lateralmente; si riscontra tra -80/-85 e -90 m pc con profondità maggiori nel sottosuolo delle zone centrali e settentrionali; si assottiglia nettamente nelle aree centrali dove evidenzia discontinuità in direzione nord.
- G₆** - Orizzonte impermeabile formato da alternanze prevalentemente argilloso limose – limose con spessore mediamente variabile tra 40 e 50 m, nelle zone meridionali e di 45/50 m in quelle centrali e settentrionali; nel sottosuolo delle aree centrali e meridionali include un orizzonte sabbioso ghiaioso – sabbioso ad assetto lentiforme e discontinuo in direzione settentrionale con spessore di 2/3 m, rinvenibile tra -95 e -100 m pc; la successione argilloso limosa- argillosa, si rinviene sino a -110 ÷ -120 m pc con approfondimento in direzione nord.
- AES3
- H₃** – unità permeabile, discontinua lateralmente, prevalentemente sabbioso ghiaiosa e con spessori di 4/8 m nel sottosuolo delle zone sud e che si assottiglia a 2/3 m ed arricchisce in componenti sabbiose in direzione settentrionale, è discontinuo nelle zone centro settentrionali; si riscontra tra -120/-125 e -125/-130 m pc.
- I₃** – litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa con spessori medi di 35/45 m che incrementano in direzione nord; contiene locali intercalazioni lentiformi sabbiose, discontinue lateralmente, con spessore di 2/3 m rilevabili a profondità di -160/-170 m pc generalmente presenti nelle zone settentrionali; si rinviene sino a -135/-160 m pc nelle zone meridionali e sino a -170/-180 m pc in quelle settentrionali e sud occidentali.
- AES basale indifferenziato
- L₄** - orizzonte sabbioso ghiaioso a pronunciato assetto lentiforme con spessore di 2/4 m che si assottiglia ed è discontinuo nelle zone centrali, si arricchisce nelle componenti sabbiose ed aumenta a 4/5 m nelle zone settentrionali; si riscontra -155/-160 m pc principalmente nelle zone meridionali.
- M₄** – unità impermeabile principalmente argilloso limosa con intercalati locali orizzonti lentiformi sabbiosi tra -165/170 m pc a pronunciata discontinuità laterale; si riscontra sino a -210/-220 m pc nei settori meridionali, -230 m pc in quelli settentrionali e -240/-250 m pc nelle zone sud occidentali – occidentali.
- AEI
- N_B** – orizzonte permeabile prevalentemente sabbioso – sabbioso ghiaioso nel sottosuolo delle aree meridionali centrali, sabbioso in quelle settentrionali; individua il passaggio al

Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore; presenta spessori oscillanti tra 2 e 5 m a sud e tra 4 e 6 m a nord; si riscontra tra -210/-220 m pc nel sottosuolo delle aree meridionali e centrali e tra -230/-240 m pc in quelle settentrionali.

O_B – litozona impermeabile prevalentemente argilloso limosa contenete in subordine locali unità sabbioso ghiaiose ad assetto lentiforme discretamente continue lateralmente tra -230/-240 m pc nelle zone centro meridionali e tra -270/-280 m pc in quelle meridionali, si rinvia sino a -340/-350 m pc.

5.5 Assetto strutturale dell'acquifero

Gli orizzonti sabbiosi - ghiaioso sabbiosi 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 – 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, con contestuale diminuzione 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 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 a fine luglio 2018 nel contesto delle elaborazioni di Microzonazione Sismica del comune di Cadelbosco di Sopra.

5.6.2 Isopieze dell'acquifero

L'assetto isopiezometrico identifica una conformazione articolata in alti e bassi strutturali a falda conica divergente – convergente, con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei territorialmente orientate in verso sud sudovest – nord nordest, evidenziando principali condizioni di ricarica correlate agli afflussi sotterranei appenninici connessi ai serbatoi idrogeologici delle conoidi dei Torrenti Minori e del T. Enza.

La conformazione della superficie piezometrica è correlata sia alla variazione in spessore degli orizzonti permeabili che alla geometria dell'acquitaro di base.

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

Detti ambiti di ricarica idrica sotterranea, 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 – nord e si riscontrano nel settore centrale del territorio comunale dove evidenziano un effetto alimentante dell'acquifero correlato all'unità idrogeologica dei torrenti Crostolo e Modolena; l'assetto a falda conica divergente nella fascia centrale estesa sud nord del territorio è caratterizzato da un asse di alimentazione idrica sotterranea principale allungato in verso settentrionale con andamento sub parallelo alla SP 63 R sino all'altezza del C.A.B.R.. Un'analoga fascia di ravvenamento idrico sotterraneo di primaria importanza estesa sud nord si rinvia nel settore orientale dove si allunga sub parallelamente alla SP n° 63 e n°40 dal confine comunale meridionale sino all'altezza di Quarti dove le isopieze assumono un assetto a falda conica divergente con direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei orientate in verso nord.

Il settore di territorio comunale compreso tra i sopra descritti assi di ricarica idrica sotterranea è contraddistinto da un assetto a falda conica convergente, che si caratterizza con una fascia principale secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei orientata sud

sudovest – nord nordest circa da intersezione da Via Ferri/Fosso Prampolini a intersezione SP 40/Cavetto della Seta – Ponte della Forca.

In tale zona i moti di flusso idrico sotterraneo territoriali sono orientati sud sudovest – nord nordest.

Nel settore occidentale dell'area comunale tra la SP 63 R ed il T. Crostolo l'assetto piezometrico è la falda sub cilindrica.

Per quanto riguarda il gradiente idraulico, ovvero la perdita di carico idraulico per unità di lunghezza dell'acquifero, si riscontra un assetto articolato 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 occidentale al quale appartiene il capoluogo.

Nelle zone ad oriente di quest'ultimo sino Cadelbosco di Sotto - Quarti il gradiente idraulico corrisponde ad

$$i_m = 1,2 \div 1,5 \cdot 10^{-3}$$

Nelle aree a settentrione di dette località il gradiente idraulico equivalente a:

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

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 Argine – Canale Santa Giustina.

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

$$i_m = 0,8 \div 1,0 \cdot 10^{-3}$$

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 di 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 distinte.

la prima di queste identificata dalla parte meridionale del territorio comunale e centro occidentale, zone dal capoluogo a Cadelbosco di Sotto, che sono contraddistinte da valori di soggiacenza mediamente equivalenti a:

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

Fa eccezione il settore a est del capoluogo tra La Rocca e la SP 40 nel quale

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

Nelle zone a settentrione di Quarti e sino al confine comunale nord, il livello d'equilibrio dell'acqua nel sottosuolo attesta a:

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

ad eccezione l'area orientale settentrionale tra Seta e Ponte della Forca dove

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

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 in tali aree caratterizzate 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.

5.7 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 differenti condizioni climatiche di alimentazione dell'acquifero, del suo regime di sfruttamento e dal maggior 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 centrale – centrosettentrionale del territorio comunale, circa tra il capoluogo e Cadelbosco di Sotto – Botte del Begone, presenta assetti e direttrici di moto dei deflussi idrici sotterranei praticamente equivalenti nell'arco di tempo considerato (1993-2018).

Analoga considerazione è estendibile alla fascia secondo la quale si raccolgono i deflussi idrici sotterranei che contraddistingue il settore orientale dell'area comunale tra la SP 63 R e la SP 40; in corrispondenza di queste ultime si riscontra concordanza dell'assetto alimentante della falda idrica sotterranea.

Si osservano modeste differenze dell'assetto piezometrico nella fascia al bordo sud occidentale del territorio al confine con Castelnovo di Sotto, nel quale le elaborazioni del P.I.A.E. 1993 indicano un effetto alimentante nei confronti dell'acquifero freatico del T.Crostolo; tale condizione è correlabile alle differenti condizioni di invaso di detto asse idrico nel 1983 rispetto a quelle del 2018 che indicano un effetto drenante del sporacitato torrente.

Dall'analisi comparata tra la piezometria freatica 1993 e quella del 2018 si riscontra un moderato 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 Ponte della Forca – Via Nuova per Seta il campo di escursione corrisponde a:

$$\Delta H_2O \leq -1,0 \text{ m}$$

5.8 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 uscita
- Limite nord:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita
- Limite est:* idrodinamica a potenziale imposto con flusso in uscita nei settori meridionale e centrale ed in entrata in quello settentrionale orientale.
- 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 -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 Cadelbosco di Sopra 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 del PSC 2012.

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 territorio in oggetto appartiene prevalentemente alla fascia della Media Pianura, costituita dai depositi di piana inondabile ed in subordine alla zona di transizione alla Bassa Pianura nelle aree più settentrionali formate da deposizioni di analogo ambiente.

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

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

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

A tali sistemi deposizionali sono attribuibili la zona settentrionale orientale del territorio comunale adiacente al confine con Novellara e quella orientale centrale al confine con Castelnovo di Sotto. Nella prima di queste si osserva un orientamento degli antichi percorsi dei canali fluviali provenienti dalle zone ad occidente ed a meridione di Castelnovo di Sotto – Poviglio che tendono a flettere in direzione nord est – est uno dei quali indica continuità in verso nord est con il dosso di San Bernardino; detta variazione di orientamento è correlata alla difficoltosa affluenza ad un antico percorso del Po; tale condizione 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 analoghe caratteristiche si sono impostati, come sopra indicato, nelle aree centro orientali e nord orientali, rispettivamente ai confini comunali con Bagnolo in Piano e di Novellara, nelle quali l'antico percorso fluviale estinto che si estende concordemente alla SP 63 R ad ovest unitamente a quello del dosso Pilastro S. Francesco – Fossa Marza – Santa Vittoria – San Bernardino hanno condizionato le direttrici degli assi idrici superficiali inducendo condizioni di ambienti vallivi planiziali.

Equivalenti condizioni deposizionali si sono instaurate nel settore orientale centrale tra la sopracitata SP – La Madonnina – M.no del Traghetto – Cavo Cava – SP 40.

Le azioni deposizionali hanno generato una morfologia pianeggiante con principali ondulazioni, ad ampio raggio, in senso ovest est che si sviluppano in direzione sud nord ad eccezione dell'estremità settentrionale al confine con Novellara dove si estendono in senso sud ovest – nord est.

Gli interventi antropici principali sul territorio sono rappresentati dall'intensa urbanizzazione nell'areale sede del capoluogo sua Zona Industriale sud, aree ad uso produttivo di Cadelbosco di Sotto e Villa Argine, 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 cinque macro unità litotecniche come di seguito esposto:

- Zona centrale e meridionale sede del capoluogo, zona Industriale ed area allungata sud nord comprendente la SP 63 R sino a Cadelbosco di Sotto e fascia orientale meridionale estesa sud nord concordemente alla SP 40 da La Rocca ad Argine – via Quarti.
- Settore orientale centrale e settentrionale esteso sud nord ad est di via G. Mazzini – C.A.B.R. – SP 63 R da Quarti al confine settentrionale con Novellara
- Zone meridionali centrali occidentali ed orientali, rispettivamente comprese tra la SP 63 R e confine con Castelnovo di Sotto ad ovest, tra la medesima SP e limite territoriale con Bagnolo in Piano ad est, delimitata dal confine comunale a sud ed a nord dalla SP 40 Cadelbosco di Sotto – Quarti.
- Settore orientale centrale delimitato ad ovest dal Cavo Cava, ad est da via Martiri di Sesso, a sud da via Fangaglia ed a nord da via Bastiglia.
- Fascia occidentale settentrionale, con limite sud SP 40, ovest T. Crostolo, nord confine con Novellara, est allineamento la Magnana – intersezione Canalazzo Tassone/CABR – incrocio via Nuova per Seta SP 63 R – incrocio via Canalina – via Molinazzo.

La prima di dette zone alla quale appartengono il capoluogo e le zone industriali: sud – Cadelbosco di Sotto – Argine , l'insediamento a sviluppo lineare La Rocca – Argine, è caratterizzata da sequenze prevalentemente limoso argillose a medio grado di consistenza alle quali in subordine, si sostituiscono lateralmente, nei primi 5 ÷ 15 m del sottosuolo, alternanze

che contengono corpi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi lentiformi a sviluppo nastriforme correlabili a depositi di antico alveo fluviale quali i dossi capoluogo – Cadelbosco di Sotto e di la Rocca – Argine sino a via Quarti; frequentemente nel sottosuolo di tali aree sono presenti analoghi corpi di tipo sepolto.

La seconda macrozona costituisce la fascia orientale centro settentrionale del territorio comunale estesa sud nord ad est dell'allineamento CABR – Canalazzo Tassone, delimitata ad oriente dai confini con i comuni di Bagnolo in Piano - Novellara; detta area è formata in netta prevalenza da sequenze argillose - argilloso limose moderatamente consistenti – consistenti alle quali si intercalano in subordine locali sottili livelli limoso argillosi talora limoso torbosi a medio grado di consistenza e localmente, generalmente a quote sottostanti -10/-11 m dal piano campagna, strati sabbiosi – sabbioso limosi a medio – medio basso grado di addensamento.

La terza unità è rappresentata dai settori meridionali e centrali tra il confine comunale sud – Cadelbosco di Sopra – Quarti, delimitata ad ovest dal limite territoriale con Castelnovo di Sotto e ad est con quello di Bagnolo in Piano, ad eccezione delle sopra descritte fasce Capoluogo – Cadelbosco Sotto e La Rocca – Argine, è prevalentemente costituita da limi argillosi ed argille limose a moderato grado di consistenza ai quali nei primi 5/10 m del sottosuolo si sostituiscono localmente sequenze contenenti corpi sabbiosi – sabbioso limosi, con spessori di 2/4 m, a sviluppo nastriforme a grado di addensamento da basso a medio.

