

**Regione Lombardia**

**Provincia di Brescia**



**COMUNE DI COCCAGLIO**

**PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO**

ai sensi della L. R. per il Governo del Territorio del 11.03.2005 n° 12

Settembre 2008

**Aggiornamento dello Studio Geologico del territorio  
comunale relativamente alla Componente Sismica**

ai sensi della D.G.R. del 22.12.2005 n° 8/1566 e s.m.i.

Dott. Geol. Riccardo Balsotti

**GEOLOGO**

Via Augusto Righi, 8 – 20020 Villa Cortese (MILANO)

Tel / Fax: 0331 - 432500

**INDICE**

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Antecedenti .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>Rilievi in sito e dati acquisiti .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>COMPONENTE SISMICA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>7</b>
<b>2.2</b>	<b>Approfondimento di 1° Livello e Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL) .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Approfondimento di 2° Livello .....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DEI VINCOLI .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Vincolistica del territorio comunale .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Codice dei beni culturali e del paesaggio (Art 136 D.lg. 22 gennaio 2004 n. 42, ex L 431/85).....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Individuazione del reticolo idrico minore (D.G.R. 25 gennaio 2002 n.7/7868 e D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950) .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano (Art 94 D.lg. 3 aprile 2006 n. 152).....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.4</b>	<b>Altri vincoli .....</b>	<b>22</b>
<b>3.2</b>	<b>Analisi dei dissesti .....</b>	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DI SINTESI .....</b>	<b>23</b>
<b>4.1</b>	<b>Generalità .....</b>	<b>23</b>
<b>4.2</b>	<b>Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio comunale... ..</b>	<b>23</b>
<b>4.3</b>	<b>Descrizione degli elementi di sintesi.....</b>	<b>24</b>
<b>5</b>	<b>AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO.....</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Fattibilità senza particolari limitazioni (CLASSE 1) .....</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Fattibilità con modeste limitazioni (CLASSE 2) .....</b>	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Fattibilità con consistenti limitazioni (CLASSE 3).....</b>	<b>29</b>
<b>5.5</b>	<b>Fattibilità con gravi limitazioni (CLASSE 4).....</b>	<b>31</b>
<b>5.6</b>	<b>Fattibilità e Componente Sismica.....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>NORME GEOLOGICHE DI PIANO.....</b>	<b>35</b>
<b>6.1</b>	<b>Norme generali.....</b>	<b>35</b>
<b>6.2</b>	<b>Norme specifiche .....</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>39</b>
	<b>ALLEGATO 1.....</b>	<b>40</b>
	<b>Parere di conformità alla LR 41/97.....</b>	<b>40</b>
	<b>ALLEGATO 2.....</b>	<b>44</b>
	<b>Relazione Geofisica.....</b>	<b>44</b>

***Allegati Cartografici:***

Tavola 1: Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL)

Tavola 2: Carta dei Vincoli

Tavola 3: Carta di Sintesi

Tavola 4: Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano

Tavola 5: Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano (su base CTR)

## **1 PREMESSA**

Con l'entrata in vigore della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 relativa ai Piani di Governo del Territorio (PGT) la Regione Lombardia ha emanato, con DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566, i nuovi criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della succitata L.R. 12/2005. Successivamente, con DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374, è stato emanato l'aggiornamento dei suddetti criteri ed indirizzi.

I nuovi criteri forniscono inoltre le indicazioni per l'analisi del rischio sismico, in attuazione all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

Alla luce di quanto esposto risultano quindi abrogate le seguenti deliberazioni regionali:

- n. 5/36147 del 18 maggio 1993 (che dettava i criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione locale.);
- n. 6/37918 del 6 agosto 1998 (che approvava il documento di criteri ed indirizzi relativi alla componente geologica nella pianificazione comunale secondo quanto disposto dall'art 3 della LR 41/97);
- n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 (che approvava le direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della LR 41/97).

Pertanto, la componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio è rappresentata da uno studio redatto in conformità alla DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e s.m.i che sostituisce le precedenti deliberazioni n. 7/6645 del 29 ottobre 2001, n. 7/7365 del 11 dicembre 2001 (Attuazione del piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del fiume Po in campo urbanistico) ed integra la direttiva n. 6/40996 del 15 gennaio 1999 (approvazione della legenda di riferimento per la predisposizione della carta geologica, geomorfologica ed idrogeologica e dei colori per la redazione delle 4 classi della carta di fattibilità e dell'ulteriore documentazione da allegare allo studio geologico previsto dalla LR 41/97).

## **1.1 Antecedenti**

La documentazione geologica di supporto agli strumenti urbanistici del Comune di Coccaglio consiste essenzialmente nell'elaborato realizzato nel 2003 dal Dott. Guido Torresani e dal Dott. Alberto Speciale finalizzato alla prevista variante generale del PRGC allora in corso di attuazione. Lo studio, conforme alla LR 41/97 e alle indicazioni della DGR n. 7/6645 del 29 ottobre 2001 e DGR n. 7/7365 del 11 dicembre 2001, era volto a verificare la compatibilità della struttura geologica del comune con le scelte urbanistiche previste dalla variante generale del PRGC.

Lo studio in questione conteneva l'analisi delle caratteristiche meteorologiche, geologiche, geomorfologiche, pedologiche, geolitologiche, idrografiche e idrogeologiche del territorio comunale, fornendo altresì indicazioni circa la caratterizzazione geotecnica dei terreni. Al riguardo era corredato dalle seguenti tavole:

- Carta Morfologica (1: 10,000);
- Carta Geologica (1: 10,000);
- Carta Idrogeologica (1: 10,000)
- Sezioni Litostratigrafiche (1: 10,000)
- Carta dei Vincoli esistenti e di Sintesi (1: 10,000).
- Carta di Fattibilità geologica per le azioni di piano (1: 5,000);

Tutte le tavole erano estese all'intero territorio comunale e alle aree confinanti dei comuni limitrofi.

Secondo quanto riportato dagli ambiti di applicazione della DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e s.m.i., per i comuni che non presentano criticità geologiche, i contenuti delle relazioni geologiche conformi alla L.R. 41/97 ed approvate dalla Sede Territoriale di competenza, si considerano adeguati a fornire un quadro esaustivo delle problematiche geologiche ed idrogeologiche esistenti sul territorio comunale. Risulta invece necessario aggiornare i propri studi relativamente alla componente sismica, in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, da cui

scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale.

Il precedente studio geologico condotto sul territorio di Coccaglio è stato oggetto di una valutazione di conformità da parte dell'Autorità Competente rispetto l'adeguamento alla LR 41/97 e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I.. Al riguardo, è stato espresso parere favorevole in data 30 settembre 2003 (protocollo: ZI.2003.40943). La valutazione in questione, corredata dall'ottemperanza alle prescrizioni richieste, è riportata nell'Allegato 1.

Alla luce di quanto esposto, il presente incarico è volto principalmente alla realizzazione dell'analisi sismica del territorio comunale ed all'aggiornamento delle carte dei vincoli, di sintesi e di fattibilità con relativa normativa.

Al fine di consentire una disanima più organica di tutte le problematiche geologiche presenti sul territorio comunale e per ottemperare ai presupposti dei nuovi adeguamenti richiesti dalla normativa vigente, nel presente studio saranno riproposti alcuni tra gli elementi ritenuti più rilevanti attingendo dall'elaborato del 2003.

## ***1.2 Rilievi in sito e dati acquisiti***

Come accennato in precedenza, gli elementi di supporto alla redazione del presente studio sono rappresentati, in primo luogo, dalla sintesi delle conoscenze acquisite attraverso lavori precedenti e, in secondo luogo, da rilievi originali operati in sito per verificare le situazioni apparentemente più critiche in funzione della realizzazione dell'analisi sismica.

L'osservazione delle foto aree (fotogeologia) ha permesso di meglio comprendere gli aspetti di natura geomorfologica, mentre i rilievi di dettaglio hanno permesso di verificare localizzazione, caratterizzazione e grado di alterazione delle principali unità litologiche presenti sul territorio comunale.

La cartografia di riferimento utilizzata per gli elaborati cartografici è rappresentata da:

- Carta Tecnica Regionale alla scala 1: 10,000: sezioni C6e1 e C5e5

- Carta aereofotogrammetrica del Comune di Coccaglio alla scala 1: 5,000 e 1: 2,000 (anno 2003)

## **2 COMPONENTE SISMICA**

### **2.1 Generalità**

La Regione Lombardia con la DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566 ha elencato i criteri e gli indirizzi per la definizione della componente sismica del Piano di Governo del Territorio in attuazione dell'art. 57 della L.R. 12/2005; successivamente, con DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374, ha aggiornato i criteri di cui sopra.

L'analisi della pericolosità sismica viene effettuata in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti in caso di evento sismico. La valutazione della pericolosità viene principalmente effettuata sull'identificazione della categoria di terreno presente nell'area oggetto di studio; In funzione di questa, gli effetti vengono suddivisi in due tipi: effetti di sito o di amplificazione sismica locale ed effetti dovuti ad instabilità.

La metodologia prevede tre livelli di approfondimento (Figura 1) con grado di dettaglio in ordine crescente: i primi due livelli sono obbligatori in fase di pianificazione. Il terzo è obbligatorio in fase di progettazione, sia quando con il 2° Livello si dimostra l'inadeguatezza della normativa sismica nazionale per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di amplificazione, sia per gli scenari di pericolosità sismica locale caratterizzati da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazione e contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

Il 1° livello consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti.

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità, prevedibili, sulla base di



osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area.

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento:

- il 2° livello permetterà la caratterizzazione semiquantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi e l'individuazione di aree in cui la normativa nazionale risulta sufficiente o insufficiente a tenere in considerazione gli effetti sismici;
- il 3° livello permetterà sia la caratterizzazione quantitativa degli effetti di amplificazione sismica attesi per le sole aree in cui la normativa nazionale risulta inadeguata, sia la quantificazione degli effetti di instabilità dei versanti e dei cedimenti e/o liquefazioni.

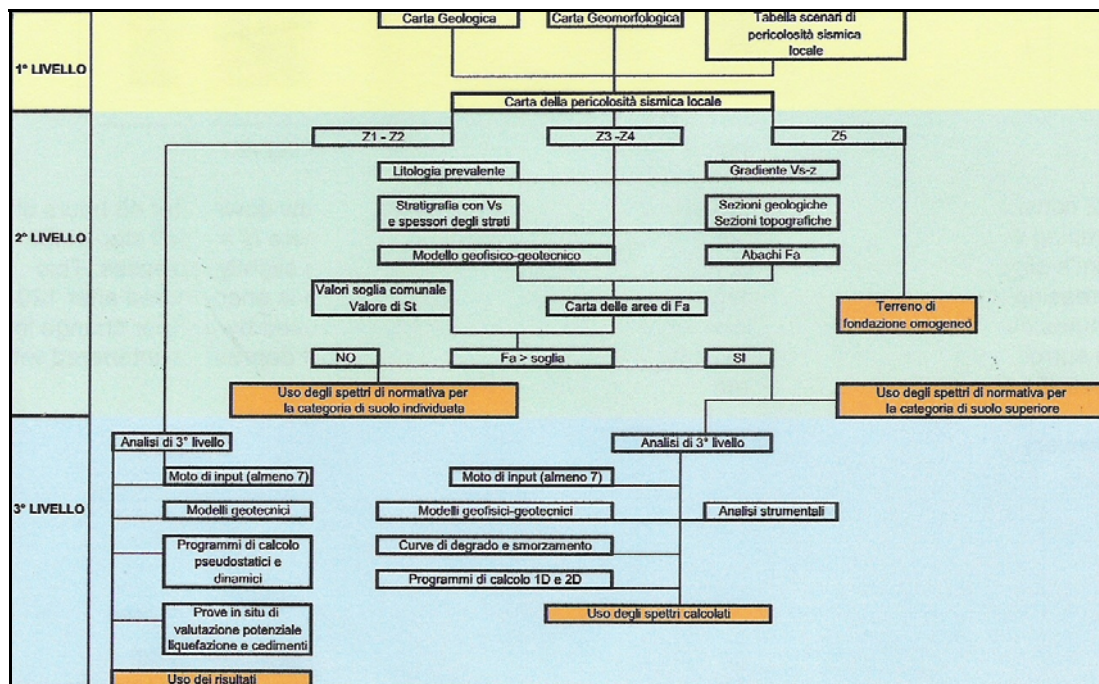


Figura 1: Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine.

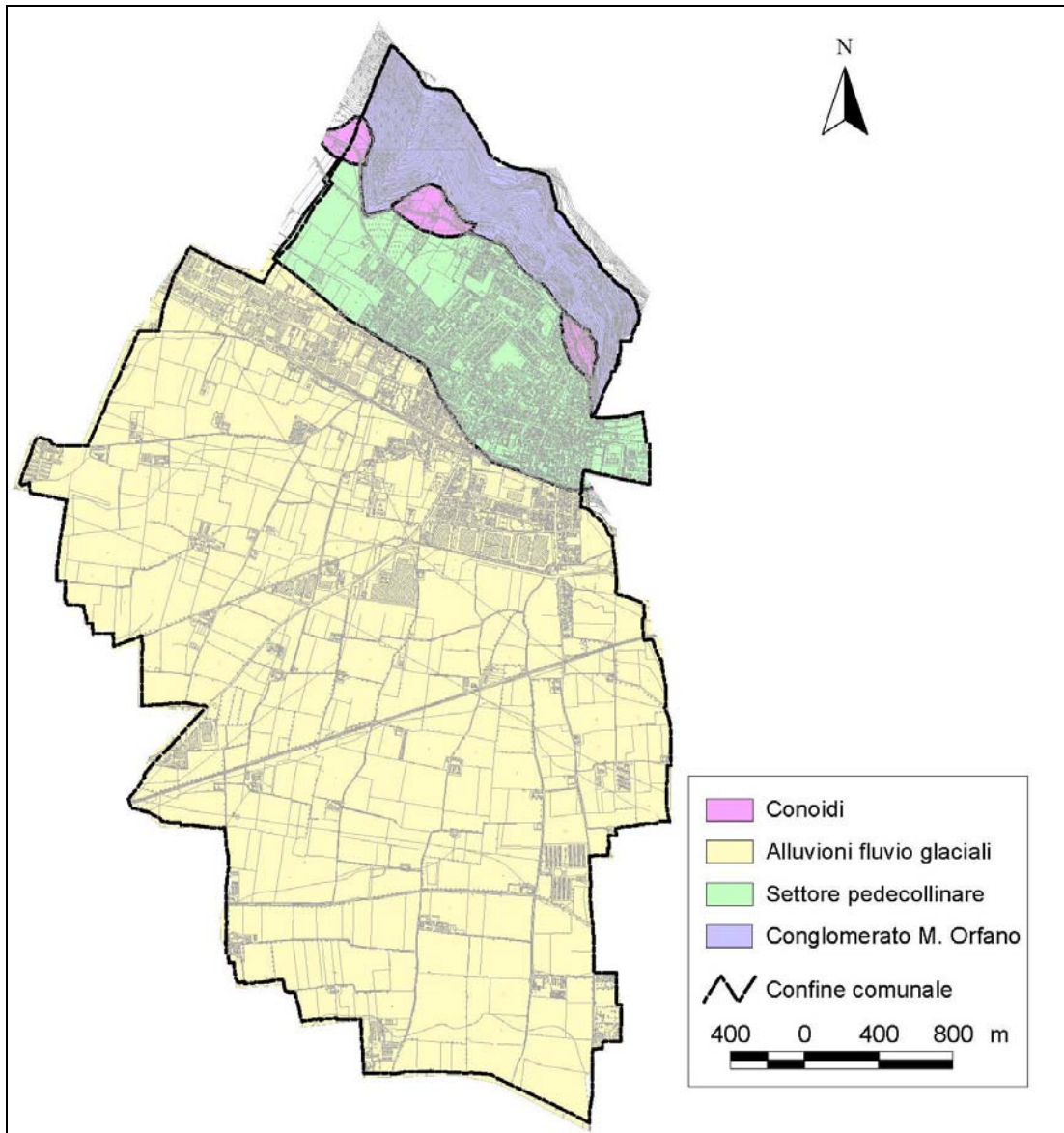
## 2.2 Approfondimento di 1° Livello e Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL)

La carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL) riportata nella Tavola 1 è stata derivata dall'analisi di fonti bibliografiche quali la carta topografica (CTR Lombardia), la carta geomorfologica, la carta geotecnica e la carta della fattibilità (ricavate dallo studio geologico precedente allegato al PRG esistente). Al riguardo, nella Figura 2, viene riportata una rappresentazione schematica del contesto geolitologico del Comune di Coccaglio. Inoltre, sono stati eseguiti un certo numero di sopralluoghi per identificare ulteriormente le criticità presenti sul territorio comunale.

