

**COMUNE DI CASALMORO
PROVINCIA DI MANTOVA
REGIONE LOMBARDIA**

PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

**AGGIORNAMENTO DELLO STUDIO
GEOLOGICO ALLA COMPONENTE SISMICA**

L.R. 11 marzo 2005 N. 12
D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566
D.G.R. 28 maggio 2008 n. 8/7374

RELAZIONE GEOLOGICA

Aprile 2009



**STUDIO
GEOLOGICO**

DOTT. GEOLOGO NOVELLINI GIOVANNI

Via Tito Speri n. 27 46100 Mantova
Tel. 0376 - 321124 Fax 0376 - 226351 Cell. 339 - 5300718
e. mail: giovanni.novellini@studioidrogeologico.191.it
Partita. I.V.A. 02055040204 Cod. Fisc. NVL GNN 38A25 H218R

RELAZIONE GEOLOGICA**INDICE**

1. Premessa	pag. 4
2 Normativa	pag. 5
3 Raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata	pag. 6
3.1 Documentazione disponibile presso la Regione Lombardia	pag. 6
3.2 Altri studi e ricerche di carattere generale e locale	pag. 8
4. Inquadramento cartografico	pag. 10
5. Inquadramento geografico	pag. 12
6. Inquadramento geo-tettonico	pag. 13
6.1 Assetto tettonico della Pianura Padana	pag. 13
7 Inquadramento sismico. Sismicità storica	pag. 16
7.1 Sismicità del territorio	pag. 16
7.1 Sismicità storica	pag. 16
8. Nuova classificazione sismica del territorio comunale	pag. 18
9. Risposta sismica locale	pag. 22
9.1 Effetti di amplificazione sismica locale	pag. 22
9.2 Effetti di instabilità	pag. 23
10 Analisi e valutazione degli effetti sismici. Normativa	pag. 24
11 Carta della Pericolosità Sismica Locale	pag. 29
11.1 Analisi di 1° Livello	pag. 29
11.1.1 Caratteristiche geomorfologiche	pag. 30
11.1.2 Caratteristiche litologiche	pag. 31
11.1.2.1 Sondaggi a mano	pag. 31
11.1.2.2 Prove penetrometriche pregresse	pag. 31
11.1.2.3 Prove penetrometriche per il PGT	pag. 36
11.1.2.4 Stratigrafie pozzi per acqua	pag. 36
11.1.3 Caratteristiche idrogeologiche	pag. 38
11.1.4 Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA)	pag. 40
11.2 Zonizzazione del territorio comunale	pag. 43
11.3 Scenari di pericolosità sismica locale	pag. 44
11.4 Carta della pericolosità sismica locale del Comune	pag. 44
12 Analisi di 2° Livello. Fattori di amplificazione.	pag. 46
12.1 Analisi di 2° Livello per la Zona 4a	pag. 46
12.1.1 Analisi di 2° Livello nell'area "Campo sportivo"	pag. 46
12.1.1.1 Modello geofisico	pag. 51

12.1.1.2 Fattori di amplificazione Fa	pag. 52
12.1.1.3 Verifica alla liquefazione dei terreni	pag. 53
12.2.2 Analisi di 2° Livello nell'area "Via Ronchi"	pag. 54
12.2.2.1 Modello geofisico	pag. 58
12.2-2.2 Fattori di amplificazione Fa	pag. 59
12.2.2.3 Verifica alla liquefazione dei terreni	pag. 60
 13 Nuova Carta di fattibilità delle azioni di piano.	 pag. 61
13.1 Classi di fattibilità	pag. 61
 14 Norme geologiche di piano	 pag. 64
14.1 Norme generali	pag. 64
14.2 Norme specifiche	pag. 65
14.3 Tabella. Classi di fattibilità e Norme geologiche di piano	pag. 69

ALLEGATI

ALLEGATO 1 - Area "Campo sportivo"	pag. 72
ALLEGATO 2 - Area "Via Ronchi"	pag. 81

CARTOGRAFIA

Tavola A – Carta della Pericolosità Sismica Locale

Tavola B – Nuova Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Casalmoro viene redatto il presente **"aggiornamento dello Studio geologico alla componente Sismica"**, ai sensi della D.G.R. 22.12.2005 n. 8/1566 *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12"* e della D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374 – Aggiornamento dei *"Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11.03.2005 n. 12"*, che ha recepito le disposizioni in materia di microzonazione sismica contenute nel D.M. 14.01.2008 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*.

Pertanto la direttiva regionale è in linea con le disposizioni nazionali in campo sismico introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.12003, recepite dalla Regione Lombardia con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 e comprese nel D.M. 14.01.2008 *"Norme Tecniche delle Costruzioni"*,

L'obiettivo fondamentale della direttiva è la individuazione e la delimitazione di zone del territorio comunale (microzonazione sismica) alle quali vengono attribuiti parametri e prescrizioni finalizzati alla riduzione del rischio sismico da utilizzare nella pianificazione urbanistica, nella progettazione di manufatti, nella messa in sicurezza di edifici esistenti ed in fase di emergenza sismica.

Il Comune di Casalmoro è già dotato dello Studio Geologico ai sensi della L.R. 24.11.1997 n. 41 e della D.G.R. 29/10/2001 n. 7/6645, esteso all'intero territorio comunale; esso è stato assunto dal P.R.G.C. vigente ed è già presente agli atti degli Enti interessati (Comune di Casalmoro, Provincia di Mantova e Regione Lombardia), ai quali si rimanda.

Pertanto, ai sensi delle D.G.R. sopra richiamate, il Comune è tenuto ad aggiornare lo Studio Geologico alla sola componente sismica, tramite la redazione dei seguenti elaborati:

- **Carta della Pericolosità Sismica Locale**; sulla carta viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo, in grado di determinare gli effetti sismici locali che possono modificare il terremoto di riferimento (approfondimento di 1° LIVELLO). Sugli scenari di pericolosità sismica locale, riportati nella Tabella 1 - Allegato 5 - D.G.R. 1566/2005 e nella successiva D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374, se previsti, vengono effettuati successivamente gli approfondimenti di 2° LIVELLO, secondo le procedure stabilite dalla D.G.R. stessa.

- **Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano**; si tratta di un aggiornamento della carta di fattibilità già in vigore, sulla quale vengono riportati con appositi retini "trasparenti" le aree a pericolosità sismica locale soggette ad amplificazioni sismiche, distinguendo quelle con Fattore di Amplificazione (Fa) maggiore al *valore soglia* comunale da quelle con Fa minore al *valore soglia* comunale. La procedura di individuazione del Fa è fissata dalla D.G.R. 22.12.2005 n. 8/1566 e aggiornata dalla D.G.R. 28.05.2008 n. 8/7374, Allegato 5. Tale sovrapposizione non comporta quindi un automatico cambio di Classe di fattibilità, ma fornisce indicazioni su dove poter utilizzare, in fase di progettazione, lo spettro di risposta elastico previsto dal D.M. 14.01.2008 *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*, oppure dove sia necessario realizzare preventivamente gli studi di 3° Livello (fermo restando la possibilità di utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore).

- **Norme Geologiche di Piano** formulate in modo da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole, oltre che nel Documento di Piano del P.G.T., come stabilito dalla disposizione della D.G.R. n. 7374/2008.

2. NORMATIVA

Ai fini della redazione di quanto sopra esposto, si è fatto riferimento alla seguente normativa:

a) Nazionale

- Legge 02.02.1974 *“Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”*;
- D.M. 16.01.1996 *“Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche”*;
- D.M. 11.03.1988 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20.03.2003 n. 3274 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”* e successive modifiche e integrazioni;
- Decreto 21 ottobre 2003 *“Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante <Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica>”*;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 28 aprile 2006 n. 3519.
- Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici], prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003; tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.
- Decreto Ministeriale 14.01.2008 *“Norme tecniche per le Costruzioni”*

b) Regionale

- L.R. 24.11.1997 n. 41 *“Prevenzione del rischio geologico, idrogeologico e sismico mediante strumenti urbanistici generali e loro varianti”*;
- D.G.R. 29.10.2001 n. 7/6645 *“approvazione direttive per la redazione dello studio geologico ai sensi dell'art. 3 della L.R. 41/97”*;
- DGR 07.11.2003 n. 14964 *“Disposizioni preliminari per l'attuazione dell'Ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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>”*;
- d.d.u.o. 21.11.2003 n. 19904 *“Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003”*;
- L.R. 11.03.2005 n. 12 *“Legge per il governo del territorio”*;
- DGR 22.12.2005 n. 1566 *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”*.
- DGR 28.05.2008 n. 7374 Aggiornamento dei *“Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12”*.

Sulla base della normativa sopra indicata il Comune di Casalmoro è classificato in ZONA 4, con valore di accelerazione massima al suolo pari a 0,05g.

Successivamente è stata approvata l'OPCM 28 aprile 2006 n. 3519 contenente una nuova mappa di pericolosità sismica in base alla quale accelerazione massima al suolo per Casalmoro è compresa tra 0,100 e 0,125 g con conseguente passaggio dalla zona sismica 4 alla zona 3.

Se la Regione Lombardia adottasse la nuova classificazione sismica e se nulla cambiasse della normativa vigente riguardante la pianificazione urbanistica, la progettazione delle nuove costruzioni e la verifica dell'esistente, il Comune dovrebbe applicare la procedura dell'Allegato 5 della D.G.R.1566/2005 e della successiva DGR 28.05.2008 n. 7374 riferita alla zona sismica 3 e rivedere le Norme Geologiche di Piano.

3. RACCORDO CON GLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE SOVRAORDINATA

Per quanto riguarda il raccordo con gli strumenti di pianificazione sovraordinata, si è fatto riferimento ai seguenti documenti riguardanti il territorio comunale:

a) Piani Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, approvati dall'Autorità di Bacino del Fiume Po e in particolare:

- Piano Stralcio delle Fasce Fluviali del fiume Po (PSFF), approvato con d.p.c.m. 24.07.1998;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del fiume Po (PAI), approvato con d.p.c.m. 24.05.2001 e successive varianti e integrazioni;
- Piano Straordinario per le Aree a Rischio Idrogeologico Molto Elevato (PS267) e successivi aggiornamenti;

b) Piano di Gestione del Bacino Idrografico, costituito dall'Atto di Indirizzi, approvato dal Consiglio regionale il 27.07.2004;

c) Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Mantova (PTCP), approvato con Delibera del Consiglio Provinciale n. 61 del 28.11.2002 e pubblicato sul B.U.R.L., serie inserzioni, n. 5 del 29.01.2003.

3.1 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE PRESSO LA REGIONE LOMBARDIA

Presso la Regione Lombardia Direzione Generale Territorio e urbanistica, altre Direzioni o Comuni sono disponibili documenti e studi che riguardano le caratteristiche fisiche del territorio e che devono essere di riferimento per la stesura degli studi geologici del Comune ai sensi della L.R.12/2005 (ALLEGATO 1 - Documentazione consultabile presso le strutture regionali).

a) documentazione di riferimento

I documenti contenuti in ALLEGATO 1 della D.G.R. n.1566/2005 non riguardano il Comune di Casalmoro.

b) Ulteriore documentazione consultabile

Si tratta di elaborati di vario genere utili da consultare per la stesura degli studi geologici e disponibili presso le Strutture geologiche regionali:

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

- Cartografia geologica predisposta dalla Struttura Analisi e informazioni territoriali nell'ambito del Progetto CARG (Carta Geologica)
- Archivio dell'U.O. Tutela e valorizzazione del Territorio con relazioni di sopralluogo e studi geologici di supporto alla progettazione di opere di difesa del suolo.
- Progetti ordinanze eventi calamitosi
- Schede frane della Provincia di Sondrio
- Studi sul rischio sismico:
 1. Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia. Regione Lombardia, CNR, 1996
 2. Analisi del comportamento di edifici dei centri storici in zona sismica nella Regione Lombardia". Regione Lombardia 1998
 3. "Valutazione della stabilità dei versanti in condizioni statiche e dinamiche nella zona campione dell' Oltrepo Pavese". Regione Lombardia 1998
 4. "Carta dei movimenti franosi" - 15 tavole della C.T.R. a scala 1:10.000 della zona dell' Oltrepo Pavese". Regione Lombardia 1998
 5. "Scenari di rischio idrogeologico in condizioni dinamiche per alcuni versanti tipo dell' Oltrepo pavese valutati tramite caratterizzazione geotecnica". Regione Lombardia 1999
 6. "Analisi di stabilità in condizioni dinamiche e pseudostatiche di alcune tipologie di frane di crollo finalizzata alla stesura di modelli di indagine e di interventi". Regione Lombardia 2000
 7. "Vulnerabilità sismica delle infrastrutture a rete in zona campione della Regione Lombardia". Regione Lombardia 2000
 8. "Valutazione della pericolosità e del rischio da frana in Lombardia". Regione Lombardia - D.G. Territorio e Urbanistica, 2001.
 9. "Prevenzione dei fenomeni di instabilità delle pareti rocciose. Confronto dei metodi di studio dei crolli nell'arco alpino". Progetto Falaises - programma Interreg IIC - Medoc, 2001.
 10. "Mitigation of hydro-geological risk in Alpine catchments - Linee Guida". Progetto CatchRisk - programma Interreg IIIB - Spazio Alpino, 2005 .
 11. "Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale". Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.
- Studi sul rischio di esondazione dal punto di vista storico-geomorfologico
 1. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Staffora (PV)" .Studio IReR + cartografie 1999
 2. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Torrente Pioverna (LC) e Fiume Serio (BG)" .Studio IReR + cartografie + CD-rom 1999
 3. "Individuazione delle zone potenzialmente inondabili dal punto di vista storico e geomorfologico ai fini urbanistici - Fiume Oglio (Alta Valcamonica) – in corso di pubblicazione

c) Dati di riferimento contenuti nel Sistema Informativo Territoriale Regionale

Si riporta una sintesi dei dati attualmente disponibili, in continuo aggiornamento.

Cartografia On line – Banche dati del SIT – Ambiente e Territorio
- Servizi tematici

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

- Uso del suolo
- Dissesto idrogeologico
- Basi ambientali della pianura
- Basi informative dei suoli
- Geologia degli acquiferi padani

Progetti

- Catchrisk
- Censimento geositi lombardi
- NAB - Gestione del rischio idrogeologico in ambiente montano

Sistemi informativi tematici

- CARG – Cartografia geologica
- SIBA – Sistema Informativo Beni Ambientali
- GEOIFFI – Inventario Frane e Dissesti
- SIBCA – Sistema Informativo Bacini e Corsi d'Acqua
- STUDI GEOLOGICI – Sistema informativo studi geologici e PAI

3.2 ALTRI STUDI E RICERCHE DI CARATTERE GENERALE E LOCALE

Oltre alla bibliografia già riportata nello Studio Geologico per il PRG e alla quale si rimanda, sono stati presi in esame nuovi documenti che rivestono importanza nella presente fase di aggiornamento alla componente sismica; in particolare:

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MANTOVA (2000) - Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile per il Rischio Sismico. A cura di Università di Bologna, Dipartimento di Fisica).

AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI MANTOVA (2003) – Nuovo Piano Cave della Provincia di Mantova, settori sabbie, ghiaie e argille, ai sensi della l.r. 8 agosto 1998, n. 14. D.C.R. 17 dicembre 2003, n. VII/947.

REGIONE LOMBARDIA, ENI DIVISIONE AGIP (2002) – Geologia degli acquiferi Padani della Regione Lombardia. A cura di C. Carcano e A. Piccin. S.EL.CA., Firenze.

GRUPPO DI LAVORO (2004) – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Metodi di valutazione della risposta sismica locale, con particolare riferimento alla modellazione numerica: alcuni casi reali. Pavia, 10 novembre 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Proposta di una metodologia per la valutazione degli effetti locali a supporto della pianificazione. Pavia, 10 novembre 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2006) - Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio. Milano, febbraio 2006.

4. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il territorio comunale di Casalmoro è rappresentato nella seguente cartografia:

a) CARTA TECNICA REGIONALE

scala 1:10.000

Sezione N° D7d1 Visano
Sezione N° D7d2 Casalmoro
Sezione N° D7e1 Castel Goffredo
Sezione N° D7e2 Casaloldo

scala 1:25.000

Tavola N° D7 II Asola

scala 1:50.000

Foglio D7 Cremona

b) ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE ITALIANO

scala 1:25.000

Foglio 61, Tavoletta I SE Asola
Foglio 61, Tavoletta I NE Remedello

scala 1:50.000

Foglio 143 Castiglione delle Stiviere

scala 1:100.000

Foglio 61 Cremona

c) CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

scala 1:100.000

Foglio 61 Cremona

d) CARTOGRAFIA DEL PAI

scala 1:25.000

FOGLIO 143 SEZ. III - Asola

e) CARTOGRAFIA DEL P.T.C.P. – CIRCONDARIO A

scala 1:50.000

- TAV. 1 Quadro delle informazioni territoriali. Valutazione delle compatibilità delle previsioni di intervento.
- TAV. 2 Carta delle attenzioni e delle indicazioni di piano. Sistema fisico-naturale e valorizzazione ambientale.
- TAV. 3 Carta delle attenzioni e delle indicazioni di piano. Sistema paesistico e storico- culturale.
- TAV. 4 Carta delle attenzioni e delle indicazioni di piano. Sistema insediativo urbano e infrastrutturale

5) INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il comune di Casalmoro si trova nella parte nord occidentale della Provincia di Mantova, al confine con la Provincia di Brescia. Le coordinate geografiche del territorio sono:

- Latitudine: 45° 24' a Sud e 45° 30' a Nord;

- Longitudine: 10° 38' a d Ovest e 10° 43' ad Est.

A partire da Nord e procedendo in senso orario confina con i seguenti Comuni: Acquafredda (BS), Castel Goffredo (MN), Asola (MN), Remedello (BS).

Il territorio comunale, avente una superficie di 13,85 Km², risulta pressochè pianeggiante con quota massima di 53 metri s.l.m. a Nord e minima di 40 metri s.l.m. a Sud; in alcuni punti, all'interno della valle terrazzata del Chiese si hanno quote più basse di 36-37 metri. La pendenza della superficie topografica è diretta generalmente da Nord verso Sud con acclività di 1,7 per mille.

I confini naturali idrografici sono rappresentati da due tratti del fiume Chiese a Nord-Ovest ed a Sud Ovest; dal Vaso Bresciani e dal Branchello ad Ovest; dalla Roggia Isorella e Gambino-Baitella ad Oriente.

Dal punto di vista idrografico il comune di Casalmoro è ubicato a Nord del Fiume Po, in sponda sinistra del Fiume Oglio. Il suo territorio è attraversato da Nord a Sud dal fiume Chiese che sfocia in Oglio a circa 15 Km più a Sud. Il Chiese, nel territorio di Casalmoro, ha un letto incassato di alcuni metri rispetto al piano campagna circostante, da cui è separato da una scarpata naturale alla cui sommità sono stati talvolta costruiti, sulle opposte sponde, due arginelli che proteggono e delimitano piccole golene chiuse coltivate. Spesso la fascia fluviale, compresa tra la scarpata naturale e l'argine principale, si presenta completamente coperta da rigogliosa vegetazione arborea che tende a prolungarsi fino al letto del fiume. Le opere di difesa idraulica sono costituite dagli argini continui, sia in sponda destra che in sponda sinistra, da Nord a Sud. Nella parte meridionale, in corrispondenza dello sbocco della Seriola di Casalmoro nel Chiese, è presente un argine di collegamento tra il fiume e la scarpata di terrazzo di Corte Feniletto.

Tra i corsi d'acqua minori sono presenti in destra Chiese la Seriola Ravazziga e il Branchello; in sponda sinistra la Fossa Magna, la Seriola del Molino, la Seriola di Casalmoro, la Roggia Grama, il Vò di Sales, la Serioletta il Vaso Guadetto e il Gambino Baitella.

Oltre al centro abitato di Casalmoro, capoluogo del Comune, non sono presenti altri agglomerati significativi, ma case isolate o piccoli gruppi di case sparse.

Il sistema viario è imperniato sulla Strada Statale n° 343 "Asolana", che corre parallela alla Fossa Magna e attraversa il territorio comunale da Nord a Sud passando appena ad Est del centro abitato di Casalmoro. La viabilità minore raggiunge, attraverso strade secondarie, i centri abitati limitrofi delle Province di Mantova e Brescia.

Il territorio comunale presenta elementi naturali e antropici semplici, caratteristici della pianura mantovana e bassa-bresciana: è pianeggiante, ricco di acque superficiali e completamente utilizzato

dall'agricoltura con la prevalenza delle colture cerealicolo-foraggere.

Nel paesaggio rurale sono tipicamente presenti di case sparse, alcune con tipologia a corte. Le coltivazioni prevalenti sono i seminativi con mais, grano, orzo, soia e i prati avvicendati, mentre nella zona valliva si rinvencono anche prati stabili e colture orticole.

6. INQUADRAMENTO GEO-TETTONICO

L'inquadramento geo-tettonico del mantovano è stato desunto fondamentalmente dai seguenti studi:

- ENI - Enciclopedia del petrolio e del gas naturale. Roma 1962-71
- ENEL (1984) - *Rapporto per la localizzazione di una centrale elettronucleare nella Regione Lombardia*. Rapporto interno
- Programma Provinciale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile per il Rischio Sismico. Parte II: Risultati Analisi di Pericolosità. (a cura di :Amministrazione Provinciale di Mantova, Settore Ambiente Ecologia; Università di Bologna, Dipartimento di Fisica, 2000).

6.1 ASSETTO TETTONICO DELLA PIANURA PADANA

L'attuale assetto tettonico della Pianura Padana è determinato dai fenomeni orogenetici che hanno prodotto i suoi due principali confini strutturali: le Alpi Meridionali che la delimitano a Nord, l'Appennino Settentrionale che la delimitano a Sud (Figura 1). L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali deriva dalla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.

È all'interno di queste strutture tettoniche che si possono ricercare le sorgenti sismogenetiche, storicamente attive o potenziali, rilevanti per la pericolosità sismica della provincia di Mantova.

L'origine e la forma degli Appennini e delle Alpi Meridionali sono dovute alla convergenza tra le Placche Africana ed Europea che è in corso dal Cretaceo Superiore.

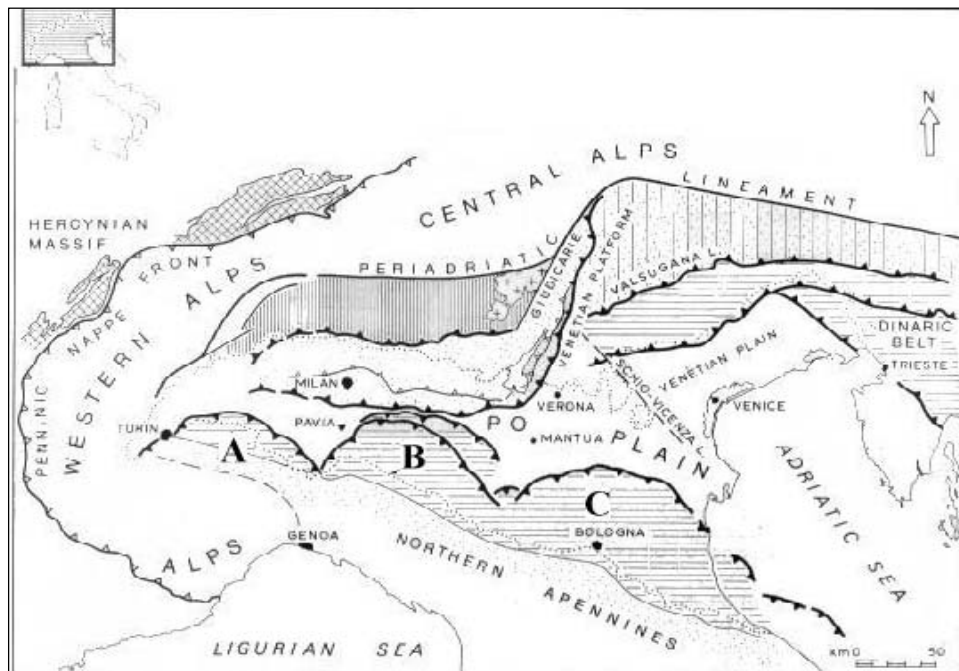


Fig. 1 - Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana; si possono osservare i due principali sistemi arcuati, Nordappenninico e Sudalpino, divisi dalla copertura Quaternaria indeformata. "A" Pieghe del Monferrato, "B" Pieghe Emiliane, "C" Pieghe Romagnole-Ferraresi.