La quarta zona che forma la fascia orientale centrale larga 250/500 m allungata sud nord adiacente il Cavo Cava, è costituita in netta prevalenza da argille limose – argille moderatamente consistenti sino a -15 m pc contenenti locali subordinate sottili intercalazioni lentiformi sabbioso limose – sabbiose a profondità sottostanti -4/-5 m pc.

La quinta zona rappresentata dalla fascia occidentale del territorio comunale da Cadelbosco di Sotto – Quarti al confine nord est con Novellara, circa delimitata al lato est da via Ponte Forca/via Liuzzi – CABR – tratto nord Canalazzo Tassone, è prevalentemente costituita da argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti con intercalati locali strati limoso argillosi – limoso sabbiosi poco consistenti nei primi 10/12 m del sottosuolo.

6.2 Caratteristiche litotecniche

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

6.3 Successioni Geotecniche

Zona A - Stato di consistenza: poco - moderatamente addensato / poco - moderatamente consistente (25-24).

<p>Ia Unità Da piano campagna a -2,0 ÷ -3,0 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 - sabbiosi; a luoghi sostituiti da terreni rimaneggiati e/o di riporto; nei limi argillosi - argille limose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 6/8 \div 10/12$ kgf/cm² e nelle sabbie - sabbie limose $q_{cm} = 16/20 \div 30/40$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale è compresa tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm² nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm} = 0,1 \div 0,3$ kgf/cm² 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 varia da medio elevato (poco addensato) a medio (moderatamente addensato) pronunciatamente differenziato lateralmente.</p>
<p>Ia Unità da -2,0 ÷ -3,0 m a -5,0 ÷ -6,0 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, sostituite lateralmente da sabbie - sabbie limose; i valori di resistenza alla punta, nei limi argillosi - argille limose variano $q_{cm} = 6/8 \div 10$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm²; nelle zone dove prevalgono le componenti sabbiose - sabbioso limose $q_{cm} = 18/20 \div 40/50$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,3$ kgf/cm².</p>
<p>IIIa Unità da -5 ÷ -7 m a 98 ÷ 10,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze prevalentemente argilloso limose - argillose, con locali sottili intercalazioni lentiformi sabbiose - sabbioso limose talora sabbioso ghiaiose, a luoghi sono incluse sequenze limoso sabbiose poco consistenti contenenti strati torbosi elevatamente compressibili; le componenti argilloso limose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 18/22$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0/1,2$ kgf/cm²; dove prevalgono le sabbie - sabbie limose $q_{cm} = 30/40 \div 60/80$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,5$ kgf/cm²; le zone con presenza di limi sabbiosi - limi torbosi sono contraddistinte da $q_{cm} = 3/4 \div 8$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, marcatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio - medio basso ad eccezione delle zone limoso sabbiose - limoso torbose nelle quali è elevato.</p>

<p>IVa Unità da -9 ÷ -10 m a -14,0 ÷ -15,0 m p.c.</p>	<p>Unità a marcata variabilità laterale del grado di consistenza costituita prevalentemente da alternanze argilloso limose - argillose con intercalate in subordine locali lenti sabbiose ed a luoghi limoso argilloso torbose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose - argille variano $q_{cm} = 8/10 \div 14/18$ kgf/cmq, localmente $q_{cm} = 6/8$ kgf/cmq, la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq, ad eccezione delle zone dove prevalgono le componenti sabbiose nelle quali $q_{cm} = 60 \div 80$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità nelle argille limose varia da medio elevato a medio basso mentre nelle sabbie è basso - molto basso.</p>
<p>Va Unità Da -14,0 ÷ -15 m a -18 ÷ -19,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze prevalentemente argilloso limose, con locali subordinate intercalazioni limoso argillose sabbiose a luoghi sostituite tra -16/-19 m pc da sabbie addensate; le argille limose sono, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 14/18$ kgf/cmq e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5/0,6 \div 0,7/0,9$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio; dove si riscontrano le sabbie $q_{cm} = 140 \div 200$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3/0,6 \div 1,2$ kgf/cmq.</p>
<p>VIa Unità Da -18 ÷ -19,0 m a -22 ÷ -23/25 m p.c.</p>	<p>Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie - sabbie ghiaiose addensate, a luoghi sostituite lateralmente da alternanze argilloso limose moderatamente consistenti; nelle sabbie - sabbie ghiaiose la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 110/130 \div 170/200$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq; nelle argille limose - limi argillosi $q_{cm} = 12/14 \div 16/20$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cmq.</p>
<p>VIIa Unità da -22 ÷ -23/-25 m a -30,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose - limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi - sabbioso ghiaiosi; i valori di resistenza media alla punta nelle argille limose - limi argillosi variano tra $q_{cm} = 14/16 \div 20/24$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cmq; nelle intercalazioni sabbiose - sabbioso ghiaiose $q_{cm} = 160/180$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3$ kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità è medio basso nelle argille limose ed è molto basso nelle sabbie - sabbie ghiaiose</p>

L'unità geotecnica A caratterizza la fascia meridionale centrale del territorio comunale alla quale appartengono il capoluogo e sua zona industriale sud e la fascia estesa sud - nord che comprende la SP 63 R sino a Cadelbosco di Sotto.

Zona A1 - Stato di consistenza: poco – moderatamente addensato (13/12) / poco-moderatamente consistente (25/24).

<p>Ia Unità Da piano campagna a -3,0 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 – sabbiosi lentiformi; nei limi argillosi - argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 10$ kgf/cm² e nelle sabbie – sabbie limose $q_{cm} = 12/14 \div 20/24$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm² nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm} = 0,1 \div 0,2$ kgf/cm² nelle sabbie; il grado di compressibilità oscilla da medio elevato a medio ed è variabile in senso orizzontale nelle argille limose.</p> <p>Il grado di compressibilità nelle sabbie è medio elevato – medio e pronunciatamente differenziato lateralmente.</p>
<p>Ia Unità da -3,0 m a - 5,0 ÷ -6,0 m p.c.</p>	<p>Orizzonte a sensibile variabilità laterale e verticale del grado di consistenza costituito da alternanze argilloso limose – limoso argillose – limose; nei limi argillosi – argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 8 \div 12$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è di tipo medio – medio elevato.</p>
<p>IIIa Unità da -5 ÷ -6 m a -10 ÷ -11,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – argillose localmente limoso argillose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 16/18 \div 22/24$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0/1,2$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio basso.</p>
<p>IVa Unità da -10 ÷ 11 m a -15,0 m p.c.</p>	<p>Argille – argille limose caratterizzate da valori di resistenza media alla punta variabili tra $q_{cm} = 23/30 \div 34/38$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale oscillanti tra $f_{sm} = 0,2 \div 1,5$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità varia da medio basso a molto basso.</p>
<p>Va Unità Da -15,0 m a -17 ÷ -18,0 m p.c.</p>	<p>Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituita da sabbie addensate sostituite lateralmente da alternanze argilloso limose – limoso argillose moderatamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 50/70$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cm²; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 14/16 \div 18$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm².</p>
<p>VIa Unità Da -17 ÷ -18,0 a -30,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi - sabbioso limosi; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 18/20$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose - sabbioso limose $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm², localmente $q_{cm} = 120 \div 140$ kgf/cm², la resistenza all' attrito laterale corrisponde ad $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità varia da medio a medio basso ed è differenziato sia sulla verticale che lateralmente.</p>

L'unità geotecnica A1 caratterizza la fascia sud nord che si estende concordemente alle SP n° 65 e n°40 da La Rocca a Villa Argine – Via Quarti, nel settore orientale centro meridionale del territorio comunale.

Zona B – Stato di consistenza: moderatamente addensato (12) / poco - moderatamente consistente – consistente (25-24).

<p>Ia Unità Da piano campagna a - 0,2 ÷ -3 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con locali sottili intercalazioni limose e subordinate sottili lenti limoso sabbiose, localmente terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto nel primo metro dal piano campagna; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 7/8 \div 10/12$ kgf/cmq, $q_{cm} = 20/24 \div 30$ kgf/cmq nei materiali di riporto; i valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cmq ad eccezione di dove prevalgono i limi argillosi – limi sabbiosi nei quali $f_{sm} = 0,3$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio elevato a medio.</p>
<p>IIa Unità da - 2,0 ÷ -3,0 m a -5,0 ÷ 6,0 m p.c.</p>	<p>Limi argillosi – argille limose, con locali sottili intercalazioni lentiformi limoso sabbiose – sabbiose, a zone prevalgono decisamente le componenti argilloso limose – argillose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12 \div 14$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cmq ad eccezione di dove prevalgono le argille limose caratterizzate da $q_{cm} = 18/22$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,9 \div 1,2$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio, medio basso – basso nelle argille limose.</p>
<p>IIIa Unità da - 5,0 ÷ -6,0 m a -9,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze limoso argillose ed argilloso limose con locali intercalazioni lentiformi sabbiose – sabbioso limose, a zone prevalgono decisamente sequenze argilloso limose – argillose; i valori di resistenza alla punta nei limi argillosi – argille limose variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 16/18$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cmq; nelle zone prevalentemente argilloso limose – argillose $q_{cm} = 18 \div 24/30$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,9 \div 1,2$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale è generalmente medio nei limi argillosi e nelle argille limose – argille è basso.</p>
<p>IVa Unità Da -9,0 ÷ -10,0 m a -15,0 m p.c.</p>	<p>Orizzonte a moderata variabilità laterale e verticale del grado di consistenza, costituito da alternanze argilloso limose – limoso argillose con intercalati a luoghi strati lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi moderatamente addensati, con locali lenti limosi argilloso torbose; nei limi argillosi argille limose i valori di resistenza alla punta media sono generalmente compresi tra $q_{cm} = 8/10 \div 12/14$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cmq, fanno eccezione le lenti limoso argillose torbose nelle quali $q_{cm} = 4/6$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,35$ kgf/cmq; analogamente nelle lenti sabbioso limose sabbiose $q_{cm} = 20/30$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,4$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale è prevalentemente di tipo medio – medio basso.</p>

<p>Va Unità Da -15,0 m a -20,0 ÷ -22,0 m p.c.</p>	<p>Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, prevalentemente costituita da sabbie – sabbie ghiaiose, a zone con intercalazioni e/o sostituzioni laterali di alternanze argilloso limose moderatamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 110/130 \div 170/200$ kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,5$ kgf/cmq; nelle argille limose – limi argillosi $q_{cm} = 12/14 \div 16/18$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cmq.</p>
<p>Vla Unità da -20 ÷ -22 m a 30 m p.c.</p>	<p>Alternanze prevalentemente argilloso limose – limoso argillose, a zone con sostituzione laterale di orizzonti lentiformi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi; i valori di resistenza media alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 14/16 \div 20/24$ kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cmq; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso ghiaiose $q_{cm} = 160/180$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,3$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità varia da medio a medio basso nelle argille limose ed è molto basso nelle sabbie – sabbie ghiaiose</p>

L'unità geotecnica B caratterizza i settori meridionali centrali occidentali ed orientali del territorio comunale rispettivamente tra il confine comunale con Castelnuovo di Sotto – Campegine e via Quattro Case (ovest) e tra 200 m ad est della SP 63 R e confine con Bagnolo in Piano (est).

Zona C – Stato di consistenza: Moderatamente consistente - consistente (24-23)/ moderatamente addensato – addensato (12-11)

<p>Ia Unità Da piano campagna a - 3,0 m p.c.</p>	<p>Argille - argille limose, con locali subordinate intercalazioni limose, caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/12 \div 14/16$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,8$ kgf/cmq, localmente strati sovraconsolidati per essiccazione nel primo metro dal p.c. caratterizzati da $q_{cm} = 16 \div 20/22$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,8 \div 1,5$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.</p>
<p>Ila Unità Da -3,0 m a -9,0 ÷ -10,0 m p.c.</p>	<p>Argille sovraconsolidate, con locali sottili intercalazioni argilloso limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 10/20 \div 24$ kgf/cmq e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,8 \div 1,2$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è di tipo medio basso - basso.</p>
<p>IIla Unità da -9,0 ÷ -10,0 m a -12,0/-13,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – limoso argillose ed argillose con locali intercalazioni lentiformi limoso sabbiose - sabbiose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 22/24 \div 28/30$ kgf/cmq; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 0,8/1,0$ kgf/cmq. Nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 40 \div 50$ kgf/cmq ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cmq. Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale è generalmente basso – molto basso.</p>