Il comune di Coccaglio ricade in Zona Sismica 3; pertanto, la normativa regionale (DGR 22 dicembre 2005 n 8/1566 e s.m.i.) prevede un grado di approfondimento, relativamente agli effetti indotti dall'azione sismica, di 1° livello. L'analisi di 2° livello viene presa in considerazione solo per le aree con scenario di tipo Z3 o Z4 per l'urbanizzato o urbanizzabile con esclusione delle aree inedificabili. L'approccio seguito per l'analisi di 1° livello è di tipo qualitativo, realizzato attraverso l'individuazione e la perimetrazione delle aree che presentano gli stessi scenari di pericolosità sismica, come riportato nella Tabella 1:

Sigla	SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

Tabella 1: Scenari di pericolosità sismica locale



**Figura 2: Assetto geo litologico schematico del Comune di Coccaglio**

Gli scenari descritti possono produrre effetti di instabilità nei versanti più acclivi, cedimenti e/o liquefazione dei terreni con scarse caratteristiche geotecniche, amplificazioni indotte dalla topografia e/o litologia (danneggiamento e/o collasso di edifici), problemi di cedimenti differenziali.

La carta della pericolosità sismica locale non identifica, all'interno del territorio comunale, le aree maggiormente colpite, a livello di danni, in

seguito ad un evento sismico. Fornisce invece informazioni sulla tipologia degli effetti indotti sul terreno dal sisma.

All'interno del comune di Coccaglio sono stati individuati tre tipi di scenari di pericolosità sismica:

- Z3b: Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo (effetti: amplificazioni morfologiche);
- Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali (effetti: amplificazioni litologiche);
- Z4b: Zona pedemontana di conoide alluvionale (effetti: amplificazioni litologiche).

Il territorio comunale è stato suddiviso in una serie di aree (poligoni) caratterizzate dai tipi di scenario di pericolosità sismica legata ad effetti di amplificazione litologica (Z4a e Z4b). Nella carta della PSL (schematizzata anche nella Figura 3) è inoltre indicata la linea di cresta sommitale (scenario Z3b) legata ad effetti di amplificazione morfologica.

### **SCENARIO Z3b**

Il settore settentrionale del territorio comunale è costituito dal versante meridionale del Monte Orfano, la cui linea di cresta sommitale corrisponde al confine del territorio. E' costituito dall'unità geologica nota come Conglomerato di M.te Orfano, di età miocenica. Poiché la larghezza minima della cresta è inferiore a 10 m, mentre la larghezza alla base è non inferiore a 500 m la cresta del monte viene individuata come cresta appuntita. Il versante del rilievo non è soggetto ad espansione edilizia né vi figurano edifici di interesse strategico o rilevante.

### **SCENARIO Z4a**

Rappresenta l'area più significativa del territorio comunale e si estende dal piede del rilievo di Monte Orfano fino ai limiti est, ovest e sud del territorio, con l'interposizione di 3 cono di detrito descritti nel paragrafo seguente. Questo settore è essenzialmente costituito dai depositi

alluvionali pleistocenici con granulometria prevalentemente sabbioso-ghiaiosa e argillosi (in particolare al piede del pendio o dei coni di deiezione). All'interno dei depositi sciolti sono presenti lenti di conglomerato "Ceppo", generalmente a profondità superiore a 10 m. La morfologia è pressoché piana nella parte bassa e leggermente inclinata (con pendenza inferiore al 10%) nel settore argilloso al piede del versante. La gran parte del territorio urbanizzato (centro storico) e degli edifici strategici o rilevanti si trova all'interno della zona argillosa, mentre le aree di recente urbanizzazione, la ferrovia e l'area industriale sono all'interno della sezione pianeggiante a litologia prevalente sabbioso-ghiaiosa.

In corrispondenza di queste aree si possono verificare effetti di amplificazioni sismica legate alla natura litologica dei terreni e sono state eseguite analisi di 2° livello mediante microtremori.

All'interno dello scenario Z4a si possono riconoscere terreni caratterizzati da parametri geotecnici diversi (come risulta dalla carta geotecnica allegata allo studio geologico del PRG esistente). Da un punto di vista normativo questi terreni vengono raggruppati nello stesso scenario di pericolosità sismica perché appartenenti tutti alla classe dei depositi alluvionali. Ciò nonostante la diversità delle caratteristiche geotecniche comporta una risposta sismica, in termini di amplificazione degli effetti, differenziata.

#### **SCENARIO Z4b**

Tra il piede del rilievo e la zona pianeggiante sono presenti tre limitati conoidi alluvionali, perlopiù legati a modeste linee di drenaggio del Monte Orfano, la cui linea di cresta si trova a non più di 400-700 m dai conoidi. Nel precedente studio geologico la litologia viene indicata come prevalentemente argillosa.



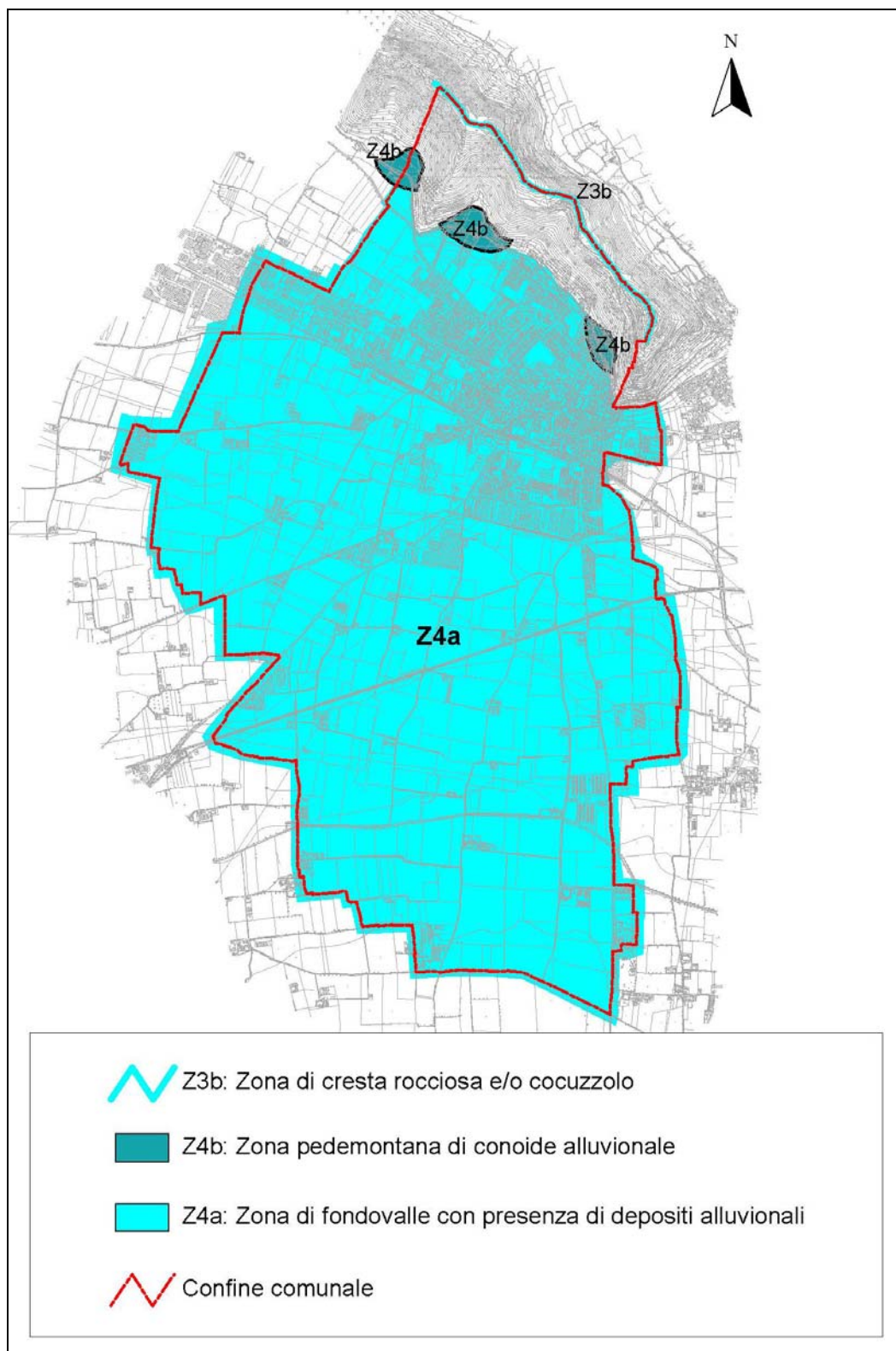


Figura 3: Carta di Pericolosità Sismica Locale (PSL) schematica

### 2.3 Approfondimento di 2° Livello

La normativa regionale prevede un grado di approfondimento di 2° livello, per i territori delle Zone Sismiche 2 e 3, nelle zone PSL Z4 e Z3, in tutte le aree interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili.

Poiché nel comune di Coccaglio aree urbanizzate (o almeno edifici isolati) sono presenti in tutte le zone identificate dai diversi scenari (Z3b, Z4a e Z4b), l'analisi di 2° livello viene sviluppata su tutti gli scenari. Nell'Allegato 2 viene riportata la relazione geofisica con il dettaglio delle indagini e delle valutazioni effettuate

#### Zona PSL Z3b (amplificazioni morfologiche):

l'area del Monte Orfano è stata caratterizzata come area soggetta ad amplificazioni di tipo morfologico. Poiché la larghezza minima della cresta è inferiore a 10 m (l), mentre la larghezza alla base è non inferiore a 500 m (L) la cresta del monte viene individuata come cresta appuntita. La pendenza media del versante è compresa tra 20 e 30° e quindi, in base alle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale, l'area rientra nella categoria T3 (Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media  $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ ).

Per aree di questo tipo le già citate norme prevedono un fattore di amplificazione topografico (St) pari a 1.2 alla cresta che si riduce progressivamente a 1.0 alla base.

Per calcolare il fattore di amplificazione legato alla situazione locale sono state considerate 4 sezioni, descritte nella Tabella 2, con differenti caratteristiche geometriche:

sezione	A	B	C	D
L (m)	700	600	650	530
H (m)	180	150	150	110
H/L	0.26	0.25	0.23	0.21
Fa in cresta	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>	<b>1.3</b>
St Norme Tecniche	<b>1.2 +/- 0.1</b>			

Tabella 2: Sezioni per il calcolo del Fa

Nella Tabella 2 sono riportate la larghezza alla base del rilievo (L), l'altezza del rilievo sulla pianura circostante (H), il rapporto H/L ed il Fattore di amplificazione (Fa) calcolato in cresta per ogni sezione. Dal suo esame si può notare come per tutte le sezioni si ottenga un valore di Fa non superiore al valore fornito dalle *Norme tecniche* con una variabilità di 0.1. Poiché il rilievo presenta delle pendenze abbastanza omogenee, è da ritenere che lungo tutto il versante il Fattore di amplificazione calcolato si riduca in modo graduale e quindi che sia sempre non superiore al Fattore di amplificazione  $S_t$  delle norme, su tutta la superficie del pendio.

Pertanto, nella zona a scenario Z3a la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto.

#### **Zona PSL Z4a (amplificazioni litologiche):**

la procedura seguita per il calcolo del Fattore di amplificazione è basata sulla misura delle  $V_s$  (velocità onde di taglio) con la metodologia dei microtremori. Sono stati eseguiti 5 microtremori nella zona Z4a, distribuiti tra il settore ai piedi del Monte Orfano, argilloso, ed il settore di pianura a litologia sabbioso-ghiaiosa (Figura 4, Tabella 3). Uno dei microtremori non ha fornito risultati utilizzabili (vedi rapporto Allegato 2). Per quanto riguarda gli altri 4 hanno fornito risultati variabili, riportati nelle Tabelle 4 e 5.

<b>Linea</b>	<b>Posizione</b>	<b>Obiettivo</b>	<b>Zona</b>
<b>1</b>	Tangenziale Sud	Area trasformazione industriale	Z4a
<b>2a</b>	Traversa Via Viassola	Area trasf. residenziale	Z4a
<b>2b</b>	Traversa Via Fiumicello	Area trasf. residenziale	Z4a
<b>3</b>	Traversa Via Don Dossena	Area trasf. residenziale - Municipio	Z4a
<b>4</b>	Via Bussaghe	Scuola elementare	Z4a
<b>5</b>	Via Paolo VI	Scuola elementare - Centro sportivo	Z4a

**Tabella 3: Ubicazione linee sismiche microtremori**

Per quanto concerne le velocità  $V_s$ , tutte le linee hanno evidenziato un modello a tre strati con primo strato di spessore compreso tra 10 e 13 m e substrato veloce ( $V_s > 800$  m/s) a profondità compresa tra 20 e 25 m. La presenza del substrato veloce è probabilmente determinata dalla



presenza del conglomerato Ceppo. La distribuzione di velocità dei primi due strati è tipica di una successione sedimentaria quaternaria a granulometria variabile. Sulla base delle Vs30 (velocità delle onde di taglio media nei primi 30 m) i suoli di tutti i siti indagati sono di categoria **B**.