Nel fronte strutturale Nord Appenninico, che si estende infatti per più di 50 Km nella Pianura Padana al di sotto della copertura Quaternaria, si identificano tre principali sistemi arcuati di sovrascorrimento, grossolanamente orientati E-W, partendo da occidente:

- 1) **Sistema di Pieghe Arcuate del Monferrato (A)**, è il più interno ed occidentale, esso segna l'ultima fase orogenetica tardo Pliocenica.
- 2) **Sistema di Pieghe Arcuate Emiliane (B)**, rappresentano il sistema centrale di sovrascorrimenti arcuati più prossimo all'Omoclinale Alpina e ampiamente collidente con il contrapposto, antico e sepolto, Fronte Sudalpino. L'ultima e più importante fase che ha interessato questo sistema arcuato si è attuata dal tardo Pliocene.
- 3) **Sistema di Pieghe Romagnole-Ferraresi (C)**, costituiscono il più orientale e complesso tra i sistemi di archi ed anche il più complesso tra i maggiori allineamenti della Pianura Padana. Le "Pieghe Romagnole", le strutture più interne dell'arco, sono caratterizzate da una disarmonia strutturale delle formazioni clastiche Terziarie rispetto alle formazioni carbonatiche Mesozoiche.

La struttura della Catena Alpina è divisa principalmente in due grandi domini tettonici dal Lineamento Insubrico o Periadriatico (costituito dai segmenti detti Linea della Gail-Pusteria, delle Giudicarie, del Tonale e del Canavese): a Nord del lineamento si distinguono le Alpi S.S., mentre a sud il Dominio Sudalpino o Alpi Meridionali (Figura 2).

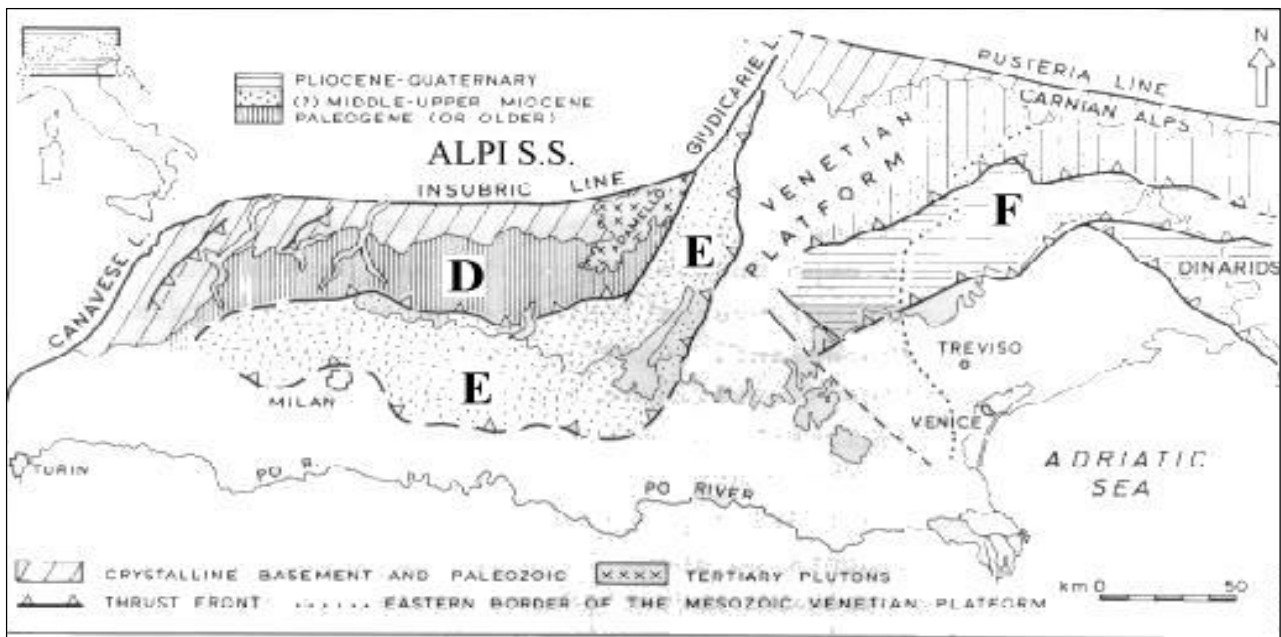


Fig. 2 - Classificazione cronologica generale dei fronti compressionali all'interno delle Alpi Meridionali. "D" Arco Orobico, "E" Arco delle Giudicarie-Val Trompia. "F" Arco del Friuli-Giulia.

Nelle Alpi Meridionali vengono distinti tre sistemi arcuati:

- 1) **Arco Orobico (D)**. Rappresenta il sistema più interno che risulta attivo dal Cretaceo Superiore al Paleogene; si sviluppa da Est ad Ovest, tra la zona dei Laghi ed il Massiccio dell'Adamello in prossimità del quale subisce una netta deviazione verso SW;

2) Arco delle Giudicarie-Val Trompia (E). È il sistema intermedio che risale al Miocene medio-inferiore. La direzione preferenziale NNE-SSW assunta dall'asse delle Giudicarie è fortemente curvata verso ovest in corrispondenza della Val Trompia e del Bresciano (Gomito del Garda) incuneandosi al di sotto della Pianura Padana;

3) Arco del Friuli-Giulia (F). È il sistema più esterno che rappresenta la maggior parte del settore orientale delle Alpi Meridionali. L'arco presenta un complesso fronte esterno concavo di età Pliocenica-Quaternaria, ed è la principale zona simogenica responsabile dell'elevata sismicità dell'area carnico-friulana.

Tra le Alpi Meridionali e l'Appennino si estende il bacino padano in cui si è sviluppata la successione detritica pliocenico-quaternaria, potente migliaia di metri; questi sedimenti poggiano su un substrato rigido formato da rocce carbonatiche mesozoico-eoceniche, interessato da una serie di faglie ad andamento Ovest-Est. (Fig. 3 - Sezione monoclinale pedealpina. da ENEL rapporto 8404)

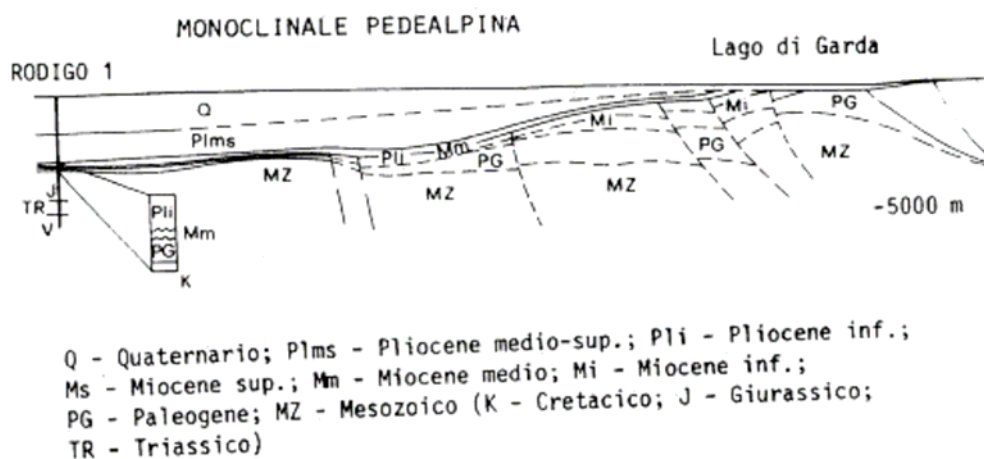


Fig. 3 – Sezione della monoclinale pedealpina

In sintesi, l'area padana è il risultato di una compressione asimmetrica bilaterale che ha agito in più tempi nell'intervallo Miocene superiore-Pliocene, compressione applicata in modo differente nei bordi meridionali e settentrionali del sistema. Quest'ultima condizione ha provocato una progressiva riduzione dello spazio indeformato della Pianura Padana ed il suo graduale assottigliamento. L'alto tasso di sedimentazione Plio-Pleistocenico all'interno dell'Avanfossa Padana in restringimento è da mettersi in relazione con il generale arretramento ed approfondimento del depocentro Padano. La conseguente subsidenza della Pianura Padana è stata incrementata dalla compressione Neogenica, come pure dai carichi implicati dagli spostamenti tettonici dei depositi sedimentari più recenti.

7 +INQUADRAMENTO SISMICO. SISMICITÀ STORICA

Partendo dalla pericolosità sismica di base indicata dalla normativa statale (OPCM 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni, viene valutata la risposta sismica locale (microzonazione sismica) necessaria per la pianificazione del territorio e per la progettazione delle opere, secondo quanto previsto dalla D.G.R. 1566/2005 e dalla successiva D.G.R. 7374/2008.

Attraverso la microzonazione sismica **è possibile** prevedere e mitigare gli effetti sismici che **possono** interessare il territorio comunale. Eventi sismici, provenienti da varie zone sismogenetiche, possono assumere caratteristiche diverse, anche a distanze di poche decine di metri, in relazione alle condizioni locali (litologiche, morfologiche idrogeologiche) tanto da provocare danni assai diversi a parità di tipologie costruttive e stato di conservazione delle costruzioni.

Quindi l'obiettivo della microzonazione sismica è la individuazione delle aree caratterizzate dallo stesso scenario sismico e la verifica della risposta sismica locale con indagini e metodologie affidabili, al fine di prevedere il comportamento dei terreni superficiali interessati dalle costruzioni attuali e future, quando sono sottoposti ad un evento sismico.

Per stimare la sismicità del Mantovano, definita come la distribuzione temporale e spaziale dei terremoti, si è utilizzato il Catalogo Parametrico dei Forti Terremoti in Italia o CPTI. Le stringhe di dati in esso contenute, riferite ai singoli terremoti, riportano per ciascun evento, limitatamente alle conoscenze disponibili, la data (anno, mese, giorno, minuto, secondo), la località epicentrale (latitudine e longitudine), i valori di Intensità (massima ed ipocentrale) e di magnitudo (macrosismica, strumentale e stimata). Il catalogo sismico CPTI ha permesso di ricostruire la storia sismica del mantovano e dei risentimenti (effetti macrosismici) per i singoli comuni.

7.1 SISMICITA' DEL TERRITORIO

Per conoscere la sismicità di un territorio vengono utilizzati i dati relativi ai terremoti storici, verificatisi sia in epoca prestrumentale che in epoca strumentale, e le caratteristiche sismotettoniche della regione.

Attraverso la distribuzione spaziale e temporale dei terremoti del passato è stato possibile infatti attribuire valori di Intensità e di Magnitudo ai singoli eventi sismici, e individuare le strutture sismogenetiche da cui prendono origine.

I dati sismometrici, registrati in epoca strumentale, forniscono informazioni sugli eventi sismici più complete e attendibili e consentono una valutazione più precisa della pericolosità sismica di base del territorio indagato; l'evento atteso può essere descritto sia in termini di scuotimento (Pga: accelerazione di picco attesa) sia in termini di intensità macrosismica (I_{MCS}).

7.2 SISMICITA' STORICA

L'Amm. Provinciale di Mantova, nell'ambito del "Programma provinciale di Previsione e Prevenzione di Protezione Civile" per il rischio sismico, ha predisposto uno studio specifico a cura dell'Università di Bologna, Dipartimento di Fisica.

Per questo studio è utilizzato il Catalogo Parametrico dei Forti Terremoti in Italia o CPTI che ha permesso di ricostruire gli effetti macrosismici per i singoli comuni del mantovano nel periodo dal 217 a.C. al 1992.

Le aree epicentrali nelle quali si sono verificati i massimi effetti che hanno provocato risentimenti anche nel mantovano sono:

- Appennino Parmense, Reggiano e Bolognese;
- Giudicarie;
- Bassa Bresciana;
- Franciacorta;
- Garda occidentale;
- Veronese;
- Dorsale ferrarese.

Le intensità massime storiche (VII° MCS) sono state riscontrate nell'Alto Mantovano, ai confini tra Brescia e Verona, per la vicinanza all'epicentro del forte terremoto che ha colpito Verona nel 1117 (IX MCS) e Brescia nel 1222 (IX MCS), nei Comuni del Sud-Ovest per la vicinanza all'area sismogenetica dell'Appennino reggiano-parmense e del Sud-Est per la vicinanza alla dorsale Dorsale ferrarese. A questo riguardo, al Comune di Casalmoro, più vicino ai centri sismogenetici della Bassa Bresciana e del Garda occidentale che a quelli dell'Appennino Reggiano-Parmense, è stata attribuita una Intensità Massima Macrosismica del VI° MCS.

Le stime di pericolosità comunale, realizzate in base all'approccio probabilistico secondo il metodo Cornell, sono così espresse:

$I_{10/50m} = 6,3$ ($I_{10/50m}$ = valore di intensità MCS con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Periodo di ritorno $T = 475$ anni.).

$PGA_{10/50s} = 0,108$ ($PGA_{10/50s}$ = valore medio della accelerazione di picco con una probabilità di superamento del 10 % in 50 anni. Periodo di ritorno $T = 475$ anni.).

E' stata inoltre stimata la pericolosità sismica dei Comuni mantovani secondo l'approccio probabilistico di sito, calcolando la probabilità di eccedenza dei gradi MCS pari o superiori alla soglia di danneggiamento (VI°, VII°, VIII°, IX°, X°, XI°) e l'intensità massima attesa (Iatt) relativi ad un periodo di esposizione di 50 anni (Periodo di ritorno $T = 475$ anni).

Per il Comune di Casalmoro si hanno i seguenti valori di pericolosità, calcolati con le intensità epicentrali, verificatesi dal 217 a.C. al 1992 in un raggio di 250 Km dal Comune, ed opportunamente attenuati, e l'intensità attesa (Iatt) per un tempo di esposizione di 50 anni (Periodo di ritorno $T = 475$ anni).

pericolosità da effetti attenuati							
Comune	VI	VII	VIII	IX	X	XI	Iatt
Casalmoro	0.79	0.41	0.09	0.01	0.00	0.00	7.0

8. NUOVA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE

Con la pubblicazione dell'Ordinanza n. 3274 del 20.03.2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", modificata dall'Ordinanza n. 3316 del 02.10.2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio italiano, con la individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona. Ogni zona è contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, secondo la seguente tabella:

Zona sismica	Valore di a_g	a (m/s^2)
1	0,35g	3,43
2	0,25g	2,45
3	0,15g	1,47
4	0,05g	0,49

La Regione Lombardia, con la D.G.R. 7 novembre 2003 n. 7/14964 "disposizioni preliminari per l'attuazione dell'ordinanza Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 recante primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", ha accettato la classificazione sismica dei singoli comuni proposta dalla OPCM sopracitata ed ha stabilito i modi e i tempi di applicabilità della nuova normativa sismica sia per le costruzioni esistenti che per quelle future.

Al Comune di Casalmoro è stata attribuita la zona sismica 4 (bassa sismicità con $a_g = 0,05 g$).

Recentemente è stata redatta una Mappa di Pericolosità Sismica [GRUPPO DI LAVORO (2004) – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici], prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20.03.2003; tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.

Questa iniziativa è stata rivolta a soddisfare l'esigenza di una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, ai sensi dell'Ordinanza PCM 20.03.2003 n. 3274, che ne fissa criteri e scadenza. In particolare:

- è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata **ZS9**, a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni acquisite negli ultimi anni. ZS9 è corredata, per ogni ZS, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità, determinati nella prospettiva di utilizzo con le relazioni di attenuazione. La nuova ZS9 viene riportata in Figura 4 – Zonazione sismogenetica ZS9.

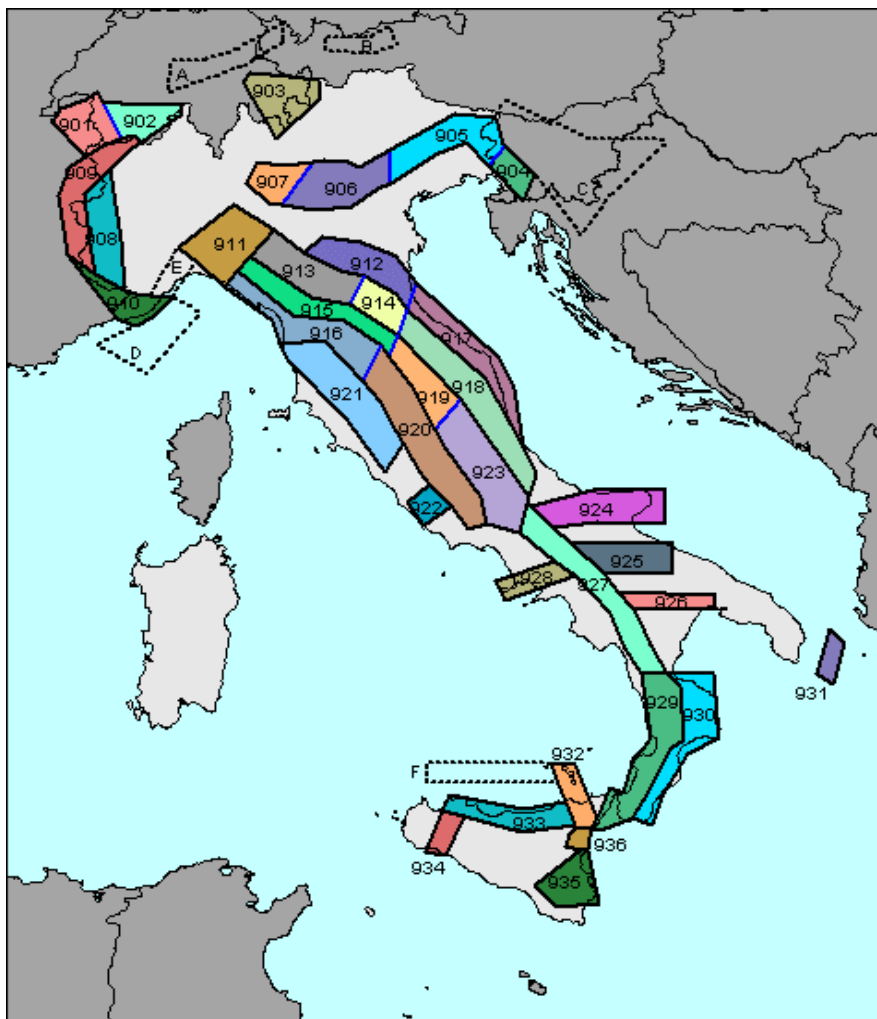


Figura 4 - Zonazione Sismogenetica ZS9

- è stata prodotta una versione aggiornata del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, detta CPTI2, mediante la ricompilazione ex-novo della porzione temporale 1981-1992 e la sua estensione al 2002;
- sono state verificate le relazioni di attenuazione di a_{max} definite a scala nazionale ed europea;
- sono stati determinati, con approcci storici e statistici, due insiemi di completezza dei dati del Catalogo CPTI2

La nuova mappa di pericolosità sismica (vedasi Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519) risulta essere la seguente (Figura 5 – Nuova mappa di pericolosità sismica):

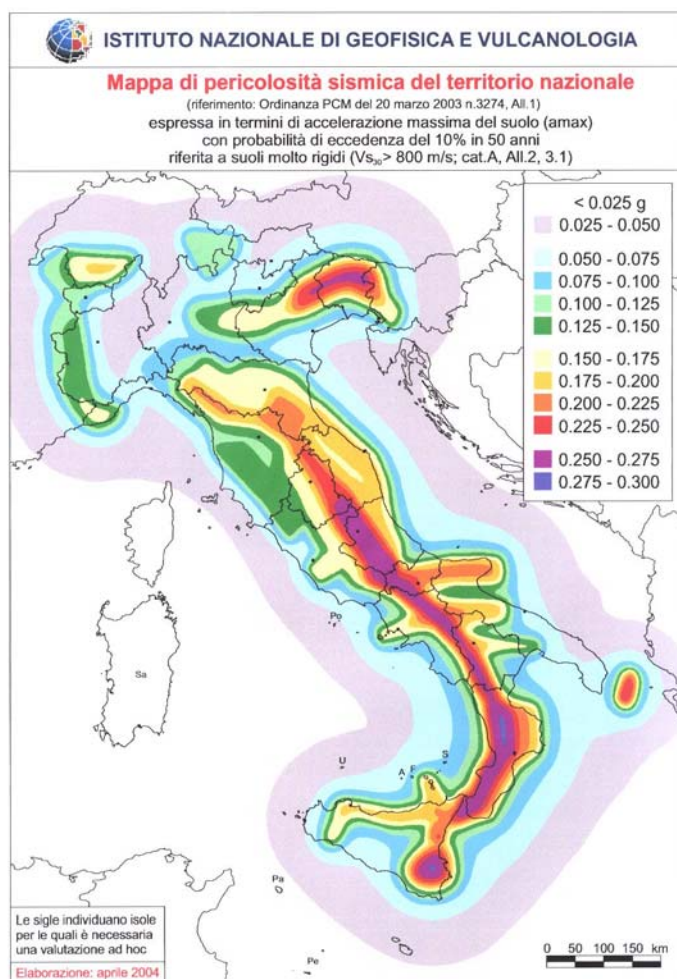


Figura 5 - Nuova mappa di pericolosità sismica

Per quanto riguarda la Regione Lombardia, la Provincia di Mantova e il Comune di Casalmoro, la nuova Mappa di Pericolosità Sismica viene riportata in Figura 6 – Nuova mappa di pericolosità sismica per la Regione Lombardia.

In tutto il territorio comunale di Casalmoro, la nuova mappa di pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}), con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s), prevede valori di a_{max} variabile da 0,100 a 0,150 g che sono riferiti alla zona sismica 3.

Anche se la nuova mappa di pericolosità sismica farebbe rientrare il Comune in zona sismica 3, a tutt'oggi vale la D.G.R. 14964/2003 che assegna Casalmoro alla zona sismica 4, in base alla quale viene redatto questo studio di approfondimento della componente sismica per il PGT.

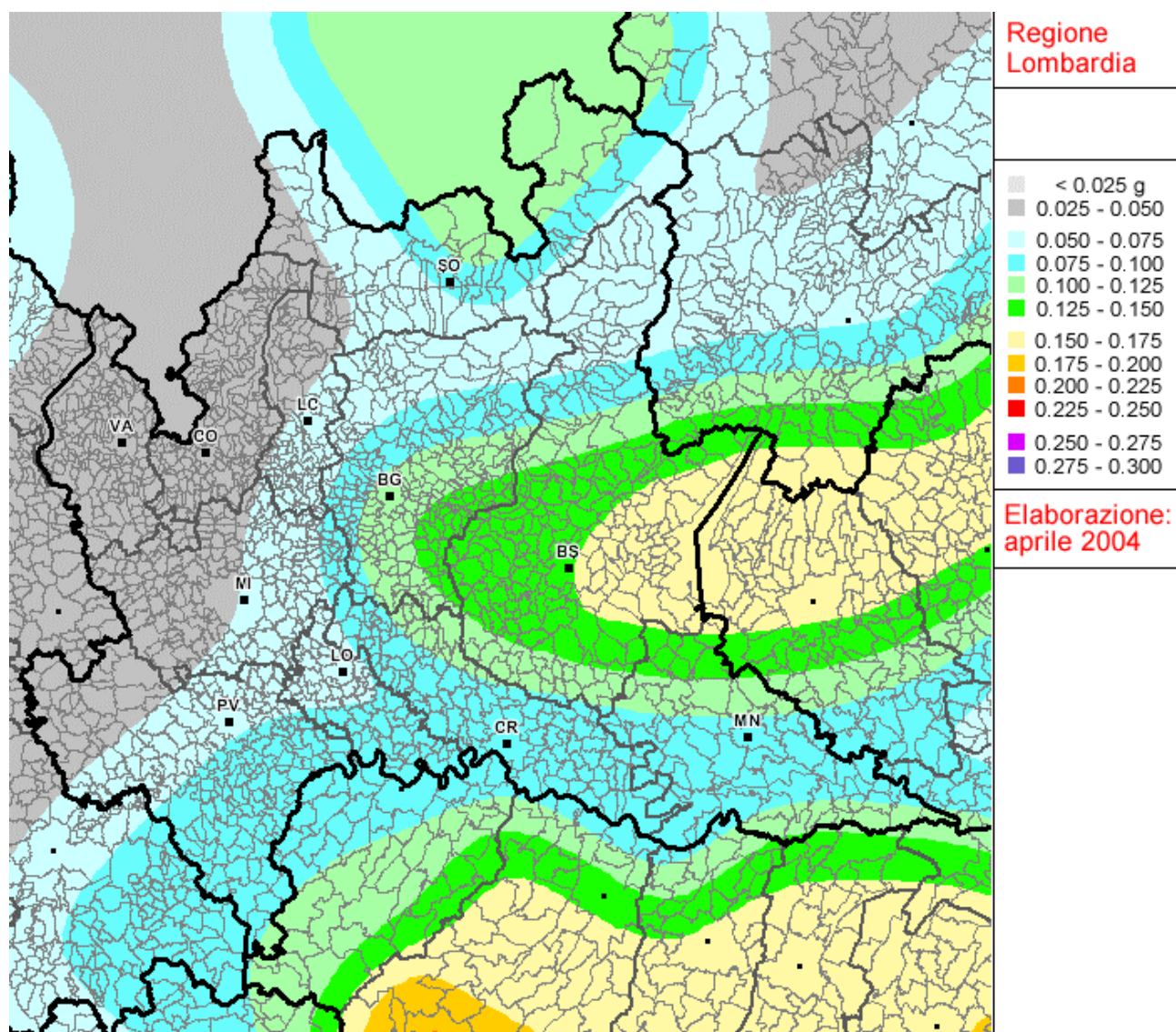


Figura 6 - Nuova mappa di pericolosità sismica per la Regione Lombardia

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE

Quando una struttura sismogenetica ha accumulato una quantità di energia tale da superare la tensione critica di rottura, si verifica uno spostamento di materia con liberazione di energia e la conseguente formazione e propagazione delle onde sismiche. Queste attraversano il mezzo con modalità diverse e arrivano al sito (il Comune in oggetto) con intensità decrescente, funzione della distanza dall'epicentro, valutata dalle note leggi di attenuazione. Tenuto conto della sismicità storica della zona e dei sistemi attuali di rilevamento dei terremoti, ad ogni Comune è stata attribuita una sismicità (terremoto di riferimento) espressa in % della accelerazione di gravità "g".