<p>IVa Unità da -12,0 ÷ -13,0 m a -16,0 ÷ -17,0 m p.c.</p>	<p>Litozona a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza prevalentemente costituita da argille limose – argille a luoghi sostituite orizzontalmente da sabbie – sabbie limose a medio grado di addensamento ed alternanze limoso sabbiose moderatamente consistenti; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 50 \div 70$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso - basso.</p>
<p>Va Unità da -16 ÷ -17 m a -19 ÷ -20 m p.c.</p>	<p>Unità a marcata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza, costituita da alternanze sabbiose addensate sostituite orizzontalmente o intercalate a livelli argilloso limosi - argillosi mediamente consistenti; nelle sabbie la resistenza alla punta varia tra $q_{cm} = 40/50 \div 60/100$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,6$ kgf/cm²; nelle argille limose $q_{cm} = 14 \div 18$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso – basso nelle sabbie e medio nelle argille – argille limose.</p>
<p>VIa Unità da -19 ÷ -20 m a -21 ÷ -22 m p.c.</p>	<p>Argille – argille limose, con locali sottili intercalazioni limose e limoso argillose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 12/14 \div 16$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillante tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm²; nei locali corpi sabbiosi $q_{cm} = 40/50$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio.</p>
<p>VIIa Unità da -21 ÷ -22 m a -25 ÷ -26,0 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 corpi sabbiosi addensati; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano tra $q_{cm} = 18 \div 20/22$ kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra $f_{sm} = 0,7 \div 0,9$ kgf/cm²; nelle componenti sabbiose $q_{cm} = 90/100 \div 170/200$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,2 \div 0,4$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso nelle argille limose e basso nelle sabbie.</p>
<p>VIIIa Unità da -25,0 ÷ -26,0 m a -30 ÷ -31,0 m p.c.</p>	<p>Argille - argille limose, con locali subordinate intercalazioni sabbiose – sabbioso limose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 12/14 \div 18/20$ kgf/cm² e valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm²; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso limose $q_{cm} = 30 \div 40$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,5 \div 0,7$ kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio – medio basso.</p>
<p>IXa Unità da -30,0 ÷ -31,0 m a -35,0 m p.c.</p>	<p>Unità prevalentemente sabbiosa caratterizzata da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 50/70 \div 80/100$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale oscillanti tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm². Il grado di compressibilità è medio basso – basso.</p>

<p>Xa Unità da -35,0 m a -40,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze prevalentemente argillose – argilloso limose con intercalate locali lenti sabbiose; le argille limose sono contraddistinte da $q_{cm} = 20 \div 30/40$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,7 \div 1,0$ kgf/cm²; nelle lenti sabbiose $q_{cm} = 90 \div 120$ kgf/cm² ed $f_{sm} = 0,3 \div 0,6$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità è medio basso e differenziato sulla verticale.</p>
--	--

La zona C caratterizza la fascia orientale centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale tra i confini con Bagnolo in Piano – Novellara e l'allineamento Seta – CABR/via Luzzi – via Nuova per Seta/SP 63 R – Cà Magnana Nuova.

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

<p>Ia Unità Da piano campagna a -3,0 ÷ -4,0 m p.c.</p>	<p>Argille – argille limose, con locali sottili intercalazioni limoso argillose, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 8 \div 10/12$ kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio.</p>
<p>Ila Unità da -3,0 ÷ -4,0 m a -10,0 ÷ -12,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argillose - argilloso limose sovraconsolidate contraddistinte da valori di resistenza alla punta variabili tra $q_{cm} = 18/20 \div 28 \div 34$ kgf/cm²; la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,0$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente basso – molto basso.</p>
<p>IIla Unità Da -10,0 ÷ -12,0 m a -15,0 ÷ -16,0 m p.c.</p>	<p>Argille limose - argille, con locali sottili intercalazioni lentiformi limose localmente sabbiose; i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 12/14 \div 16/18$ kgf/cm² e la resistenza ad attrito laterale locale oscilla tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm².</p> <p>Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, risulta generalmente di tipo medio – medio elevato.</p>
<p>IVa Unità Da -15,0 ÷ -16,0 m a -19,0 ÷ -20,0 m p.c.</p>	<p>Unità a pronunciata variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituita prevalentemente da alternanze argilloso limose a zone sostituite lateralmente di corpi sabbiosi lentiformi; nei limi argillosi - argille limose i valori di resistenza alla punta variano tra $q_{cm} = 10/12 \div 16/18$ kgf/cm², nelle sabbie $q_{cm} = 100 \div 120/130$ kgf/cm²; analogamente la resistenza all'attrito laterale varia tra $f_{sm} = 0,5 \div 0,8$ kgf/cm² nei limi argillosi - argille limose e tra $f_{sm} = 0,4 \div 0,6$ kgf/cm² nelle sabbie.</p> <p>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 basso – molto basso e pronunciatamente differenziato lateralmente e verticalmente.</p>

<p>Va Unità Da -19,0 ÷ -20,0 m a -29,0 ÷ -30,0 m p.c.</p>	<p>Orizzonte a marcata variabilità laterale del grado di consistenza costituito prevalentemente da alternanze argilloso limose - argillose con intercalate locali lenti sabbiose – sabbioso ghiaiose; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – argille variano qcm = 12/14 ÷ 18/20 kgf/cm²; la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,6 ÷ 1,0 kgf/cm²; nelle zone dove prevalgono le componenti sabbiose qcm = 60 ÷ 80 kgf/cm² ed fsm = 0,3 ÷ 0,5 kgf/cm². Il grado di compressibilità nelle argille limose varia da medio a medio basso mentre nelle sabbie è basso – molto basso.</p>
<p>VIIa Unità da -29 ÷ -30 m a -34 ÷ -35,0 m p.c.</p>	<p>Litozona prevalentemente sabbiosa – sabbioso ghiaiosa caratterizzata da qcm = 100/110 ÷ 140/160 kgf/cm² ed fsm = 0,5 kgf/cm². Il grado di compressibilità è basso – molto basso.</p>
<p>VIIa Unità da -34,0 ÷ -35,0 m a -40,0 ÷ -42,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze prevalentemente argilloso limose - argillose, con locali subordinate intercalazioni limose - limoso argillose sabbiose; le argille limose – argille sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 18 ÷ 20 kgf/cm² e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra fsm = 0,6 ÷ 0,7/0,9 kgf/cm²; nelle sabbie qcm = 140 ÷ 200 kgf/cm² ed fsm = 0,3/0,6 ÷ 1,2 kgf/cm². Il grado di compressibilità, moderatamente variabile in senso orizzontale, è generalmente di tipo medio nelle argille limose e basso nelle sabbie.</p>

La zona D caratterizza il settore occidentale centrale del territorio comunale tra il confine con Castelnuovo di Sotto e via Martiri di Sesso, delimitato a nord da via Bastiglia ed a sud da via Fangaglia.

Zona E – Stato di consistenza: poco - moderatamente consistente – consistente (25-23)/ poco – moderatamente addensato (13-12).

<p>Ia Unità Da piano campagna a - 4,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con locali sottili intercalazioni limose e subordinatamente limoso sabbiose, localmente terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto nel primo metro dal piano campagna; le componenti argilloso limose – limoso argillose sono caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 8/10 ÷ 12/14 kgf/cm² e di resistenza all'attrito laterale fsm = 0,5 ÷ 0,7 kgf/cm²; ove prevalgono i limi – limi sabbiosi qcm = 14 ÷ 18 kgf/cm² ed fsm = 0,3 ÷ 0,5 kgf/cm²; nei materiali di riporto qcm = 20 ÷ 30 kgf/cm² ed fsm = 0,6 ÷ 0,9 kgf/cm². Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio a medio basso.</p>
<p>IIa Unità Da -4,0 m a -6,0 ÷ -7,0 m p.c.</p>	<p>Orizzonte caratterizzato da variabilità laterale sia litologico granulometrica che di consistenza costituito da alternanze argilloso limose – limoso argillose lateralmente sostituite argille – argille limose; nelle argille limose – limi argillosi la resistenza alla punta varia tra qcm = 6 ÷ 8/10 kgf/cm² e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,3 ÷ 0,5 kgf/cm²; nelle argille – argille limose qcm = 10 ÷ 20/24 kgf/cm² ed fsm = 0,8 ÷ 1,3 kgf/cm². Il grado di compressibilità, variabile in senso orizzontale, oscilla da medio a medio elevato nelle argille limose – limi argillosi e da basso a molto basso nelle argille – argille limose.</p>

<p>IIIa Unità Da -6,0 ÷ -7,0 m a -15,0 ÷ -16,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose sovraconsolidate, con intercalati subordinati strati lentiformi limoso argillosi – limosi, caratterizzate da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 16/18 ÷ 20/24 kgf/cmq e di resistenza ad attrito laterale locale oscillanti tra fsm = 0,7 ÷ 1,0 kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità, moderatamente differenziato in senso orizzontale, è generalmente basso – molto basso.</p>
<p>VIa Unità da -15,0 ÷ -16,0 m a -20,0 ÷ -22,0 m p.c.</p>	<p>Orizzonte a pronunciata variabilità laterale sia granulometrica che del grado di consistenza costituito da argille limose – limi argillosi a zone sostituiti lateralmente da sabbie – sabbie ghiaiose a medio – medio elevato grado di densità relativa; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose – limi argillosi variano qcm = 10/12 ÷ 14/16 kgf/cmq e la resistenza all'attrito laterale oscilla tra fsm = 0,4 ÷ 0,7 kgf/cmq; nelle componenti sabbiose – sabbioso ghiaiose qcm = 60 ÷ 80 kgf/cmq ed fsm = 0,2 ÷ 0,5 kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità nelle argille limose – limi argillosi è medio basso mentre nelle sabbie è medio basso - basso.</p>
<p>Va Unità Da -20,0 ÷ -22,0 m A -30,0 ÷ -31,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze argilloso limose – limoso argillose, con intercalati locali strati lentiformi sabbiosi nelle zone più settentrionali, in genere presenti tra -22 e -25 m pc; i valori di resistenza alla punta nelle argille limose variano tra qcm = 18 ÷ 20 kgf/cmq e la resistenza ad attrito laterale oscilla tra fsm = 0,4 ÷ 0,8 kgf/cmq; nelle componenti sabbiose qcm = 90/100 ÷ 120/150 kgf/cmq ed fsm = 0,2 ÷ 0,4 kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità nelle argille limose è medio – medio basso e nelle sabbie è basso – molto basso.</p>
<p>VIa Unità Da -30,0 ÷ -31,0 m a -35,0 ÷ -36,0 m p.c.</p>	<p>Litozona sabbiosa sabbioso ghiaiosa addensata caratterizzata da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 70/90 ÷ 120/140 kgf/cmq, localmente alla base da qcm = 160/190 kgf/cmq, la resistenza ad attrito laterale oscilla tra fsm = 0,3 ÷ 0,6 kgf/cmq.</p>
<p>VIIa Unità Da -35,0 ÷ -36,0 m a -40,0 ÷ -42,0 m p.c.</p>	<p>Alternanze di strati limoso argillosi – limoso sabbiosi e di livelli sabbioso limosi – sabbiosi caratterizzati da valori di resistenza alla punta variabili tra qcm = 20 ÷ 22 kgf/cmq e da resistenza ad attrito laterale oscillante tra fsm = 0,6 ÷ 1,0 kgf/cmq ove prevalgono i limi – limi argillosi; nelle intercalazioni sabbiose – sabbioso limose qcm = 60/90 kgf/cmq ed fsm = 0,4 ÷ 0,8 kgf/cmq.</p> <p>Il grado di compressibilità variabile in senso orizzontale è generalmente medio basso - basso.</p>

La zona E caratterizza la fascia occidentale centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale tra i confini con Castelnovo di Sotto – Gualtieri e l'allineamento la Magnana – intersezione Canalazzo Tassone /CABR – incrocio SP 63 R/via Nuova per Seta – incrocio via Canalina/via Molinazzo.

7 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 meridionale e centro meridionale dell'area comunale tra il confine comunale sud comprendendo il capoluogo e sua zona industriale che si estende in direzione nord assecondando la SP 63 R per una fascia larga 500-600 m sino a Cadelbosco Sotto; costituisce circa il 10 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme evidenziano la presenza di una successione prevalentemente limoso argillosa – argilloso limosa con intercalazioni e/o sostituzioni laterali di corpi lentiformi sabbiosi sino a -10/-15 m pc; a zone, come nell'area industriale a sud del capoluogo, sono presenti nei primi 3/4 m del sottosuolo terreni rimaneggiati e/o materiali di riporto e sequenze limoso argillose – limoso sabbiose a basso grado di consistenza.

Il grado di compressibilità varia generalmente da medio a medio elevato, ad eccezione delle sopra descritte zone con presenza di rimaneggiamenti riporti – terreni a scadenti caratteristiche geotecniche nelle quali è di tipo elevato – medio elevato.

In subordine alla stima della pericolosità di liquefazione e della compatibilità dei cedimenti differenziali, nelle aree nelle quali sono assenti litotipi elevatamente compressibili 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:

$$q_a = 0,5 \div 0,6 \text{ kgf/cm}^2$$

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 che trasmettono tensioni al terreno maggiori di 100/120 Ton, sono eventualmente da valutarsi fondazioni a platea e/o di tipo profondo su pali.

Nelle zone costituite da sequenze compressibili, riporti, rimaneggiamenti nei primi 3/4 m del sottosuolo, oltre all'esecuzione di dettagliate indagini geognostiche è da privilegiare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali o su colonne gettocementate, oppure l'utilizzo di interventi su platee generalizzate che siano attestate su terreni consistenti qualora gli stessi siano riscontrati a profondità di -3/-4 m dal piano campagna.

- **Verticali litotecniche - Zona A1:** caratterizzano la fascia allungata sud nord larga 500 ÷ 750 m del settore orientale centro meridionale del territorio comunale che si estende concordemente alle SP 65 e 40 dal confine comunale sud a la Rocca, Argine, via Quarti; costituisce circa lo 4,4 % dell'area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza sino a -2/-3 m pc di alternanze limoso argillose – argilloso limose a zone sostituite lateralmente da corpi sabbiosi – sabbioso limosi lentiformi nei primi 6 m del sottosuolo, a pronunciata variabilità laterale del grado di consistenza.