Linea	P1	Vs1	P2	Vs2	Vs3
1	13.0	400	24.0	500	1500
2	-	-	-	-	-
3	10.0	370	20.4	510	1500
4	12.4	290	21.0	330	1000
5	13.0	340	20.5	350	1000

**Tabella 4: Distribuzione verticale delle Vs**

Le linee 1 e 3, eseguite nel settore pianeggiante, hanno evidenziato velocità più alte sia nei primi strati che nel substrato. Il primo fattore farebbe presumere una maggiore componente plastica, anche se ciò sembra in contrasto con i dati litologici riportati negli studi effettuati per il PRG. Dal confronto con le schede litologiche della DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374, la scheda dei "**limi argillosi 2**" presenta la distribuzione di Vs più simile. I valori di Fa calcolati con questa scheda (curva 3) e per un suolo di tipo B non sono superiori ai valori soglia regionali (considerato lo scarto ammesso di +/- 0.1). Le linee 4 e 5 eseguite nella fascia pedemontana hanno evidenziato velocità minori; pertanto, si è dovuto assumere come scheda litologica di riferimento quella dei "**limi sabbiosi 2**". Il calcolo del Fattore di amplificazione con questa scheda (curva 2) ha fornito valori di Fa, per gli edifici con periodo non superiore a 0.5 s, superiori a quelli soglia regionali relativi a suoli di tipo **B**. Pertanto, per gli edifici di questa categoria si dovranno adottare i valori soglia relativi ai suoli di tipo **C** (più scadenti), che risultano compatibili con i valori di Fa calcolati. I valori di Fa calcolati per gli edifici con periodi superiori a 0.5 s, sono invece risultati compatibili con i valori soglia relativi a suoli di tipo **B**.

Linea	Vs <sub>30</sub> (m)	Periodo (Tp) (sec)	(T=0.1-0.5 s)			(T > 0.5 s)		
			suolo	Fa calc.	Fa soglia	suolo	Fa calc.	Fa soglia
1	513	0.22	<b>B</b>	1.6	<b>1.5</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	557	0.18	<b>B</b>	1.5	<b>1.5</b>	<b>B</b>	1.1	<b>1.7</b>
4	386	0.27	<b>C</b>	2.0	<b>1.9</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>
5	434	0.24	<b>C</b>	1.7	<b>1.9</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>

Tabella 5: Vs<sub>30</sub>, Tp, Suolo di riferimento e Fa

In sintesi, nelle aree della fascia pedemontana (Zona Z4a-1), per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) o si dovranno effettuare analisi di livello 3 (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli **B**), o si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo **C**. Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) e per tutti gli edifici nella zona di pianura più bassa (Zona Z4a-2) si utilizzerà lo spettro di norma relativo a suoli di tipo **B**.

#### **Zona PSL Z4b (amplificazioni litologiche):**

Rappresenta la zona delle conoidi interposte tra il M.te Orfano e la pianura. In questo settore non sono stati eseguiti microtremori in quanto, in quest'area, non è prevista una futura espansione edilizia.

Per tale zona si ritengono valide l'elaborazione e le conclusioni basate sui microtremori 4 e 5, in quanto effettuati in aree limitrofe con composizione litologica piuttosto simile.

Quindi, per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) o si dovranno effettuare analisi di livello 3 (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli **B**), o si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo **C**. Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) si utilizzerà lo spettro di norma relativo a suoli di tipo **B**.

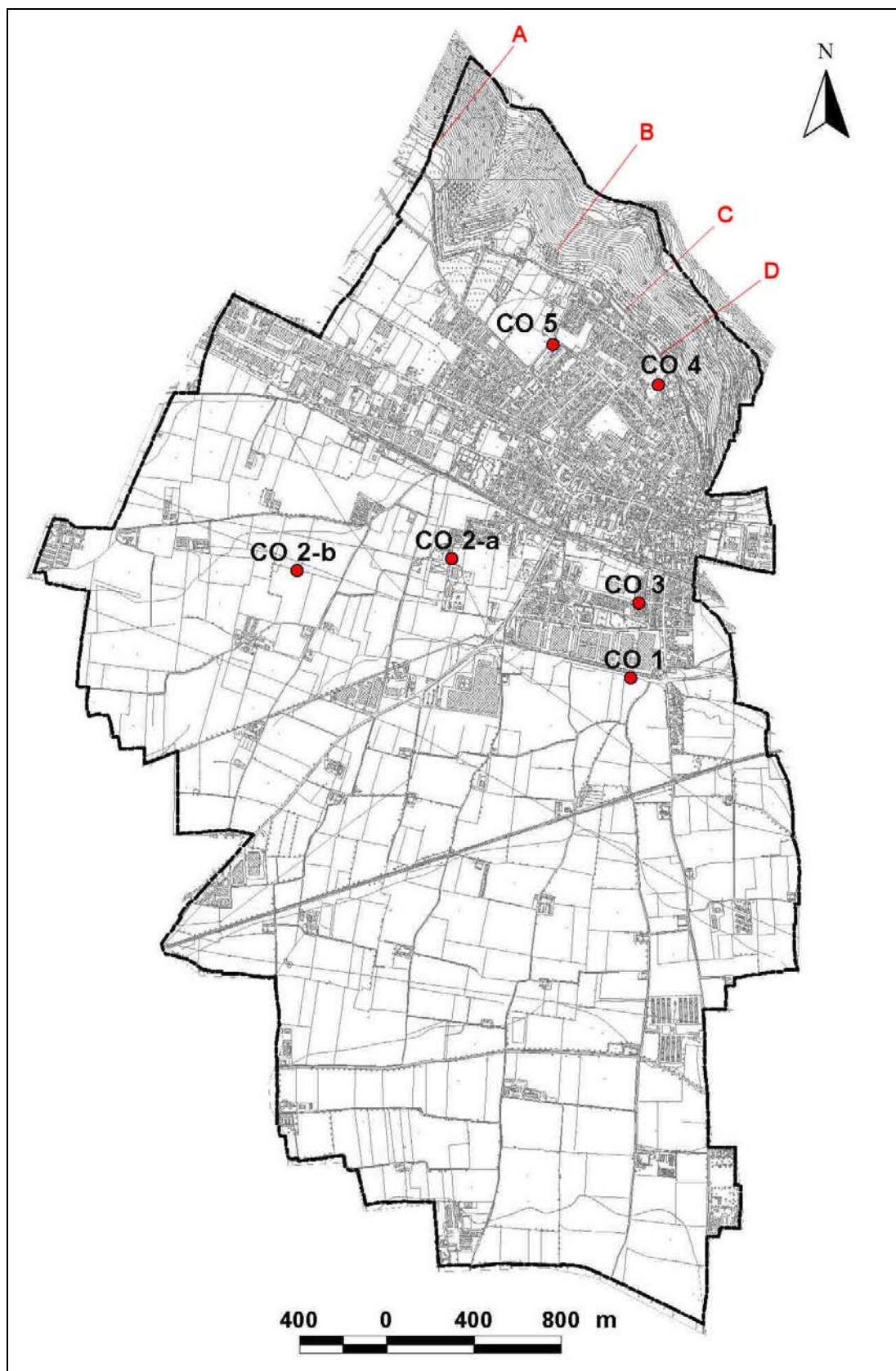


Figura 4: Ubicazione delle linee di microtremori e delle sezioni utilizzate per il calcolo dell'amplificazione morfologica (A, B, C, D) vedi anche Allegato 2.

### **3 AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DEI VINCOLI**

#### **3.1 Vincolistica del territorio comunale**

Il contesto comunale di Coccaglio è soggetto a una serie di vincoli, derivanti dai provvedimenti di tutela del territorio e dell'ambiente, illustrati nella Tavola 2 e schematizzati nei paragrafi seguenti.

##### **3.1.1 Codice dei beni culturali e del paesaggio (Art 136 D.lg. 22 gennaio 2004 n. 42, ex L 431/85)**

Rientra in questa categoria tutto il rilievo del M. Orfano soggetto a tutela paesistica.

##### **3.1.2 Individuazione del reticolo idrico minore (D.G.R. 25 gennaio 2002 n.7/7868 e D.G.R. 1 agosto 2003 n. 7/13950)**

I succitati provvedimenti regionali determinano il reticolo idrico principale e trasferiscono ai Comuni le funzioni relative alla polizia idraulica concernenti il reticolo idrico minore; i Comuni sono tenuti ad individuare il reticolo idrico, le relative fasce di rispetto ed inoltre a specificare le attività vietate o soggette ad autorizzazione all'interno delle suddette fasce. L'identificazione di queste aree è finalizzata alla salvaguardia del reticolo idrografico, onde evitare che manufatti edili o altri interventi di tipo antropico possano costituire un ostacolo al regolare deflusso delle acque. L'allegato A delle delibere sopra citate definisce il reticolo idrico principale della Regione Lombardia; al riguardo nessun corpo idrico di cui sopra è presente sul territorio comunale di Coccaglio. Nella Tabella 6 vengono invece riportate le caratteristiche dei corpi idrici indicati nell'Allegato D della D.G.R. 25 gennaio 2002 n.7/7868 relativo all'individuazione del reticolo dei corsi d'acqua (canali di bonifica) gestito dai consorzi di bonifica con l'indicazione dell'Ente incaricato di svolgere la funzione di polizia idraulica.

Il reticolo idrico minore, di competenza comunale, è costituito da tutte le acque superficiali ad esclusione di quelle *"non ancora convogliate in un*

*corso d'acqua*". In particolare sono identificati come minori quei corsi d'acqua rispondenti ad almeno uno dei seguenti i criteri:

- siano indicati come demaniali nelle carte catastali o in base a normative vigenti;
- siano stati oggetto di interventi di sistemazione idraulica con finanziamenti pubblici;
- siano rappresentati come corsi d'acqua delle cartografie ufficiali (IGM, CTR).

Denominazione	Codice SIBITER	Ente Gestore di Polizia Idraulica
Seriola Fusia Ramo 3 di Rovato	1.G.1.	Comune di Coccaglio
Seriola Nuova	3.B.1	Consorzio n° 9 "Sinistra Oglio"
Seriola Castrina	4	Consorzio n° 9 "Sinistra Oglio"

**Tabella 6: Corsi d'acqua contenuti nell'Allegato D della D.G.R. n. 8/7868 del 25/1/2002 presenti sul territorio comunale di Coccaglio.**

Sulla base delle risultanze dello studio sul reticolo idrico minore, attualmente in fase di approvazione da parte dell'Autorità Competente, si evidenzia quanto segue: il territorio del Comune di Coccaglio è interessato da tre corpi idrici (che rispondono ai criteri enunciati in precedenza) con portate idriche consistenti per tutto l'arco dell'anno e che provvedono alla distribuzione delle acque per uso irriguo. La **Seriola Fusia** direttamente derivata dal Lago d'Iseo, scorre nella porzione settentrionale del territorio comunale interessando con il proprio corso la fascia pedemontana del Monte Orfano e le **Seriele Nuova e Castrina**, derivate dal Fiume Oglio, che scorrono rispettivamente nella porzione centrale e meridionale del territorio comunale.

La Seriola Fusia è assoggettata alla competenza idraulica del Comune di Coccaglio che dovrà provvedere ad esercitarvi tutte le funzioni di polizia idraulica; si tenga presente che l'alveo del canale è però di proprietà del Consorzio Irriguo Roggia Fusia 3° ramo di Rovato che è tenuto a

esprimere un parere per le opere che interesseranno il corso d'acqua stesso.

Le Seriole Nuova e Castrina sono assoggettate alla competenza idraulica del Consorzio di Bonifica n. 9 "Sinistra Oglio" che essendo oggi istituito come Ente legalmente riconosciuto, provvede alla polizia idraulica delle stesse.

Sulla base delle disposizioni contenute nel Regio Decreto 25 luglio 1904 n° 523 e delle indicazioni di cui alla relazione geologica del P.R.G.C. preesistente, sono state individuate per tutti i corpi idrici appartenenti al reticolo idrico minore specifiche fasce di rispetto stabilite sulla base del grado di tutela che si intende attribuire ad ogni corso d'acqua; in particolare tutte e tre le Seriole di Coccaglio sono state assoggettate ad un "alto grado di tutela" (**fascia di rispetto di 10 m**).

E' stata invece assegnata una **fascia di tutela di 1 m** ai tratti di canale intubato o coperto appartenenti alle tre Seriole, intorno ai quali sono già state realizzate tutte le opere di urbanizzazione e di edificazione

Si ricorda che per i canali irrigatori definiti "maestri" e individuati nella cartografia quali derivazioni dalle Seriole principali, non sono previste fasce di rispetto.

Infine, si segnala che sino all'avvenuta approvazione da parte della Autorità Competente del reticolo minore e alla definizione delle fasce di rispetto e delle attività vietate o soggette ad autorizzazione su tutte le acque pubbliche, come definito dalla Legge 5 gennaio 1994 n° 36 e relativo regolamento, valgono le disposizioni di cui al Regio Decreto 25 luglio 1904 n° 523 ed in particolare il divieto di edificazione ad una distanza inferiore a 10 m dal ciglio di sponda o dal piede esterno dell'argine

### ***3.1.3 Disciplina delle aree di salvaguardia delle acque superficiali e sotterranee destinate al consumo umano (Art 94 D.lg. 3 aprile 2006 n. 152)***

Rientrano in questo provvedimento la zona di tutela assoluta (di 10 m di raggio dal pozzo) e di rispetto (di 200 m di raggio dal pozzo) delle

captazione idropotabili presenti sul territorio comunale le cui caratteristiche sono indicate nella Tabella 7.

<b>Codice</b>	<b>Località</b>	<b>Stato</b>	<b>Falda captata</b>	<b>Profondità (m)</b>
2	Via Buscarino	Attivo	Confinata	135
11	Via Loc. Ingussano	Attivo	Confinata	148,5

**Tabella 7: Pozzi pubblici attivi presenti sul territorio comunale**

### ***3.1.4 Altri vincoli***

Rientrano in questa categoria l'area di rispetto cimiteriale (art. 57 DPR 285 del 1990) e dell'impianto di depurazione (D.lg. n° 285 del 10.05.1997), sempre riportate nella Tavola 2.