Le onde sismiche però, attraversando gli strati superficiali eterogenei, spesso cambiano caratteristiche (velocità, ampiezza, periodo,...) e provocano effetti diversi anche tra aree molto vicine dello stesso Comune. Pertanto la conoscenza delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei terreni e le loro proprietà fisiche e meccaniche permettono di definire le modifiche che un segnale sismico subisce rispetto a quello di riferimento. La risposta sismica locale risulta importante sia in fase di pianificazione del territorio sia in fase di progettazione di nuove costruzioni e di verifica dell'esistente.

Per questo la Regione Lombardia ha approvato, con la D.G.R. 1566/2005 e la successiva D.G.R. 7374/ 2008 una metodologia per la valutazione della risposta sismica locale che deve essere applicata da ciascun comune in fase di realizzazione o aggiornamento dello studio geologico nel P.G.T.

La stessa D.G.R., oltre alle indicazioni per la fase pianificatoria del territorio comunale, contiene indicazioni per la fase progettuale delle costruzioni nelle diverse zone sismiche, in sintonia con le nuove "Norme tecniche per le costruzioni " del D.M. 14 gennaio 2008 che disciplinano la progettazione e la verifica delle opere e dei sistemi geotecnici soggetti ad azioni sismiche.

Gli effetti derivanti dalle condizioni locali vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area (Categorie di sottosuolo).

In funzione della categoria del terreno, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli di instabilità

9.1 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento), relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari *condizioni locali*.

Gli effetti di amplificazione sono di due tipi, che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- **gli effetti di amplificazione topografica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in

generale; tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione (difficilmente separabile) tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto;

- **effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia etc..) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.

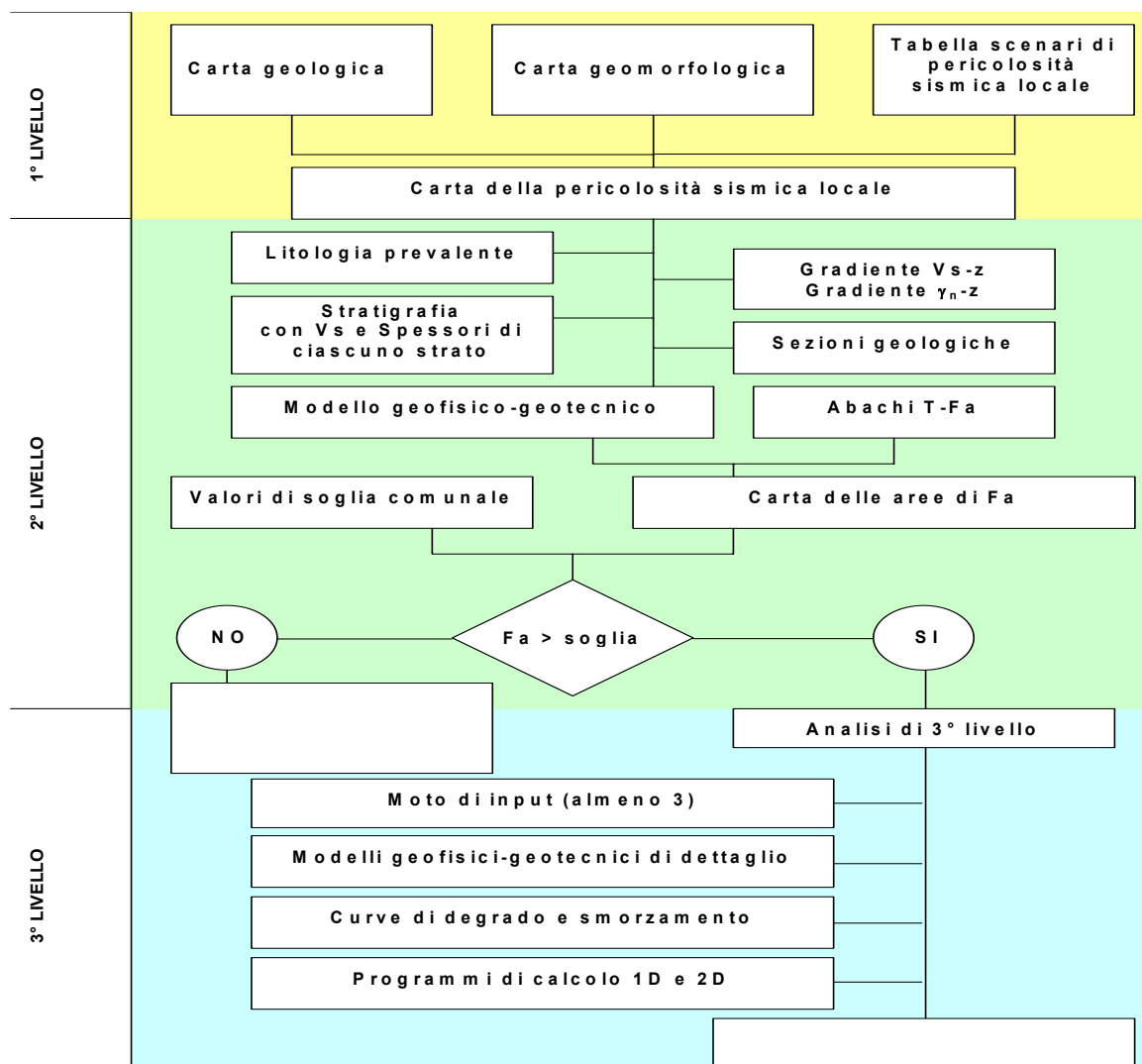
9.2 EFFETTI DI INSTABILITÀ

Interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talora movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito. Per quanto riguarda il territorio in esame si possono presentare i seguenti casi:

- zone interessate da scarpate morfologiche naturali e artificiali con altezze superiori a 10 metri;
- zone interessate da terreni di fondazione particolarmente scadenti suscettibili di liquefazione.

10. ANALISI E VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SISMICI. NORMATIVA REGIONALE

In Allegato 5 della D.G.R. 28.05.2008 n. 7374 è riportata, in *Figura 1 – Diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine*, la metodologia e lo schema operativo per la valutazione dell'amplificazione sismica locale:



I tre livelli di approfondimento possono essere sintetizzati come segue:

1° LIVELLO

Il 1° livello di approfondimento è obbligatorio per tutti i Comuni e 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, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti (a scala 1:10000 e 1:2000) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, etc.).

Lo studio consiste nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di un'apposita cartografia (**Carta della pericolosità sismica locale**) a scala 1:2.000 – 1:10.000 derivata dalle precedenti carte di base (carta geologica, geomorfologia, idrogeologica...) in cui è riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti locali descritti nella Tabella – Scenari di pericolosità sismica locale, dell'Allegato n. 5 della DGR 28.05.2008 n. 7374, sottoriportata.

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

2° LIVELLO

Il 2° livello di approfondimento è obbligatorio per i Comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 - 3 - 4 nei quali siano state individuate, con l'applicazione del 1° livello, aree con scenari suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) interferenti con l'urbanizzato e/o

interferenti con le aree di espansione urbanistica, ad esclusione di quelle considerate inedificabili per situazioni geologiche, geomorfologiche e ambientali o perché sottoposte a vincolo da particolari normative. Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come Casalmoro, deve essere applicato solo alle costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R. 14964/2003 e della d.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo alle altre categorie di costruzioni.

La procedura consiste in un approccio di tipo semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione; gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche e geometriche e sono utilizzati per zonare l'area di studio in funzione del valore di Fa .

La procedura semplificata richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- litologia dei materiali presenti nel sito (litologie ghiaiose e litologie argilloso limose);
- stratigrafia del sito;
- andamento con la profondità delle V_s fino a valori pari o superiori a 800 m/s; in mancanza del raggiungimento del bedrock ($V_s \geq 800$ m/s) con le indagini è possibile ipotizzare un opportuno gradiente di V_s con la profondità sulla base dei dati ottenuti dall'indagine, tale da raggiungere il valore di 800 m/s.
- spessore, peso di volume e velocità di ciascun strato;
- sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l'analisi.

In funzione della litologia prevalente presente nel sito, del gradiente di velocità V_s e del gradiente del peso di volume naturale con la profondità si sceglie l'abaco di riferimento.

In funzione dello spessore e della velocità V_s dello strato superficiale si sceglie la curva più appropriata per la valutazione del valore di Fa nell'intervallo 0.1-0.5 s¹ (riportati negli Schemi seguenti).

Il periodo proprio del sito necessario per l'utilizzo dell'abaco di correlazione deve essere calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore a 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

ove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo.

Il valore di Fa determinato dovrà essere approssimato alla prima cifra decimale e dovrà essere utilizzato per valutare il grado di protezione raggiunto al sito dall'applicazione della nuova normativa sismica vigente.

La valutazione del grado di protezione viene effettuata in termini di contenuti energetici, confrontando il valore di Fa ottenuto dalle schede di valutazione con un parametro di analogo significato calcolato per ciascun Comune e per le diverse categorie di suolo (Norme Tecniche per

¹ Nel caso il valore di V_s dello strato superficiale risulta pari o superiore ad 800 m/s non si applica la procedura semplificata per la valutazione del Fa in quanto l'amplificazione litologica attesa è nulla ($Fa = 1.0$).

le Costruzioni) soggette ad amplificazioni litologiche (B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s.

Il parametro calcolato per ciascun Comune della Regione Lombardia è riportato nella banca dati in formato .xls (soglie_lomb.xls) e rappresenta il valore di soglia oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

La procedura prevede pertanto di valutare il valore di F_a con le schede di valutazione e di confrontarlo con il corrispondente valore di soglia, considerando una variabilità di + 0.1 che tiene conto della variabilità del valore di F_a ottenuto.

Si possono presentare quindi due situazioni:

- il valore di F_a è inferiore o uguale al valore di soglia corrispondente: la nuova normativa è da considerarsi sufficiente per tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa;
 - il valore di F_a è superiore al valore di soglia corrispondente: la normativa è insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi è necessario, in fase di progettazione edilizia, o effettuare analisi più approfondite (3° Livello) o, in alternativa, utilizzare lo spettro di norma caratteristico della categoria di suolo superiore, con il seguente schema (punto 1.4.3 della D.G.R. 7374/2008):
- anziché lo spettro della categoria B di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo C; nel caso in cui la soglia non fosse ancora sufficiente si utilizzerà lo spettro della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria C di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D;
 - anziché lo spettro della categoria E di suolo si utilizzerà quello della categoria di suolo D.

Nel caso di presenza contemporanea di effetti litologici (Z4) e morfologici (Z3) si analizzeranno entrambi i casi e si sceglierà quello più sfavorevole.

3° LIVELLO

Il 3° Livello si applica in fase progettuale, al fine di ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità, agli scenari di pericolosità sismica locale suscettibili di instabilità (Z1b e Z1c), di cedimenti e/o liquefazioni (Z2) e di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) che sono caratterizzate da un valore di F_a superiore al valore di soglia corrispondente così come ricavato dall'applicazione del 2° Livello.

Nelle aree caratterizzate da effetti di instabilità, cedimenti e/o liquefazioni (Z1 e Z2), si applica a tutte le costruzioni nelle Zone sismiche 2 e 3, mentre nella Zona sismica 4 è obbligatorio solo per gli edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904/2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nel caso di sovrapposizione di più scenari sul medesimo ambito territoriale si dovrà procedere con il grado di approfondimento più cautelativo.

Per il calcolo del potenziale di liquefazione e dei possibili cedimenti si fa riferimento alle prove in situ e si utilizzano le procedure note in letteratura.

Per il calcolo degli effetti di amplificazione morfologica e litologica si prevede un approccio di tipo quantitativo e costituisce lo studio di maggior dettaglio, in cui la valutazione della pericolosità sismica locale è effettuata ricorrendo a metodologie classificate come strumentali o numeriche.

La metodologia strumentale richiede l'acquisizione di dati strumentali attraverso campagne di registrazione eseguite in situ con l'utilizzo di strumentazioni specifiche, variabili a seconda del parametro di acquisizione scelto (velocimetri ed accelerometri).

La metodologia numerica consiste nella modellazione di situazioni reali mediante un'appropriata e dettagliata caratterizzazione geometrica e meccanica del sito e nella valutazione della risposta sismica locale tramite codici di calcolo matematico più o meno sofisticati, basati su opportune semplificazioni e riduzioni del problema, necessarie ma comunque di influenza abbastanza trascurabile sul risultato finale. L'applicazione della metodologia numerica richiede una caratterizzazione geometrica di dettaglio del sottosuolo con un programma specifico di indagini geotecniche da aggiungere a quelle effettuate per il 1° e 2° Livello. è inoltre necessaria l'individuazione di uno o più input sismici sotto forma di spettri di risposta e/o di accelerogrammi.

Nella Tabella seguente vengono sintetizzati gli adempimenti di approfondimento ed i campi di applicabilità in funzione delle zone di pericolosità sismica locale (PSL) individuate e della zona sismica di appartenenza del Comune.

	Livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° Livello Fase pianificatoria	2° Livello Fase pianificatoria	3° Livello Fase progettuale
Zona sismica 2 - 3	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 se interferenti con l'urbanizzato e urbanizzabile, ad esclusione delle aree già inedificabili	- Nelle aree indagate con il 2° Livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle Zone PSL Z1 e Z2
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti di nuova previsione (elenco tipologico di cui al D.d.u.o. n. 19904/03)	- Nelle aree indagate con il 2° Livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle Zone PSL Z1 e Z2 per edifici strategici e rilevanti

11. CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Per la redazione della Carta della Pericolosità Sismica Locale (P.S.L.) si è fatto riferimento alla normativa regionale seguente:

REGIONE LOMBARDIA (2005) - DGR 22.12.2005 n. 1566. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12.

REGIONE LOMBARDIA (2008) DGR 28.05.2008 n. 7374 Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12".

Per la metodologia e per l'applicazione delle procedure sono stati utilizzati gli studi effettuati su alcune aree campione dalla Regione Lombardia, di seguito elencati:

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Analisi e valutazione degli effetti sismici in determinati comuni del territorio lombardo e supporto tecnico inerente l'analisi di vulnerabilità sismica prevista dal programma temporale delle verifiche di cui alla DGR n. 14964 del 7 novembre 2003. 1° Obiettivo – Rapporto Finale. Dipartimento di Ingegneria Strutturale del Politecnico di Milano, Convenzione tra Regione Lombardia e Dipartimento di Ingegneria Strutturale. Milano, marzo 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Metodi di valutazione della risposta sismica locale, con particolare riferimento alla modellazione numerica: alcuni casi reali. Pavia, 10 novembre 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2005) - Proposta di una metodologia per la valutazione degli effetti locali a supporto della pianificazione. Pavia, 10 novembre 2005.

POLITECNICO DI MILANO (2006) - Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia finalizzate alla definizione dell'aspetto sismico nei piani di governo del territorio. Milano, febbraio 2006.

11.1 ANALISI DI 1° LIVELLO

Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica (scenari di pericolosità sismica locale) sono, con buona probabilità, prevedibili sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta di dati disponibili, quali:

a) cartografia topografica di dettaglio, cartografia geologica, cartografia geomorfologica, cartografia idrogeologica;

b) risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, necessarie per definire le condizioni locali (spessore delle coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice dei depositi, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche, ecc.).

Per il territorio comunale di Casalmoro sono disponibili i seguenti dati derivanti dallo "Studio geologico" effettuato per la variante generale al P.R.G., secondo le direttive della D.G.R. 6645/2001, ed altri dati geologici provenienti da documentazioni diverse:

- Carta geologica e geomorfologica, alla scala 1:10.000 (dal PRG)
- Carta idrogeologica e del sistema idrografico, alla scala 1:10.000 (dal PRG)
- Carta di Sintesi, alla scala 1:10.000 (dal PRG)
- Carta di Fattibilità delle Azioni di Piano, alla scala 1:10.000 (dal PRG)
- N. 5 analisi granulometriche su campioni di terreno superficiale fino a 1 metro circa di profondità (dal PRRA)
- N. 7 stratigrafie di pozzi per acqua presenti nel territorio comunale
- N. 26 prove penetrometriche statiche.

Per poter disporre però di dati geotecnici e geofisici di alta attendibilità da utilizzare per il 2° Livello di approfondimento riguardanti aree significative del territorio, in particolare aree urbanizzate e urbanizzabili, sono state eseguite le seguenti indagini:

- N. 2 prove penetrometriche statiche (Allegati)
- N. 2 indagini geofisiche con metodi MASW e REMI (Allegati)

I dati geomorfologici, litologici e idrogeologici derivanti dalle indagini e degli studi precedenti ed attuali sono stati di seguito analizzati.

11.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il territorio comunale di Casalmoro, come risulta dallo studio geologico per il PRG, nella sua parte centrale e orientale appartiene alle piana di alluvionamento proglaciale (outwash plain o sandur). In questo corpo sedimentario, che costituisce il "Livello fondamentale della pianura" è attribuita un'età pleniglaciale-tardiglaciale (Pleistocene Superiore: da 45.000 anni B.P. a 8.300 anni a. C.).

Il fiume Chiese ha terrazzato tale formazione scavando la propria valle e depositando alluvioni oloceniche che formano la parte occidentale del comune sia in sponda destra che in sponda sinistra. La scarpata di terrazzo più esterna, ubicata in sponda sinistra, corre da Nord a Sud con andamento sinuoso, interessa il centro abitato di Casalmoro ed ha altezze variabili da 2 a 4 metri. In corrispondenza del corso del Chiese, sia in sponda destra che in sinistra, è quasi sempre presente una scarpata interna che delimita l'alveo fluviale attuale.

Tra la scarpata interna e quella esterna si trova una fascia di territorio interessata da numerosi paleoalvei del Chiese, significativi dell'evoluzione idrografica e dei livelli erosivi del passato.

Altri paleoalvei sono presenti nella parte centrale e orientale del territorio: normalmente hanno un andamento NS e sono riferibili all'idrografia minore.

E' inoltre presente un dosso, collegato alle divagazioni del Chiese, che si trova a Sud-Ovest dell'abitato di Casalmoro e che si presenta ben delimitato da una scarpata morfologica e da corsi d'acqua.

Il dosso di "Madonna del Dosso" sembra essere invece completamente artificiale.

11.1.2 CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Per l'analisi della situazione litologica sono stati utilizzati i dati derivanti dalle indagini pregresse disponibili:

- sondaggi a mano;
- prove penetrometriche;
- stratigrafie dei pozzi per acqua.

11.1.2.1 SONDAGGI A MANO (S)

sondaggi	località	profondità (m dal p.c.)	sabbia %	limo %	argilla %	descrizione
10/6		1,00	13	47	40	Limo argilloso
10/13		1,00	15	36	49	Argilla e limo debol. sabbiosi
10/17		1,00	15	41	44	Argilla limosa
10/38		1,00	18	53	29	Limo argilloso sabbioso
10/46		1,00	12	30	48	Argilla limosa

11.1.2.2 PROVE PENETROMETRICHE

PP1 -Prova penetrometrica n. 1 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 0,80	Limo argilloso sabbioso
0,80 – 4,20	Sabbia
4,20 – 4,80	Argilla limosa
4,80 - 5,20	Sabbia
5,20 – 5,80	Limo sabbioso
5,80 – 6,60	Argilla
6,60 – 11,00	Sabbia limoso argillosa

PP2 - Prova penetrometrica n. 2 P.R.G. 2002

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 - 0,80	Limo argilloso sabbioso
0,80 – 4,20	Sabbia limosa e sabbia
4,20 - 6,00	Argilla
6,00 – 11,80	Limo sabbioso argilloso
11,80 – 12,80	Argilla
12,80 – 15,00	Sabbia

PP3 - Prova penetrometrica n. 3 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 0,80	Limo argilloso sabbioso
0,80 – 2,00	Sabbia

2,00 – 3,60	Argilla e argilla organica
3,60 – 5,20	Sabbia
5,29 – 6,00	Argilla
6,00 – 12,00	Sabbia limoso argillosa

PP 4 -Prova penetrometrica n. 4 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 - 1,00	Limo sabbioso
1,00 – 3,40	sabbia
3,40 – 5,20	Argilla sabbioso limosa
5,20 – 11,80	Limo argilloso e limo sabbioso
11,80 – 12,40	Argilla
12,40 – 14,20	Sabbia

PP5 -Prova penetrometrica n. 5 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 0,60	Limo sabbioso
0,60 – 2,00	Sabbia
2,00 – 6,00	Limo argilloso sabbioso
6,00 – 6,60	Argilla
6,60 – 11,80	Sabbia limoso argillosa e sabbia
11,80 – 12,20	Argilla
12,20 – 14,00	Sabbia

PP6 -Prova penetrometrica n. 6 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 2,80	Limo argilloso e limo sabbioso
2,80 – 3,80	sabbia
3,80 – 5,80	Argilla e limo
5,80 – 11,20	Sabbia limoso argillosa
11,20 – 12,20	Argilla
12,20 – 15,00	Sabbia

PP7 -Prova penetrometrica n. 7 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,20	Argilla e limo
1,20 – 4,20	Sabbia limoso argillosa
4,20 – 6,40	Argilla
6,40 – 11,20	Sabbia limoso argillosa
11,20 – 12,20	Argilla
12,20 – 15,00	Sabbia

PP8 -Prova penetrometrica n. 8 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,60	Sabbia

1,60 – 3,40	Argilla e limo
3,40 – 4,60	sabbia limoso argillosa
4,60 – 6,60	Sabbia
6,60 – 12,00	Limo argilloso sabbioso e sabbia limosa
12,00 – 12,80	Argilla
12,80 – 15,00	Sabbia

PP9 -Prova penetrometrica n. 9 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 2,20	Sabbia
2,20 – 3,00	Argilla
3,00 – 6,00	sabbia limoso argillosa
6,00 – 6,60	Argilla
6,60 – 9,20	Limo argilloso e limo sabbioso
9,20 – 12,20	Sabbia
12,20 – 13,00	Argilla

PP10 -Prova penetrometrica n. 10 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,20	Argilla e limo
1,20 – 5,00	Sabbia
5,00 – 6,20	Argilla
6,20 – 10,00	Sabbia

PP11 -Prova penetrometrica n. 11 P.R.G. 1997

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,00	Argilla e limo
1,00 – 5,20	Sabbia limosa e sabbia
5,20 – 6,60	Argilla
6,60 – 10,00	Sabbia

PP12 - Prova penetrometrica n. 1 P.R.G. 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 - 1,80	Limo argilloso
1,80 – 4,60	Sabbia
4,60 – 5,20	Argilla
5,20 - 10,00	Sabbia