In funzione del grado della variabilità laterale del grado di resistenza al taglio nei primi 6 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:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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 B:** caratterizzano i settori meridionali centro meridionali occidentali ed orientali rispettivamente compresi tra via Quattro Case ed i confini con Campegine – Castelnuovo di Sotto ad ovest e di Bagnolo in Piano ad est, ad eccezione della sopra descritta zona capoluogo – SP 63 R e della fascia la Rocca – Argine – via Quarti; forma circa lo 40,1 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano nei primi 5/7 m del sottosuolo la presenza di alternanze limoso argillose – argilloso limose a luoghi con intercalate lenti sabbioso limose e talora limoso torbose, a moderata variabilità laterale del grado di consistenza e grado di compressibilità generalmente oscillante da medio a medio elevato; alle profondità sottostanti, sino a -10/-15 m pc si riscontrano alternanze argilloso limose – argillose consistenti.

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 con solette a comportamento poco flessibile con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti a:

$$q_a = 0,7 \div 0,9 \text{ kgf/cm}^2$$

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

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

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

In funzione delle sopradescritte caratteristiche litotecniche nelle localizzate zone ad elevata compressibilità e pronunciata variabilità laterale della stessa, oltre ad eseguire ulteriori dettagliate indagini geognostiche è raccomandato di valutare e privilegiare l'adozione di fondazioni di tipo profondo su pali o su colonne getto-cementate.

- **Verticali litotecniche - Zona C:** Caratterizzano la fascia centro settentrionale – settentrionale del territorio comunale compreso tra l’allineamento Villa Seta – CABR/via Liuzzi – via Nuova per Seta/SP 63 R, Cà Magnana Nuova ed i confini con Bagnolo in Piano - Novellara; forma circa il 22,9 % della area comunale.

Le caratteristiche geotecniche d’insieme, evidenziano la presenza nei primi 10/12 m del sottosuolo di alternanze di strati argilloso limosi – limoso argillosi a medio – medio elevato grado di consistenza; alle profondità sottostanti si riscontrano in subordine locali strati 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, per i livelli sabbiosi presenti tra -9/-10 m pc e -15 m pc, in funzione del grado di consistenza dei litotipi che costituiscono i primi 10 m del sottosuolo, per strutture che non impongano elevate tensioni sul suolo sono generalmente adottabili fondazioni di tipo diretto con utilizzi di carichi in termini di tensioni ammissibili corrispondenti mediamente a:

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

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

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

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

- **Verticali litotecniche - Zona D:** caratterizzano la parte settentrionale orientale centrale del territorio comunale circa compresa tra via Martiri di Sesto ed il confine con Castelnovo di Sotto delimitata a sud da via Fangaglia ed a nord da via Bastiglia; forma circa il 5,2 % del territorio comunale.

Le caratteristiche geotecniche d’insieme, evidenziano la presenza di una successione a moderata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di compressibilità nei primi 10/12÷15 m del sottosuolo, costituita da argille – argille limose a grado di consistenza medio – medio elevato; alle profondità sottostanti si intercalano e/o sostituiscono lateralmente corpi sabbiosi; in subordine alla valutazione della compatibilità dei cedimenti nel contesto dell’interazione terreno struttura e della pericolosità di liquefazione qualora presenti corpi sabbiosi saturi, 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 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.

- **Verticali litotecniche - Zona E:** caratterizzano la parte occidentale centro settentrionale - settentrionale dell'area comunale circa compresa tra l'allineamento La Magnana – intersezione Canalazzo Tassone/CABR – incrocio SP 63 R/ via Nuova per Seta – incrocio via Canalina/via Molinazzo; forma circa il 17,4 % del territorio.

Le caratteristiche geotecniche d'insieme, evidenziano la presenza di una successione a moderata variabilità laterale sia litologico granulometrica che del grado di compressibilità nei primi 4 m del sottosuolo; l'unità è costituita da limi argillosi – argille limose a grado di compressibilità medio alle quali localmente si sostituiscono terreni rimaneggiati o di riporto nei primi 1,0/1,5 m del sottosuolo; alle profondità sottostanti, sino a -7 m pc, si riscontrano orizzonti a sensibile variabilità sia litologico granulometrica che di consistenza costituiti da alternanze limoso argillose – argilloso limose a medio basse caratteristiche geotecniche lateralmente sostituite da argille – argille limose consistenti.

In subordine alla valutazione della pericolosità di liquefazione e 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 situati a profondità dal piano campagna equivalenti a:

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

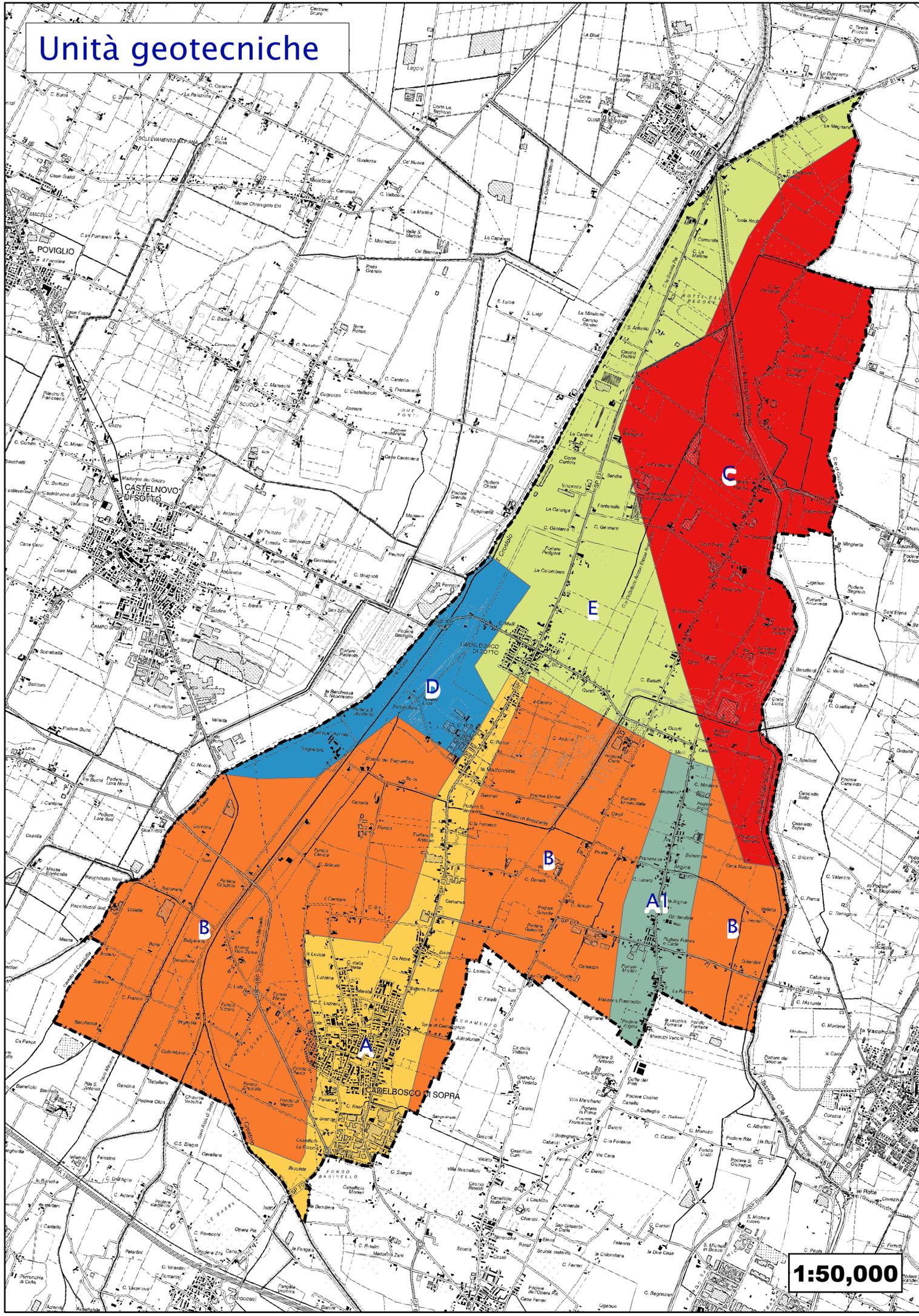
In rapporto all'estensione areale delle zone litotecniche descritte e del numero di indagini geognostiche analizzate, si osserva che le valutazioni esposte sono da considerarsi rappresentative per le caratteristiche generali dei settori di territorio esaminati. Non si possono quindi escludere variazioni,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

Ne consegue che in tutte le aree descritte nelle successive fasi di pianificazione o di attuazione diretta, dovranno essere eseguite ulteriori indagini geognostiche ed analisi finalizzate alla caratterizzazione geologico – geotecnica dei terreni che formano i primi 15/20 m del sottosuolo.

7.1 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.

Unità geotecniche



1:50,000

8 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 Re.Mi. e metodo MASW, mediante stendimenti ad antenna monodirezionale con lunghezza di 69 m; i dati registrati sono stati elaborati con procedura integrata Re.Mi./MASW 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 Cadelbosco di Sopra.

Le prospezioni effettuate, in rapporto all'estensione dell'area comunale, hanno esaminato il territorio con 1 punto di analisi con mappa 0,7/0,9 km (0,6 ÷ 0,8 kmq) per le aree urbanizzate del capoluogo e sue zone industriali – uso produttivo e di 1,0 ÷ 1,25 km per le zone extraurbane (1,0 ÷ 1,25 kmq)

Il totale dei punti di indagine utilizzati per le analisi di microzonazione sismica è visualizzato nell'allegata figura G2 in scala 1:30.000.

8.1 Microtremori con la tecnica HVSr

Le indagini a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali si sono effettuate in 38 punti, che sono stati integrati da 2 analoghe verticali precedentemente eseguite nel territorio di Cadelbosco di Sopra e da 11 effettuate negli adiacenti comuni di Castelnuovo di Sotto, Campegine, Bagnolo in Piano, Novellara; pertanto nella zona esaminata sono stati utilizzati in totale di 51 punti, distribuiti con maglia statisticamente rappresentativa che rapportata all'estensione del territorio comunale: 44,06 kmq, ha consentito di esaminare lo stesso secondo dimensioni areali medie di 1,0 ÷ 1,2 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.

8.2 Prospezione sismica a rifrazione passiva/attiva Re.Mi./MASW

Le prospezioni, effettuate in numero complessivo di 38, 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 13 analoghe prospezioni precedentemente eseguite sia nell'area comunale che in quelle dei territori adiacenti.

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.

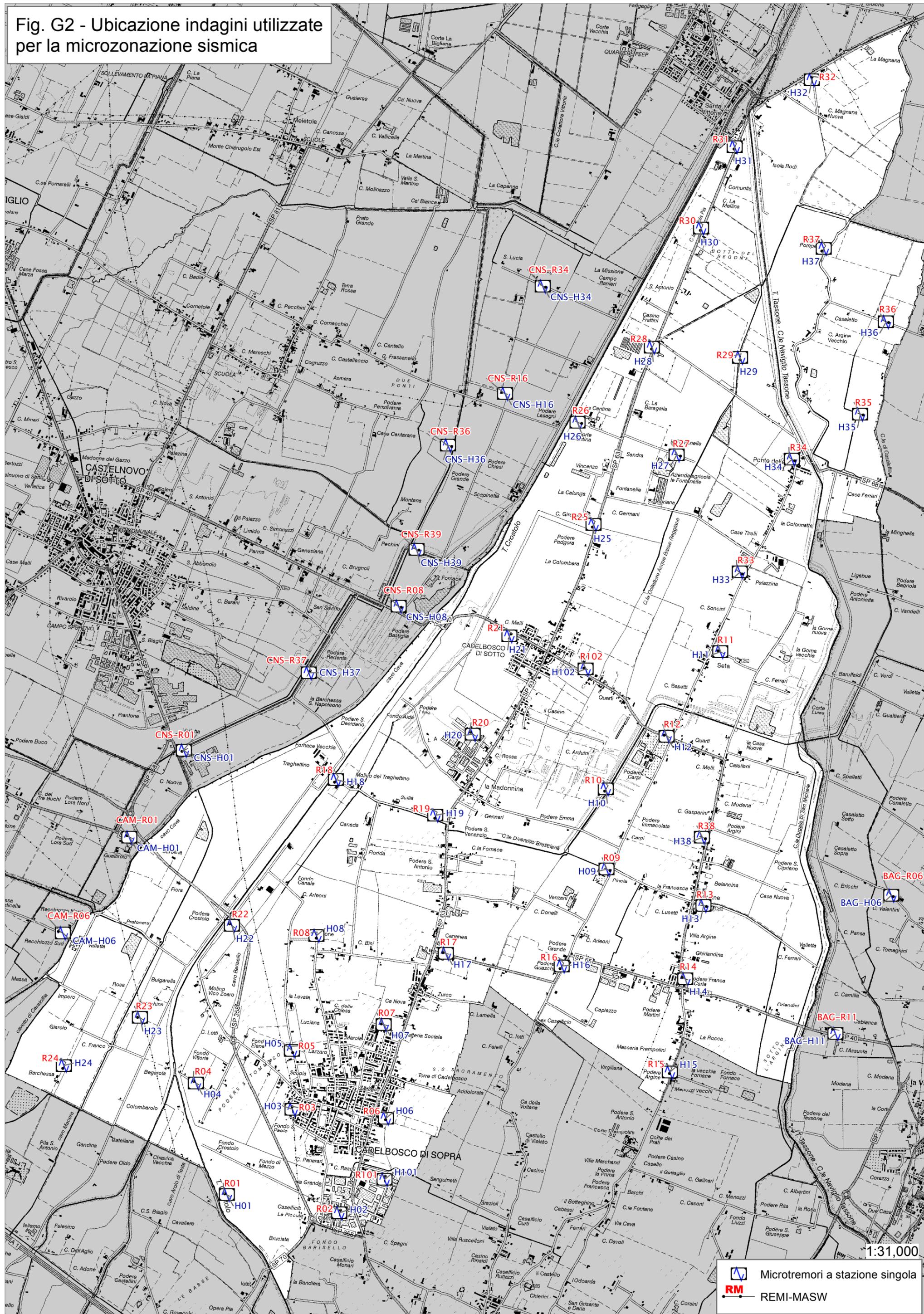
In tale spettro mediato si evidenziano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, permettendo un riconoscimento visivo delle onde di superficie (che hanno carattere dispersivo), da quelle riconducibili ad altri modi e tipi (onde di superficie di ordine 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 $1/\text{velocità di fase}$) 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



1:31,000

 Microtremori a stazione singola
 REMI-MASW

9 PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO

9.1 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:

- 166 prove penetrometriche statiche, CPT-RM.
- 4 prove penetrometriche CPTE
- 21 prove penetrometriche CPTU
- 19 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (SM)
- 5 stratigrafie derivanti da perforazioni di pozzi per acqua (PA)
- 51 prospezioni sismiche a rifrazione con metodo passivo ad antenna monodimensionale: Re.Mi. e/o con metodo integrato Re.Mi./MASW.
- 51 prospezioni sismiche con metodo sismico passivo con tecnica a stazione singola H.V.S.R.