### ***3.2 Analisi dei dissesti***

Il Comune di Coccaglio è inserito nella categoria dei comuni non esonerati dall'effettuare le verifiche di compatibilità ai sensi della comma 3 dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI (elenco C della DGR 7/736501). A tale riguardo, non essendo state rilevate nell'area comunale situazioni morfologiche e geologiche che possono determinare limitazioni alle azioni di piano (come indicato nella dichiarazione riportata nell'Allegato 1), non si ritiene necessaria la redazione di una carta dei dissesti con legenda uniformata PAI come previsto dal punto 5.3 della DGR 7/7365/01.

## **4 AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DI SINTESI**

### **4.1 Generalità**

Nella carta di sintesi vengono rappresentate le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità/vulnerabilità riferite allo specifico fenomeno che le genera. La carta è composta da una serie di poligoni che definiscono porzioni di territorio caratterizzate da pericolosità geologico-geotecnica e vulnerabilità idraulica e idrogeologica omogenee.

La DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e s.m.i. individua una serie di ambiti di pericolosità e vulnerabilità che costituiscono la legenda della carta di sintesi; la sovrapposizione di più ambiti determina dei poligoni misti per pericolosità determinata da più fattori limitanti. Gli ambiti di pericolosità sono definiti all'interno delle seguenti categorie principali:

- A. Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti
- B. Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico
- C. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico
- D. Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche
- E. Interventi in aree di dissesto o di prevenzione in aree di dissesto potenziale
- F. Altre aree da evidenziare

### **4.2 Ambiti di pericolosità e vulnerabilità rinvenuti sul territorio comunale**

Vengono di seguito descritti, ed illustrati nella Tavola 3, gli ambiti di pericolosità e vulnerabilità identificati sul territorio comunale di Coccaglio in funzione delle informazioni dedotte dalle fasi di analisi effettuate in precedenza.



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

- A.11: Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate di detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

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

- B.1: Aree ad elevata vulnerabilità degli acquiferi sfruttati ad uso idropotabile.
- B.1.1: Area di tutela assoluta delle captazioni destinate al consumo umano;
- B.1.2: Area di rispetto delle captazioni destinate al consumo umano;

**C: Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- C.9: Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza di conoidi pedemontani di raccordo collina pianura.

**D: Aree che presentano scadenti caratteristiche geotecniche**

- D.2: Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante e consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali.

**F: Altre aree da evidenziare: aree a debole o assente vulnerabilità geologica**

- F.1: Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti.

**4.3 Descrizione degli elementi di sintesi****A: Aree pericolose dal punto di vista dell'instabilità dei versanti**

- A.11: Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate di detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni

Viene inserito in questo ambito la porzione del rilievo del M. Orfano che ricade sul territorio comunale soggetta anche a vincolo paesistico.

### **B: Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico**

Ricadono in questa categoria di sintesi quelle aree con caratteristiche connesse alla presenza di acquiferi che possono essere captati o meno, vulnerabili o protetti, emergenti o sotterranei.

In questo contesto sono state considerate le aree di salvaguardia delle captazioni sotterranee destinate al consumo umano atte a proteggere gli acquiferi sfruttati da qualsiasi possibile forma di inquinamento.

- B.1.1. e B.1.2: Aree di salvaguardia delle captazioni di acque destinate al consumo umano

Sul territorio comunale sono attivi due pozzi ad uso idropotabile denominati pozzo via Buscarino (2) e pozzo Loc. Ingussano (11) che filtrano prevalentemente le falde semiconfinite o confinate profonde con un grado di vulnerabilità basso o assente.

Nella classe B.1.1. è inserita la fascia di tutela assoluta avente un'estensione di 10 m di raggio dal punto di captazione, mentre la fascia di rispetto (B.1.2.) è stata individuata con il criterio geometrico dei 200 m di raggio dall'opera di captazione.

### **C: Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- C.9: Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza di conoidi pedemontani di raccordo collina pianura

Si considerano inseriti in questa categoria le 3 conoidi di modesta estensione ubicate in al piede del pendio del M. Orfano.

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

- D.2: Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante e consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali.

Questa sottoclasse comprende la porzione pedecollinare del territorio che presenta una componente argillosa predominante che tende progressivamente ad assottigliarsi procedendo verso sud.

All'interno di questo areale, nel settore SE, è stata individuata una litozona sabbiosa superficiale localizzata tra 3 e 4 m dal p.c.

**F: Altre aree da evidenziare: aree a debole o assente vulnerabilità geologica**

- F.1: Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti.

Si considera incluso in questa unità di sintesi tutto il resto del territorio comunale, non compreso negli ambiti precedentemente illustrati, caratterizzato da pendenze comprese tra 0,6% e 0,3%, litologie grossolane superficiali inglobate in una matrice argillosa e una soggiacenza della falda superficiale intorno a 30-35 m.

## **5 AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DI FATTIBILITA' DELLE AZIONI DI PIANO**

### **5.1 Introduzione**

Il territorio comunale è stato suddiviso in 4 classi di fattibilità geologica (Tavola 4) in base a valutazioni incrociate dei fattori di maggior incidenza sulle modificazioni del territorio e dell'ambiente (dedotti dalle precedenti fasi di analisi) e rappresenta la diretta conseguenza della carta di sintesi, dalla quale sono state ricavate le tematiche e le proposte di perimetrazione.

Le classi individuate sono le seguenti:

- Classe di Fattibilità senza particolari limitazioni ( 1 )
- Classe di Fattibilità con modeste limitazioni ( 2 );
- Classe di Fattibilità con consistenti limitazioni ( 3 );
- Classe di Fattibilità con gravi limitazioni (4).

Vengono inoltre fornite, per ogni classe di fattibilità, indicazioni generali in riferimento alle cautele e alle indagini necessarie, da effettuarsi preventivamente all'intervento edificatorio e non in fase esecutiva.

Gli elementi riportati sulla cartografia di sintesi incidono sulla determinazione della "pericolosità/vulnerabilità geologica".

Per ogni classe di fattibilità vengono descritte le tematiche prevalenti e vengono posti in evidenza le indagini e gli studi da effettuare per un'adeguata definizione dei fenomeni ai fini edificatori.

Come espressamente riportato nelle "Indicazioni per l'attribuzione delle classi di fattibilità" della DGR 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e s.m.i., nella carta della fattibilità non viene riportata l'individuazione dei perimetri delle aree di tutela assoluta e di rispetto delle captazioni ad uso idropotabile, nonché dei cimiteri e dei depuratori, in quanto soggette a specifica normativa. L'attribuzione della classe di fattibilità di tali aree deriva esclusivamente dalle caratteristiche geologiche delle stesse.

### **5.2 Fattibilità senza particolari limitazioni (CLASSE 1)**

La classe comprende le zone pianeggianti o sub pianeggianti con caratteristiche geotecniche dei terreni generalmente buone, che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto descritto dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

Si considera incluso in questa classe la maggior parte del territorio comunale, con pendenza compresa tra 0,6% e 0,3%, non compreso nelle delimitazioni e classi successive.

Per quanto riguarda i caratteri geotecnici, il livello ghiaioso ciottoloso sottostante la copertura in ferretto, offre elevate capacità di portata ammissibile, con valori dell'ordine di 2,0 – 3,0 kg/cm<sup>2</sup>

#### **F: Aree a debole o assente vulnerabilità geologica**

- F.1: Aree da debolmente acclivi a pianeggianti con fenomeni geologici ed idrogeologici non rilevanti.

### **5.3 Fattibilità con modeste limitazioni (CLASSE 2)**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti d'indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Sono tuttavia indicate le specifiche costruttive degli interventi edificatori e gli eventuali approfondimenti per la mitigazione del rischio.

Per l'utilizzo edificatorio deve essere affrontato in modo approfondito il problema fondazionale, in particolare per le aree interessate da livelli superficiali limoso argillosi, con la realizzazione di indagini geognostiche volte a definire in modo preciso, puntuale e dettagliato le caratteristiche geotecniche dei terreni di imposta e le soluzioni progettuali più idonee da adottarsi.

Gli interventi edificatori dovranno inoltre prevedere, attraverso adeguati studi, lo smaltimento delle acque meteoriche e degli scarichi delle acque reflue, in particolare nelle aree interessate dalla presenza di depositi limoso argillosi. Al riguardo si dovrà porre particolare attenzione alla profondità di riscontro di eventuali falde sospese, nonché valutare il loro campo di esistenza almeno nell'arco stagionale.

Infine, per tutte le problematiche geologiche si fa riferimento a quanto contemplato dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale

#### **5.4 Fattibilità con consistenti limitazioni (CLASSE 3)**

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica delle destinazioni d'uso dei terreni per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate. Queste condizioni possono essere per lo più superate con interventi idonei alla eliminazione o minimizzazione del rischio, realizzabili nell'ambito del singolo lotto edificatorio o di un suo intorno significativo.

L'utilizzo di queste aree è subordinato alla realizzazione di indagini supplementari di tipo diretto (sia sul campo che in laboratorio), rispetto a quanto già enunciato per la Classe 2, per acquisire una maggiore conoscenza geologico-tecnica dell'area e del suo intorno, per accertare la compatibilità degli interventi con le situazioni di dissesto, in atto o potenziali, o di scadenti condizioni geotecniche dei terreni d'imposta, e consentire di precisare le esatte volumetrie e ubicazioni, le idonee destinazioni d'uso, nonché le eventuali opere di protezione, difesa e mitigazione.

Le aree a consistenti limitazioni sono contraddistinte dalle seguenti tipologie di pericolosità e dalle relative unità di sintesi:

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

- A.11: Aree a pericolosità potenziale legata a possibilità di innesco di colate di detrito e terreno valutate o calcolate in base alla pendenza e alle caratteristiche geotecniche dei terreni.

L'attribuzione di questa classe di fattibilità al rilievo collinare del M. Orfano non è dovuta a concreti fenomeni d'instabilità in atto sul versante, ma per la forte acclività (>20%) del pendio, che potenzialmente, in seguito a modificazioni urbanistiche, potrebbe dar luogo a locali fenomeni di dissesto.

Tutto ciò suggerisce di imporre l'esecuzione di attente indagini geotecniche e morfologiche, mediante scavi esplorativi e sondaggi geognostici per ogni intervento che modifichi l'aspetto del territorio.

In particolare, diventa fondamentale conoscere le litologie presenti nello spessore del terreno interessato dalle fondazioni, il carico ammissibile sopportabile dal terreno, il piano di posa delle fondazioni e la verifica della stabilità della porzione di versante interessato dall'intervento.

Inoltre dovranno essere indicate le opere di regimazione delle acque superficiali.

#### **C: Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico**

- C.9: Aree potenzialmente interessate da flussi di detrito in corrispondenza di conoidi pedemontani di raccordo collina pianura.

La presenza d'incisioni vallive molto ripide lungo il versante del M. Orfano che danno luogo nelle parti terminali a piccoli conoidi potrebbero essere sede di improvvisi fenomeni di alluvionamento, difficilmente prevedibili, da cui la necessità di eseguire anche in questo contesto le indagini dettagliate al punto precedente.

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

- D.2: Aree prevalentemente limo-argillose con limitata capacità portante e consistenti disomogeneità tessiturali verticali e laterali.

La porzione pedecollinare del territorio (con pendenze comprese tra 8% e 3%) presenta una componente argillosa predominante che tende progressivamente ad assottigliarsi procedendo verso sud. Tuttavia, i parametri geotecnici degli orizzonti superficiali sono discreti; a fronte di una coesione variabile da 0,5 – 0,8 kg/cm<sup>2</sup>, il terreno presenta valori di carico ammissibile variabile tra 1,0 e 1,6 kg/cm<sup>2</sup>.

**Si ritiene pertanto opportuno declassare tale ambito alla classe di fattibilità inferiore (Classe 2).** Tuttavia, i progetti di costruzione andranno accompagnati da indagini geotecniche specifiche che prevedano scavi esplorativi, prove penetrometriche o sondaggi geognostici secondo le prescrizioni contenute nelle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

Inoltre dovranno essere indicate nei progetti le opere per la regimazione delle acque meteoriche.

In particolare, nella zona in cui è evidenziata la presenza di una lente di sabbia fine localizzata tra 3 e 4 m dal p.c. (Tavola 3), si dovranno eseguire indagini geotecniche che specifichino l'esistenza nel sottosuolo di tale livello sabbioso. Andranno pertanto adeguate, in funzione della quota di tale orizzonte, le tipologie di fondazione o la quota di imposta delle stesse.

#### **5.5 Fattibilità con gravi limitazioni (CLASSE 4)**

In questa classe sono individuate le aree ove l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso del territorio.

In tale ambito è esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non interventi volti al consolidamento e/o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti.

Per gli edifici esistenti saranno consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

Inoltre:

- eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili e dovranno comunque essere puntualmente valutate in funzione della tipologia



di dissesto e del grado di rischio che determinano l'ambito di pericolosità/vulnerabilità omogenea. A tal fine, alle istanze per l'approvazione da parte dell'autorità comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica e geotecnica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico.

- Per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle *Norme tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

Ricadono in questa classe di fattibilità i percorsi delle tre Seriole, che nel contesto idrologico di Coccaglio, rivestono un ruolo di primaria importanza per la distribuzione delle acque ad uso irriguo.

Lungo il tracciato di tali corpi idrici si prescrivono fasce di rispetto di m 10 di larghezza per lato a partire dalla sommità degli argini.

In queste aree di rispetto sono consentiti solo interventi di sistemazione idraulica e riguardanti la viabilità, sempre che non vengano ridotte le sezioni dei corsi d'acqua e limitate le capacità di deflusso della portata di piena. Inoltre, secondo quanto espresso nei criteri relativi alla pianificazione territoriale, in queste fasce potranno ancora essere ammesse la formazione di reti tecnologiche non altrove differibili e opere di urbanizzazione non puntiformi che dovranno di norma risultare interrato. E' ammessa inoltre la costruzione di recinzioni non massive come, staccionate, siepi, viminate, reti ecc. che non siano da ostacolo al deflusso superficiale.

Nell'ipotesi che per necessità urbanistiche, fossero coperti tratti di canale, non saranno ammesse riduzioni delle sezioni idrauliche.

Si raccomanda inoltre che siano previste prescrizioni riguardanti:

- 1) il divieto di scarica di materiali nei canali e nelle aree perimetrali di salvaguardia;
- 2) la manutenzione ordinaria e straordinaria dei canali di deflusso.

### **5.6 Fattibilità e Componente Sismica**

Alle classi di fattibilità individuate in precedenza devono essere sovrapposti gli ambiti soggetti ad amplificazione sismica locale, che non concorrono a definire la classe di fattibilità, ma ai quali è associata una specifica normativa che si concretizza nelle fasi attuative delle previsioni del PGT.

Pertanto nella Tavola 4, oltre alla legenda delle classi di fattibilità, è stata apportata una "legenda sismica" riferita agli scenari di pericolosità sismica locale individuati.