PP13 - Prova penetrometrica n. 2 P.R.G. 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,80	Argilla
1,80 – 4,80	Sabbia
4,80 – 5,40	Argilla
5,40 - 10,00	Sabbia

PP14 - Prova penetrometrica n. 3 PRG - 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,00	Sabbia argilloso limosa
1,00 – 4,80	Sabbia e sabbia limosa
4,80 – 6,60	Argilla
6,60 - 10,00	Sabbia

PP15 -Prova penetrometrica n. 4 PRG - 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,20	Argilla limoso sabbiosa
1,20 – 4,40	Sabbia limoso argillosa e sabbia
4,40 - 6,40	Argilla
6,40 – 10,00	Sabbia

PP16 -Prova penetrometrica n. 5 PRG - 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,20	Limo argilloso sabbioso
1,20 – 4,60	Sabbia
4,60 – 6,40	Argilla
6,40 – 10,00	Sabbia

PP17 - Prova penetrometrica n. 6 PRG - 2006

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,20	Limo argilloso
1,20 – 4,60	Sabbia
4,60 - 5,40	Argilla limoso sabbiosa
5,40 - 10,00	Sabbia

PP18 – Prova penetrometrica n. 7 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 3.00	Sabbia e ghiaia
3.00 – 3.60	Argilla
3.60 – 4.80	Sabbia e ghiaia
4.80 – 6.00	Sabbia limosa
6.00 – 10.00	Sabbia e sabbia limosa

PP19 – Prova penetrometrica n. 8 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 2.40	Limo argilloso sabbioso
2.40 – 4.40	Sabbia
4.40 – 6.40	Argilla
6.40 – 10.00	Sabbia e sabbia limosa

PP20 – Prova penetrometrica n. 9 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 3.20	Limo argilloso sabbioso
3.20 – 5.00	Argilla
5.00 – 8.00	Sabbia
8.00 – 8.40	Argilla
8.40 – 10.00	Sabbia

PP21 – Prova penetrometrica n. 10 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 2.20	Sabbia
2.20 – 5.20	Limo argilloso e limo sabbioso
5.20 – 7.20	Sabbia
7.20 – 8.00	Argilla limoso sabbiosa
8.00 – 10.00	Sabbia

PP22 – Prova penetrometrica n. 11 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 3.80	Sabbia e ghiaia
3.80 – 5.20	Sabbia limoso argillosa e sabbia
5.20 – 7.00	Argilla
7.00 – 12.00	Sabbia

PP23 – Prova penetrometrica n. 12 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 1.40	Limo argilloso
1.40 – 4.60	Sabbia e ghiaia
4.60 – 6.40	Limo argilloso sabbioso
6.40 – 9.20	Sabbia argilloso limosa
9.20 – 10.00	Argilla

PP24 – Prova penetrometrica n. 13 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 2.20	Limo sabbioso argilloso
2.20 – 4.00	Argilla e limo
4.00 – 4.80	Sabbia e ghiaia
4.80 – 5.60	Argilla e limo
5.60 – 10.00	Sabbia

PP25 – Prova penetrometrica n. 14 PRG - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0.00 – 0.80	Sabbia limosa
0.80 – 5.40	Sabbia e ghiaia
5.40 – 6.00	Argilla
6.00 – 10.00	Sabbia

PP26 – Prova penetrometrica n. 3 Rotatoria - 2006

Profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,80	Terreno rimaneggiato
1,80 – 4,80	Sabbia e ghiaia
4,80 – 6,40	Argilla
6,40 – 10,00	Sabbia

11.1.2.3 PROVE PENETROMETRICHE PER IL PGT**CPT 1**

Profondità (m dal p. c.)	Litologia
0.00 – 1,20	Limo argilloso sabbioso
1,20 – 2,20	Sabbia
2,20 – 3,60	Argilla limoso sabbiosa
3,60 – 4,40	Sabbia limosa
4,40 – 5,60	Argilla limoso sabbiosa
5,60 – 30,00	Sabbia e sabbia e ghiaia con qualche lente sabbioso limosa

CPT 2

Profondità (m dal p. c.)	litologia
0.00 – 1,00	Limo argilloso sabbioso
1,00 – 5,00	Sabbia e ghiaia
5,00 – 6,20	Argilla
6,20 – 30,00	Sabbia e sabbia e ghiaia con qualche lente sabbioso limosa

11.1.2.4 STRATIGRAFIE DEI POZZI PER ACQUA**Pozzo n. 1**

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,00	Terreno vegetale
1,00 – 5,00	Argilla bianca
5,00 -19,00	Argilla limosa grigia
19,00 - 29,00	Sabbia nera grossa con ghiaia
29,00 - 33,00	Ghiaia grossa

Pozzo n. 2

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 1,00	Terreno vegetale
1,00 – 4,00	Ghiaietto
4,00 – 30,00	Argilla cenere con sabbia e lenti torbose
30,00 - 39,50	Ghiaietto fine con sabbia
39,50 – 60,00	Strati alterni di sabbia e argilla
60,00 - 63,50	Ghiaietto fine con sabbia
63,50 - 71,00	Argilla plastica
71,00 – 180,00	Argilla limosa con lenti torbose

Pozzo n. 3

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 15,00	Limo argilloso giallastro con livelli sabbiosi
15,00 – 25,00	Ghiaia e ghiaietto con sabbia (I acquifero)
25,00 - 45,00	Argilla e limo argilloso scuri con torba
45,00 - 58,00	Ghiaia e ghiaietto con sabbia (II acquifero)
58,00 – 66,00	Argilla e limo argilloso scuri con torba

Pozzo n. 4

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 - 1,00	Terreno vegetale
1,00 - 4,00	Ghiaia mista a sabbia grossolana
4,00 - 8,00	Ghiaia piccola mista a sabbia grossa
8,00 - 12,00	Ghiaia e sabbia grossa
12,00 – 16,00	Sabbia media
16,00 - 21,00	Strati alterni di sabbia e argilla
21,00 - 28,50	Sabbia media silicea
28,50 – 29,50	Argilla plastica
29,50 – 31,50	Sabbia fine
31,50 – 45,50	Ghiaia media con sabbia silicea
45,50 – 48,20	Sabbia media silicea

Pozzo n. 5

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 0,50	Terreno vegetale
0,50 – 1,50	Argilla gialla
1,50 – 6,30	Ghiaietto con sabbia grigia
6,30 - 8,70	Argilla cenere
8,70 – 13,20	Sabbia grigia media con ghiaietto
13,20 – 13,80	Argilla grigia
13,80 – 17,40	Ghiaia e ghiaietto con sabbia media grigia
17,40 – 20,90	Argilla e torba
20,90 – 32,70	Ghiaia, ghiaietto e sabbia

32,70 – 33,90	Sabbia fine e media
33,90 – 38,80	Ghiaia e ciottoli con poca sabbia
38,80 – 40,60	Argilla grigia
40,60 – 44,10	Sabbia media grigia
44,10 – 48,80	Sabbia fine grigia
48,80 – 51,80	Ghiaia e ghiaietto con sabbia media grigia
51,80 – 53,60	Sabbia media grigia
53,60 – 54,70	Argilla e ghiaia
54,70 – 64,20	Ghiaia e ghiaietto con sabbia grigia
64,20 – 68,70	Argilla grigia
68,70 – 73,30	Sabbia pulita grigia
73,30 – 75,00	Argilla marrone e grigia

Pozzo n. 6

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 3,00	Sabbia e ghiaia
3,00 – 7,00	Argilla
7,00 – 10,00	Sabbia
10,00 – 20,00	Limo e argilla
20,00 – 30,80	Sabbia e ghiaia
30,80 – 31,00	Argilla e torba
31,00 – 40,50	Ghiaia media
40,50 – 41,00	Argilla e torba
41,00 – 49,00	Sabbia con piccoli strati di ghiaia
49,00 – 58,00	Ghiaia media
58,00 – 60,00	Argilla

Pozzo n. 7

profondità (m dal p.c.)	Litologia
0,00 – 2,00	Terreno di riporto
2,00 – 10,00	Trovanti con ghiaia
1,00 – 16,00	Sabbia con ghiaietto
16,00 – 20,00	Sabbia
20,00 – 29,00	Ghiaia con sabbia
29,00 – 30,00	Argilla
30,00 – 47,00	Sabbia e ghiaia grossa
47,00 – 63,00	Sabbia e ghiaietto
63,00 – 65,00	Sabbia e torba

11.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

L'acquifero superficiale e il gradiente idraulico, in corrispondenza del Chiese, risultano influenzati dalla presenza del fiume che svolge una evidente funzione drenante: in destra Chiese il flusso sotterraneo ha direzione NNO-SSE, mentre in sinistra ha una direzione NNE-SSO. Man mano che ci si allontana dal fiume le isopiezometriche assumono un andamento diverso con direzione di flusso delle acque sotterranee da Nord verso Sud in accordo con la situazione regionale.

Le quote piezometriche variano da 51-52 metri s.l.m. (nella parte settentrionale del territorio

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

comunale) a 39-40 metri s.l.m. (nella parte meridionale).

Il valore della soggiacenza della falda superficiale è generalmente compreso tra 1.50-2.00 e 3.00-4.00 metri dal piano campagna attuale. Valori più elevati si possono trovare localmente in prossimità dell'orlo di scarpata morfologica.

Le stratigrafie di pozzi privati, riportate nel paragrafo precedente, raggiungono profondità di quasi 200 metri e permettono la ricostruzione della situazione litologico-stratigrafica e la descrizione dei livelli acquiferi principali.

Nella parte settentrionale del territorio comunale, il primo sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di depositi ghiaioso sabbiosi con spessori dell'ordine di 10-12 metri. Nelle rimanenti zone del territorio comunale si rinvencono generalmente depositi mediamente o poco permeabili ricoprenti strati sabbioso ghiaiosi.

Il **primo livello produttivo**, chiamato generalmente acquifero superficiale, è alimentato principalmente da apporti diretti di origine meteorica e irrigua ed ha sede nei depositi ghiaioso sabbiosi e sabbiosi presenti fino a circa 60 metri di profondità dal piano campagna. Mentre nei primi 30-35 metri i depositi permeabili sono arealmente discontinui e verticalmente separati da livelli argilloso-limoso-torbosi, da 35-40 fino a 55-75 metri di profondità i depositi sono generalmente continui e ospitano un livello acquifero importante.

Segue un pacco di strati di circa 100 metri di spessore costituiti da depositi limoso argillosi e talvolta torbosi, con sottili intercalazioni di sabbie e sabbie limose scarsamente produttive.

Il **secondo livello produttivo** è presente tra 160 e 190 metri di profondità ed è costituito da depositi ghiaioso sabbioso anche grossolani. Seguono argille rinvenute fino a 200 metri di profondità.

Tenuto conto pertanto della grande variabilità verticale e orizzontale dei depositi, la situazione litologica profonda può essere così schematizzabile:

- **da m 0.00 a m 5.00**
copertura limoso argillosa con spessori assai variabili o assente;
- **da m 5.00 a m 55.00-75.00**
strati alterni di ghiaie grossolane e sabbie e di argilla e limo;
- **da m 55.00-75.00 a m 180.00**
argilla, argilla limosa e torba con lenti sabbiose sottili;
- **da m 180.00 a m 190.00**
ghiaie grossolane;
- **da m 190.00 a m 200.00**
argille.

11.1.4 PROGRAMMA DI TUTELA E USO DELLE ACQUE (PTUA)

ACQUE SUPERFICIALI

I dati conoscitivi riguardanti i corpi idrici superficiali del comune di Casalmoro desunti dal “Programma di Tutela e Uso delle Acque” PTUA approvato con la D.G.R. 29 marzo 2006 N.8/2244, sono i seguenti:

1. Corpi idrici significativi superficiali

Corso d'acqua naturale significativo	Superficie totale del Bacino idrografico (Kmq)	Superficie del bacino in Regione (Kmq)
Fiume Chiese	771	771

2. Classificazione dei corpi idrici superficiali

Per la classificazione dei corsi d'acqua, ai sensi del D.L.vo 152/99 e successive modificazioni e integrazioni, vengono definiti gli indicatori necessari alla ricostruzione del quadro conoscitivo, rappresentativo dello stato ecologico e ambientale delle acque superficiali.

Indice Biotico Esteso IBE

L'Indice Biotico Esteso si riferisce alla composizione della comunità macrobentonica delle acque correnti per la diagnosi degli ambienti delle acque superficiali, mettendo in risalto gli effetti degli inquinanti sulla comunità degli organismi che vivono in un corso d'acqua. L'I.B.E. classifica la qualità di un fiume su una scala che va 1-12 (classe 1: qualità ottimale) a 1 (classe 5: massimo degrado).

Per il Fiume Chiese sublacuale si ha la seguente classificazione:

- Stazione di Montichiari: classe 4 = IBE 4 – 5
- Stazione confluenza Chiese-Oglio: classe 3 = IBE 6 – 7

Livello di Inquinamento Macrodescrittore LIM

Il Livello di Inquinamento da Macrodescrittori deriva dallo stato trofico delle acque superficiali. I parametri usati per la classificazione dei corpi idrici superficiali sono: Ossigeno sciolto, BOD5, COD, Fosforo totale, Azoto ammoniacale, Escherichia coli, Azoto nitrico.

Per il Fiume Chiese sublacuale si ha la seguente classificazione:

- Stazione di Montichiari: 2 Livello $240 < LIM < 475$
- Stazione confluenza Chiese-Oglio: 3 Livello $120 < LIM < 235$

Stato Ecologico dei Corpi Idrici Superficiali

Alla definizione dello Stato Ecologico concorrono sia i parametri chimico – fisici relativi al bilancio dell'ossigeno ed allo stato trofico, sia la composizione della comunità macrobentonica delle acque correnti.

Per il Fiume Chiese sublacuale si ha la seguente classificazione:

- Stazione di Montichiari: scadente
- Stazione confluenza Chiese-Oglio: sufficiente
- Tratto Montichiari – confluenza Chiese-Oglio: sufficiente

Stato Ambientale dei Corpi idrici Superficiali

Per l'attribuzione dello Stato Ambientale di un corso d'acqua o di un lago, i dati relativi allo Stato Ecologico vengono rapportati con quelli concernenti la presenza degli inquinanti chimici indicati nella Tabella 1 dell'Allegato 1 del D.Lvo 152/99.

Per il Fiume Chiese sublacuale si ha la seguente classificazione:

- Stazione di Montichiari: scadente
- Stazione confluenza Chiese-Oglio: sufficiente
- Tratto Montichiari - confluenza Chiese-Oglio: sufficiente

Lo stato ambientale di un corpo idrico superficiale viene classificato scadente quando “si rilevano alterazioni considerevoli dei valori degli elementi di qualità biologica del tipo di corpo idrico superficiale, e le comunità biologiche interessate si discostano sostanzialmente da quelle di norma associate al tipo di corpo idrico superficiale inalterato. La presenza di microinquinanti, di sintesi e non di sintesi, è in concentrazioni tali da comportare effetti a medio e lungo termine sulle comunità biologiche associate al corpo idrico di riferimento”.

ACQUE SOTTERRANEE

I dati conoscitivi riguardanti le acque sotterranee del territorio comunale di Casalmoro, desunti dal “Programma di Tutela e Uso delle Acque” (PTUA) approvato con la D.G.R. 29 marzo 2006 N. 8/2244, sono i seguenti:

1. Struttura idrogeologica del territorio

Nella struttura idrogeologica del territorio lombardo di pianura sono individuati i seguenti acquiferi:

- acquifero superficiale
- acquifero tradizionale
- acquifero profondo

Nel territorio comunale la base dell'acquifero superficiale è indicata dall'isobata di 20 m s.l.m.; quindi rispetto al piano campagna la separazione tra i primi due acquiferi si ha tra 70 m di profondità a Nord e 60 metri a Sud del territorio.

2. Bacino idrogeologico Oglio – Mincio

- Settore n. 6: Remedello

3. Classificazione quantitativa dei corpi idrici sotterranei

La classificazione quantitativa PTUA dei corpi idrici sotterranei, ai sensi del D.L.vo 152/99 e successive modificazioni e integrazioni, avviene attraverso quattro classi “A, B, C, D” ad impatto antropico crescente. Il comune di Casalmoro è classificato in Classe A con le seguenti caratteristiche:

- Classe A: impatto antropico nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Alterazioni della velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.

3. Classificazione qualitativa dei corpi idrici sotterranei

La classificazione qualitativa PTUA dei corpi idrici sotterranei, ai sensi del D.L.vo 152/99 e successive modificazioni e integrazioni, avviene attraverso cinque classi “1, 2, 3, 4, 0” ad impatto antropico crescente. Il comune di Casalmoro è classificato in Classe 0 con le seguenti caratteristiche:

- Classe 0: impatto antropico nullo o trascurabile, ma con particolari facies idrochimiche naturali in concentrazioni al di sopra del valore della Classe 3.

4. Classificazione Stato ambientale (quali-quantitativo) dei corpi idrici sotterranei

La classificazione PTUA dello “Stato Ambientale” dei corpi idrici sotterranei, ai sensi del D.L.vo 152/99 e successive modificazioni e integrazioni, viene definito valutando lo stato quantitativo

dell'acquifero e lo stato qualitativo definito sulla base della determinazione di parametri chimici principali e addizionali. Lo stato ambientale può essere: elevato, buono, sufficiente scadente, particolare. Il comune di Casalmoro è classificato come:

- Particolare.

5. Zone di protezione

- Aree di ricarica e di riserva di pianura

Nel comune di Casalmoro non sono presenti aree di ricarica degli acquiferi profondi, mentre tutto il territorio comunale è compreso nelle aree di riserva definite come “Macroarea compresa nei bacini idrogeologici di pianura”.

- Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola

Le zone vulnerabili sono individuate secondo i criteri dell'Allegato 7/A-I alla parte terza del D.Lvo 152/2006. La Regione Lombardia, nella D.G.R. del 11/10/2006 n. 8/3297, ha elencato i comuni interamente compresi nell'area vulnerabile.

Casalmoro è compreso tra i “Comuni ricadenti in zone di attenzione” (Tabella C, APPENDICE D della DGR 29 marzo 2007 – n. 8/2244).

6. Risorse qualificate

Secondo il R.R. 24 marzo 2006 n. 2, le risorse qualificate sono destinate dalla pianificazione d'ambito a soddisfare le esigenze idropotabili. Nel territorio comunale di Casalmoro, la Provincia ha scelto come risorse qualificate gli acquiferi posti ad una profondità maggiore di 90 metri dal piano campagna; pertanto, ai pozzi che attingono da tale risorsa, è prevista la triplicazione del canone.

11.2) ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO COMUNALE

Ai fini della prevenzione dei rischi geologici, idrogeologici e sismici, il documento di piano definisce la situazione geologica e idrogeologica complessiva del territorio comunale, risultante dallo “Studio geologico” per il PRG e dalla rielaborazione dei dati disponibili per il presente adeguamento sismico del PGT. Lo stato del territorio può essere così riassunto:

a) zona del livello fondamentale della pianura

Comprende la parte centrale e orientale del territorio comunale, delimitata dalla scarpata del terrazzo fluviale che delimita la valle del Chiese. È formata dai depositi fluvio-glaciali attribuiti al Pleistocene Superiore. Nella parte centro-orientale sono presenti alcuni paleoalvei dell'idrografia minore ad andamento meridiano. La superficie della zona, generalmente pianeggiante, presenta al margine della scarpata ondulazioni abbastanza pronunciate.

La litologia di superficie è rappresentata da depositi ghiaioso sabbiosi presenti nella zona centro-settentrionale del territorio ed in un'area a Sud dell'abitato di Casalmoro. Nella parte settentrionale, al confine con Acquafredda, i depositi ghiaioso sabbiosi sono stati oggetto di escavazione sopra e sotto falda. Nelle altre aree di questa zona affiorano depositi limosi, sabbiosi e argillosi. Il passaggio tra i depositi grossolani e quelli più fini è marcato dalla linea delle risorgive, con qualche esempio anche nel territorio comunale.

La situazione litologico-stratigrafica, derivante dall'esame delle prove in situ,

dal piano campagna fino a 10-15 metri di profondità, presenta una notevole variabilità orizzontale e verticale. Sotto la copertura di pedogenesi si possono trovare, in concordanza con la litologia di superficie, depositi a granulometria diversa (ghiaie e sabbie, sabbie, limi e argille). Mentre i depositi grossolani hanno spessori di 4-5 metri, i limi e le argille hanno spessori abbastanza limitati e ricoprono generalmente livelli sabbiosi e sabbioso ghiaiosi fino a circa 5 metri di profondità. In tutta la zona, da 5 a 7 metri di profondità sono presenti argille e limi. Seguono depositi prevalentemente sabbiosi e sabbioso limosi, con lenti limoso argillose, fino a 15 metri di profondità. La soggiacenza della falda freatica, presente nei depositi sabbioso-ghiaiosi e sabbiosi superficiali, ha valori compresi tra 1.50-2.00 e 3.00- 4.50 metri dal piano campagna attuale. La vulnerabilità dell'acquifero superficiale è alta in corrispondenza dei depositi ghiaioso sabbiosi e sabbiosi, media in corrispondenza di quelli limosi e bassa in corrispondenza di quelli argillosi.

Dal punto di vista idraulico la zona si trova generalmente all'esterno della fascia fluviale “C” del Chiese e quindi al riparo di fenomeni di esondazione legati al fiume.

b) fascia della valle fluviale attuale del Chiese

Comprende la fascia del territorio comunale che si trova tra l'argine fluviale e la scarpata di terrazzo in sponda sinistra, e tra l'argine ed il confine di comune in sponda destra. È formata dai depositi fluviali attribuiti all'Olocene, interessati da numerosi paleoalvei coevi del Chiese.

La litologia di superficie è rappresentata da depositi ghiaioso sabbiosi in tutta la parte settentrionale e generalmente in una fascia ristretta che segue il corso del Chiese; nella parte meridionale restante sono presenti depositi limosi e argillosi.

La soggiacenza della falda freatica, ha valori compresi tra 1,50 e 2,50 nella parte settentrionale e circa un metro nella parte meridionale. La vulnerabilità dell'acquifero superficiale, in sponda sinistra, è alta sia in corrispondenza dei depositi ghiaioso sabbiosi per l'elevata permeabilità, sia in corrispondenza di quelli limosi e argillosi per la limitata soggiacenza della falda. In sponda destra la vulnerabilità è alta in corrispondenza dei depositi sabbiosi e media in corrispondenza di quelli limosi.

Dal punto di vista idraulico la zona si trova generalmente nella fascia fluviale “C” del Chiese; pertanto è previsto il recepimento delle Norme di Attuazione del PAI riguardanti le Fasce Fluviali

c) fiume Chiese

Si tratta del corso del Chiese compreso tra le arginature principali continue che delimitano l'alveo fluviale e le ristrette aree golenali.

Il Chiese ha un letto incassato di alcuni metri rispetto al piano campagna circostante da cui è separato da una scarpata naturale alla cui sommità talvolta sono stati costruiti sulle opposte sponde due arginelli a protezione di alcune aree golenali coltivate, presenti soprattutto nella zona meridionale sia in destra che in sinistra Chiese. Le restanti aree golenali, comprese tra la scarpata naturale dell'alveo e l'arginatura principale, sono coperte da rigogliosa vegetazione arborea che tende a prolungarsi fino al letto del fiume.

Il fiume Chiese è caratterizzato da un regime idrico di tipo prealpino, con periodi di magra invernale e autunnale e periodi di piena estiva e primaverile; esso presenta un massimo di portata fra primavera ed estate per lo scioglimento delle nevi e per le precipitazioni primaverili, nonché un massimo (inferiore al precedente) in autunno-inverno dovuto alle sole piogge. Il regime fluviale postlacuale risente notevolmente della presenza del lago d'Idro che svolge una funzione moderatrice sulle piene.

Dal punto di vista idraulico la zona si trova all'interno delle fasce fluviali “A” e “B” coincidenti del Chiese; pertanto è previsto il recepimento delle Norme di Attuazione del PAI riguardanti le Fasce Fluviali.

Il livello della falda dipende direttamente dal regime fluviale, con notevoli escursioni stagionali. Durante le piene del fiume le aree golenali possono essere inondate. La vulnerabilità dell'acquifero superficiale è quindi estremamente elevata.