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:

- 38 prospezioni di sismica a rifrazione con metodo integrato passivo/attivo con antenna monodirezionale Re.Mi./MASW; pertanto comprendendo quelle precedentemente eseguite nelle aree comunali di Castelnovo di Sotto, Campegine, Bagnolo in Piano, Novellara si ottiene un n° complessivo di 51 siti di misura
- 38 prospezioni di sismica passiva con tecnica a stazione singola H.V.S.R., comprendendo quelle precedentemente eseguite nel territorio comunale ed in quelli dei comuni adiacenti si ottiene un n° complessivo di 51 siti di misura.

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 $700 \div 900$ m nell'area sede del capoluogo, zone industriali e delle principali frazioni, con interassi di $1000 \div 1250$ m nelle zone extraurbane.

9.2 Carta delle frequenze naturali del terreno

La campagna di prospezioni geofisiche eseguite nell'area comunale di Cadelbosco di Sopra, 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.

A tale finalità sono state utilizzate:

- 51 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
$0,5 \leq F_0 < 0,8$	$1,0 \leq A < 2$
$0,8 \leq F_0 < 1,0$	$2,0 \leq A < 3,0$
$1,0 \leq F_0 < 2,0$	$A \geq 3,0$

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 Cadelbosco di Sopra presentano un modesto campo di variabilità prevalentemente compreso tra $F_0 = 0.8/0.95$ Hz con presenza di locali minimi con $F_0 = 0,7/0,75$ Hz e zone di estensione molto limitata con $F_0 \geq 1,0$ Hz.

I valori relativi minori si riscontrano principalmente nella parte sud orientale sede dell'area industriale sud del capoluogo e nella zona centro settentrionale di Quarti tra Cadelbosco di Sotto, via Canalina, nelle quali $F_0 = 0,69 \div 0,75$ Hz; analoghi minimi in areali di limitata estensione si rilevano all'intorno dell'intersezione SS 368 / T. Crostolo, nel settore centro occidentale meridionale, all'intorno di Corte Cantina nella zona occidentale centro settentrionale; le aree con $F_0 \geq 1,0$ Hz si riscontrano all'intorno dell'intersezione SP 63 R/Cavo Modolena Bassa, parte settentrionale della Zona Industriale di Cadelbosco di Sotto ed all'intorno di Cananea tra Zurco e via Viazza.

La netta prevalenza della superficie comunale è caratterizzata da $F_0 = 0,8 \div 0,95$ Hz.

Tali parametri indicano 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; simile considerazione è attribuibile all'area centro settentrionale di Quarti nella quale si riscontra innalzamento del bedrock sismico ed una minore profondità relativa del substrato prepliocenico.

9.3 Tetto delle ghiaie e del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico

Gli elementi nel sottosuolo delle zone di pianura che influenzano il moto in superficie sono rappresentati da depositi a comportamento relativo più rigido quali le unità o corpi prevalentemente ghiaioso sabbiosi - sabbiosi più o meno lentiformi nei primi 10 ÷ 20/40 m del sottosuolo e la profondità del substrato a comportamento rigido: bedrock sismico.

9.3.1 Tetto Ghiaie e sabbie

La carta del tetto delle ghiaie sabbiose – sabbie e delle unità sabbiose superficiali (da pc. a -10/-15 m pc), ottenuta dall'analisi congiunta delle prove penetrometriche CPT - stratigrafie di sondaggi meccanici, dei pronunciati contrasti d'impedenza nei primi 5 ÷ 20 m del sottosuolo evidenziati da alcune delle verticali Re.Mi./MASW eseguite, visualizza la profondità in m rispetto al piano campagna nelle quali prevalgono le litozone ghiaioso sabbiose – sabbiose con spessori significativi in rapporto agli effetti indotti al moto sismico in superficie.

Il tetto delle ghiaie sabbiose-sabbie, costituito dalle propaggini di terminazione frontale delle conoidi alluvionali dei torrenti minori e del T. Enza, si rinviene nei settori meridionali e centro meridionali del territorio comunale: sud di via C. Prampolini – SP 40 per Bagnolo circa, delimitato ad ovest dalla SS 358 e ad est di via Vialato, nei quali le sequenze contenenti strati sabbioso ghiaiosi si riscontrano a -30/-20 m pc con profondità che diminuiscono in direzione sud.

Il tetto delle sabbie nella zona centro occidentale settentrionale e nella fascia all'estremità nord orientale individua le propaggini di terminazione meridionale dei corpi sabbiosi dell'Unità Idrogeologica del Po.

Il tetto delle sabbie delle unità sabbiose superficiali visualizza le linee di egual profondità rispetto al piano campagna delle quali quella più esterna individua il letto dell'unità (contratto tra la base delle litozone sabbiose con i depositi fini argillosi limosi – limoso argillosi) e quella più interna tetto della stessa, 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 oscilla 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 e nel settore orientale; in dette aree quelli più significativi sono individuati dalla fascia allungata sud - nord est circa dal capoluogo Zona Industriale sud a La Madonnina, la zona che asseconda l'andamento della SP 63 R; analoga caratteristica evidenzia l'area allungata sud nord che si estende concordemente alla SP 65 dal confine sud – La Rocca a Villa Argine – via Quarti.

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 delle conoidi alluvionale del T. Enza; in quest'ultima si evidenzia inoltre la correlabilità della presenza di sabbie ghiaiose con le zone contraddistinte dai valori relativi di $V_{s_{30}}$ maggiori.

9.4 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 della parte medio basale dell'unità stratigrafica AES6. Il tetto dell'unità assimilabile al bedrock sismico evidenzia geometrie con gradiente di incremento della profondità più accentuate nel sottosuolo delle zone occidentali meridionali (ovest-sud ovest capoluogo) del territorio

comunale; nelle zone più settentrionali, nord di Cadelbosco di Sotto, la profondità tende a diminuire in accordo con il progressivo incremento in percentuale rappresentata e spessore degli orizzonti sabbiosi dell'unità deposizionale del Po.

Nella fascia orientata sud ovest – nord est circa tra Zurco e Villa Seta le profondità relative minori (-100/-110 m pc) indicano una correlabilità con il settore di territorio nel cui sottosuolo sono assenti sovrascorrimenti o faglie principali che coinvolgono il substrato prepliocenico e con minore profondità relativa dello stesso.

Il tetto dell'unità litostratigrafica assimilabile al bedrock sismico è tendenzialmente correlabile alla parte mediana del Sintema AES circa corrispondente alla zona medio basale dell'unità AES6 nei settori sud orientali e meridionali del sottosuolo dell'area comunale (capoluogo – Zurco – la Rocca - Argine); nelle aree – meridionali occidentali e nelle zone settentrionali (nord di Via Liuzzi) del territorio è correlabile alla parte medio superiore della sopraddetta unità.

9.5 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 2188/2016, 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 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 del PSC 2012 (*Intergeo*) del comune di Cadelbosco di Sopra, alla banca dati del U.T. del comune di Cadelbosco di Sopra.

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.

9.5.1 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 – SAAP.

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 – 40/50 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 5/6 m del sottosuolo orizzonti sabbiosi con spessore di almeno 2 m e potenze complessive di 2 – 4 m da moderatamente a poco addensati, con $V_s < 120 \div 130$ m/sec nei primi 4 m dal piano campagna e $V_s \leq 200 \div 220$ m/sec da -4 a -10 \div -15 m pc, 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 consistenti, che nella stratigrafia di insieme dei primi 15 m pc presentano potenza complessiva inferiore a 2/3 m. Tali sequenze sono contraddistinte da $V_s < 110$ m/sec nei primi 3/4 m pc e $V_s < 200/210$ m/sec da -3/-4 m a -15 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/cm² 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 3/4 m del sottosuolo e $V_s < 200/210$ m/sec sino a -15 m pc. Tali caratteristiche definiscono le aree nelle quali sono attesi cedimenti differenziali.

9.5.2 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:

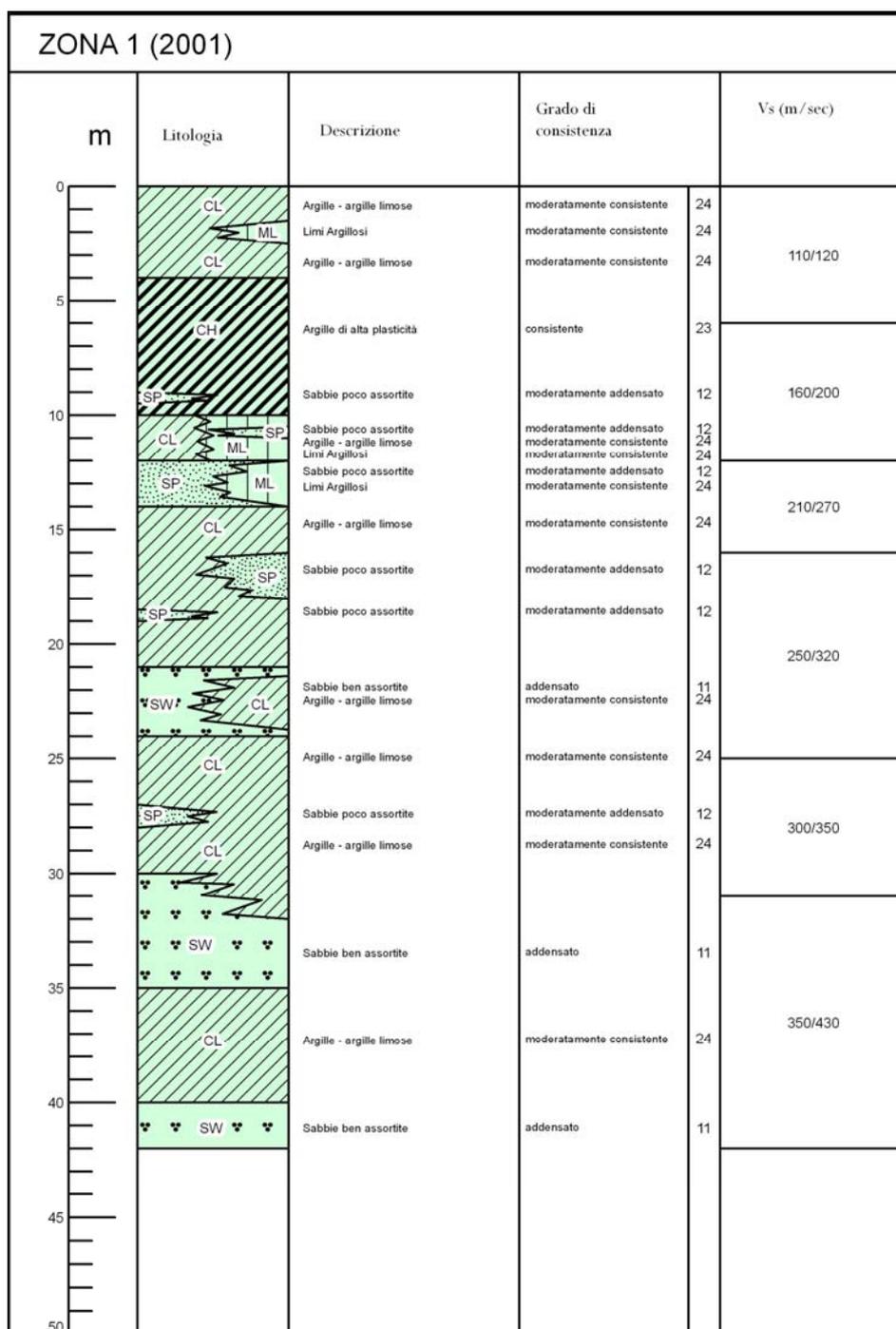
Zone stabili suscettibili di amplificazione locali

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 di amplificazione per effetti della stratigrafia 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 5 ÷ 10 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 $V_s \leq 130 \div 200/210$ m/sec nei primi 5/15 m del sottosuolo, suscettibili di cedimenti differenziali; le sequenze prevalentemente limoso argillose – limose poco consistenti ($q_c < 7$ kgf/cm) per spessori di almeno 2 ÷ 3 m, con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi con potenza inferiore a 1 m poco addensati nei primi 6 ÷ 7 m del sottosuolo, contraddistinti da $V_s < 120/130$ m/sec nei primi 3/4 m pc soggette a potenziali cedimenti differenziali; le successioni litotecniche con orizzonti di spessore di 2/4 m da -8 ÷ -10 a -15 m del sottosuolo a medio elevata compressibilità ($q_c \leq 7$ kgf/cm²).