Dallo studio sulla componente sismica sono emersi i seguenti aspetti essenziali:

- Nella zona **PSL Z3b**, potenzialmente soggetta ad amplificazioni morfologiche, la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito; pertanto, si applica lo spettro di risposta elastico previsto.
- La zona **PSL Z4a** potenzialmente soggetta ad amplificazioni litologiche è stata suddivisa in due sottozone denominate **Z4a-1** e **Z4a-2**.

Nella prima (Z4a-1), riferita alla fascia pedemontana, per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) si dovranno effettuare analisi di 3° livello (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli B); oppure, si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo C.

Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) e per tutti gli edifici nella zona di pianura più bassa (Zona Z4a-2) si utilizzerà lo spettro di norma relativo a suoli di tipo B per la progettazione.

- Nella zona **PSL Z4b**, potenzialmente soggetta ad amplificazioni litologiche, per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) si dovranno effettuare analisi di 3° livello (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli **B**); oppure, si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo **C**. Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) si utilizzerà lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo **B**.

## **6 NORME GEOLOGICHE DI PIANO**

**Questo paragrafo dovrà essere riportato integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T. a supporto del quale lo studio geologico è stato realizzato.**

### **6.1 Norme generali**

Per quanto riguarda la normativa di riferimento per le indagini geologiche da allegare ai progetti di edificazione, essa è costituita dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

Per quanto concerne la **Componente Sismica**, avendo verificato a seguito dell'applicazione del 1° e 2° Livello previsto dalla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e s.m.i. la valutazione del Fa (Fattore di amplificazione) sui terreni del territorio in esame, emerge quanto segue:

- Nella zona **PSL Z3b** (potenzialmente soggetta ad amplificazioni morfologiche), la normativa è sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione morfologica del sito; pertanto, si applica lo spettro di risposta elastico previsto.
- La zona **PSL Z4a** (potenzialmente soggetta ad amplificazioni litologiche) è stata suddivisa in due sottozone denominate **Z4a-1** e **Z4a-2**.

Nella prima (**Z4a-1**), riferita alla fascia pedemontana, per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) si dovranno effettuare analisi di 3° livello (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli **B**); oppure, si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo **C**.

Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) e per tutti gli edifici nella zona di pianura più bassa (**Zona Z4a-2**) si utilizzerà lo spettro di norma relativo a suoli di tipo **B** per la progettazione.

- Nella zona **PSL Z4b** (potenzialmente soggetta ad amplificazioni litologiche), per la progettazione di edifici con periodo non superiore a 0.5 s (edifici bassi e allungati) si dovranno effettuare analisi di 3° livello (nel caso si voglia adottare la parametrizzazione relativa ai suoli B); oppure, si dovrà utilizzare lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo C. Per gli edifici con periodo superiore a 0.5 s (strutture alte e flessibili) si utilizzerà lo spettro di norma relativo ai suoli di tipo B.

Si specifica che le indagini e gli approfondimenti prescritti dalla D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e D.G.R. 18 maggio 2008 n. 8/7374 devono essere realizzati prima della progettazione degli interventi in quanto propedeutici alla pianificazione dell'intervento e alla progettazione stessa. Copia delle indagini effettuate e della relazione geologica di supporto deve essere consegnata, congiuntamente alla restante documentazione, in sede di presentazione dei Piani Attuativi (L.R. 12/2005, art. 14) o in sede di richiesta del permesso di costruire (L.R. 12/2005, art. 38).

Si sottolinea che gli approfondimenti di cui sopra non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

## **6.2 Norme specifiche**

Nel Comune di Coccaglio, oltre alle norme generali sopra richiamate, vigono le seguenti norme specifiche relative a ciascuna Classe di Fattibilità in cui è stato suddiviso il territorio.

### **CLASSE 1 – Fattibilità senza particolari limitazioni**

Nelle aree comprese nella Classe 1 di fattibilità, i progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche di dettaglio previste dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale.

**CLASSE 2 – Fattibilità con modeste limitazioni**

Nelle aree comprese nella Classe 2 di fattibilità, i progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati, oltre che delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche di dettaglio previste dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale, delle seguenti indagini di approfondimento:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- valutazione dell'eventuale interazione con la circolazione idrica sotterranea, anche in concomitanza di eventuali falde sospese o di interstrato;
- Inoltre, vista la presenza di depositi limoso argillosi, dovranno essere implementate idonee opere di smaltimento delle acque meteoriche e degli scarichi delle acque reflue.

**CLASSE 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni**

Oltre a quanto fissato dalle *Norme Tecniche per le costruzioni* di cui alla normativa nazionale nelle aree comprese nella Classe 3 di fattibilità valgono le seguenti prescrizioni specifiche:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- definizione dell'assetto stratigrafico di dettaglio del sito, mediante indagini dirette (scavi esplorativi e sondaggi geognostici), con particolare riferimento all'individuazione di eventuali processi morfodinamici potenzialmente attivi;
- effettuazione della caratterizzazione geotecnica delle terre mediante indagini in sito e/o laboratorio;
- effettuazione dell'analisi di stabilità globale opera-versante con verifica di un settore areale di pendio, soprastante l'intervento, ritenuto adeguato;

- valutazione dell'interazione con la dinamica territoriale relativa allo stato dei versanti;
- valutazione dell'assetto di evoluzione morfologica delle aree;
- valutazione dell'evoluzione idrogeomorfologica e del rischio idraulico;
- implementazione di idonee opere di smaltimento delle acque meteoriche e degli scarichi delle acque reflue nelle aree interessate da depositi limoso argillosi;
- definizione delle opere di mitigazione temporanee e/o definitive attinenti sia alla fase di cantiere sia all'opera finita.

#### **CLASSE 4 – Fattibilità con gravi limitazioni**

Nelle aree individuate in Classe 4 di fattibilità sono escluse nuove edificazioni ad eccezione delle opere tese alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente interventi così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica. Eventuali opere pubbliche e d'interesse pubblico potranno essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili; a tal fine, alle istanze per l'approvazione di tali opere da parte dell'Autorità Comunale, dovrà essere allegata apposita relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica che dimostri la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente. Per i nuclei abitati esistenti, quando non sarà strettamente necessario provvedere al loro trasferimento, dovranno essere predisposti idonei piani di protezione civile ed inoltre dovrà essere valutata la necessità di predisporre sistemi di monitoraggio geologico che permettano di tenere sotto controllo l'evoluzione dei fenomeni in atto.

## **7 BIBLIOGRAFIA**

A. Speciale, G. Torresani: "Studio Geologico di Fattibilità relativo alla Variante Generale di P.R.G."

Committente: Comune di Coccaglio (2003).

A. Speciale, G. Torresani: "Studio del reticolo idrico minore del territorio comunale"

Committente: Comune di Coccaglio (2006).



## ***ALLEGATO 1***

### ***Parere di conformità alla LR 41/97***



Regione Lombardia

Giunta Regionale  
Direzione Generale  
Territorio e urbanistica

Data: 30 SET. 2003

Protocollo: 21.2003.40943

SDA

ALLEGATO ALLA DELIBERA <sup>P.6</sup> *AC.*N° 42 DFL 13/10/03 *C.C.*

IL SEGRETARIO COMUNALE

Al Comune di Coccaglio  
Ufficio Tecnico Comunale  
Via Matteotti 10  
COCCAGLIO (BS)

*off. S. C.*

Oggetto: studio geologico del territorio comunale ai sensi della d.g.r. 29 ottobre 2001, n. 7/6645.  
Rif. nota n. 7089 del 6 agosto 2003.

Con riferimento alla nota a margine indicata, si trasmette il parere inerente lo studio in oggetto, elaborato sulla base dell'esame della documentazione trasmessa e dei dati a conoscenza di questi uffici, dando atto che tale studio sarà conforme ai sensi della l.r. 41/1997 e ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del P.A.I., ottemperando alle prescrizioni di cui all'allegato.

In proposito si fa presente che lo studio geologico, comprensivo delle modifiche prescritte nell'allegato parere, andrà adottato quale parte integrante dello strumento urbanistico. In particolare, gli elaborati costituenti lo studio dovranno comparire nell'elenco dei documenti costituenti il PRG, riportati nella delibera di adozione; inoltre, nelle Norme Tecniche di Attuazione, dovranno essere integralmente recepite le Norme di Fattibilità geologica contenute nello studio (come modificate dall'allegato parere) e riferite alle aree individuate nella tavola di fattibilità.

Si coglie l'occasione per ricordare che:

- il comune è tenuto all'attuazione di quanto previsto dall'art. 18, comma 7, delle N.d.A. del PAI;
- l'adeguamento dello strumento urbanistico alle risultanze dello studio geologico, ai fini di eliminare eventuali incongruenze, dovrà essere il più sollecito possibile; nel frattempo, non potranno essere ignorate le prescrizioni geologiche nell'attuazione delle previsioni dello strumento urbanistico vigente, con piena assunzione di responsabilità da parte dell'Amministrazione Comunale stessa.

Distinti saluti.

Il Dirigente dell'Unità Organizzativa

Dott. Ing. Iginio Geradini

Unità Organizzativa Difesa del territorio  
Struttura Geologia per la pianificazione  
Via Sasseti, 32/2 - 20124 Milano - <http://www.regione.lombardia.it>  
Tel. 02/6765.5298 - Fax 02/6765.5302

**PARERE INERENTE GLI ASPETTI GEOLOGICI - COMUNE DI COCCAGLIO (BS)**

**Tipo di studio:** studio geologico del territorio comunale ai sensi della d.g.r. 29 ottobre 2001, n. 7/6645.

**Autori:** Dr. Geol. Alberto Speciale, Dr. Geol. Guido Torresani – febbraio 2003

**Elaborati:**

- Relazione geologica e geologico applicativa
- Tavola 1 – Carta morfologica scala 1:10.000;
- Tavola 2 – Carta geologica scala 1:10.000;
- Tavola 3 – Carta idrogeologica e del sistema idrografico scala 1:10.000;
- Tavola 4 – Sezioni litostratigrafiche scala 1:10.000;
- Tavola 5 – Carta dei vincoli esistenti e di sintesi (4 tav.) scala 1:10.000;
- Tavola 6 – Carta della fattibilità geologica per le azioni di Piano scala 1: 5.000;

**Istruttoria:** Dott. Geol. Silvio De Andrea

Il Comune di Coccaglio è inserito nella categoria dei comuni non esonerati dall'effettuare le verifiche di compatibilità ai sensi del comma 3 dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI (elenco C della d.g.r. n. 7/7365/01) e tenuto, pertanto, al fine di conformare il proprio strumento urbanistico all'effettivo stato del dissesto reale o potenziale sul proprio territorio, ad effettuare la verifica di compatibilità sopra menzionata ai sensi delle direttive attuative della l.r. 24 novembre 1997, n. 41, approvate con d.g.r. n. 7/7365/01.

Lo studio presentato dal comune di Coccaglio, è stato redatto in conformità alle direttive attuative della l.r. 24 novembre 1997, n. 41, approvate con d.g.r. n. 7/6645/01; l'attribuzione delle classi di fattibilità risulta coerente con le problematiche evidenziate nella cartografia di analisi e riportate nella cartografia di sintesi. Al fine di attestare la conformità dello studio in parola ai contenuti della verifica di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI e in accordo con quanto richiesto dal punto 5.3 della d.g.r. n. 7/7365/01, si chiede di integrare lo studio presentato con due copie della carta del dissesto con legenda uniformata a quella del PAI, o in alternativa, una dichiarazione di non necessità di tale carta.

Si chiede unicamente di riportare nella relazione geologica, capitolo 11 "Fattibilità geologica per le azioni di piano", relativamente alla classe di fattibilità 3 associata alle fasce di rispetto dei pozzi di captazione idropotabile, l'indicazione dei criteri e delle indicazioni contenute nel documento "Direttive per la disciplina delle attività all'interno delle aree di rispetto (art. 21, comma 6, del d.lgs. 152/99 e successive modificazioni)", approvato con d.g.r. 10 aprile 2003, n° 7/12693, pubblicato sul B.U.R.L. Serie Ordinaria n° 17, del 22 aprile 2003".

Referente: Dott. Geol. Silvio De Andrea (02/67655210)

Unità Organizzativa Difesa del territorio  
Struttura Geologia per la pianificazione  
Via Sassetti, 32/2 - 20124 Milano - <http://www.regione.lombardia.it>  
Tel. 02/6765.5298 - Fax 02/6765.5302

**Studio di Geologia**  
**Dott. Alberto Speciale**  
 Via Dante, 18  
 25030 COCCAGLIO (BS)

**Studio di Geologia**  
**Dott. Guido Torresani**  
 Via Roma, 4  
 25034 ORZINUOVI (BS)

"B"  
 ALLEGATO ALLA DELIBERA G.C.  
C.C.  
 N° 42 ..... DEL 13/10/2003  
 IL SEGRETARIO COMUNALE  
 IL SEGRETARIO COMUNALE  
 (TUTTORATO DOTT.SSA SUCANNA)

**Spett. Regione Lombardia**  
 Direzione Generale Territorio e Urbanistica  
 Unità Organizzativa Difesa del Territorio  
 Struttura Geologia per la Pianificazione  
 Via Sasseti, 32/2  
 20124 MILANO

**Spett. Amministrazione Comunale**  
 di Coccaglio  
 c/o Municipio  
 Via G. Matteotti, 10  
 25030 COCCAGLIO (BS)

**Oggetto:** Studio Geologico del territorio comunale ai sensi della **D.G.R. n° 7/6645 del 29 ottobre 2001 e L.R. 24.11.1997 N.° 41).**  
**Rif. nota prot. Regione Lombardia 40943 del 30 settembre 2003**

In seguito al parere espresso dalla Regione Lombardia ( prot. 40943 del 30 settembre 2003) in merito a quanto in oggetto, siamo a esporvi quanto segue:

Il Comune di Coccaglio è inserito nella categoria dei comuni non esonerati dall'effettuare le verifiche di compatibilità ai sensi del comma 3 dell'art. 18 delle N.d.A. del PAI (elenco C della D.G.R. 7/7365/01. A tale riguardo non essendosi rilevate nell'area comunale situazioni morfologiche e geologiche che possano determinare limitazioni alle azioni di piano, **non si ritiene necessario dover presentare una carta del dissesto come richiesto dal punto 5.3 della D.G.R. 7/7365/01.**

Coccaglio, 08/10/2003

Dott. Geol. Alberto Speciale

Dott. Geol. Guido Torresani

## ***ALLEGATO 2***

### ***Relazione Geofisica***

## INDICE CAPITOLI

pag.