11.3) SCENARI DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Dall'analisi dei dati geologici, geomorfologici, litologici e idrogeologici relativi al territorio comunale, sono stati riconosciuti i seguenti scenari di pericolosità sismica locale così come definiti nella "Tabella 1 - Scenari di pericolosità sismica locale", Allegato 5, della D.G.R. 7374/2008:

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z2	zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	cedimenti e/o liquefazioni
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche

11.4) CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE DEL COMUNE

Sulla TAV. A - CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, allegata alla presente relazione, sono state perimetrate le aree corrispondenti agli scenari sismici individuati.

Sulla stessa carta, oltre agli elementi morfologici idrografici, sono ubicati i sondaggi a mano, le prove penetrometriche pregresse, i pozzi a stratigrafia nota, le nuove prove penetrometriche e la traccia delle prove geofisiche.

Scenario di pericolosità sismica locale Z2

Lo scenario di pericolosità sismica locale Z2 è presente lungo il corso del Chiese, all'interno degli argini principali. Questa fascia del territorio comunale è soggetta a continua evoluzione morfologica in quanto interessata direttamente dall'azione geodinamica del fiume. Proprio per questa situazione idraulica la zona si trova all'interno delle fasce fluviali "A" e "B" coincidenti del Chiese.

Per lo scenario Z2, oltre al 1° Livello di approfondimento della fase pianificatoria del PGT, è previsto il 3° Livello di approfondimento, ma solo nella fase progettuale.

Il 3° livello si applica obbligatoriamente, nei Comuni di Zona sismica 4 come Casalmoro, alla costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Scenario di pericolosità sismica locale Z4a

Comprende tutto il resto del territorio comunale ed in particolare:

- tutto il territorio comunale che si trova sopra la scarpata del terrazzo fluviale del Chiese e che fa parte del livello fondamentale della pianura;
- la fascia del territorio comunale che si trova tra l'argine fluviale e la scarpata di terrazzo in sponda sinistra, e tra l'argine ed il confine di comune in sponda destra.

Per questo scenario è previsto il 2° Livello di approfondimento, in quanto le aree individuate con l'applicazione del 1° Livello, sono suscettibili di amplificazione litologiche.

Per i Comuni ricadenti in zona sismica 4, come Casalmoro, deve essere applicato solo alle costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della D.G.R.14964/2003 e della d.d.u.o. n. 19904 del 21.11.2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo alle altre categorie di costruzioni.

12) ANALISI DI 2° LIVELLO. FATTORI DI AMPLIFICAZIONE

L'analisi di 2° Livello è obbligatoria in fase di pianificazione territoriale, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. 7374/2008, nelle aree del territorio comunale caratterizzate dallo scenario di pericolosità Z4a.

Per quanto riguarda invece le aree comprese nello scenario di pericolosità Z2, non è previsto, in fase di pianificazione territoriale, il 2° Livello di approfondimento, ma il passaggio diretto al 3° Livello per l'eventuale "fase progettuale".

Nella procedura di 2° Livello i dati litologici, geotecnici stratigrafici, litologici e geofisici da utilizzare per la valutazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s), presentano un diverso grado di attendibilità, così come risulta dalla Tabella 2 - Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi. Allegato 5 della D.G.R. 7374/2008):

Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

<i>Dati</i>	<i>Attendibilità</i>	<i>Tipologia</i>
Litologici	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Alta	Da prove di laboratorio su campioni e da prove in sito
Stratigrafici (spessori)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette (penetrometriche e/o geofisiche)
	Alta	Da indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo)
Geofisici (V_s)	Bassa	Da bibliografia e/o dati di zone limitrofe
	Media	Da prove indirette e relazioni empiriche
	Alta	Da prove dirette (sismica in foro o sismica superficiale)

Considerata l'affidabilità medio-bassa dei dati disponibili, sono state effettuate alcune prove geotecniche (prove penetrometriche) e geofisiche (metodo MASW attivo e passivo) nelle aree di pericolosità sismica Z4a, così indicate:

- Area “Campo sportivo”
- Area produttiva di “Via Ronchi”.

12.1 ANALISI DI 2° LIVELLO PER LO “SCENARIO 4a”

In corrispondenza dello scenario di pericolosità sismica Z4a, comprendente quasi tutto il territorio comunale, sono state scelte due aree sulle quali effettuare indagini geotecniche e geofisiche di buona attendibilità, per valutare i parametri dinamici (V_s , V_{s30} , la categoria di suolo di fondazione, ecc...), il fattore di amplificazione F_a e la suscettibilità alla liquefazione dinamica dei terreni.

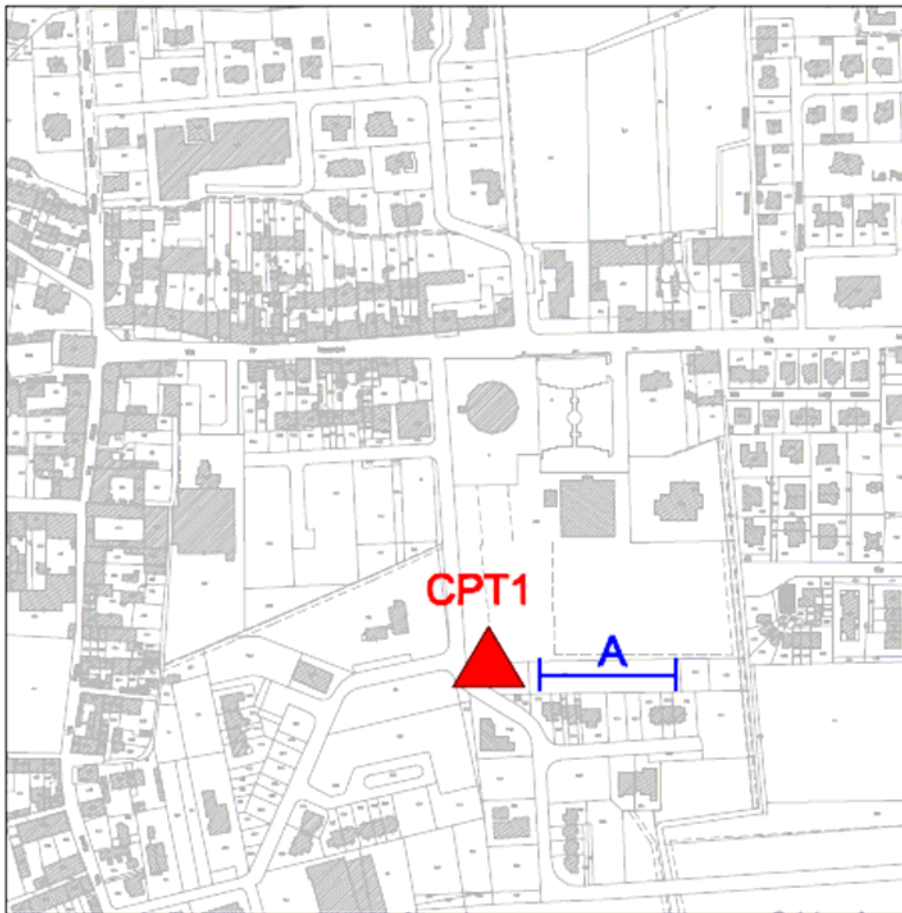
12.1.1 ANALISI DI 2° LIVELLO NELL'AREA “CAMPO SPORTIVO”

Nell'area verde, a lato del campo sportivo di Via Pietro Nenni sono state effettuate le seguenti indagini di approfondimento:

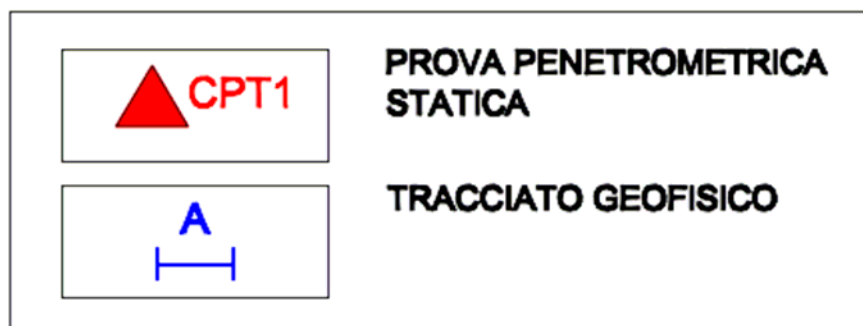
- una prova penetrometrica statica;

- una indagine sismica a rifrazione con il metodo MASW.

L'ubicazione delle prove in situ risulta dalla allegata planimetria.



COMUNE DI CASALMORO CAMPO SPORTIVO



La **prova penetrometrica**, spinta fino a 30 metri di profondità, è stata eseguita misurando, ogni 20 centimetri di avanzamento in profondità, i valori di resistenza alla punta (R_p), di attrito laterale locale (R_a) e di attrito totale (R_t); i risultati delle misure di campagna hanno permesso di realizzare i seguenti "elaborati penetrometrici" contenuti negli ALLEGATI alla presente relazione:

- n° 1 tabella valori di resistenza
- n° 1 diagramma di resistenza
- n° 1 tabella valutazioni litologiche
- n° 1 tabella parametri geotecnici

Inoltre l'elaborazione dei valori di R_p e R_a hanno permesso di ricostruire situazione litologica profonda, secondo le teorie di Begemann e di Schmertmann, e di valutare i parametri geotecnici:

profondità (metri)	litologia	parametri geotecnici φ° angolo di attrito ($^\circ$) c_u coesione non drenata (Kg/cmq)
0,00 – 1,20	Limo argilloso sabbioso	$c_u = 0,4 - 0,8$
1,20 – 2,20	Sabbia	$\varphi^\circ = 29^\circ - 32^\circ$
2,20 – 3,60	Argilla limoso sabbiosa	$c_u = 0,8 - 1,00$
3,60 – 4,40	Sabbia limosa	$\varphi^\circ = 28^\circ - 29^\circ$
4,40 – 5,60	Argilla limoso sabbiosa	$c_u = 0,5 - 0,8$
5,60 – 30,00	Sabbia e sabbia e ghiaia con qualche lente sabbioso limosa	$\varphi^\circ = 33^\circ - 37^\circ$

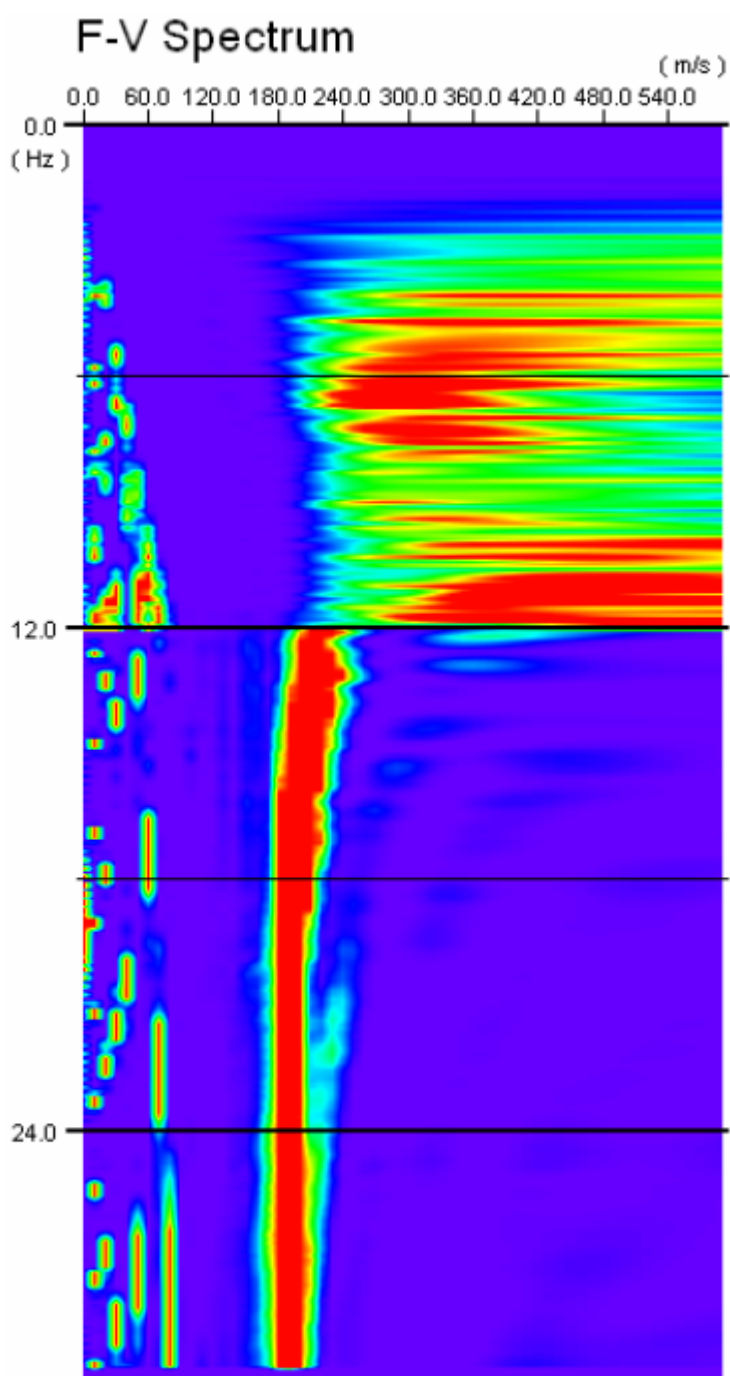
L'indagine sismica è stata effettuata mediante la tecnica dei microtremori (ReMi, Refracted Microtremors) e del metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) combinati, atta alla classificazione del sito nel Comune di Casalmoro (MN) ai sensi del DM 14/01/2008, della L.r. 11 Marzo 2005, n.12 e delle DGR applicative.

Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz); per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c.

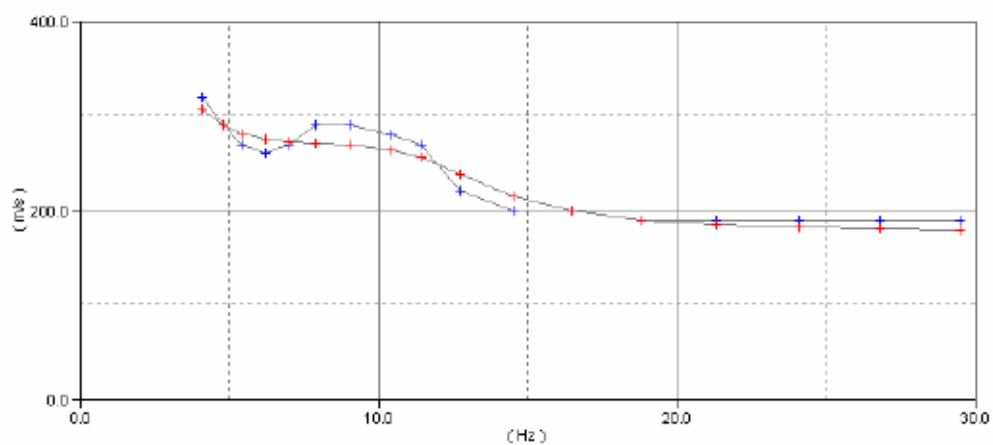
Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo Re.Mi e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo MASW. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e, grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), essi consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello Vs/profondità attendibile.

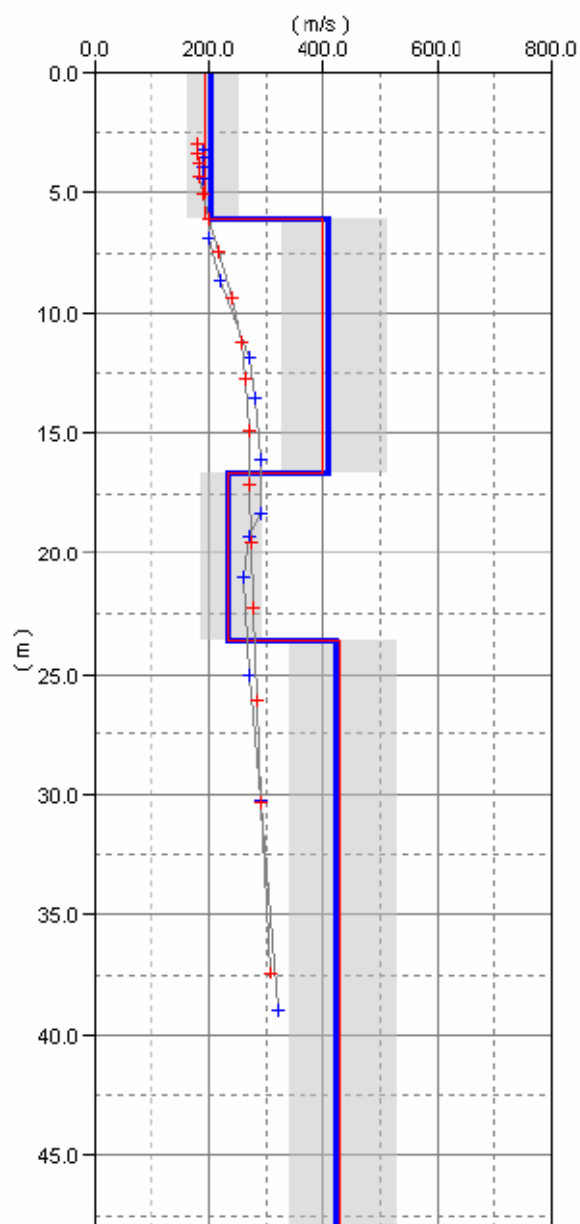
Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati:



CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI REMI E MASW



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

12.1.1.1 MODELLO GEOFISICO

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini in situ è stato possibile ricostruire il modello geofisico del sottosuolo.

Il **valore di V_{s30}** viene calcolato con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

Ottenendo **$V_{s30} = 293$ m/s.**

Quindi i terreni indagati ricadono, secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003) nella **categoria di suolo di fondazione "C"**: **"depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s"**.

Il **periodo proprio del terreno T** , necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, viene calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore i 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Utilizzando i valori ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione si ottiene:

$T = 0,63$ s

Pertanto il modello geofisico completo, risultante dalle prove geofisiche, del sottosuolo dell'area "Palestra" può essere schematizzato nella seguente tabella.

profondità (metri)	V_s (m/s)	V_{s30} (m/s)	Periodo T (s)
0,00 – 6,10	193	293 (Categoria C)	0,63
6,10 – 16,70	400		
16,70 – 23,60	235		
23,60 – 48,00	432		
48,00 – 75,00	800		

12.1.1.2 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE “Fa”

Lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a prevede per l'area in esame possibili effetti di amplificazione sismica (amplificazione litologica). Per la valutazione del fattore di amplificazione (Fa) vengono utilizzate le schede dell'Allegato 5 alla DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374. 2008 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11.03.2005 n.12”.

La scheda che più si avvicina al modello geofisico del sito geofisico del sito è la “SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2”, di seguito riportata, anche se i valori di Vs tra 16,70 e 23,60 non ricadono nel campo di validità della procedura.

Il valore di Fa ottenuto dalla scheda di valutazione viene confrontato con un parametro di analogo significato calcolato per ogni comune della Lombardia, valido per ciascuna zona sismica (Zone 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (Categorie di Suolo B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,5 secondi.

Per il Comune di Casalmoro i valori di soglia calcolati dalla Regione Lombardia, oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito, sono i seguenti:

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica	Valori soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Casalmoro	ZONA 4	1,4	1,8	2,2	2,0

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica	Valori soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Casalmoro	ZONA 4	1,7	2,4	4,2	3,1

Per quanto riguarda l'intervallo 0,1-0,5 secondi dalla scheda si ottiene il seguente valore di Fa:

Fa_{0,1-0,5} = 1,77 – 0,38 ln T = 1,9 appena superiore al valore di soglia ammesso (1,8).

Per quanto riguarda l'intervallo 0,5-1,5 secondi dalla scheda si ottiene un valore di Fa pari a:

Fa_{0,5-1,5} = - 1,33 T² + 2,02 T + 0,79 = 1,5 inferiore al valore di soglia ammesso (2,4).

Pertanto sia nell'intervallo T = 0,1- 0,5 s che nell'intervallo T = 0,5 - 1,5 s i valori di Fa si possono considerare inferiori ai corrispondenti valori di soglia calcolati dalla regione Lombardia; quindi la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa regionale del paragrafo 2.2.2, Allegato 5, DGR 7374/2008.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

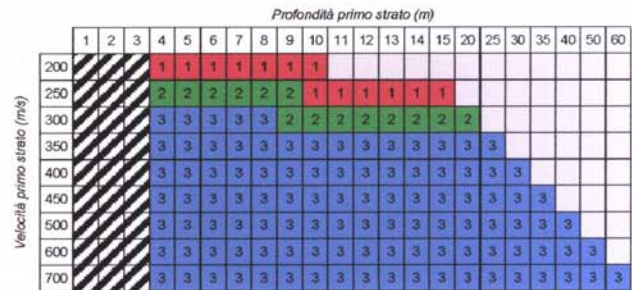
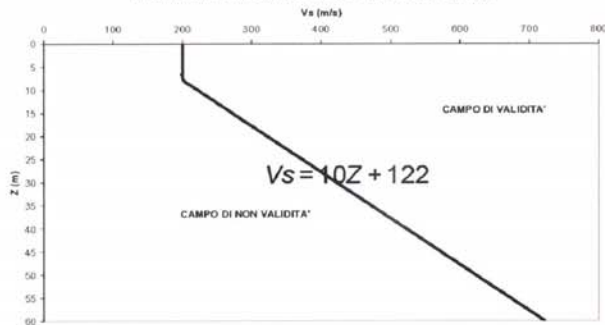
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

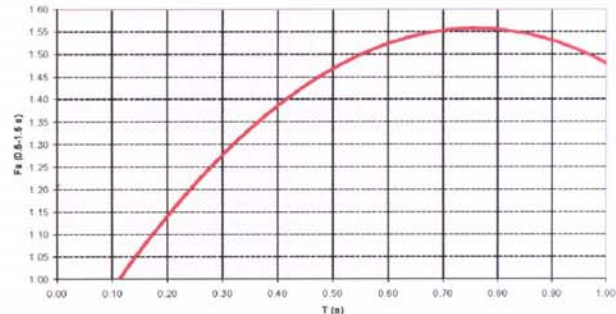
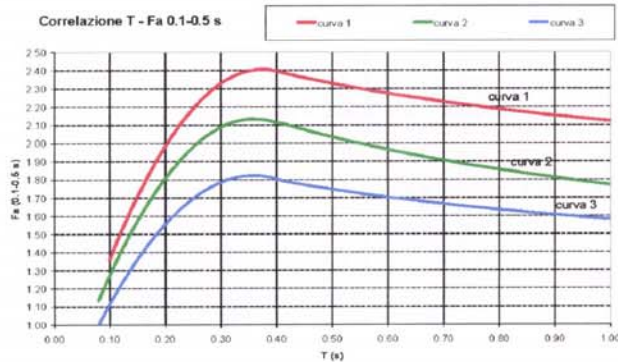
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ (kN/m ³) 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	γ_s (kN/m ³) 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w (%) 25-30
Limite di liquidità	w _L (%) 15-20
Limite di plasticità	w _P (%) 5-16
Indice di plasticità	I _p (%) 6.0-9
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S _r (%) 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀ 0.4-0.5
Indice di compressione	C _c 0.10-0.30
Indice di riappiombamento	C _i 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _α 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N ₆₀ 0-20

ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$

Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$	$0.40 < T \leq 1.00$
	$Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$

12.2.2.3 Verifica alla liquefazione dei terreni

Data la natura granulare prevalente dei terreni sotto falda fino a profondità superiore a 15 metri, non è stato necessario procedere alla verifica alla liquefazione.