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

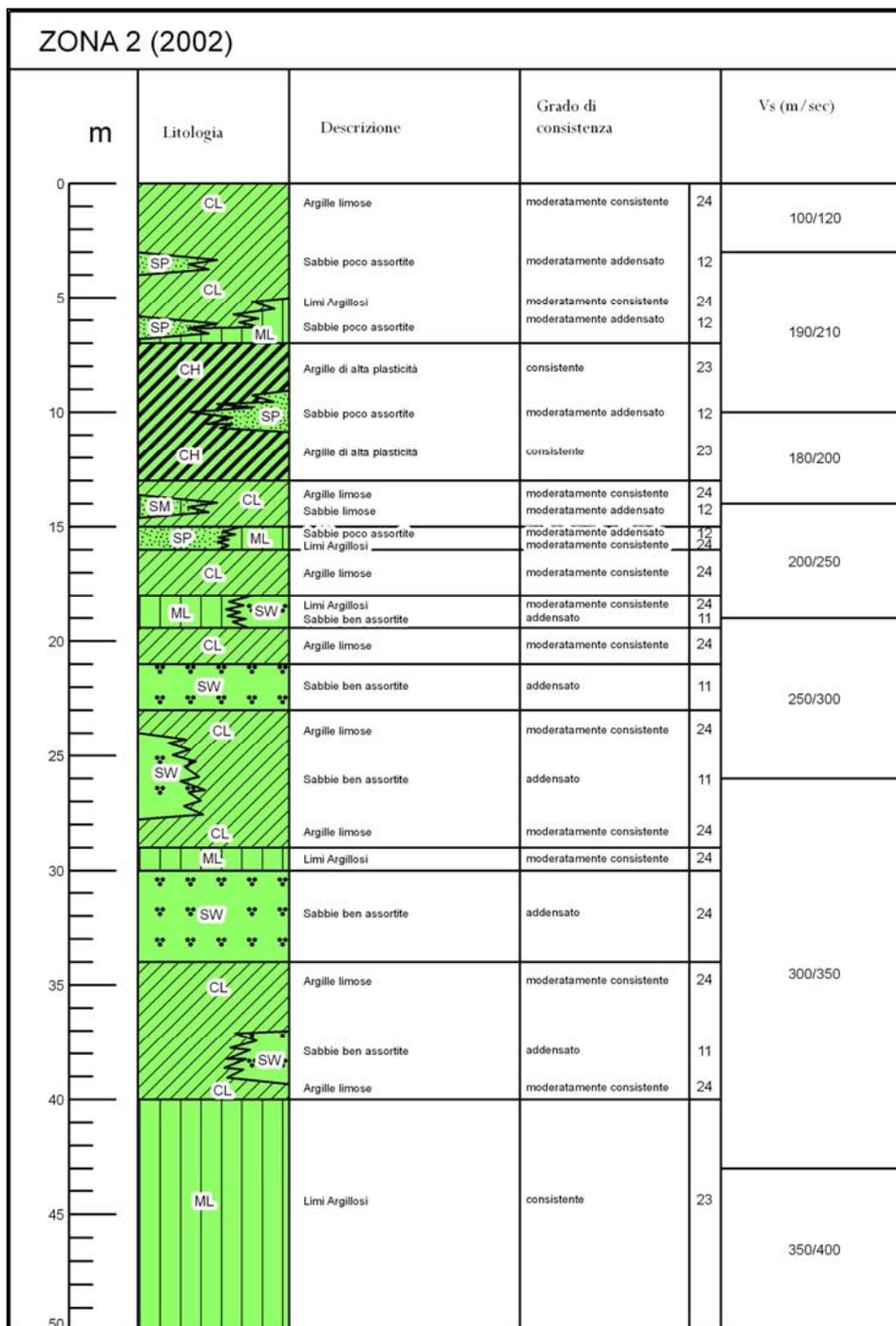


ZONA 1 (2001) - Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente argilloso limose moderatamente consistenti (CL – 24) ed argillose di alta plasticità consistenti (CH-23), con intercalati subordinati locali sottili strati lentiformi limoso argillosi - sabbiosi poco assortiti moderatamente consistenti (ML-24) e poco/moderatamente addensati (SP – 13/12), contraddistinti da Vs < 120 m/sec nei primi 5 m pc e Vs ≤ 200 m/sec da -5 a -10 m pc; alle profondità sottostanti tra -20/-25 m pc e -30/-35 m pc corpi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi addensati (SW-11)

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 argilloso limose, moderatamente consistenti (CL - 24), con intercalati subordinati sottili corpi lentiformi sabbiosi - sabbioso limosi moderatamente addensati (SP/SM - 12) con spessori inferiori a 1 m sino a -10 m pc e strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24), contraddistinti da Vs ≤ 200/210 m sec sino a -13 m pc; alle profondità sottostanti tra -20/-23 ÷ -28 e -30/-34 m pc corpi sabbiosi - sabbioso ghiaiosi addensati (SW-11) ad assetto da continuo a lentiforme, con spessori di 2 ÷ 4/5 m.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello

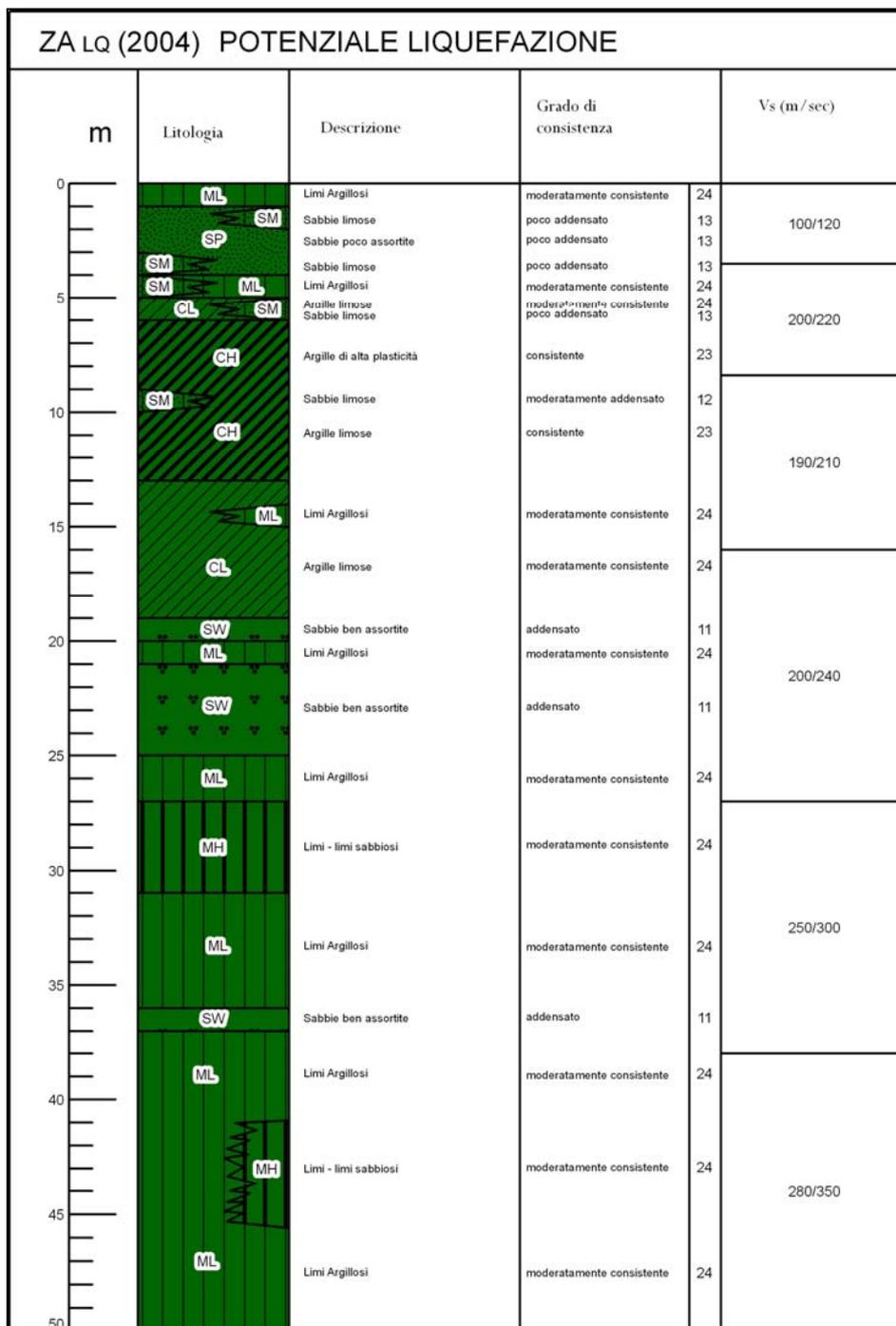
ZONA 3 (2003)					
m	Litologia	Descrizione	Grado di consistenza		Vs (m/sec)
0	ML	Limi Argillosi	moderatamente consistente	24	100/110
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	
	SM	Sabbie limose	moderatamente addensato	12	120/140
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
5	CH	Argille di alta plasticità	consistente	23	200/230
	ML	Limi Argillosi	moderatamente consistente	24	
10	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	180/210
	CH	Argille di alta plasticità	consistente	23	
15	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	250/300
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SP	Sabbie poco assortite	moderatamente addensato	12	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
25	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	280/350
	CL	Argille limose	moderatamente consistente	24	
	SP	Sabbie poco assortite	addensato	11	
35	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	300/400
	SW	Sabbie ben assortite	addensato	11	
	ML	Limi Argillosi	moderatamente consistente	24	
	MH	Limi - limi sabbiosi	moderatamente consistente	24	
45	ML	Limi Argillosi	moderatamente consistente	24	350/450
50					

ZONA 3 (2002) - Aree stabili di piana inondabile con presenza di sequenze prevalentemente limoso argillose - argilloso limose moderatamente consistenti (ML/CL – 24), con intercalati subordinati corpi lentiformi sabbioso limosi – sabbiosi moderatamente addensati con spessori inferiori a 1 m, (SM/SP-12), locali lenti sabbiose con spessori di 1,5/2 m, moderatamente addensate – addensate (SP/SW - 12/11) tra -10 e -16 m pc, con Vs <150 m/sec nei primi 5 m pc; alle profondità sottostanti tra -22/-25 m pc, -30/-34 m pc e -36/-38 m pc corpi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi addensati (SW-11) ad assetto lentiforme.

effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

studi richiesti: valutazione amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche;

microzonazione sismica: approfondimenti di II livello

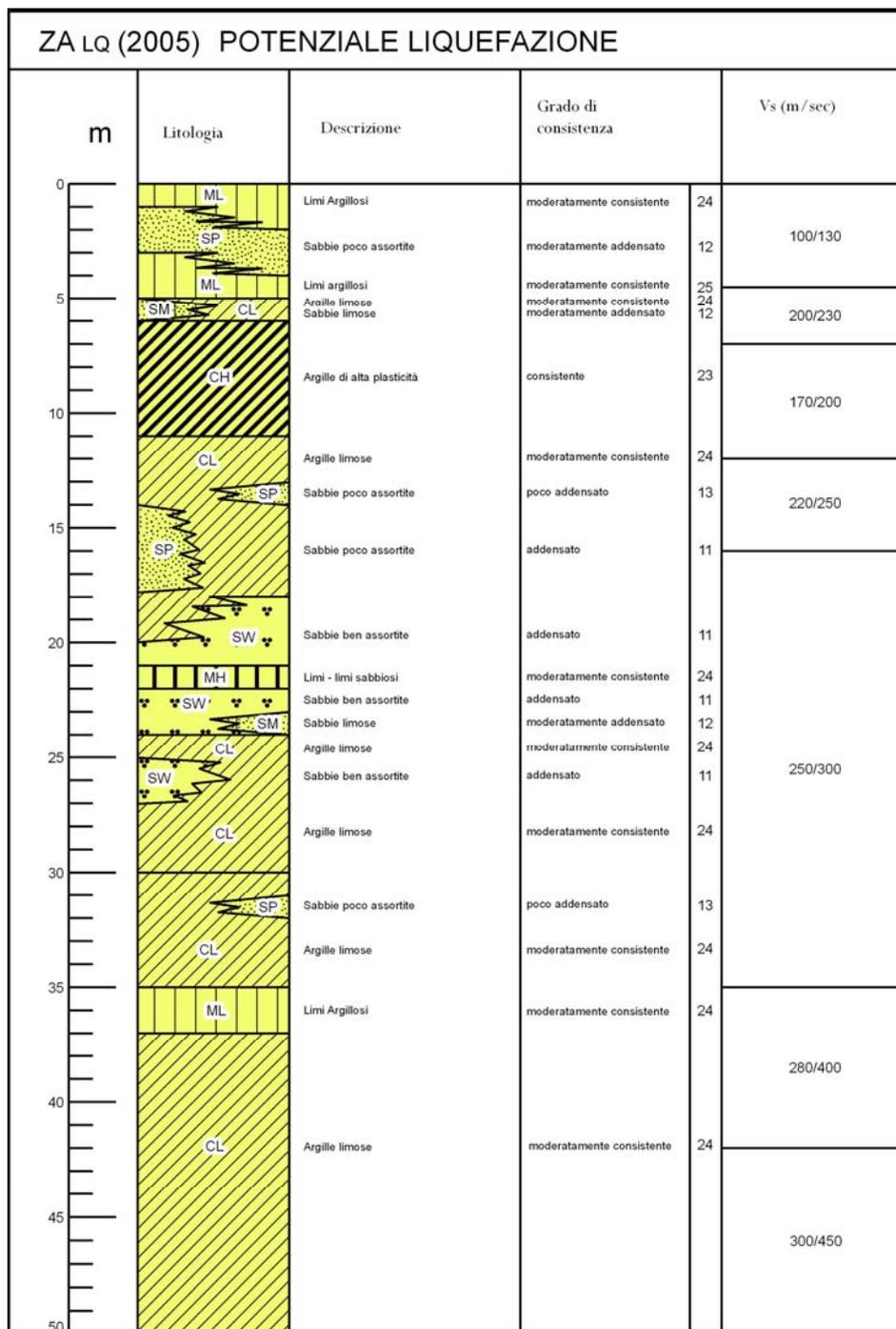


ZA_{LQ} (30502004) – Aree potenzialmente instabili, costituite da alternanze di depositi di canale fluviale e di piana inondabile, prevalentemente sabbiosi - sabbioso limosi da poco a moderatamente addensati, (SP/SM-13/12) alternati a strati limoso argillosi – limosi – argilloso limosi moderatamente consistenti (ML/CL-24), con Vs <120 m/sec nei primi 3/4 m del sottosuolo e Vs = 200/220 m/sec sino a -10 m pc; alle profondità sottostanti tra -20/-25 e -35/-38 m pc corpi sabbiosi – sabbioso ghiaiosi addensati (SW-11).