1. Premessa	2
2. Cenni sulla Metodologia dei Microtremori	2
3. Strumentazione e Software	2
4. Elaborazione dati	3
5. Metodologia di Calcolo	4
6. Descrizione dei risultati	5
7. Conclusioni	6

## ELENCO FIGURE

Fig. 1:	Ubicazione delle linee sismiche
Fig. 2.1 - 2.5:	Spettri di Frequenza
Fig. 3:	Distribuzione verticale calcolata delle Vs
Fig. 4.1 - 4.5	Curve di dispersione e Fitting

## Sigle ed abbreviazioni

Vs	Velocità delle onde di taglio (m/s)
Vs <sub>30</sub>	Velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (m/s)
Tp	periodo proprio del sito (s)
Fa	Fattore di amplificazione sismico

## **1. Premessa**

In data 25 Gennaio 2008, sono state eseguite prove sismiche mediante microtremori, in 5 aree del territorio comunale di Coccaglio (BS). Le linee sismiche 5 e 2 sono state ripetute in quanto non fornivano risultati interpretabili, per quanto riguarda gli spettri di frequenza. La linea 5 eseguita successivamente a un centinaio di metri di distanza (in Via Paolo VI) forniva ottimi risultati, mentre la linea 2, ripetuta su un terreno (agricolo) più compatto comunque non dava risultati apprezzabili. Le prove sono state eseguite nell'ambito di studi di analisi del rischio sismico, per rilevare la velocità delle onde di taglio (onde S) nel sottosuolo. Successivamente si è proceduto ad elaborazione dei dati con la finalità di ricostruire il periodo naturale dei siti ed il fattore di amplificazione sismica ai sensi della DGLR 7374-2008. Il comune di Coccaglio è inserito in zona sismica 3, a basso rischio sismico.

## **2. Cenni sulla Metodologia dei Microtremori**

L'analisi mediante microtremori è stata eseguita utilizzando strumentazione per la prospezione sismica a rifrazione, con stendimenti lineari da 24 geofoni, con frequenza naturale di 4.5 Hz, spaziate di 5 m.

Per ogni linea sono state effettuate 10 registrazioni di 30 secondi l'una, con passo di campionamento 0,006 secondi. Durante l'esecuzione della linea 2-2 sono state effettuate anche registrazioni di 15 secondi, con passo di campionamento doppio (0,003 s), senza peraltro ottenere risultati significativi.

In questo modo si registrano onde di superficie il cui contenuto in frequenza oscilla in un range da 25-30 Hz fino a 4-6 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs. La profondità d'indagine è in gran parte funzione della lunghezza dello stendimento e della frequenza dei geofoni e corrisponde generalmente al 25-40% di tale lunghezza. Nel caso in oggetto la profondità massima può variare tra 30 e 50 m.

Il profilo verticale delle Vs può essere ricavato per inversione o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh e/o Love).

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione (P) e di taglio verticali (Sv).

In un mezzo stratificato queste onde sono di tipo guidato e dispersivo, e vengono definite pseudo-Rayleigh.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza. Le componenti a frequenza minore penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore e presentano normalmente velocità di fase più elevate.

## **3. Strumentazione e Software**

Per l'esecuzione delle indagini si è fatto uso della strumentazione di seguito elencata:

- sismografo Echo-Ambrogeo a 24 canali con dinamica 16 bit
- cavi sismici schermati
- 24 geofoni verticali con frequenza naturale di 4.5 Hz
- batterie da 12 V per l'alimentazione del sismografo
- set di connessioni e materiali d'uso

Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il programma ReMI, versione 4.0 della Optim.

#### 4. Elaborazione dati

I dati acquisiti sono stati elaborati mediante il software ReMi 4.0 della Optim Ltd. Di seguito sono riportate le fasi dell'elaborazione eseguita:

1. conversione dei file in formato Seg-Y
2. preprocessing del segnale per il filtraggio e l'equalizzazione delle tracce
3. definizione della geometria di rilievo
4. elaborazione bidimensionale degli spettri di velocità  $p-f$  (attenuazione - frequenza) per ogni singola registrazione
5. sommatoria degli spettri delle singole registrazioni dopo l'eliminazione di quelli meno indicativi
6. picking della curva di dispersione
7. modellizzazione diretta delle onde di taglio
8. iterazione del modello fino a risultato soddisfacente
9. realizzazione dei profili di velocità

Nei capitoli relativi alla descrizione dei risultati dell'indagine suddivisi per comune, sono riportati 4 tipi di allegato grafico:

- La prima figura è costituito dall'ubicazione delle linee eseguite su un'immagine satellitare Google Earth.
- Il secondo gruppo di figure è costituito dagli spettri di frequenza delle linee eseguite, rappresentati con diagrammi frequenza-lentezza (inverso della velocità).
- Nel terzo gruppo di figure sono riportati i modelli interpretativi delle Vs. Questi costituiscono l'elaborato finale del processo interpretativo su cui si effettuano i calcoli successivi del periodo di oscillazione proprio dei siti indagati ed i valori dei fattori di amplificazione.
- Nel quarto gruppo di figure sono riportate le curve di dispersione (relative ai modelli di Vs prescelti) su cui viene evidenziato il fitting con il picking eseguito sugli spettri di frequenza.



## 5. Metodologia di Calcolo

Le analisi effettuate a partire dalla distribuzione verticale delle onde S seguono la metodologia riportata nella LR 12 – 2005, in particolare nell'allegato 5, che si può sintetizzare come segue:

- Dalle informazioni litologiche e geotecniche e dalla distribuzione delle Vs si individua il tipo di suolo di fondazione a cui appartengono i depositi dell'area (b, c, d, e), utilizzando la classificazione delle norme tecniche del DM 1401 2008. In ogni comune, per ogni classe di suolo sono fissati dei valori massimi del fattore di amplificazione sismica ( $F_a$ ), riportati nel file *soglie\_lombardia.xls* approntato dal Politecnico di Milano su incarico della Regione Lombardia ed allegato al già citato DGRL N 8/7374.
- Dalla distribuzione in profondità delle Vs si calcola il periodo di oscillazione naturale del terreno (o periodo proprio del sito  $T_p$ ).
- Sulla base dei dati stratigrafici e delle Vs si procede alla valutazione della litologia dominante in ogni sito, confrontando la distribuzione verticale delle Vs con quella di 6 schede, redatte dalla Regione Lombardia, a cui sono associate equazioni e curve che permettono di ricavare, per via matematica, il fattore di amplificazione  $F_a$ , a partire dal periodo di oscillazione naturale del terreno. Ovviamente la realtà geologica è difficilmente riconducibile ad una sola litologia tipo, quindi in pratica si sceglie la scheda che presenta una distribuzione di Vs più simile a quella sperimentale e soprattutto tale da far ricadere la curva di Vs nel settore di validità. Nel caso in oggetto, si è fatto riferimento alle schede "limi sabbiosi 2" e "limi argillosi 2", soprattutto a causa del rapporto spessori-velocità degli strati nei primi 20-25 metri.
- In ogni scheda sono riportate 3 serie di curve (corrispondenti a 3 diverse equazioni) per gli edifici con periodo di risonanza tra 0.1 e 0.5 secondi e una o due curve per edifici con periodo maggiore di 0.5 secondi. Una volta individuata la scheda che meglio risponde alla distribuzione delle Vs rilevata, sulla base dello spessore e della velocità del primo strato s'individua a quale dei tre tipi di curva (1, 2 o 3) si deve far riferimento nel calcolo del periodo del terreno, per edifici con periodo di risonanza tra 0.1 e 0.5 secondi.
- Una volta selezionata la curva, si calcolano i due fattori  $F_a$  per le due diverse classi di periodo (0.1-0.5 e 0.5-1.5 secondi). Se i due valori di  $F_a$  calcolati sono inferiori (o eguali o minori per non più di 0.1) a quelli riportati nel file *soglie\_lombardia.xls* per il tipo di suolo identificato dalle  $V_{s30}$ , l'analisi è terminata con esito positivo, altrimenti i terreni in oggetto verranno inseriti nella categoria di suolo con fattore di amplificazione più alto di quello sperimentale e per la progettazione si farà riferimento allo spettro relativo alla nuova categoria di suolo prescelta.

## 6. Descrizione dei Risultati

Il rilievo è stato effettuato mediante 5 linee eseguite con 24 geofoni da 4,5 Hz spaziate di 5 m con una lunghezza totale di 115 m.

Per ogni linea sono state effettuate 10 registrazioni di 30 secondi l'una, con frequenza di campionamento 0,006 secondi. Nella tabella di seguito si riportano i dati relativi alla posizione di ogni linea e l'unità geologica cui appartengono i suoli indagati.

Linea	Posizione	Obiettivo	Zona
1	Tangenziale Sud	area trasformazione industriale	Fg
2a	Traversa Via Viassola	area trasf. residenziale	Fg
2b	Traversa Via Fiumicello	area trasf. residenziale	Fg
3	Traversa Via Don Dossena	area trasf. residenziale - Municipio	Fg
4	Via Bussaghe	scuola elementare	Fg
5	Via Paolo VI	scuola elementare - centro sportivo	Fg

Tabella 1 – ubicazione linee sismiche

Fg: depositi fluvioglaciali

Come già accennato nel capitolo 1, la linea 2 è risultata non interpretabile, mentre la linea 5 è risultata interpretabile solo dopo una successiva esecuzione a circa un centinaio di metri.

Nelle figure da 2.1 a 2.5 sono riportati gli spettri di frequenza delle linee interpretate, tramite diagrammi frequenza-lentezza (inverso della velocità). La frequenza varia in senso orizzontale, aumentando da sinistra verso destra, mentre la lentezza aumenta verso il basso (quindi la velocità aumenta verso l'alto).

In figura 1 è riportata l'ubicazione delle linee eseguite su una immagine satellitare Google Earth.

I colori "caldi" (rosso, arancio, verde) corrispondono ad aree con maggiore ampiezza di segnale, mentre quelli freddi (blu, azzurro) corrispondono ad ampiezze minori. Nelle figure in oggetto si può notare una distribuzione dei colori caldi che sale da destra verso sinistra ed indica velocità crescenti a frequenze minori, quindi a profondità maggiori.

I quadratini neri al bordo inferiore della fascia alta corrispondono ai valori selezionati (picking) per la modellizzazione delle onde S. Tali punti vengono scelti al limite tra colori caldi e freddi.

I modelli interpretativi delle Vs sono riportati in figura 3 ed i dati dei singoli strati (profondità in m e velocità in m/s) in Tab 2.

Linea	P1	Vs1	P2	Vs2	Vs3
1	13.0	400	24.0	500	1500
2	-	-	-	-	-
3	10.0	370	20.4	510	1500
4	12.4	290	21.0	330	1000
5	13.0	340	20.5	350	1000

Tabella 2 – distribuzione verticale delle Vs

Nelle figure da 4.1 a 4.5 sono riportate le curve di dispersione in cui viene evidenziato il fitting tra il picking eseguito sugli spettri di frequenza ed il modello delle Vs. In queste figure è riportato anche il valore della Vs30 (velocità media nei primi 30 m).

In generale, tutti i siti analizzati hanno rilevato caratteristiche piuttosto simili:

- Sulla base delle  $V_{s30}$  (comprese nell'intervallo 430-560 m/s) in tutte le linee si è in presenza di suoli di fondazione di tipo B (*depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* –  $360 < V_s < 800$  m/s).
- Tutti i modelli delle  $V_s$  sono risultati a 3 strati, con velocità crescenti in profondità. Il primo strato ha spessori variabili tra 10 e 13 m e le velocità tra 290 e 400 m/s, mentre le velocità del secondo strato variano tra 330 e 510 m/s. Tutte queste velocità sono tipiche di depositi alluvionali sciolti, con grado di compattazione crescente con la velocità.
- Il substrato veloce (ossia lo strato alla cui superficie non si verifica amplificazione litologica), con velocità  $> 800$  m/s si rileva sempre a profondità comprese tra 20 e 24 m. Le velocità piuttosto elevate del substrato (1000-1500 m/s) sono probabilmente determinate dalla presenza del conglomerato quaternario “Ceppo”.
- Sulla base di queste distribuzioni di  $V_s$ , per le linee 1 e 3 la scheda morfologica più simile è quella dei limi argillosi 2 (curva 3), mentre per le linee 4 e 5, che presentano velocità leggermente inferiori) si è scelta la scheda morfologica dei limi sabbiosi 2 (curva 2). Poiché i periodi di sito calcolati sono risultati sempre inferiori a 0.4 s, per gli edifici con periodo non superiore a 0.5 s, si è utilizzato il tratto polinomiale delle curve per il calcolo di  $F_a$ .
- In conseguenza delle caratteristiche descritte i siti indagati con le linee 1 e 3, per entrambe le classi di periodo ( $T=0.1-0.5$  s e  $T > 0.5$  s), il fattore di amplificazione calcolato è risultato non superiore a quello soglia fornito dalla regione per i suoli di tipo B (1.5 – 1.7). Vedi Tab.3.
- Per quanto riguarda le linee 4 e 5, per gli edifici con periodo maggiore ( $T > 0.5$  s) si è ottenuto lo stesso risultato, mentre per gli edifici con periodo minore ( $T=0.1-0.5$  s) i valori di  $F_a$  calcolati sono risultati superiori a quelli soglia previsti per i suoli B. Per questa classe di periodo, in fase progettuale si dovranno adottare gli spettri di normativa dei suoli di tipo C ( $F_a=1.9$ ). Vedi Tab.3.

Linea	$V_{S30}$ (m)	Periodo ( $T_p$ ) (sec)	(T=0.1-0.5 s)			(T > 0.5 s)		
			suolo	$F_a$ calc.	$F_a$ soglia	suolo	$F_a$ calc.	$F_a$ soglia
1	513	0.22	<b>B</b>	1.6	<b>1.5</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	557	0.18	<b>B</b>	1.5	<b>1.5</b>	<b>B</b>	1.1	<b>1.7</b>
4	386	0.27	<b>C</b>	2.0	<b>1.9</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>
5	434	0.24	<b>C</b>	1.7	<b>1.9</b>	<b>B</b>	1.2	<b>1.7</b>

Tabella 3 –  $V_{s30}$ ,  $T_p$ , Suolo di riferimento e  $F_a$

## 7. Conclusioni

I valori soglia indicati dalla scheda regionale nel comune di Coccaglio, per suoli di tipo B, sono di 1.5 e di 1.7 rispettivamente per edifici con periodo inferiore a 0.5 s (bassi e rigidi) e superiore a 0.5 s (edifici alti e flessibili). Per i suoli di tipo C il valore  $F_a$  di riferimento per gli edifici con periodo non superiore a 0.5 s è di 1.9 (vedi Tab. 3).

Sulla base di questi dati per la parte bassa, pianeggiante, del territorio comunale, indagato con le linee sismiche 1 e 3, per la progettazione degli edifici di entrambe le classi di periodo si adotteranno gli spettri di normativa relativi ai suoli di tipo B. Nel settore di pianura più elevato, indagato con le linee 4 e 5, per gli edifici con periodo non superiore a 0.5 s, verranno adottati gli spettri di normativa dei suoli di tipo C, mentre per gli edifici con periodo superiore si utilizzeranno gli spettri dei suoli di tipo B.