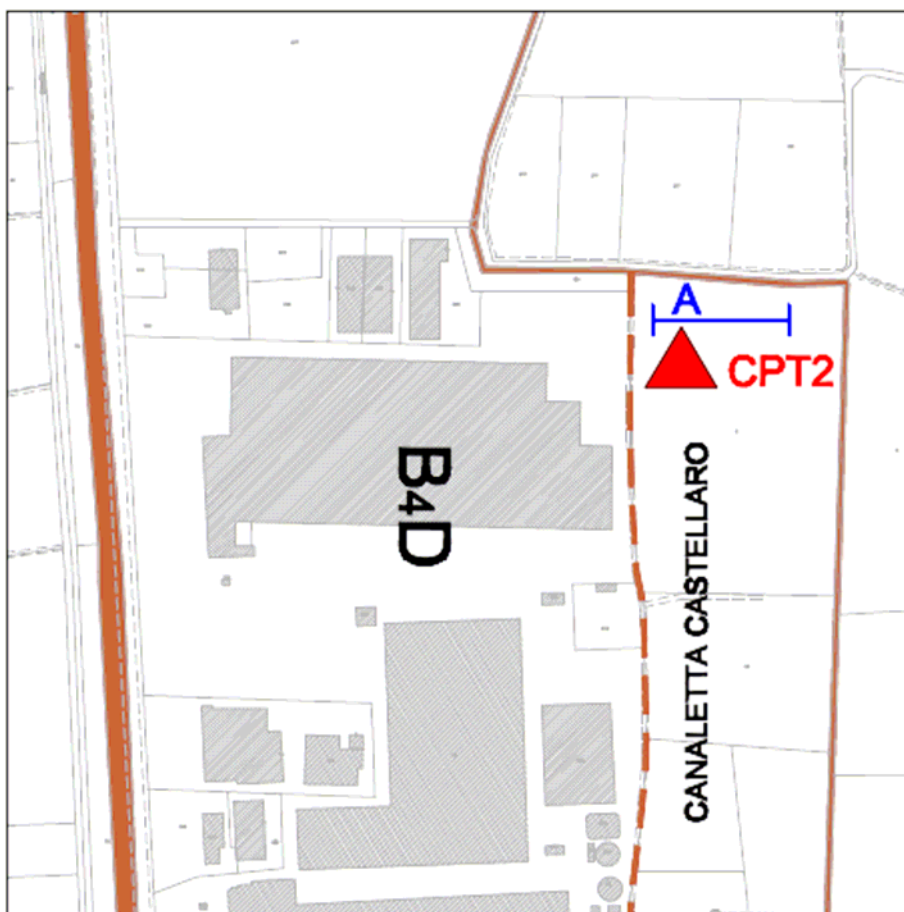
Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

12.2.2 ANALISI DI 2° LIVELLO NELL'AREA PRODUTTIVA DI "VIA RONCHI"

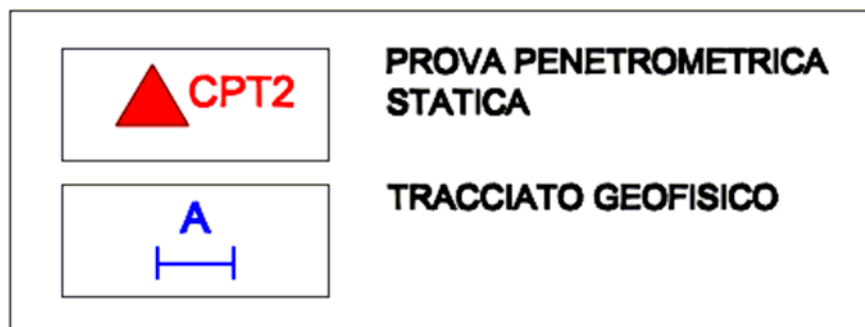
Nell'area produttiva vicina a Via Ronchi sono state effettuate le seguenti indagini di approfondimento:

- una prova penetrometrica statica;
- una indagine sismica a rifrazione con il metodo MASW.

L'ubicazione delle prove in situ risulta dalla allegata planimetria.



COMUNE DI CASALMORO AREA VIA RONCHI



La **prova penetrometrica**, spinta fino a 30 metri di profondità, è stata eseguita misurando, ogni 20 centimetri di avanzamento in profondità, i valori di resistenza alla punta (R_p), di attrito laterale locale (R_a) e di attrito totale (R_t); i risultati delle misure di campagna hanno permesso di realizzare i seguenti "elaborati penetrometrici" contenuti negli ALLEGATI alla presente relazione:

- n° 1 tabella valori di resistenza
- n° 1 diagramma di resistenza
- n° 1 tabella valutazioni litologiche
- n° 1 tabella parametri geotecnici

Inoltre l'elaborazione dei valori di R_p e R_a hanno permesso di ricostruire situazione litologica profonda, secondo le teorie di Begemann e di Schmertmann, e di valutare i parametri geotecnici:

profondità (metri)	litologia	parametri geotecnici ϕ° angolo di attrito ($^\circ$) c_u coesione non drenata (Kg/cmq)
0,00 – 1,00	Limo argilloso sabbioso	$c_u = 0,5 - 0,9$
1,00 – 5,00	Sabbia e ghiaia	$\phi^\circ = 35^\circ - 38^\circ$
5,00 – 6,20	Argilla	$c_u = 0,4 - 0,7$
6,20 – 30,00	Sabbia e sabbia e ghiaia con qualche lente sabbioso limosa	$\phi^\circ = 32^\circ - 37^\circ$

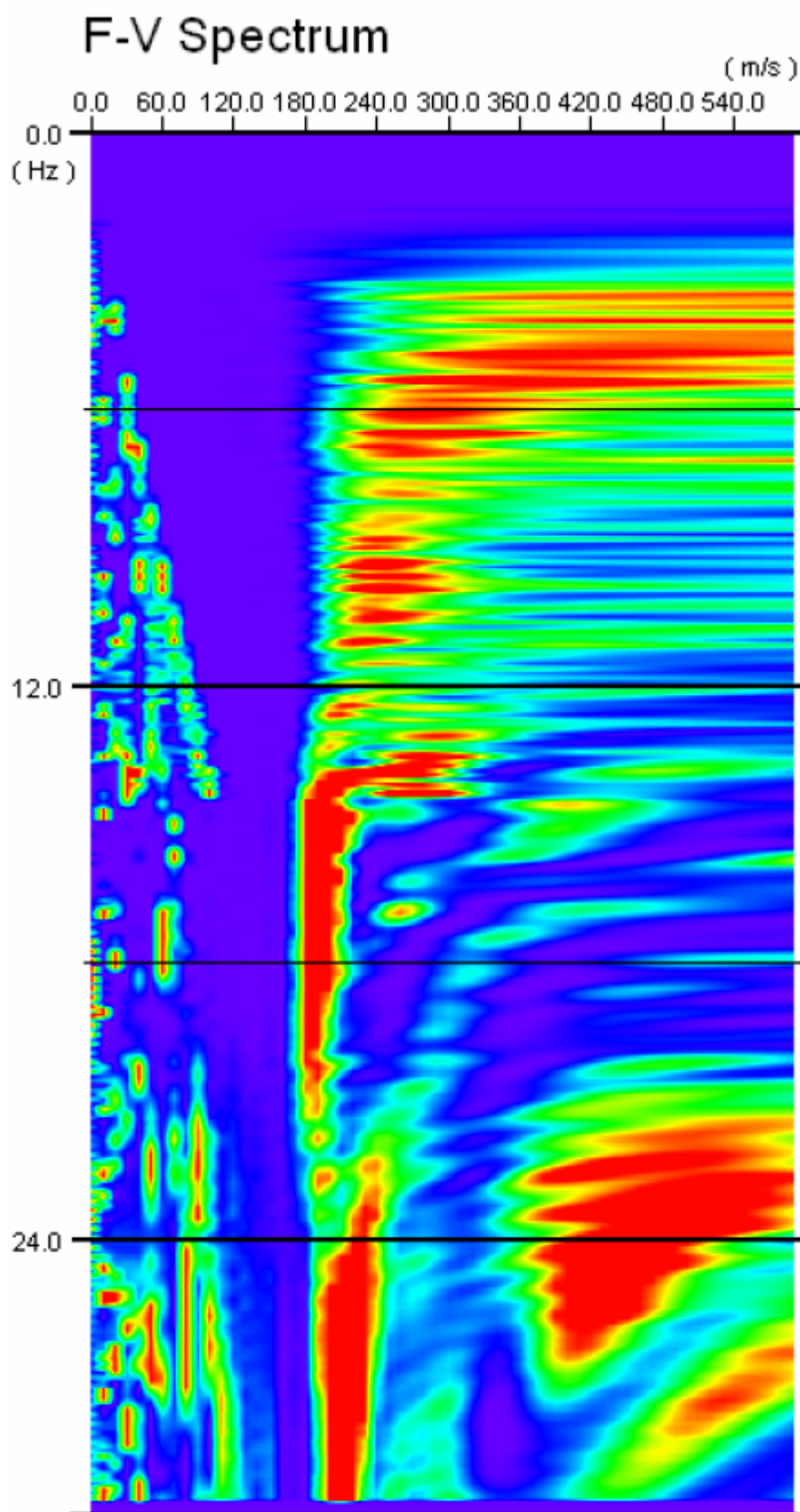
L'indagine sismica è stata effettuata mediante la tecnica dei microtrempi (ReMi, Refracted Microtremors) e del metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) combinati, atta alla classificazione del sito nel Comune di Casalmoro (MN) ai sensi del DM 14/01/2008, della L.r. 11 Marzo 2005, n.12 e delle DGR applicative.

Il metodo prevede l'utilizzo di strumentazione classica per sismica a rifrazione ad elevata dinamica (24 bits di conversione A/D), con geofoni a bassa frequenza (preferibilmente da 4,5 Hz); per le misure è stato utilizzato un sismografo a 24 canali mod. RAS24 a 24 bits con scarico dei dati direttamente su p.c.

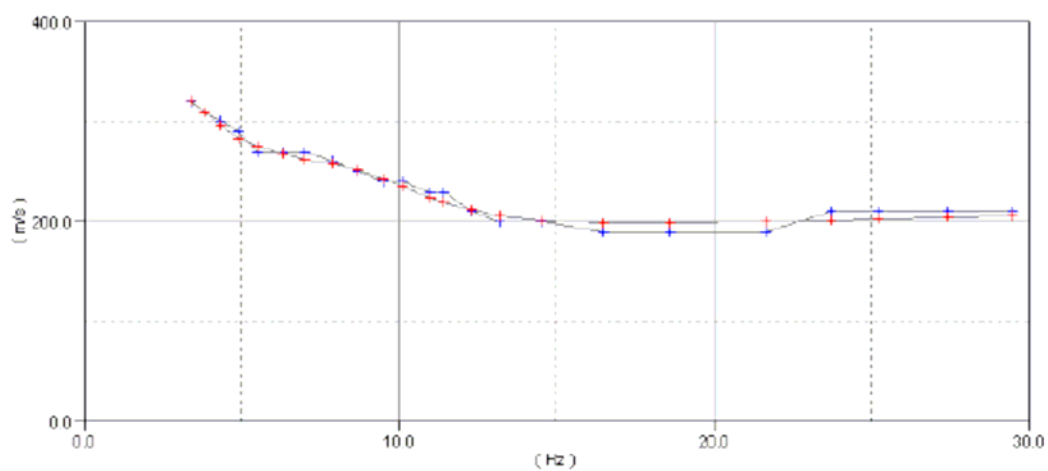
Sono state effettuate 10 registrazioni da 30 secondi ciascuna per il metodo Re.Mi e 2 registrazioni da 2 secondi ciascuna per il metodo MASW. I geofoni usati sono di tipo verticale da 4.5 Hz e, grazie alla dinamica dello strumento (24 bits, range dinamico 117 dB), essi consentono la registrazione delle onde di superficie con contenuto in frequenza fino a circa 2 Hz.

I dati acquisiti in campagna sono stati quindi elaborati e, grazie ai dati di taratura forniti, è stato possibile ricostruire un modello V_s /profondità attendibile.

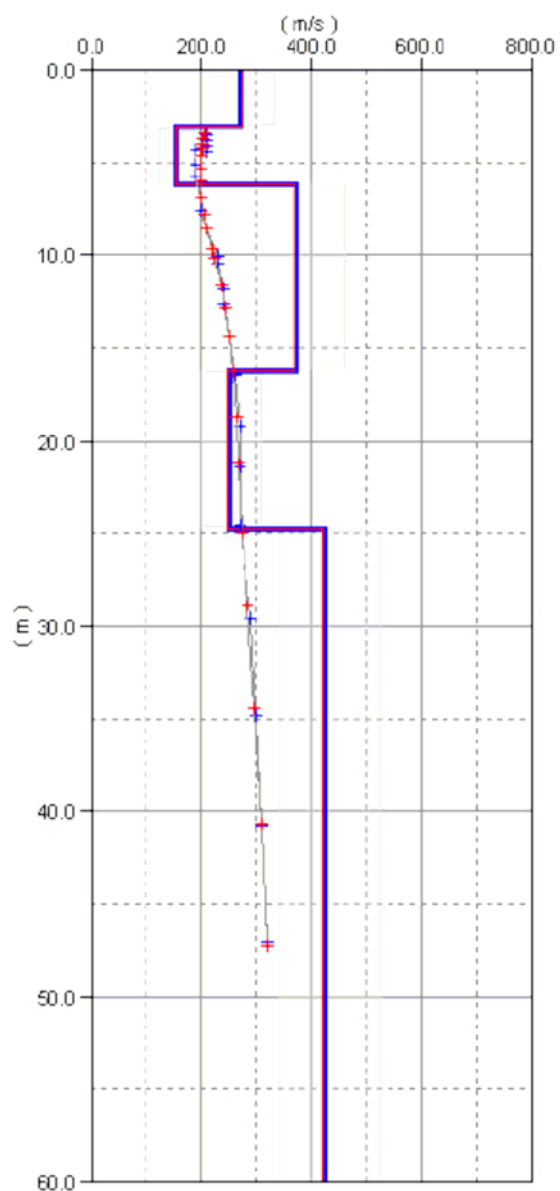
Di seguito si riportano le immagini relative alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh e del modello che ne deriva previa inversione dei dati:



CURVA DI DISPERSIONE CUMULATIVA METODI REMI E MASW



CURVA DI DISPERSIONE MISURATA (BLU) E CALCOLATA (ROSSO)



MODELLO RISULTANTE DALL'INVERSIONE DEI DATI

12.2.2.1 MODELLO GEOFISICO

Sulla base dei risultati ottenuti dalle indagini in situ è stato possibile ricostruire il modello geofisico del sottosuolo.

Il **valore di V_{s30}** viene calcolato con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

Ottenendo $V_{s30} = 283$ m/s.

Quindi i terreni indagati ricadono, secondo l'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003) nella **categoria di suolo di fondazione "C"**: **"depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s"**.

Il **periodo proprio del terreno T**, necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione, viene calcolato considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s è uguale o superiore i 800 m/s ed utilizzando la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

dove h_i e V_{s_i} sono lo spessore e la velocità dello strato i-esimo del modello.

Utilizzando i valori ottenuti dall'indagine sismica a rifrazione si ottiene:

T = 0.70 s

Pertanto il modello geofisico completo, risultante dalle prove geofisiche, del sottosuolo dell'area "Campo sportivo" può essere schematizzato nella seguente tabella.

profondità (metri)	V_s (m/s)	V_{s30} (m/s)	Periodo T (s)
0,00 – 6,20	273	283 (Categoria C)	0,70
6,20 – 16,30	152		
16,30 – 24,80	369		
24,80 – 60,00	421		
48,00 – 80,00	800		

11.2.2.2 FATTORI DI AMPLIFICAZIONE “Fa”

Lo scenario di pericolosità sismica locale Z4a prevede per l'area in esame possibili effetti di amplificazione sismica (amplificazione litologica). Per la valutazione del fattore di amplificazione (Fa) vengono utilizzate le schede dell'Allegato 5 alla DGR 28 maggio 2008 n. 8/7374. 2008 – Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. 11.03.2005 n.12”.

La scheda che più si avvicina al modello geofisico del sito geofisico del sito è la “SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO-SABBIOSA TIPO 2”, di seguito riportata, anche se procedendo in profondità i valori di Vs non sempre ricadono nel campo di validità della procedura.

Il valore di Fa ottenuto dalla scheda di valutazione viene confrontato con un parametro di analogo significato calcolato per ogni comune della Lombardia, valido per ciascuna zona sismica (Zone 2, 3 e 4) e per le diverse categorie di suolo soggette ad amplificazioni litologiche (Categorie di Suolo B, C, D ed E) e per i due intervalli di periodo 0,1-0,5 secondi e 0,5-1,5 secondi.

Per il Comune di Casalmoro i valori di soglia calcolati dalla Regione Lombardia, oltre i quali lo spettro proposto dalla normativa vigente risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito, sono i seguenti

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.1-0.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica	Valori soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Casalmoro	ZONA 4	1,4	1,8	2,2	2,0

Valori di soglia per il periodo compreso tra 0.5-1.5 s					
COMUNE	Classificazione sismica	Valori soglia			
		Suolo tipo B	Suolo tipo C	Suolo tipo D	Suolo tipo E
Casalmoro	ZONA 4	1,7	2,4	4,2	3,1

Per quanto riguarda l'intervallo 0,1-0,5 secondi dalla scheda si ottiene il seguente valore di Fa:

Fa_{0,1-0,5} = 1,77 – 0,38 ln T = 1,9 appena superiore al valore di soglia ammesso (1,8).

Per quanto riguarda l'intervallo 0,5-1,5 secondi dalla scheda si ottiene un valore di Fa pari a:

Fa_{0,5-1,5} = - 1,33 T² + 2,02 T + 0,79 = 1,6 inferiore al valore di soglia ammesso (2,4).

Pertanto sia nell'intervallo T = 0,1- 0,5 s che nell'intervallo T = 0,5 - 1,5 s i valori di Fa si possono considerare inferiori ai corrispondenti valori di soglia calcolati dalla Regione Lombardia; quindi la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa regionale del paragrafo 2.2.2, Allegato 5, DGR 7374/2008.

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA LIMOSO – SABBIOSA TIPO 2

PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

Da limi con sabbie debolmente ghiaiose a limi debolmente sabbioso-argillosi passando per limi con sabbie, limi debolmente argillosi, limi debolmente sabbiosi, limi debolmente ghiaiosi e sabbie con limi debolmente argillosi

NOTE:

Comportamento coesivo

Frazione limosa ad un massimo del 95%

Presenza di clasti immersi con $D_{max} < 2-3$ cm

Frazione ghiaiosa fino ad un massimo del 10%

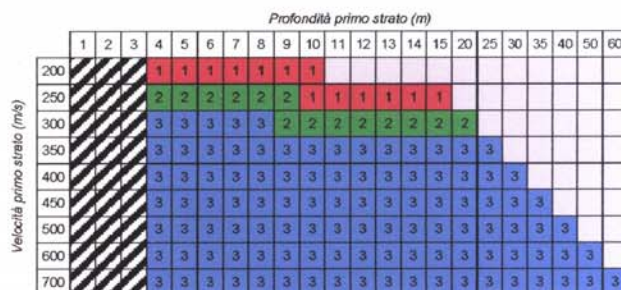
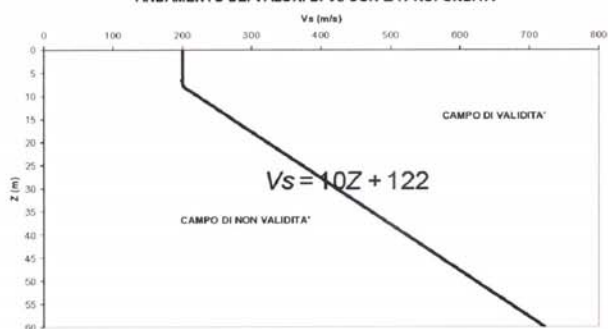
Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 45%

Frazione argillosa fino ad un massimo del 15%

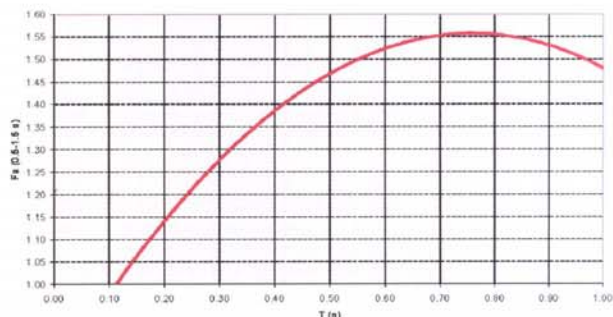
A FIANCO: range di valori per alcuni parametri geotecnici significativi validi per limi sabbiosi debolmente argillosi



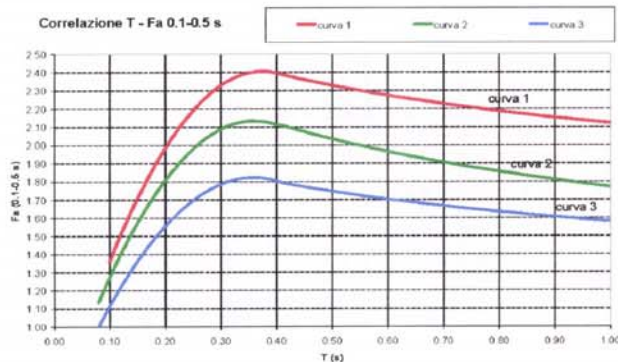
PARAMETRO	INTERVALLO
Peso di volume naturale	γ (kN/m ³) 18.5-19.5
Peso specifico particelle solide	γ_s (kN/m ³) 26.0-27.9
Contenuto d'acqua naturale	w (%) 25-30
Limite di liquidità	w _L (%) 15-20
Limite di plasticità	w _P (%) 5-16
Indice di plasticità	I _p (%) 5-16
Indice dei vuoti	e 0.6-0.9
Grado di saturazione	S _r (%) 90-100
Coefficiente di spinta a riposo	K ₀ 0.4-0.5
Indice di compressione	C _c 0.10-0.30
Indice di riappiombamento	C _i 0.03-0.05
Coefficiente di consolidazione secondaria	C _s 0.002-0.006
Numero colpi prova SPT (nei primi 10 m)	N ₆₀ 0-20

ANDAMENTO DEI VALORI DI V_s CON LA PROFONDITA'

Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -1.33T^2 + 2.02T + 0.79$$



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.10 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -13.9T^2 + 10.4T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 2.12 - 0.30 \ln T$
2	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -12.8T^2 + 9.2T + 0.48$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.77 - 0.38 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -10.6T^2 + 7.6T + 0.46$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.58 - 0.24 \ln T$

12.2.2.3 Verifica alla liquefazione dei terreni

Data la natura granulare prevalente dei terreni sotto falda fino a profondità superiore a 15 metri, non è stato necessario procedere alla verifica alla liquefazione.

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

13 NUOVA CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO

La carta di fattibilità, deriva dalla carta di sintesi e dalla carta dei vincoli attribuendo un valore di classe di fattibilità a ciascun poligono.

Per l'attribuzione della classe di fattibilità ai singoli poligoni della carta di sintesi si è tenuto conto della Tabella 1 - *Classi di ingresso della D.G.R. 7374/2008*.

Al mosaico della fattibilità della "TAV. 4 - Carta di fattibilità delle azioni di piano" dello Studio geologico per il PRG, già approvata, è stato sovrapposto un retino trasparente che indica le aree soggette ad amplificazione sismica locale (Zona Z4a), così come risulta dagli approfondimenti di 1° Livello descritti nel precedente paragrafo 11 ed effettuati secondo la direttiva regionale della D.G.R. sopracitata.

Pertanto la carta di fattibilità può essere considerata come una carta di pericolosità che fornisce le seguenti indicazioni in ordine alle limitazioni e destinazioni d'uso del territorio:

- descrizione degli elementi di pericolo;
- limitazioni e destinazioni d'uso del territorio;
- prescrizioni per gli interventi urbanistici;
- studi e indagini da effettuare per gli interventi possibili richiesti;
- opere di mitigazione del rischio;
- necessità di controllo dei fenomeni in atto o potenziali.

La carta deve essere utilizzata congiuntamente alle "Norme geologiche di piano" che ne riportano la relativa normativa d'uso (prescrizioni per gli interventi urbanistici, studi e indagini da effettuare per gli approfondimenti richiesti...)

Il territorio comunale risulta suddiviso nelle seguenti classi e sottoclassi. (TAV. B – NUOVA CARTA DI FATTIBILITÀ DELLE AZIONI DI PIANO).

13.1 CLASSI DI FATTIBILITÀ

CLASSE 2 – FATTIBILITÀ CON MODESTE LIMITAZIONI

Comprende la parte centro-orientale del territorio comunale, delimitata ad occidente dalla scarpata di terrazzo della valle del Chiese. Dal punto di vista geolitologico, sono presenti depositi ghiaiosi, sabbiosi, limosi e argillosi del "Livello fondamentale della pianura".

Non sono stati individuati fenomeni tali da comportare limitazioni particolari all'uso del territorio.

Gli elementi di pericolo sono:

- falda libera in corrispondenza dei depositi sabbioso-ghiaiosi;
- soggiacenza limitata della falda;
- vulnerabilità dell'acquifero superficiale.

□ CLASSE 3 – FATTIBILITÀ CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

La classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modificazione della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità e vulnerabilità individuate. In relazione alla specificità degli elementi di pericolo è possibile suddividere la classe in quattro sottoclassi.