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.

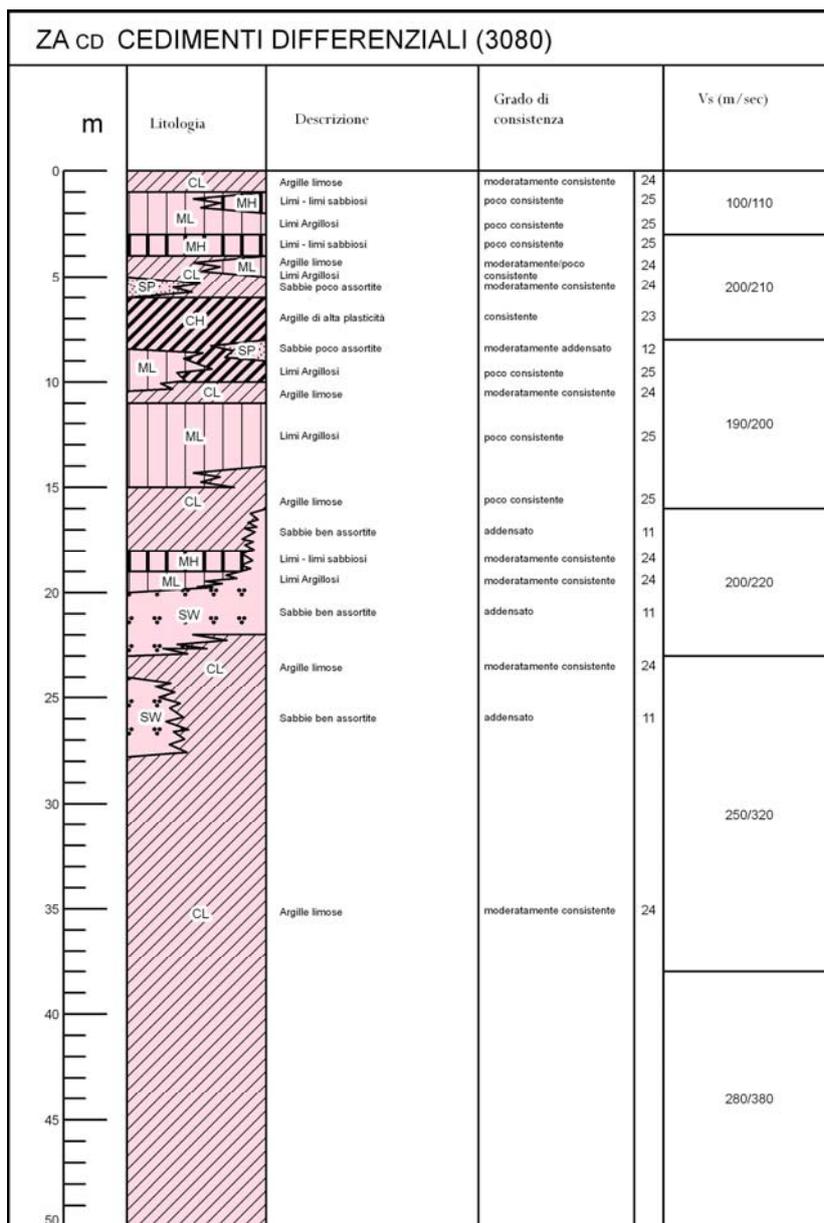


ZA_{LQ} (30502005) – Aree potenzialmente instabili costituite da depositi di canale fluviale e di piana inondabile formati da alternanze prevalentemente sabbiose - limoso sabbiose e sabbie moderatamente - poco addensate (SP/SM-24/13), intercalate a strati limoso argillosi moderatamente consistenti (ML-24), con Vs <130 m/sec nei primi 5/6 m del sottosuolo e Vs = 170 ÷ 230 m/sec da -5 a -10 m pc; alle quote sottostanti alternanze prevalentemente argillose - argilloso limose consistenti - moderatamente consistenti (CH/CL-23/24) con Vs = 200/300 m/sec; presenza di orizzonti sabbiosi - sabbioso ghiaiosi addensati (SW-11) ad assetto lentiforme con spessori di 3-6 m tra -14/-18 m pc, -18/-21 m pc, 22/24 ÷ 27 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 la stima di suscettività alla liquefazione.



ZA_{CD} (3080) – Aree potenzialmente instabili per cedimenti differenziali, costituite da depositi limoso argilloso – limoso sabbiosi da moderatamente a poco consistenti (ML/MH – 24/25) con intercalati strati argilloso limosi moderatamente consistenti (CL-24) e corpi lentiformi sabbiosi, con spessori di inferiori ad 1 m poco addensati (SP - 13), con Vs<200/210 m/sec nei primi 15 m del sottosuolo; alle profondità sottostanti argille limose – limi argillosi moderatamente consistenti (CL/ML - 24) con Vs<220 m/sec, con intercalati corpi lentiformi sabbioso – sabbioso ghiaiosi, moderatamente addensati (SW – 11) tra -16/-23 e -24/-28 m pc con Vs<200/250 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 sotterraneo che richiedano scavi che si approfondiscano nel sottosuolo per altezze maggiori di

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

nelle quali dovranno essere sviluppate le verifiche di stabilità dei fronti di scavo con metodo pseudostatico o dinamico e per i fabbricati con periodo $T > 1$ sec, approfondimenti di III° livello.

9.6 Zone a comportamento sismico equivalente

Il territorio Comunale di Cadelbosco di Sopra è prevalentemente costituito da zone stabili (93%) ed in subordine da zone di attenzione per potenziale instabilità (7%). 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. In detti areali prevalgono le sequenze argilloso limose rispetto a quelle sabbioso limose – sabbiose; formano la parte nettamente prevalente del territorio e nel settore orientale centrale settentrionale sono caratterizzati da alternanze argillose di alta plasticità.

Una parte della superficie comunale (5,1%) 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 $V_s < 200/220$ m/sec nei primi 10/12 m del sottosuolo.

Dette aree di attenzione, presenti nei settori meridionale – centrale ed orientale centro meridionale del territorio, dove costituiscono fasce allungate in direzione sud - nord dal capoluogo a La Madonnina e più ovest da La Rocca ad Argine – via Quarti, sono caratterizzate nei primi 5/6 m del sottosuolo dalla presenza di corpi sabbiosi più o meno lentiformi moderatamente e/o poco addensati a potenziale pericolosità di liquefazione.

Le zone suscettibili di instabilità per cedimenti differenziali (1,5%) caratterizzano prevalentemente i settori del capoluogo centro settentrionali occidentale e centro meridionale – meridionale e la sua zona industriale sud.

In dette zone 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.

10 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.

10.1.1 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 Cadelbosco di Sopra, nei territori di comuni per i quali si sono sviluppate equivalenti analisi di microzonazione sismica: Campegine – Castelnuovo di Sotto – Bagnolo in Piano - Novellara.

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 quadrata con lati mediamente equivalenti minori: 700 ÷ 900 m nell'urbanizzato del capoluogo – principali frazioni: 1000 ÷ 1250 m nelle zone extraurbane.

10.1.2 Carta delle velocità delle onde di taglio V_s ($V_{s_{30}}$)

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, ($V_{s_{30}}$ m/sec) determinate in base alle indagini Re.Mi./MASW effettuate.

Le elaborazioni delle acquisizioni hanno evidenziato valori oscillanti tra massimi di $V_{s_{30}} = 250 \div 280$ m/sec nel settore sud orientale circa compresa tra la SS 358 e la SP 40 – via C. Prampolini e delimitata a nord da via Monsignor Saccani; massimi con $V_{s_{30}} = 250 \div 300$ m/sec si riscontrano nella parte orientale centro meridionale tra la SP 65 – Via Della Corte e Diversivo Bresciana – via G. Mazzini; simili massimi con $V_{s_{30}} = 250 \div 280$ m/sec caratterizzano la zona occidentale centro settentrionale alla quale appartiene la porzione ovest di Cadelbosco di Sotto, circa tra la SP 63 R ed il confine con Castelnovo di Sotto.

I valori minimi corrispondenti a $V_{s_{30}} = 190 \div 220$ m/sec si rinvencono in areali di estensione praticamente uguali a quelli che competono ai sopracitati settori di massimo e sono principalmente presenti nella zona settentrionale a nord della SP 68 dove decrementano gradualmente da 220 m/sec a 190 m/sec in direzione nord verso Santa Vittoria; analoghi valori di minimo con $V_{s_{30}} = 190 \div 220$ m/sec caratterizzano la fascia estesa sud nord che si allunga concordemente alla SP 63 R dalla zona Industriale sud a Zurco – Zona Industriale di Cadelbosco di Sotto; equivalenti minimi relativi con $V_{s_{30}} = 210 \div 220$ m/sec contraddistinguono la zona occidentale meridionale circa compresa tra la SS 358 – confine comunale con Castelnuovo di Sotto – via Begarola.

La rimanente porzione del territorio, che costituisce la maggior parte della superficie comunale, è generalmente caratterizzata da $V_{s_{30}} = 230 \div 240$ m/sec.

L'assetto territoriale dei valori di $V_{s_{30}}$ denota una tendenziale prevalente correlabilità dei valori relativi medi inferiori: $V_s = 190 \div 220$ m/sec, con le zone del territorio nel sottosuolo delle quali le profondità del bedrock sismico sono inferiori -100÷-110 m pc e le sequenze deposizionali nei primi 40/50 m dal piano campagna sono prevalentemente limoso argillose – limose; un simile assetto di correlabilità per quanto riguarda i valori medi maggiori è attribuibile al settore sud occidentale del capoluogo nel cui sottosuolo sono rinvenibili nei primi 40/50 m del pc le successioni sabbioso ghiaiose della terminazione frontale distale dei depositi della conoide del T. Modolena e dei torrenti minori.

10.2 Carte dei fattori di amplificazione – microzonazione sismica

La microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento, effettuata per gli sviluppi di interesse che comprendono le aree urbanizzate e principali infrastrutture, 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.

intervallo $0.1 < T < 0.3$ sec

- 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.

10.3 Carta dei fattori di amplificazione dell'accelerazione orizzontale di picco FA PGA

La carta dei fattori di amplificazione PGA/PGA₀, evidenzia un moderato campo di variabilità dei valori generalmente, compresi tra 1.6 ÷ 1.7.

I valori di amplificazione della P.G.A. nettamente prevalenti nel territorio comunale appartengono al campo 1,7 ÷ 1,8, fanno eccezione due areali di limitata estensione all'intorno dell'intersezione via Vialato/via S. Giustina ed il settore occidentale di Cadelbosco di Sotto circa tra via F. Menozzi – Via L. Basso ed il Cavo Modolena Alta, nei quali 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.

10.4 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 Cadelbosco di Sopra evidenziano che gli intervalli nei quali generalmente rientrano i fabbricati ad uso civile sino a 5 ÷ 6 piani per le strutture a telaio in CA o in muratura e fabbricati industriali con altezze sotto trave inferiori a 7 m, sono caratterizzati principalmente dai periodi $0,1 < T < 0,5$ sec. Gli intervalli dei periodi ai quali di solito appartengono le strutture di tipo produttivo con altezze sotto trave > 8 m, gli edifici a telaio in C.A. oltre 7 piani, manufatti stretti e alti tipo torri, campanili, magazzini verticali ecc, sono contraddistinti prevalentemente dai periodi $0,5 < T < 1,0$ sec.

Dette suddivisioni di campi di periodo principale e relative delimitazioni delle aree che a loro competono, assumono particolare significato nel contesto delle previsioni di sviluppo urbanistico poiché consentono di indirizzare le scelte per la destinazione residenziale dove i valori dei fattori di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec sono inferiori. Analogamente tale criterio di preferenza per i valori di FA.IS minori, nell'intervallo $0,5 < T < 1,0$ sec, è significativo per privilegiare le destinazioni di parti 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/adequamento sismico.