Fig. 1 – Ubicazione linee sismiche



# SPETTRI DI FREQUENZA

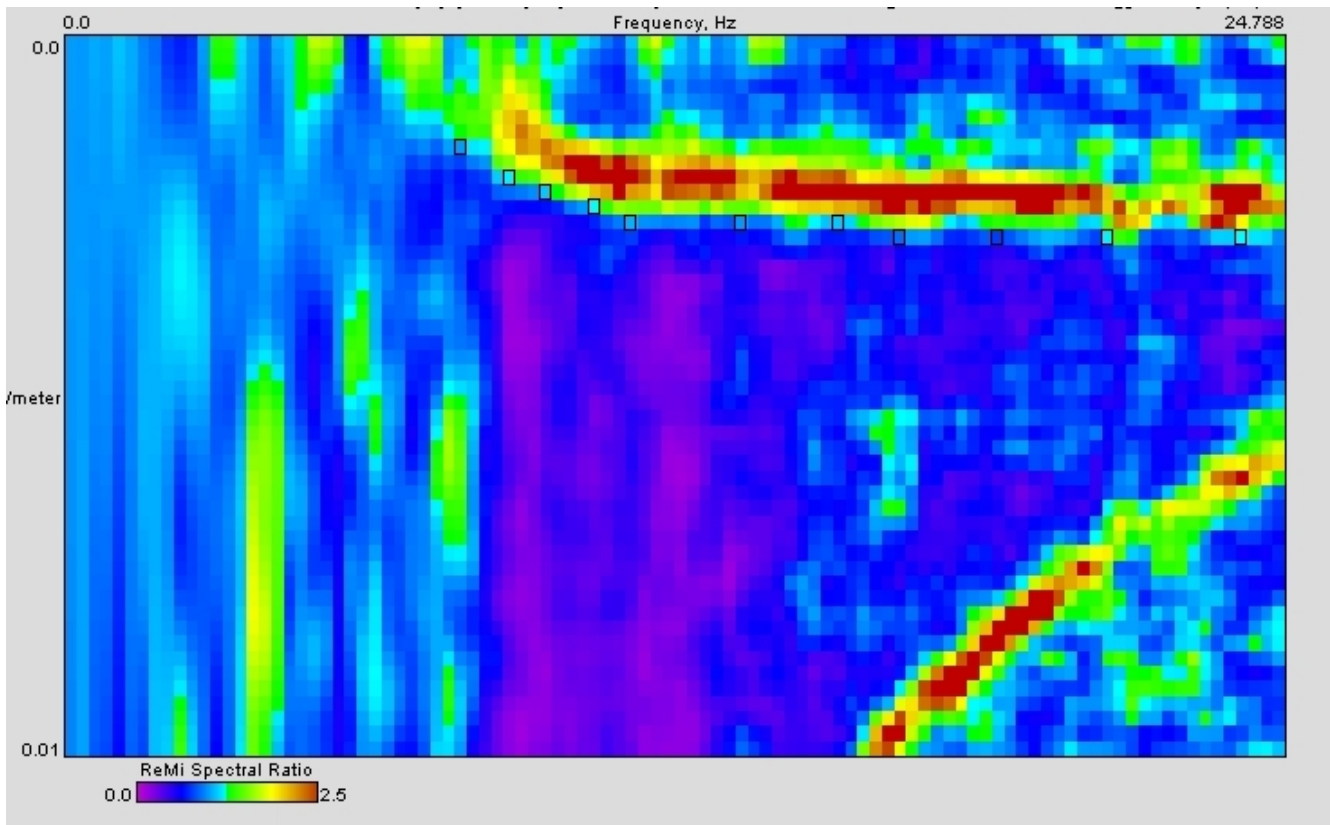


Fig. 2.1 - linea coc-1 - 3

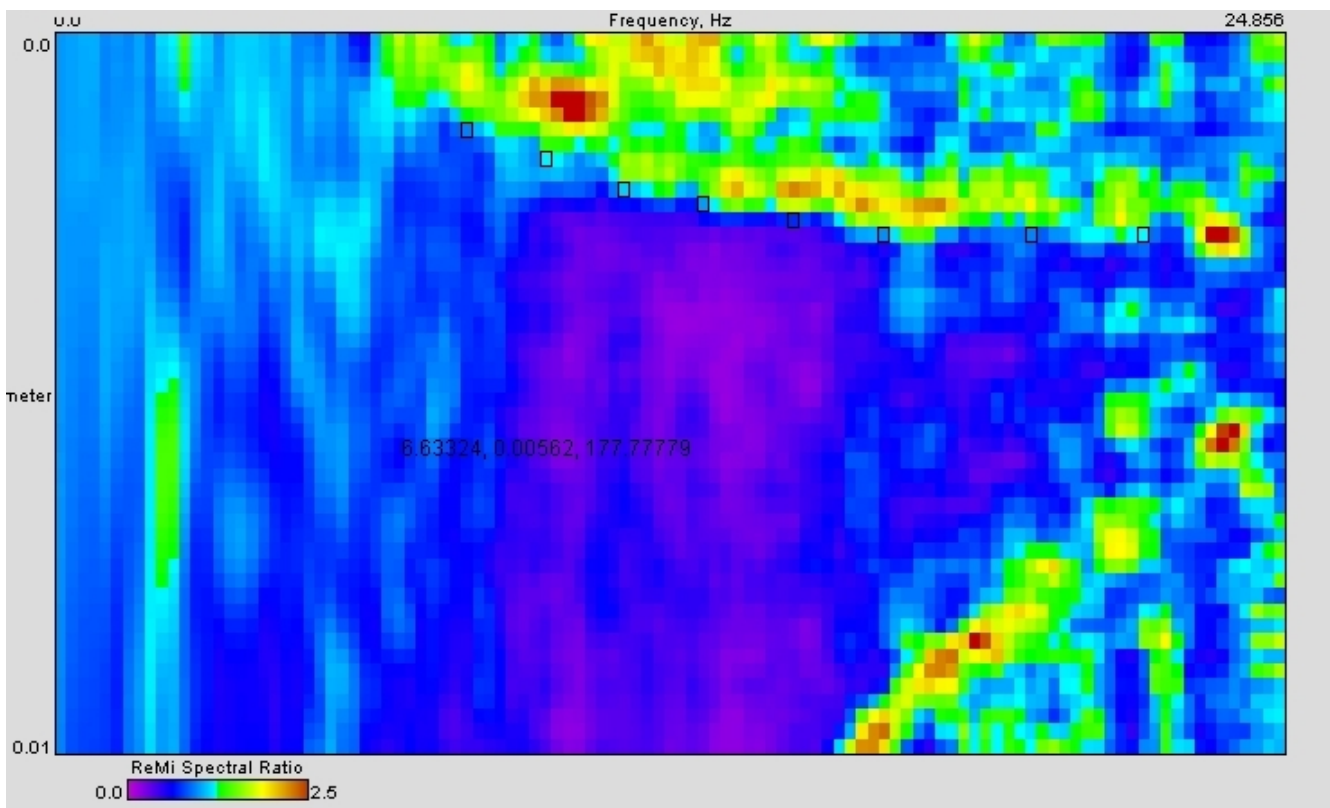


Fig. 2.2 - linea coc-3 - 7

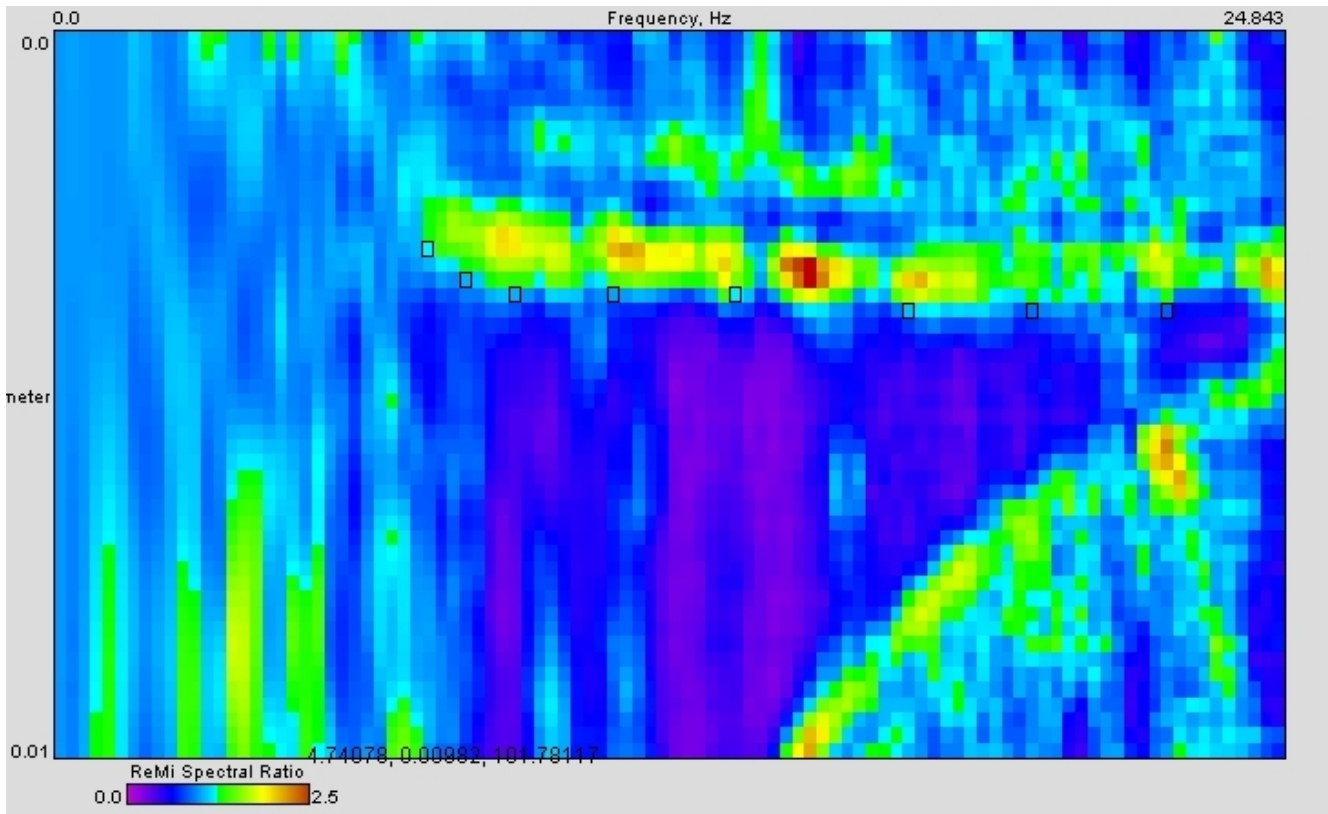


Fig. 2.3 – linea coc-4 -1

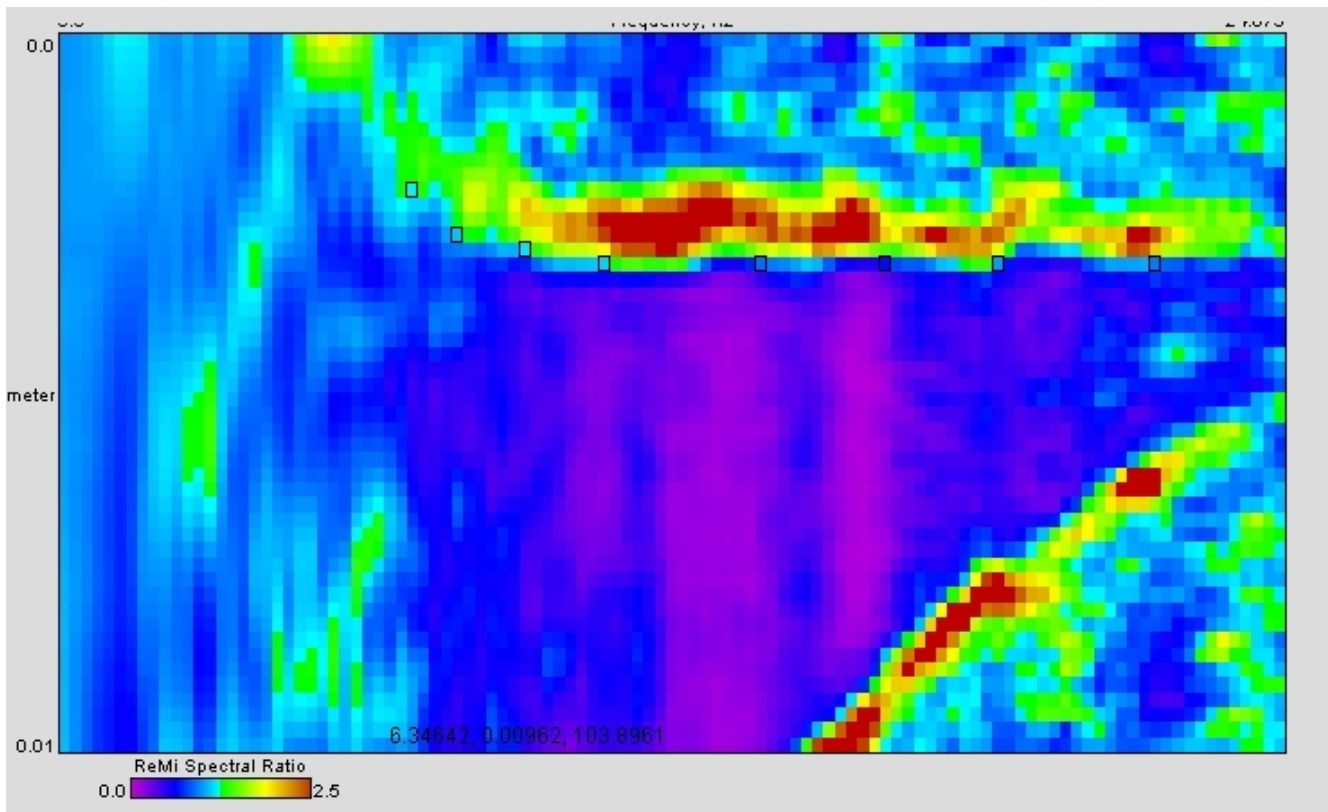


Fig. 2.4 – linea coc-5 - 0