SOTTOCLASSE 3 A

Si tratta di due zone esterne agli argini del Chiese, generalmente in fascia fluviale C. La zona in sponda destra è compresa tra l'argine e il confine di Comune. La zona in sponda sinistra è compresa tra l'argine e la scarpata di terrazzo che delimita l'area valliva del Chiese caratterizzata da numerosi paleoalvei.

Gli elementi di pericolo sono:

- rischio idraulico (fascia C);
- falda libera in corrispondenza dei depositi sabbioso-ghiaiosi;
- soggiacenza limitata della falda;
- vulnerabilità generalmente elevata dell'acquifero superficiale.

SOTTOCLASSE 3 B

In questa sottoclasse è inserita la fascia di rispetto del Reticolo idrico principale, della larghezza di 10 metri computati a partire dal piede esterno dell'argine maestro del fiume Chiese, dove corre il limite esterno delle Fasce Fluviali A e B coincidenti.

Gli elementi di potenziale pericolo sono:

- aree vulnerabili da un punto di vista idraulico.

SOTTOCLASSE 3 C

In questa sottoclasse sono comprese le fasce di rispetto dei corsi d'acqua del Reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica (Elenco della D.G.R. 11.02.2005 n. 7/20552). Le fasce di rispetto presenti su entrambe le sponde dei corsi d'acqua, così come individuate e definite anche dal **"Regolamento Idraulico"** del Comune, hanno una di larghezza di 10 metri.

Gli elementi di potenziale pericolo sono:

- aree vulnerabili da un punto di vista idraulico.

SOTTOCLASSE 3 D

In questa sottoclasse sono comprese le fasce di rispetto dei corsi d'acqua del Reticolo idrico minore gestito dai "Consorti irrigui Serioletta e Vò di Sales" oppure direttamente dal Comune. Le fasce di rispetto presenti su entrambe le sponde dei corsi d'acqua, così come individuate e definite dal **"Regolamento Idraulico"** del Comune, hanno una di larghezza di 4 metri.

Gli elementi di potenziale pericolo sono:

- aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

□ CLASSE 4 – FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

L'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere ed interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinari, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della L.R. 12/2005, senza aumento di superficie o

volume e senza aumento del carico insediativi. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa sismica. Eventuali infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico possono essere realizzate solo se non altrimenti localizzabili.

In relazione alla specificità degli elementi di pericolo la classe è suddivisa in due sottoclassi.

SOTTOCLASSE 4 A

Comprende le Fasce Fluviali A e B (coincidenti) del fiume Chiese, così come definite dal PAI; si tratta della fascia di territorio che comprende l'alveo del fiume ed alcune aree golenali, fino al piede esterno degli argini.

Gli elementi di potenziale pericolo sono:

a) aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.

SOTTOCLASSE 4 B

Comprende le scarpate di terrazzo che delimitano la valle attuale del Chiese e le relative fasce di rispetto di 5 metri di ampiezza dal ciglio e dal piede della scarpata, come indicato negli Indirizzi Normativi del PTCP agli Artt. 20, 22, 27 e 32, che prevedono norme e tutele di salvaguardia e lo Studio di compatibilità paesistico-ambientale in caso di interventi di trasformazione.

Gli elementi di potenziale pericolo sono:

- stabilità delle scarpate.

14 NORME GEOLOGICHE DI PIANO

Le "norme geologiche di Piano" sono state formulate in modo tale da poter essere riportate integralmente nel Piano delle Regole oltre che nel Documento di Piano del P.G.T., come stabilito dalla disposizione della D.G.R. n. 7374/2008.

14.1 NORME GENERALI

Le norme geologiche contengono la normativa d'uso della carta di fattibilità e riportano, per ciascuna classe e/o sottoclasse, precise indicazioni sulle indagini di approfondimento da effettuarsi prima degli eventuali interventi urbanistici. Copia della Relazione geologica e della Relazione geotecnica devono essere consegnate, congiuntamente alla restante documentazione di progetto, 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).

La normativa di riferimento, per le indagini geologiche e per le relazioni geologica e geotecnica da allegare ai Piani Attuativi ed ai progetti delle costruzioni, è contenuta nel "**Decreto Ministeriale 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni"**" e nella successiva Circolare applicativa del Cons. Sup. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

La Relazione geologica comprende lo studio geologico per la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, per una zona adeguata al tipo di opera ed al contesto geologico locale; pertanto illustra i lineamenti geomorfologici, stratigrafici, litologici, idrografici, idrogeologici e sismici locali.

La Relazione geotecnica comprende:

- la illustrazione delle prove geotecniche (e delle prove geofisiche, quando è richiesto dalla norme vigenti) eseguite in sito e/o in laboratorio per la caratterizzazione e la modellazione geotecnica dell'area; le indagini, commisurate alle dimensioni ed al tipo di opera, devono permettere una adeguata caratterizzazione geotecnica del "volume significativo" del terreno inteso come parte del sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa;
- la identificazione dei parametri geotecnici appropriati ai fini progettuali;
- la determinazione dei valori caratteristici dei parametri geotecnici da utilizzare nelle diverse verifiche;
- le verifiche di sicurezza dell'opera in relazione al tipo di costruzione, in condizioni statiche e, quando richiesto dalla normativa vigente, in condizioni dinamiche.

In generale le NTC impongono di adottare per le verifiche il metodo agli stati limite; fanno eccezione le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II limitatamente ai siti ricadenti in zona sismica 4, come il Comune di Casalmoro, dove è ammesso il Metodo di verifica alle tensioni ammissibili (NTC par. 2.7).

Le norme tecniche del D.M. 14.01.2008 riguardano tutte le costruzioni. Comunque nel caso di costruzioni o interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione potrà essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista sulle ipotesi e sulle scelte progettuali (Norme tecniche delle costruzioni, paragrafo 6.2.2, ultimo comma).

Per quanto riguarda la pericolosità sismica locale del territorio comunale, sono stati individuati, con il 1° Livello di approfondimento, gli scenari di pericolosità sismica locale Z2 e Z4a, cartografati su Tav. A – Carta della pericolosità sismica locale.

Nelle aree di scenario Z2, per le costruzioni consentite dai vincoli esistenti (vincoli idraulici del PAI), devono essere realizzati, solo in fase progettuale, gli approfondimenti di 3° Livello.

Il 3° livello si applica obbligatoriamente, nei Comuni di Zona sismica 4 come Casalmoro, alla costruzione di nuovi edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, ferma restando la facoltà del Comune di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

Nelle aree di scenario Z4a, a seguito dell'applicazione del 2° Livello di approfondimento previsto dalla D.G.R. 7374/2008, è stato calcolato il fattore di amplificazione **Fa** in due che si possono ritenere rappresentative della situazione comunale, ottenendo i seguenti risultati:

- nell'intervallo $T = 0,1 - 0,5$ s e nell'intervallo $T = 0,5 - 1,5$ s i valori di F_a si possono considerare inferiori ai corrispondenti valore di soglia calcolati dalla Regione Lombardia: pertanto la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa regionale del paragrafo 2.2.2, Allegato 5, DGR 7374/2008.

Si specifica inoltre che, ai sensi del D.M. 14 gennaio 2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell'Allegato B del sopracitato D.M.; pertanto la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi della OPCM 3274/2003) individua unicamente l'ambito di approfondimento in fase pianificatoria.

Si sottolinea infine che le indagini effettuate per il PGT e per i Piani Attuativi, non sostituiscono, anche se possono comprendere, le indagini previste per le singole costruzioni dal D. M. 14.01.2008 "*Norme Tecniche per le Costruzioni*".

14.2 NORME SPECIFICHE

Nel Comune di Casalmoro, 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 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

Nelle aree comprese nella Classe 2 di fattibilità, già descritte nel precedente paragrafo 13 e cartografate su Tav. B - Nuova carta di fattibilità delle azioni di piano, i progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche commisurate all'importanza ed alla estensione dell'opera, così come previsto dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 "*Norme Tecniche delle Costruzioni*".

Tenuto conto di quanto disposto dal sopracitato D. M., le indagini di approfondimento devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
- verifica della sicurezza allo stato limite ultimo (SLU) e allo stato limite di esercizio (SLE), quando previsto e/o richiesto (Metodo agli stati limite);

- valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda stessa;
- indicazioni sulle metodologie di abbattimento temporaneo della falda e dei sistemi di impermeabilizzazione nei casi di realizzazione di strutture sotto falda;
- indicazioni sulle metodologie di prevenzione dall'inquinamento del livello acquifero superficiale non protetto (aree con vulnerabilità elevata).

Nelle aree di questa classe, comprese nello scenario di pericolosità sismica Z4a, si terrà conto dei seguenti risultati del 2° Livello di approfondimento:

- nell'intervallo $T = 0,1 - 0,5$ s e nell'intervallo $T = 0,5 - 1,5$ s i valori di F_a si possono considerare inferiori ai corrispondenti valore di soglia calcolati dalla Regione Lombardia: pertanto la normativa vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa regionale del paragrafo 2.2.2, Allegato 5, DGR 7374/2008.

Infine per le costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904 è prevista la progettazione antisismica.

□ CLASSE 3 – FATTIBILITA' CON CONSISTENTI LIMITAZIONI

Oltre a quanto fissato dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “*Norme Tecniche delle Costruzioni*”, nelle aree ricomprese nella Classe 3 di fattibilità valgono le seguenti prescrizioni specifiche, relative a ciascuna sottoclasse.

SOTTOCLASSE 3 A

Sono le due zone esterne agli argini del Chiese, generalmente in fascia fluviale C. La zona in sponda destra è compresa tra l'argine e il confine di Comune. La zona in sponda sinistra è compresa tra l'argine e la scarpata di terrazzo che delimita l'area valliva del Chiese caratterizzata da numerosi paleoalvei.

I progetti per le nuove costruzioni dovranno essere dotati delle indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche commisurate all'importanza ed alla estensione dell'opera, così come previsto dal Decreto Ministeriale 14.01.2008 “*Norme Tecniche delle Costruzioni*”.

Pertanto le indagini di approfondimento, tenuto conto di quanto disposto dal sopracitato D.M. devono raggiungere i seguenti risultati:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione (Metodo delle tensioni ammissibili);
- verifica della sicurezza allo stato limite ultimo (SLU) e allo stato limite di esercizio (SLE), quando previsto e/o richiesto (Metodo agli stati limite);
- valutazione della soggiacenza della falda in caso di strutture sotterranee che possano interessare la falda stessa;
- indicazioni sulle metodologie di abbattimento temporaneo della falda e dei sistemi di impermeabilizzazione nei casi di realizzazione di strutture sotto falda;
- indicazioni sulle metodologie di prevenzione dall'inquinamento del livello acquifero superficiale con vulnerabilità elevata.

Nelle aree di questa sottoclasse, comprese nello scenario di pericolosità sismica Z4a, si terrà conto dei seguenti risultati del 2° Livello di approfondimento:

- nell'intervallo $T = 0,1 - 0,5$ s e nell'intervallo $T = 0,5 - 1,5$ s i valori di F_a si possono considerare inferiori ai corrispondenti valore di soglia calcolati dalla Regione Lombardia: pertanto la normativa

vigente è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa regionale del paragrafo 2.2.2, Allegato 5, DGR 7374/2008.

Infine per le costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904 è prevista la progettazione antisismica.

SOTTOCLASSI “3B” - “3C”

Sui corsi d'acqua del reticolo idrico principale (Fiume Chiese), del reticolo di bonifica e delle loro relative fasce di rispetto della larghezza di 10 metri, cartografati su Tav. B - Nuova carta di fattibilità delle azioni di piano, gli interventi consentiti e regolati dal R.D. 523/1904, dal R.D. 368/1904, dal D.lvo 152/1999, dalla D.G.R. 25.01.2002 n. 7/7868 e dalla D.G.R. 01.08.2003 n. 7/13950, devono dimostrare la loro compatibilità con la situazione di rischio potenziale presente.

Pertanto le indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche devono essere commisurate all'entità dell'intervento e raggiungere i seguenti risultati:

- verifica idraulica della portata del corso d'acqua e attestazione che gli interventi non comportino conseguenze negative sul regime delle acque;
- verifica di compatibilità ambientale con particolare riferimento alla possibilità di accesso, per i lavori di manutenzione, nel tratto del corso d'acqua interessato dagli interventi previsti;
- verifica di stabilità delle opere previste.

SOTTOCLASSE “3D”

Sui corsi d'acqua del reticolo idrico minore gestito dai “Consorzi irrigui Serioletta e Vò di Sales” oppure direttamente dal Comune e delle loro relative fasce di rispetto della larghezza di 4 metri, gli interventi consentiti dal “**Regolamento Idraulico**” del Comune, devono dimostrare la loro compatibilità con la situazione di rischio potenziale presente.

Pertanto le indagini geologiche, geotecniche, idrogeologiche e idrauliche devono essere commisurate all'entità dell'intervento e raggiungere i seguenti risultati:

- verifica idraulica della portata del corso d'acqua e attestazione che gli interventi non comportino conseguenze negative sul regime delle acque;
- verifica di compatibilità ambientale con particolare riferimento alla possibilità di accesso, per i lavori di manutenzione, nel tratto del corso d'acqua interessato dagli interventi previsti;
- verifica di stabilità delle opere previste.

□ CLASSE 4 – FATTIBILITA' CON GRAVI LIMITAZIONI

Nelle aree comprese in Classe 4 di fattibilità, sono escluse nuove edificazioni ad eccezione delle opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti saranno consentiti esclusivamente 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.

Eventuali infrastrutture pubbliche o di 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.

SOTTOCLASSE 4 A

Comprende le Fasce Fluviali A e B coincidenti del fiume Chiese, così come definite dal PAI, fino al piede esterno degli argini.

Sugli interventi consentiti dalle norme vigenti ed in particolare dalle Norme di Attuazione del PAI, agli Artt. 29 - 30 - 32 - 38 - 38 bis - 38 ter e 39 per le Fasce fluviali A e B coincidenti del Chiese, sono previste le seguenti indagini di approfondimento:

- indagine geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica per la valutazione degli effetti dei nuovi interventi sulla situazione esistente e sull'ambiente e della compatibilità degli interventi previsti con la situazione di rischio potenziale presente.

Nelle aree di questa sottoclasse è stato riconosciuto lo scenario sismico di pericolosità Z2 per il quale, oltre al 1° Livello di approfondimento della presente fase pianificatoria del PGT, è previsto il 3° Livello di approfondimento nella fase progettuale, obbligatorio solo per edifici strategici e rilevanti di cui al d.d.u.o. 21.11.2003 n. 19904; le indagini sopraelencate devono fornire i parametri per il calcolo dei cedimenti e la valutazione dei fenomeni di liquefazione dinamica dei terreni sotto l'azione sismica.

SOTTOCLASSE 4 B

Comprende le scarpate di terrazzo e le relative fasce di rispetto di 5 metri di ampiezza dal ciglio e dal piede della scarpata.

Tenuto conto di quanto fissato dal sopracitato dal Testo Unico delle NTC e dalla nuova normativa sismica, sugli interventi consentiti dagli Indirizzi Normativi del P.T.C.P. agli articoli 20, 22, 27 e 32, sono previste le seguenti indagini di approfondimento:

- valutazione del carico unitario ammissibile e dei cedimenti assoluti e relativi dei terreni di fondazione;
- verifica di stabilità delle scarpate di terrazzo;
- indagine geologica e geotecnica in prospettiva sismica per gli edifici ed alle opere strategiche di cui all'Allegato A della D.d.u.o del 21/11/2003, n. 19904.

14.3 TABELLA - CLASSI DI FATTIBILITÀ E NORME GEOLOGICHE DI PIANO

CLASSI DI FATTIBILITÀ	DESCRIZIONE	VINCOLI	PERICOLOSITÀ	NORME GEOLOGICHE
CLASSE 2	Territorio comunale centrale e orientale appartenente al “livello fondamentale della pianura”, quasi sempre fino all’orlo della scarpata di terrazzo che delimita la valle del Chiese; tutte le aree di questa classe si trovano all’esterno della fascia fluviale “C” del Chiese.	<u>Vincoli di “Polizia Idraulica”</u> relativi al reticolo idrico principale e minore inseriti nelle sottoclassi 3B-3C-3D. <u>Vincolo PTCP</u> relativo al terrazzo fluviale inserito nella sottoclasse 4B.	<u>Peric. Idrogeologica:</u> - vulnerabilità acquifero alta in presenza di depositi superficiali sabbiosi. <u>Peric. sismica locale:</u> ▪ scenario Z4a - Fa < Soglia lomb. per T = 0,1 - 0,5s per T = 0,5 - 1,5s.	Applicazione delle NTC vigenti. Indagini di approfondimento per raggiungere i seguenti risultati: - valutazione di qam. e dei cedimenti (Metodo delle tensioni ammissibili); - verifica della sicurezza allo SLU e SLE (Metodo agli stati limite se richiesti); - valutazione soggiacenza falda per le strutture che interferiscono con la falda superficiale; - prevenzione inquinamento dei livelli acquiferi non protetti; - progettazione antisismica per costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904.
CLASSE 3	Sono le due zone esterne agli argini del Chiese, generalmente in fascia fluviale C. La zona in sponda destra è compresa tra l’argine e il confine di Comune. La zona in sponda sinistra è compresa tra l’argine e la scarpata di terrazzo che delimita l’area valliva del Chiese caratterizzata da numerosi paleoalvei .	<u>Vincoli idraulici</u> ▪ L. 183/89, D.L.vo 152/2006: - fascia “C” <u>Vincoli di “Polizia Idraulica”</u> relativi al reticolo idrico principale e minore inseriti nelle sottoclassi 3B-3C-3D. <u>Vincolo PTCP</u> relativo al terrazzo fluviale inserito nella sottoclasse 4B	<u>Peric. Idraulica</u> - piena catastrofica <u>Peric. Idrogeologica:</u> - soggiacenza limitata della falda; - vulnerabilità acquifero alta in presenza di depositi superficiali sabbioso ghiaiosi.	Applicazione delle NTC vigenti. Indagini di approfondimento per raggiungere i seguenti risultati: - valutazione di qam. e dei cedimenti (Metodo delle tensioni ammissibili); - verifica della sicurezza allo SLU e SLE (Metodo agli stati limite se richiesti); - valutazione soggiacenza falda per le strutture che interferiscono con la falda superficiale; - prevenzione inquinamento dei livelli acquiferi non protetti; - progettazione antisismica per costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904.
Sottoclasse 3A				
Sottoclassi “3B” e “3C”	▪ Reticolo idrico principale: - Fiume Chiese ▪ Reticolo idrico di bonifica: - Fossa Magna - Roggia Isorella - Branchello - Vaso Grama - Gambino Baitella - Allacciante Baitella- -Grama - Canaletta Castellaro - Scolo Ravazziga - Vaso Bresciani	<u>Vincoli di “Polizia Idraulica”</u> (D.G.R. 7868/03 e succ. modif. e integr.) - fasce di rispetto di 10 metri sulle due sponde	<u>Pericolosità idraulica</u>	Applicazione delle NTC vigenti. All’interno delle fasce di rispetto, per qualsiasi intervento consentito dalle norme vigenti, le indagini devono raggiungere i seguenti risultati: -verifica idraulica della portata del corso d’acqua e attestazione che gli interventi non comportino conseguenze negative sul regime delle acque; - verifica di compatibilità ambientale con particolare riferimento alla possibilità di accesso, per i lavori di manutenzione, nel tratto del corso d’acqua interessato dagli interventi previsti. - stabilità degli interventi previsti

CLASSI DI FATTIBILITÀ	DESCRIZIONE	VINCOLI	PERICOLOSITÀ	NORME GEOLOGICHE
Sottoclasse 3D	▪ Reticolo idrico minore gestito dai Consorzi irrigui: - Seriola del Molino - Seriola di Casalmoro - Vò di Sales vecchio - Vo di Sales Nuovo - Roggia Serioletta ▪ Reticolo idrico minore gestito dal Comune: - Roggia Grama - Grama - Vaso Guadetto	<u>Vincoli di “Polizia Idraulica”</u> (D.G.R. 7868/03 e succ. modif. e integraz.): - fasce di rispetto di 4 metri sulle due sponde.	<u>Pericolosità idraulica</u>	Applicazione delle NTC vigenti. All'interno delle fasce di rispetto, per qualsiasi intervento consentito dalle norme vigenti, le indagini devono raggiungere i seguenti risultati: - verifica idraulica della portata del corso d'acqua e attestazione che gli interventi non comportino conseguenze negative sul regime delle acque; - verifica di compatibilità ambientale con particolare riferimento alla possibilità di accesso, per i lavori di manutenzione, nel tratto del corso d'acqua interessato dagli interventi previsti. - stabilità degli interventi previsti
Sottoclasse 4A	Aree comprese entro l'argine principale del Chiese. Riguarda le fasce fluviali “A-B” coincidenti del Chiese.	<u>Vincoli idraulici</u> L. 183/89, D.L.vo 152/2006: - fasce fluviali A-B (Norme di Att del PAI, Artt. 29-30-32-38- 38bis-38ter-39-41).	<u>Pericolosità idraulica:</u> - esondazione e deflusso durante la piena di riferimento <u>Peric. sismica locale:</u> ▪ scenario Z2 - 3° Livello di approfondimento	Applicazione delle NTC vigenti. Sugli interventi consentiti dai vincoli idraulici, le indagini geologiche e idrauliche devono raggiungere i seguenti risultati: - valutazione degli effetti degli interventi sulla situazione esistente; - valutazione degli interventi con la situazione di rischio potenziale presente; - progettazione antisismica per costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904.
Sottoclasse 4B	Comprende la scarpata di terrazzo della valle del Chiese e le relative fasce di rispetto di 5 metri di ampiezza dal ciglio e dal piede della scarpata stessa.	<u>Vincolo PTCP</u> relativo al terrazzo fluviale (Indirizzi Normativi: Artt. 20-22-27-32).	<u>Peric. geologica</u> - stabilità della scarpata	Applicazione delle NTC vigenti. Indagini di approfondimento per raggiungere i seguenti risultati: - valutazione di qam. e dei cedimenti (Metodo delle tensioni ammissibili); - verifica della sicurezza allo SLU e SLE (Metodo agli stati limite richiesti); - valutazione soggiacenza falda per le strutture che interferiscono con la falda superficiale; - prevenzione inquinamento dei livelli acquiferi non protetti; - verifica di stabilità della scarpata; - progettazione antisismica per costruzioni strategiche e rilevanti del D.d.u.o. 21/11/2002 n.19904.