10.5 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 prevalenza del territorio comunale è caratterizzata dal FA.IS = 1,9 ed FA.IS = 2,0 ad eccezione di due areali di estensione relativa inferiore con valori di poco inferiori.

I fattori medi prevalenti nella fascia orientale dell'area comunale, circa tra via Vialato ed il confine con Bagnolo in Piano, alla quale appartengono La Rocca, Argine, Villa Seta e che prosegue ad est di Ponte della Forca sino a via Levata corrispondono ad FA.IS = 1,9 con locale minimo di FA.IS = 1,8 all'incrocio tra la suddetta via e via Caduti di Cefalonia; analoghi settori di minimo caratterizzano la parte occidentale centrale alla quale appartiene Cadelbosco di Sotto e simili nell'area compresa tra via Martiri di Sesso ed il confine con Castelnovo di

Sotto delimitata a sud da via L. Landi con equivalenti minimi di FA.IS = 1,9; la zona meridionale centrale alla quale appartiene la parte occidentale del capoluogo, ovest di via R. Sanzio – Via G. Galilei con limite nord Via Marzabotto e l'area all'estremità sud ovest tra Giarolo – C. Franco – Colombarolo è contraddistinta dai medesimi valori.

La rimanente parte del territorio comunale, che corrisponde circa al 40% del totale è caratterizzata da FA.IS = 2,0.

La distribuzione territoriale dei valori di FA.IS nell'intervallo $0,1 < T < 0,5$ sec. evidenzia la presenza di una fascia orientata sud ovest – nord est, circa estesa secondo l'allineamento intersezione T. Crostolo/via Begarola – Zona Industriale Cadelbosco di Sotto – Quarti ovest – Ponte della Forca che indica la correlabilità con la direzione dello sovrascorrimento che delimita l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese; un'equivalente aspetto di correlabilità dei valori relativi maggiori è osservabile nella parte settentrionale del territorio comunale nel sottosuolo del quale si estende il fronte di sovrascorrimento orientato ovest – est Villa Boschi (Novellara) – Santa Vittoria – Fodico – Lentigione.

I valori di minimo relativo nel settore occidentale del capoluogo concordano con la presenza nel sottosuolo dei depositi ghiaioso sabbiosi della propaggine di terminazione frontale della conoide minore del T. Modolena e con l'assenza in tale zona di principali linee di sovrascorrimento – faglia.

La direzione secondo la quale si estende la fascia sud ovest – nord est dei valori relativi maggiori concorda con l'azimut della faglia sorgente cieca che ha generato il sisma del maggio 1996.

10.6 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. ed evidenzia un campo di variabilità FA.IS = 2,4 ÷ 3,0.

I valori relativi maggiori: FA.IS = 2,9 ÷ 3,0 si riscontrano nella fascia orientata sud ovest – nord est: intersezione T. Tresinaro/Via Begarola – Quarti e nella zona settentrionale Santa Vittoria – C.A.B.R.; analoghi massimi caratterizzano la fascia sud nord tra il bordo del confine comunale centro meridionale orientale e la SP 63 R delimitata a nord da via Viazza.

La distribuzione dei valori minori: FA.IS = 2,5 ÷ 2,7, con estensioni areali relative inferiori rispetto al sopracitato campo 2,9/3,0, caratterizzano il settore occidentale del capoluogo, le zone circondanti l'incrocio via Viazza/S. Giustina e quella sede di La Rocca, la fascia occidentale centrale tra il Cavo Barisella e Confine con Castelnuovo di Sotto ed il settore occidentale di Cadelbosco di Sotto tra la SP 63 R ed il T. Crostolo.

Analogamente a quanto precedentemente esposto per il campo FA.IS $0,1 < T < 0,5$ sec, i valori maggiori che contraddistinguono la fascia sud ovest – nord est: intersezione T. Tresinaro/via Begarola – Quarti, assecondano la direzione del fronte di sovrascorrimento che delimita l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese l'assetto della loro estensione concorda con l'azimut della faglia cieca sorgente del sisma 05/1996; equivalente correlabilità

si evidenzia nella zona settentrionale tra i valori di FA.IS = 3 e l'orientamento della linea di sovrascorrimento ovest – est: Lentigione – Santa Vitoria – Villa Boschi.

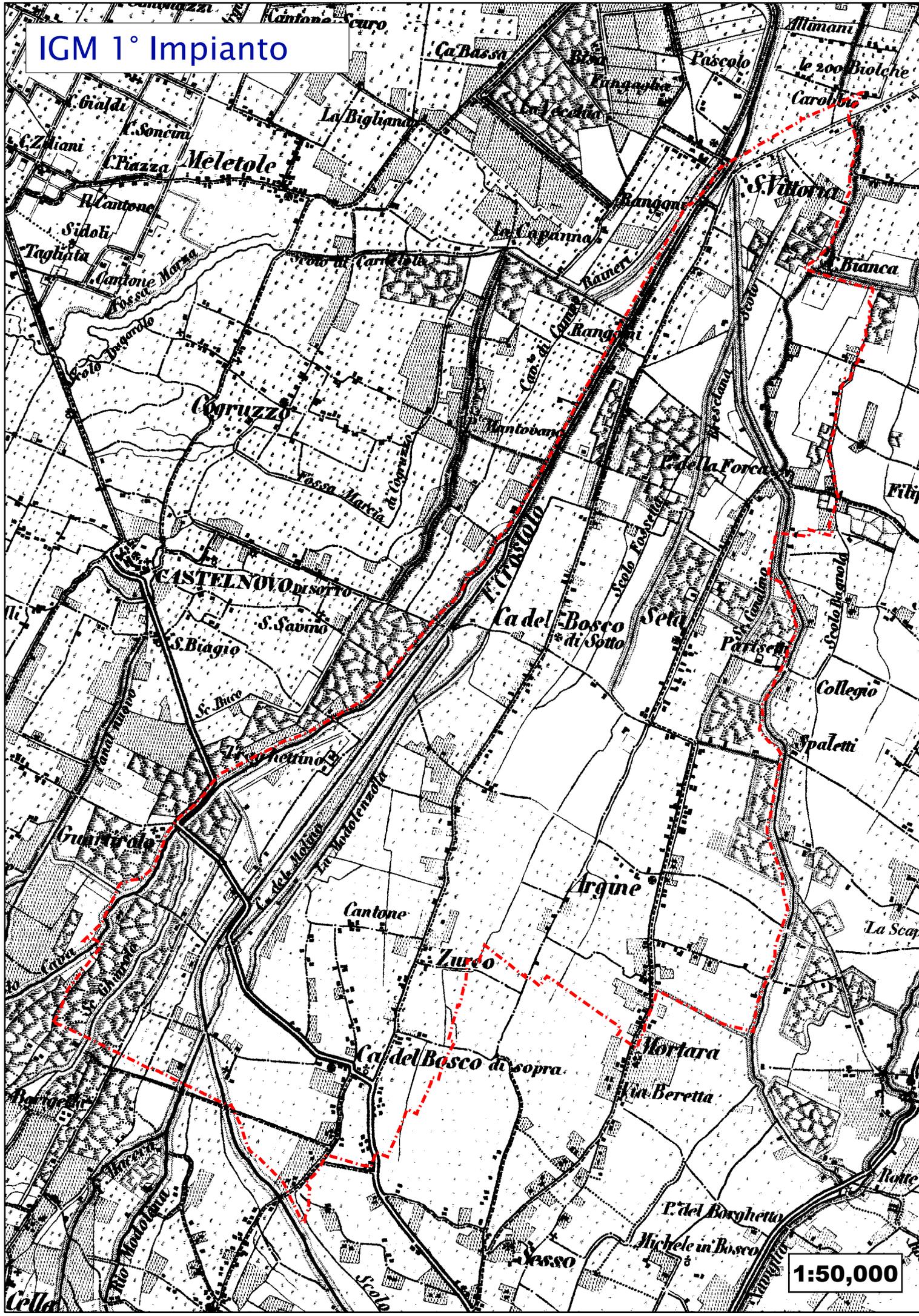
10.7 Carta dei fattori di amplificazione di intensità di Housner negli intervalli $0.5 < T < 1.5$ sec

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 = 3,2 ÷ 3,3 caratterizzano infatti le fasce di territorio estese sud ovest – nord est da intersezione Tresinaro/Via Begarola a Quarti e quella ovest est Santa Vittoria – Villa Boschi nella parte settentrionale del territorio comunale, nel sottosuolo delle quali come precedentemente descritto, si riscontrano la linea di sovrascorrimento che delimita l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese e quello della linea Lentigione – Villa Boschi.

Analogamente i valori relativi minori dell'area sud ovest del capoluogo, della zona circostante l'incrocio Via Vialato – Via S. Giustina, la parte al bordo occidentale centrale del territorio comunale, si rilevano in zone nel sottosuolo delle quali non sono presenti linee di principali sovrascorrimenti e/o faglie.

IGM 1° Impianto



1:50,000

11 ELABORATI DI MICROZONAZIONE - EVENTI PASSATI

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

Le documentazioni storiche per i primi di detti sismi, con M_w 5,48 – 5,51, attestano effetti nel territorio Cadelbosco di Sopra che hanno causato danni a tutte le case, che dovettero essere puntellate, danni alle volte ed alla facciata della chiesa parrocchiale ed alla torre campanaria che minacciò di crollare; queste ultime dovettero essere successivamente smantellate e la canonica divenne inagibile; si verificò il crollo di 2 piccoli edifici vicini alla parrocchia e di una piccola casa detta “La Colombaia”.

Nelle adiacenti aree sono documentati danni ai fabbricati, crepe, crolli di comignoli, crollo delle volte e del campanile della chiesa parrocchiale di Campegine e gravi danni alla canonica, crollo di parte della facciata della chiesa Parrocchiale di S. Andrea di Castelnovo di Sotto ed all'interno della stessa lesionamenti o sconessioni dei pilastri, archi e volte, crollo di parte della volta della chiesa parrocchiale di San Bernardino e suo campanile 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 ed in quest'ultima in particolare nel quartiere di S. Croce e nel Ghetto Ebraico e 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 dei 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 Cadelbosco di Sopra, in rapporto alla poco diffusa presenza in tale periodo di patrimonio edilizio con tipologia equivalente a quelle sopra descritte, non sono riportate significative altre informazioni.

Nel contesto degli eventi del 1996 il territorio di Cadelbosco di Sopra ha risentito di effetti $I_0 = 6$ ai quali sono conseguiti gravi danni in 14 edifici principalmente localizzati nella fascia estesa sud nord La Rocca – Argine; risentimenti simili, che hanno coinvolto 9 fabbricati, si sono verificati nel 1987.

Nel contesto degli eventi del maggio – giugno 2012 il comune di Cadelbosco di Sopra ha risentito di effetti $I < 5$.

Le informazioni relative ai risentimenti avvenuti nell'area di Cadelbosco di Sopra relative ai danni maggiori conseguiti ai sismi, indipendentemente dalle tipologie edilizie e condizioni statico strutturali delle stesse, considerate praticamente tra loro equivalenti, indicano che i danni relativi maggiori si sono verificati nel settore orientale centrale La Rocca – Villa Argine e nella parte centro meridionale del territorio comunale sede del capoluogo.

Di tali zone quella allungata sud nord Cadelbosco di Sopra – La Madonnina è caratterizzata dai valori maggiori dei fattori di amplificazione di intensità di Housner (FA.IS) negli intervalli $0,5 < T < 1,0$ sec e $0,5 < T < 1,5$ sec. Gli analoghi risentimenti che si sono manifestati nell'area a sviluppo nastriforme La Rocca – Villa Argine si sono verificati in settori del territorio contraddistinti dai valori medio massimi dei fattori di amplificazione dei medesimi intervalli e nel campo FAIS $0,1 < T < 0,5$ sec.

In dette zone nei primi 5/10 m del sottosuolo sono presenti corpi sabbiosi con spessori di 2/4 m a sviluppo nastriforme e sequenze limoso argillose – argilloso limose, a loghi contenenti livelli lentiformi limoso argilloso torbosi, a scadenti caratteristiche geotecniche ed elevato grado di compressibilità tra -2 e -5/-6 m pc. soggetti a processi di addensamento/cedimenti e potenziale liquefazione in concomitanza delle sollecitazioni dinamiche.

Oltre a ciò i risentimenti sismici registrati sono con tutta probabilità correlabili ad effetti di rifrazione/riflessione delle direttrici di propagazione delle onde sismiche nel settore di sottosuolo compreso tra le linee di sovrascorrimento oriente ovest– est La Rocca – Pieve Rossa e quella sud ovest – nord est incrocio Via Dell' Oldo / Via Pratonera – Cadelbosco di Sotto – Ponte della Forca, ad occidente della quale l'ala sud occidentale della Dorsale Ferrarese si approfondisce rapidamente da -4,0/-4,5 km pc a -7,25/-7,5 km pc.

**STUDIO GEOLOGICO CENTROGEO**
Dr. Geol. **GIAN PIETRO MAZZETTI**
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 Cadelbosco di Sopra. 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
- 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 Castelnovo né Monti, Convegno Nazionale, Gruppo Nazionale di Geofisica della terra Solida, C.N.R., Roma.
- SERVIZIO TECNICO DEI BACINI ENZA E SECCHIA (2005) – Stratigrafie catasto pozzi, dati non pubblicati.
- 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 prospection, Atti 4th 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)