# MODELLI DI VELOCITÀ DELLE ONDE S

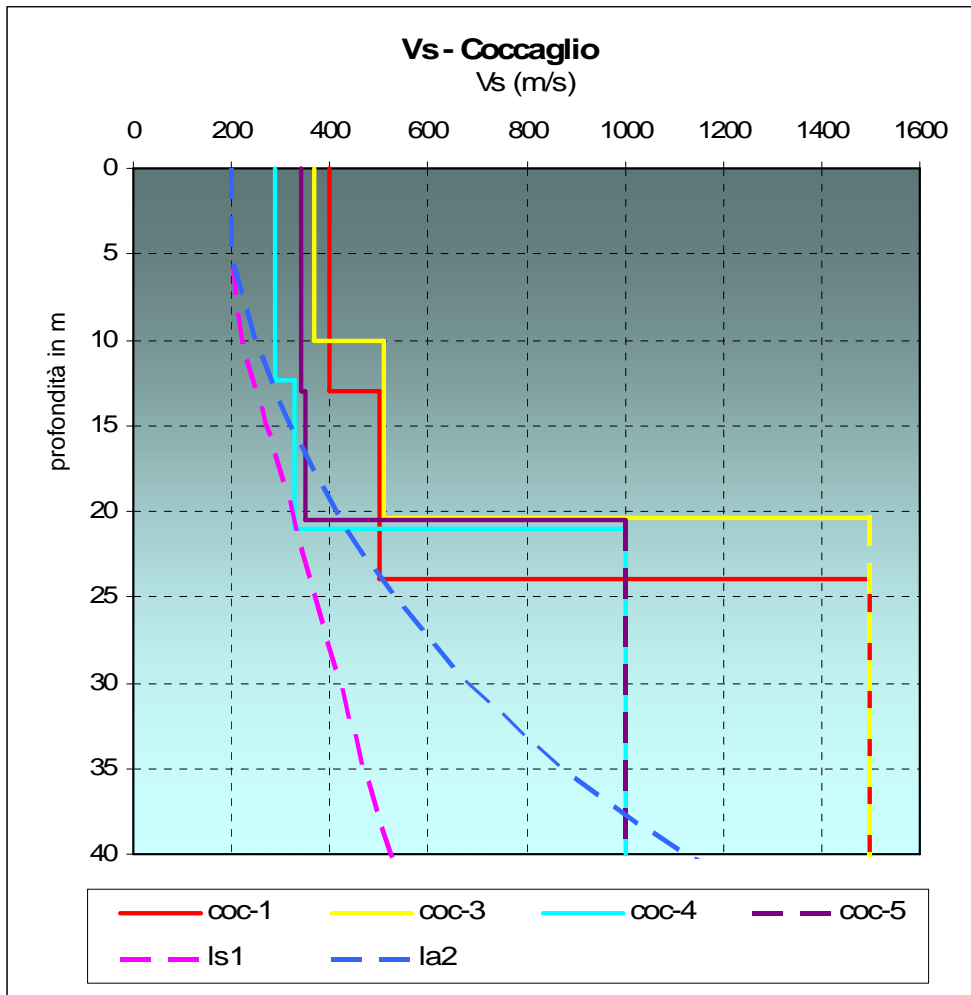


Fig. 3

# CURVE DI DISPERSIONE E PICKING

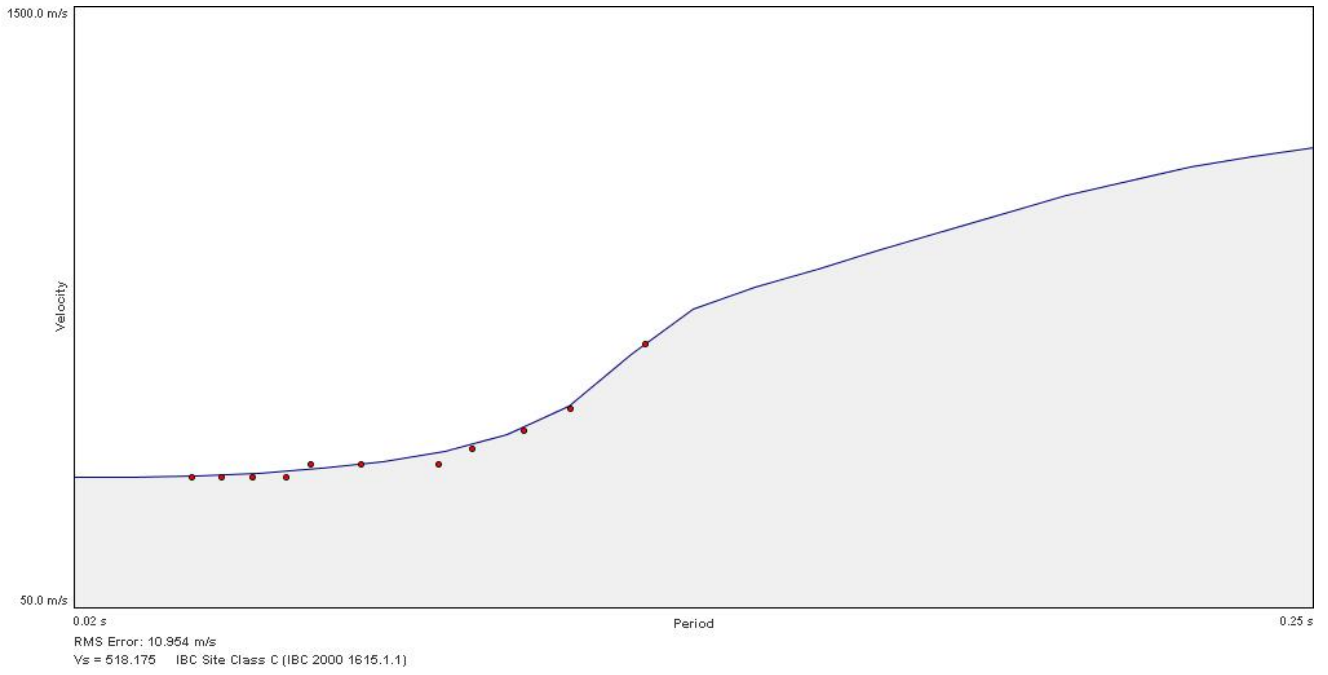


Fig. 4.1 - linea coc-1 - 3

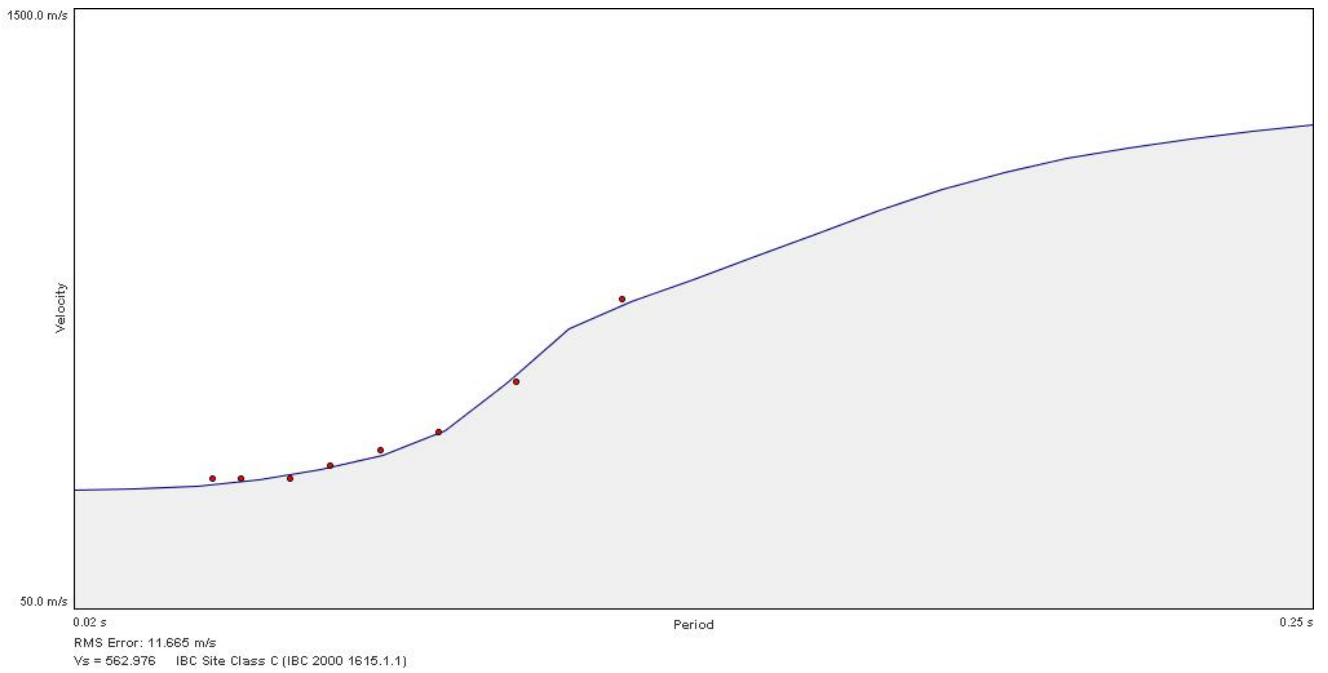


Fig. 4.2 - linea coc-3 - 7



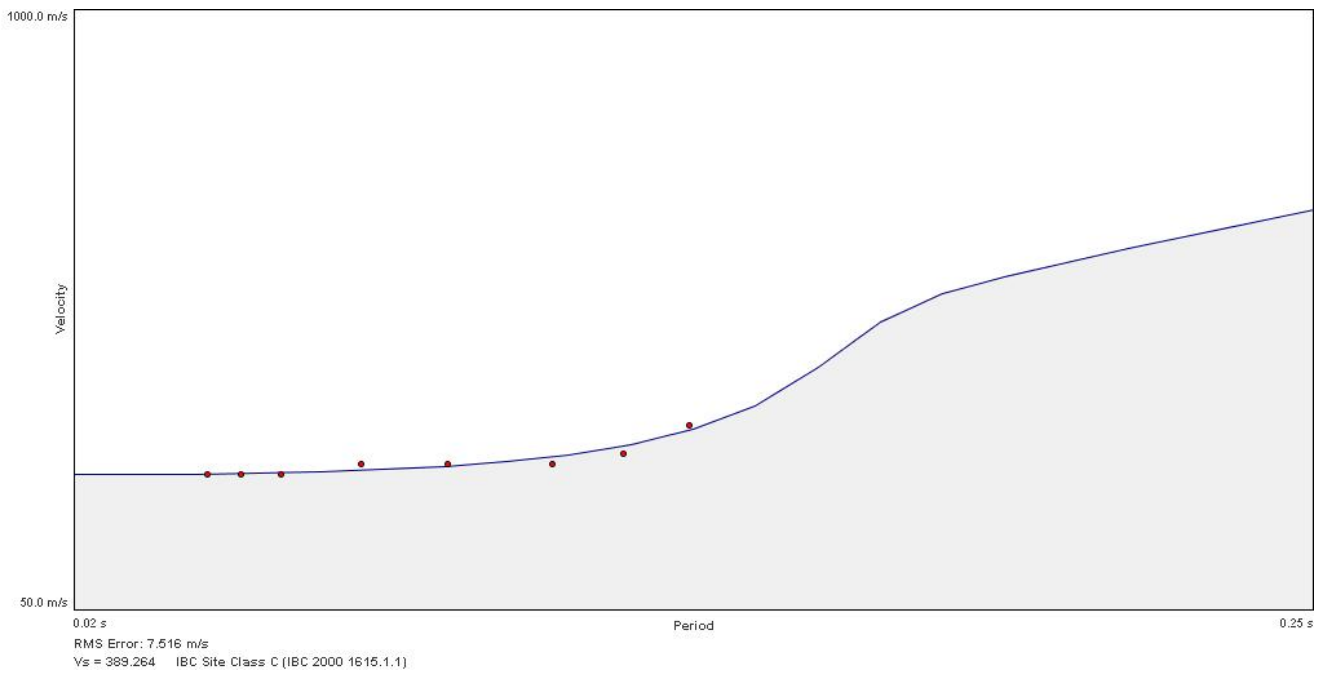


Fig. 4.3 – linea coc-4 -1

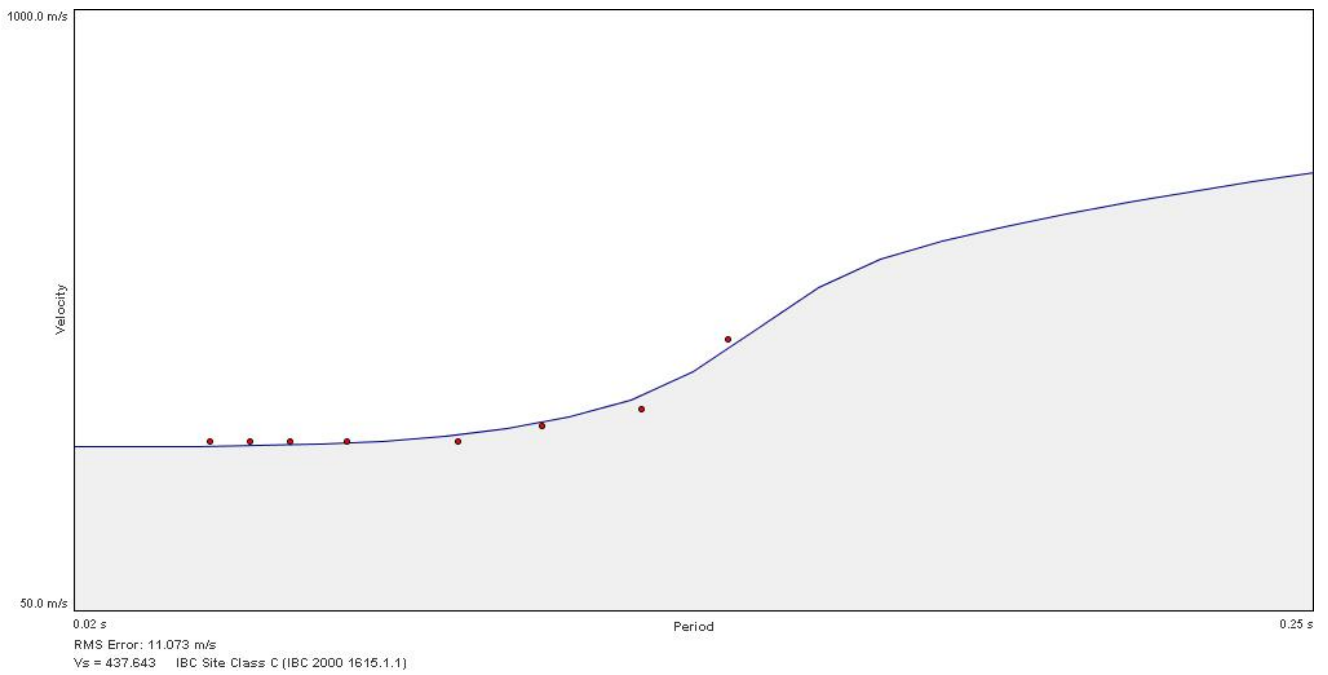


Fig. 4.4 – linea coc-5 - 0