ALLEGATI

ALLEGATO 1 AREA "CAMPO SPORTIVO"

ALLEGATI INDAGINI GEOTECNICHE

PROVA PENETROMETRICA - CPT 1

PROVA PENETROMETRICA STATICA						CPT 1					
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA						3.010496-040					
- committente:			COMUNE DI CASALMORO			- data prova :			13/03/2009		
- lavoro:			COMPONENTE SISMICA PGT			- quota inizio :			Piano Campagna		
- località:			CAMPO SPORTIVO - CASALMORO			- prof. falda :			1,90 m da quota inizio		
- resp. cantiere:						- data emiss. :			17/03/2009		
- assist. cantiere:											
prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
0,20	----	----	--	-----	----	10,20	130,0	150,0	260,0	2,67	97,0
0,40	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	10,40	96,0	108,0	192,0	1,60	120,0
0,60	10,0	15,0	20,0	0,67	30,0	10,60	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0
0,80	8,0	16,0	16,0	1,07	15,0	10,80	70,0	83,0	140,0	1,73	81,0
1,00	23,0	31,0	46,0	1,07	43,0	11,00	60,0	80,0	120,0	2,67	45,0
1,20	12,0	18,0	24,0	0,80	30,0	11,20	80,0	93,0	160,0	1,73	92,0
1,40	38,0	48,0	76,0	1,33	57,0	11,40	70,0	88,0	140,0	2,40	58,0
1,60	38,0	48,0	76,0	1,33	57,0	11,60	82,0	100,0	164,0	2,40	68,0
1,80	70,0	87,0	140,0	2,27	62,0	11,80	50,0	68,0	100,0	2,40	42,0
2,00	20,0	33,0	40,0	1,73	23,0	12,00	130,0	144,0	260,0	1,87	139,0
2,20	27,0	35,0	54,0	1,07	51,0	12,20	90,0	113,0	180,0	3,07	59,0
2,40	20,0	33,0	40,0	1,73	23,0	12,40	52,0	70,0	104,0	2,40	43,0
2,60	15,0	25,0	30,0	1,33	22,0	12,60	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0
2,80	15,0	23,0	30,0	1,07	28,0	12,80	125,0	150,0	250,0	3,33	75,0
3,00	10,0	18,0	20,0	1,07	19,0	13,00	150,0	170,0	300,0	2,67	112,0
3,20	17,0	22,0	34,0	0,67	51,0	13,20	150,0	180,0	300,0	4,00	75,0
3,40	15,0	23,0	30,0	1,07	28,0	13,40	110,0	140,0	220,0	4,00	55,0
3,60	10,0	20,0	20,0	1,33	15,0	13,60	130,0	156,0	260,0	3,47	75,0
3,80	20,0	28,0	40,0	1,07	37,0	13,80	110,0	130,0	220,0	2,67	82,0
4,00	18,0	24,0	36,0	0,80	45,0	14,00	90,0	112,0	180,0	2,93	61,0
4,20	25,0	34,0	50,0	1,20	42,0	14,20	110,0	122,0	220,0	1,60	137,0
4,40	20,0	28,0	40,0	1,07	37,0	14,40	110,0	130,0	220,0	2,67	82,0
4,60	10,0	20,0	20,0	1,33	15,0	14,60	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
4,80	10,0	15,0	20,0	0,67	30,0	14,80	160,0	190,0	320,0	4,00	80,0
5,00	5,0	10,0	10,0	0,67	15,0	15,00	170,0	190,0	340,0	2,67	127,0
5,20	6,0	9,0	12,0	0,40	30,0	15,20	100,0	122,0	200,0	2,93	68,0
5,40	5,0	8,0	10,0	0,40	25,0	15,40	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
5,60	4,0	6,0	8,0	0,27	30,0	15,60	100,0	112,0	200,0	1,60	125,0
5,80	20,0	28,0	40,0	1,07	37,0	15,80	90,0	112,0	180,0	2,93	61,0
6,00	45,0	55,0	90,0	1,33	67,0	16,00	80,0	104,0	160,0	3,20	50,0
6,20	50,0	60,0	100,0	1,33	75,0	16,20	105,0	130,0	210,0	3,33	63,0
6,40	50,0	67,0	100,0	2,27	44,0	16,40	140,0	154,0	280,0	1,87	150,0
6,60	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0	16,60	140,0	170,0	280,0	4,00	70,0
6,80	60,0	70,0	120,0	1,33	90,0	16,80	160,0	180,0	320,0	2,67	120,0
7,00	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0	17,00	130,0	170,0	260,0	5,33	49,0
7,20	80,0	90,0	160,0	1,33	120,0	17,20	200,0	230,0	400,0	4,00	100,0
7,40	90,0	105,0	180,0	2,00	90,0	17,40	206,0	220,0	412,0	1,87	221,0
7,60	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0	17,60	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
7,80	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0	17,80	110,0	135,0	220,0	3,33	66,0
8,00	60,0	82,0	120,0	2,93	41,0	18,00	100,0	135,0	200,0	4,67	43,0
8,20	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0	18,20	98,0	120,0	196,0	2,93	67,0
8,40	70,0	84,0	140,0	1,87	75,0	18,40	160,0	176,0	320,0	2,13	150,0
8,60	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0	18,60	120,0	152,0	240,0	4,27	56,0
8,80	87,0	100,0	174,0	1,73	100,0	18,80	120,0	145,0	240,0	3,33	72,0
9,00	130,0	150,0	260,0	2,67	97,0	19,00	70,0	100,0	140,0	4,00	35,0
9,20	110,0	130,0	220,0	2,67	82,0	19,20	140,0	160,0	280,0	2,67	105,0
9,40	70,0	88,0	140,0	2,40	58,0	19,40	130,0	160,0	260,0	4,00	65,0
9,60	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0	19,60	190,0	220,0	380,0	4,00	95,0
9,80	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0	19,80	190,0	220,0	380,0	4,00	95,0
10,00	90,0	110,0	180,0	2,67	67,0	20,00	130,0	160,0	260,0	4,00	65,0

PROVA PENETROMETRICA STATICA **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 1

3.010496-040

- committente:	COMUNE DI CASALMORO	- data prova :	13/03/2009
- lavoro:	COMPONENTE SISMICA PGT	- quota inizio :	Piano Campagna
- località:	CAMPO SPORTIVO - CASALMORO	- prof. falda :	1,90 m da quota inizio
- resp. cantiere:		- data emiss. :	17/03/2009
- assist. cantiere:			

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
20,20	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0	25,20	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
20,40	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0	25,40	120,0	156,0	240,0	4,80	50,0
20,60	210,0	236,0	420,0	3,47	121,0	25,60	120,0	158,0	240,0	5,07	47,0
20,80	155,0	185,0	310,0	4,00	78,0	25,80	200,0	233,0	400,0	4,40	91,0
21,00	210,0	230,0	420,0	2,67	157,0	26,00	200,0	235,0	400,0	4,67	86,0
21,20	170,0	210,0	340,0	5,33	64,0	26,20	230,0	260,0	460,0	4,00	115,0
21,40	140,0	168,0	280,0	3,73	75,0	26,40	180,0	210,0	360,0	4,00	90,0
21,60	170,0	210,0	340,0	5,33	64,0	26,60	130,0	160,0	260,0	4,00	65,0
21,80	180,0	212,0	360,0	4,27	84,0	26,80	170,0	200,0	340,0	4,00	85,0
22,00	200,0	236,0	400,0	4,80	83,0	27,00	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0
22,20	200,0	235,0	400,0	4,67	86,0	27,20	230,0	260,0	460,0	4,00	115,0
22,40	150,0	180,0	300,0	4,00	75,0	27,40	220,0	250,0	440,0	4,00	110,0
22,60	90,0	116,0	180,0	3,47	52,0	27,60	250,0	280,0	500,0	4,00	125,0
22,80	90,0	113,0	180,0	3,07	59,0	27,80	260,0	300,0	520,0	5,33	97,0
23,00	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0	28,00	260,0	290,0	520,0	4,00	130,0
23,20	170,0	200,0	340,0	4,00	85,0	28,20	220,0	260,0	440,0	5,33	82,0
23,40	220,0	255,0	440,0	4,67	94,0	28,40	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0
23,60	190,0	220,0	380,0	4,00	95,0	28,60	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0
23,80	170,0	200,0	340,0	4,00	85,0	28,80	165,0	200,0	330,0	4,67	71,0
24,00	190,0	230,0	380,0	5,33	71,0	29,00	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0
24,20	230,0	260,0	460,0	4,00	115,0	29,20	200,0	235,0	400,0	4,67	86,0
24,40	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0	29,40	230,0	260,0	460,0	4,00	115,0
24,60	150,0	190,0	300,0	5,33	56,0	29,60	220,0	260,0	440,0	5,33	82,0
24,80	100,0	138,0	200,0	5,07	39,0	29,80	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0
25,00	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0	30,00	210,0	250,0	420,0	5,33	79,0

- PENETROMETRO STATICO tipo da 10 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

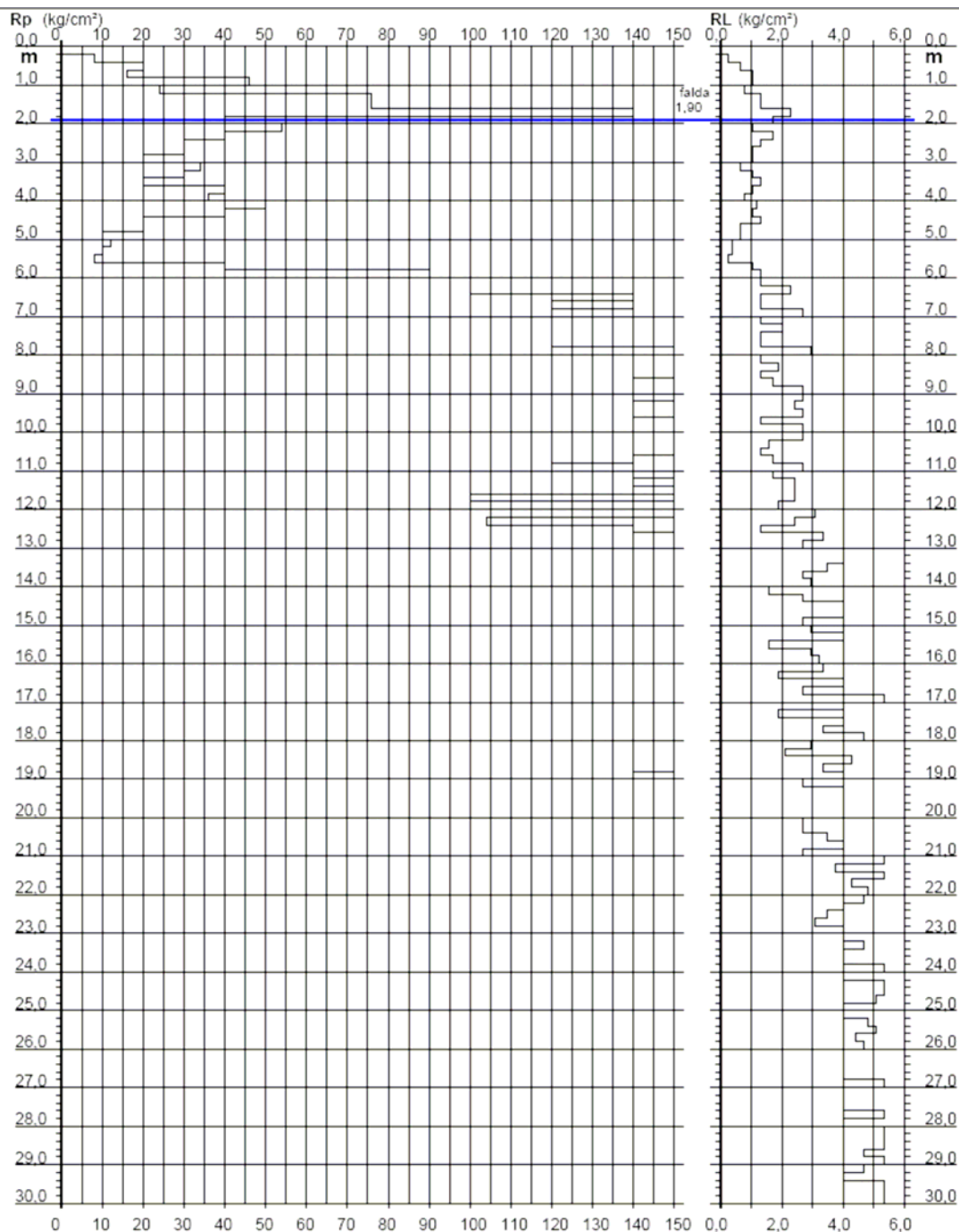
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: CAMPO SPORTIVO - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,90 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 150
 - data emiss. : 17/03/2009



Software by: Dr.D.Merlin - 0426/840820

Indagini Geologiche, Sondaggi, Prove Penetrometriche.

Dott. Geol. Giovanni Novellini - Mantova

PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: CAMPO SPORTIVO - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,90 m da quota inizio
 - data emiss. : 17/03/2009

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE											
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	adm (°)	amy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	8	30	4/3	1.85	0.07	0.40	51.7	68	102	35	49	35	37	39	42	37	28	0.101	13	20	16	
0.60	20	30	4/3	1.85	0.11	0.80	74.1	136	204	60	70	38	40	42	44	40	27	0.160	33	50	40	
0.80	16	15	2/III	1.85	0.15	0.70	43.5	118	177	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
1.00	46	43	3/II	1.85	0.19	--	--	--	--	--	86	40	42	43	45	41	31	0.211	77	115	92	
1.20	24	30	4/3	1.85	0.22	0.89	35.6	151	227	72	60	36	38	41	43	37	28	0.130	40	60	48	
1.40	76	57	3/II	1.85	0.25	--	--	--	--	--	90	41	43	44	46	42	33	0.242	127	190	152	
1.60	78	57	3/II	1.85	0.30	--	--	--	--	--	92	41	42	44	46	41	33	0.231	127	190	152	
1.80	140	62	3/II	1.85	0.33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	38	0.268	233	350	280	
2.00	40	23	4/3	1.00	0.35	1.33	33.1	227	340	120	66	37	39	41	43	38	30	0.147	67	100	80	
2.20	54	51	3/II	0.92	0.37	--	--	--	--	--	75	38	40	42	44	39	31	0.174	90	135	108	
2.40	40	23	4/3	1.00	0.39	1.33	29.0	227	340	120	63	37	39	41	43	37	30	0.140	67	100	80	
2.60	30	22	4/3	0.96	0.41	1.00	19.1	170	255	90	52	35	38	40	42	35	29	0.110	50	75	60	
2.80	30	28	4/3	0.96	0.43	1.00	18.0	170	255	90	51	35	37	40	42	35	29	0.107	50	75	60	
3.00	19	19	4/3	0.93	0.45	0.80	12.9	136	204	60	38	36	38	40	42	35	27	0.071	33	50	40	
3.20	54	51	3/II	0.99	0.47	--	--	--	--	--	84	36	38	40	42	35	27	0.113	90	135	108	
3.40	30	28	4/3	0.96	0.49	1.00	15.5	170	255	90	48	35	37	39	42	34	29	0.100	50	75	60	
3.60	20	15	4/3	0.93	0.50	0.80	11.2	136	204	60	33	33	35	38	41	32	27	0.065	33	50	40	
3.80	40	37	3/II	0.90	0.52	--	--	--	--	--	56	36	38	40	43	35	30	0.121	67	100	80	
4.00	36	45	3/II	0.89	0.54	--	--	--	--	--	52	35	37	40	42	35	30	0.109	60	90	72	
4.20	50	42	3/II	0.92	0.56	--	--	--	--	--	62	37	39	41	43	36	31	0.137	83	125	100	
4.40	40	37	3/II	0.90	0.58	--	--	--	--	--	54	36	38	40	42	35	30	0.114	67	100	80	
4.60	20	15	4/3	0.93	0.59	0.80	9.1	141	212	60	28	32	35	37	40	31	27	0.058	33	50	40	
4.80	20	30	4/3	0.93	0.61	0.80	8.8	145	218	60	28	32	35	37	40	31	27	0.055	33	50	40	
5.00	10	15	2/III	0.90	0.63	0.50	4.7	175	263	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.20	12	30	4/3	0.88	0.65	0.57	5.4	177	265	45	10	29	32	35	39	28	28	0.020	20	30	24	
5.40	10	25	2/III	0.90	0.67	0.50	4.4	186	279	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.60	8	30	4/3	0.84	0.68	0.40	3.2	190	285	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
5.80	40	37	3/II	0.90	0.70	--	--	--	--	--	49	35	37	39	42	34	28	0.102	13	20	16	
6.00	90	67	3/II	0.89	0.72	--	--	--	--	--	76	38	40	42	44	38	33	0.178	150	225	180	
6.20	100	75	3/II	1.00	0.74	--	--	--	--	--	79	39	41	43	44	38	34	0.188	167	250	200	
6.40	100	44	3/II	1.00	0.76	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	38	34	0.186	167	250	200	
6.60	140	105	3/II	1.06	0.78	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	40	36	0.222	233	350	280	
6.80	120	90	3/II	1.03	0.80	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	39	35	0.202	200	300	240	
7.00	140	52	3/II	1.06	0.82	--	--	--	--	--	88	40	42	43	45	39	36	0.217	233	350	280	
7.20	160	120	3/II	1.09	0.85	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	40	36	0.231	267	400	320	
7.40	180	90	3/II	1.13	0.87	--	--	--	--	--	93	41	43	44	46	40	37	0.243	300	450	360	
7.60	180	135	3/II	1.12	0.91	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	40	37	0.238	300	450	360	
8.00	120	41	3/II	1.03	0.93	--	--	--	--	--	80	39	41	43	44	38	35	0.190	200	300	240	
8.20	140	105	3/II	1.06	0.95	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	39	36	0.205	233	350	280	
8.40	140	75	3/II	1.06	0.96	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	39	36	0.203	233	350	280	
8.60	140	105	3/II	1.06	1.00	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	39	36	0.202	233	350	280	
8.80	174	100	3/II	1.11	1.02	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	39	37	0.225	290	435	348	
9.00	250	97	3/II	1.11	1.04	--	--	--	--	--	100	41	43	45	46	41	40	0.258	433	650	520	
9.20	82	82	3/II	1.05	1.07	--	--	--	--	--	82	40	42	43	45	40	38	0.200	267	400	320	
9.40	140	58	3/II	1.06	1.09	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	36	0.195	233	350	280	
9.60	140	52	3/II	1.06	1.11	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	38	36	0.193	233	350	280	
9.80	180	135	3/II	1.12	1.13	--	--	--	--	--	89	40	42	44	45	39	37	0.220	300	450	360	
10.00	180	67	3/II	1.12	1.15	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	39	37	0.219	300	450	360	
10.20	260	97	3/II	1.15	1.18	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	40	0.268	433	650	520	
10.40	192	120	3/II	1.14	1.20	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	39	37	0.223	320	480	384	
10.60	180	135	3/II	1.12	1.22	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	39	37	0.214	300	450	360	
10.80	140	81	3/II	1.03	1.24	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	38	34	0.184	233	350	280	
11.00	120	45	3/II	1.03	1.26	--	--	--	--	--	73	38	40	42	44	37	35	0.187	200	300	240	
11.20	180	92	3/II	1.09	1.28	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	36	0.197	267	400	320	
11.40	140	58	3/II	1.06	1.31	--	--	--	--	--	77	39	40	42	44	37	36	0.181	233	350	280	
11.60	164	68	3/II	1.10	1.33	--	--	--	--	--	82	39	41	43	45	38	37	0.197	273	410	328	
11.80	100	42	3/II	1.00	1.35	--	--	--	--	--	65	37	39	41	43	35	34	0.144	167	250	200	
12.00	260	139	3/II	1.15	1.37	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	40	40	0.248	433	650	520	
12.20	180	59	3/II	1.12	1.39	--	--	--	--	--	87	40	41	43	45	38	37	0.203	300	450	360	
12.40	140	43	3/II	1.04	1.41	--	--	--	--	--	74	39	41	43	45	38	34	0.173	267	400	320	
12.60	140	105	3/II	1.06	1.43	--	--	--	--	--	75	38	40	42	44	37	36	0.174	233	350	280	
12.80	250	75	3/II	1.15	1.46	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	36	0.238	417	625	500	
13.00	300	112	3/II	1.15	1.48	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0.268	500	750	600	
13.20	300	75	3/II	1.15	1.50	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0.268	500	750	600	
13.40	220	55	3/II	1.15	1.53	--	--	--	--	--	99	40	42									

PROVA PENETROMETRICA STATICA **TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 1

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: CAMPO SPORTIVO - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,90 m da quota inizio
 - data emiss. : 17/03/2009

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	R _p kg/cm ²	R _p /R _i (-)	Natura Litol.	Y' t/m ³	p _{vo} kg/cm ²	Cu kg/cm ²	OCR (-)	Eu50 kg/cm ²	Eu25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	adm (°)	emv (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm ²	E'25 kg/cm ²	Mo kg/cm ²
20.20	200	75	3.....	1.15	2.30	--	--	--	--	--	75	39	40	42	44	36	38	0.176	333	500	400
20.40	200	75	3.....	1.15	2.33	--	--	--	--	--	75	39	40	42	44	36	38	0.175	333	500	400
20.60	420	121	3.....	1.15	2.35	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0.258	700	1050	840
20.80	310	78	3.....	1.15	2.37	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.222	517	775	620
21.00	420	157	3.....	1.15	2.40	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0.258	700	1050	840
21.20	340	64	3.....	1.15	2.42	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	39	40	0.232	567	850	680
21.40	280	75	3.....	1.15	2.44	--	--	--	--	--	88	40	42	43	45	38	40	0.208	467	700	580
21.60	340	64	3.....	1.15	2.46	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	39	40	0.230	567	850	680
21.80	360	84	3.....	1.15	2.49	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	40	0.236	600	900	720
22.00	400	83	3.....	1.15	2.51	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.248	667	1000	800
22.20	400	86	3.....	1.15	2.53	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.247	667	1000	800
22.40	300	75	3.....	1.15	2.56	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	38	40	0.212	500	750	600
22.60	180	52	3.....	1.12	2.58	--	--	--	--	--	89	38	40	41	44	35	37	0.196	300	450	380
22.80	180	59	3.....	1.12	2.60	--	--	--	--	--	89	38	40	41	44	35	37	0.196	300	450	380
23.00	200	50	3.....	1.15	2.62	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	35	38	0.166	333	500	400
23.20	340	85	3.....	1.15	2.65	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.224	567	850	680
23.40	440	94	3.....	1.15	2.67	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	39	40	0.255	733	1100	880
23.60	380	95	3.....	1.15	2.69	--	--	--	--	--	94	41	42	44	45	39	40	0.236	633	950	760
23.80	340	85	3.....	1.15	2.72	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.222	567	850	680
24.00	380	71	3.....	1.15	2.74	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	39	40	0.234	633	950	760
24.20	480	115	3.....	1.15	2.76	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.257	767	1150	920
24.40	400	75	3.....	1.15	2.79	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.239	667	1000	800
24.60	300	56	3.....	1.15	2.81	--	--	--	--	--	85	40	41	43	45	37	40	0.205	500	750	600
24.80	200	39	3.....	1.15	2.83	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	35	38	0.160	333	500	400
25.00	200	50	3.....	1.15	2.85	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	35	38	0.160	333	500	400
25.20	200	50	3.....	1.15	2.86	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	35	38	0.159	333	500	400
25.40	240	50	3.....	1.15	2.90	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	36	39	0.178	400	600	480
25.60	240	47	3.....	1.15	2.92	--	--	--	--	--	76	39	40	42	44	36	39	0.177	400	600	480
25.80	400	91	3.....	1.15	2.95	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	39	40	0.234	667	1000	800
26.00	400	86	3.....	1.15	2.97	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	38	40	0.234	667	1000	800
26.20	480	115	3.....	1.15	2.99	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	39	40	0.250	767	1150	920
26.40	360	90	3.....	1.15	3.02	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	38	40	0.220	600	900	720
26.60	280	65	3.....	1.15	3.04	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	36	40	0.183	433	650	520
26.80	340	85	3.....	1.15	3.06	--	--	--	--	--	87	40	42	43	45	38	40	0.212	567	850	680
27.00	400	75	3.....	1.15	3.08	--	--	--	--	--	92	41	42	44	45	38	40	0.230	667	1000	800
27.20	480	115	3.....	1.15	3.11	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.247	767	1150	920
27.40	440	110	3.....	1.15	3.13	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.241	733	1100	880
27.60	500	125	3.....	1.15	3.15	--	--	--	--	--	99	42	43	45	46	39	40	0.256	833	1250	1000
27.80	520	97	3.....	1.15	3.18	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.258	867	1300	1040
28.00	520	130	3.....	1.15	3.20	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.258	867	1300	1040
28.20	440	82	3.....	1.15	3.22	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	40	0.238	733	1100	880
28.40	400	75	3.....	1.15	3.25	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	38	40	0.226	667	1000	800
28.60	400	75	3.....	1.15	3.27	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	38	40	0.226	667	1000	800
28.80	330	71	3.....	1.15	3.29	--	--	--	--	--	84	40	41	43	45	37	40	0.203	550	825	660
29.00	400	75	3.....	1.15	3.31	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.224	667	1000	800
29.20	400	86	3.....	1.15	3.34	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.224	667	1000	800
29.40	480	115	3.....	1.15	3.36	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.240	767	1150	920
29.60	440	82	3.....	1.15	3.38	--	--	--	--	--	93	41	42	44	45	38	40	0.234	733	1100	880
29.80	400	75	3.....	1.15	3.41	--	--	--	--	--	90	41	42	44	45	38	40	0.222	667	1000	800
30.00	420	79	3.....	1.15	3.43	--	--	--	--	--	91	41	42	44	45	38	40	0.227	700	1050	840

ALLEGATI INDAGINI GEOFISICHE

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data 16/03/2009

Località

Casalmoro (MN) - Campo sportivo

Metodo di indagine

MASW Attivo e Passivo
(misura V_r)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

12 geofoni - interasse 5 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. C_0 e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione

		S_s	C_0	$S=S_s \cdot S_T$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
B	Roccie tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.42	1.20
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.61	1.50
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.38	1.80
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).	1.6	1.93	1.60
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 5 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g , F_0 e T'_0 vengono forniti dalla normativa

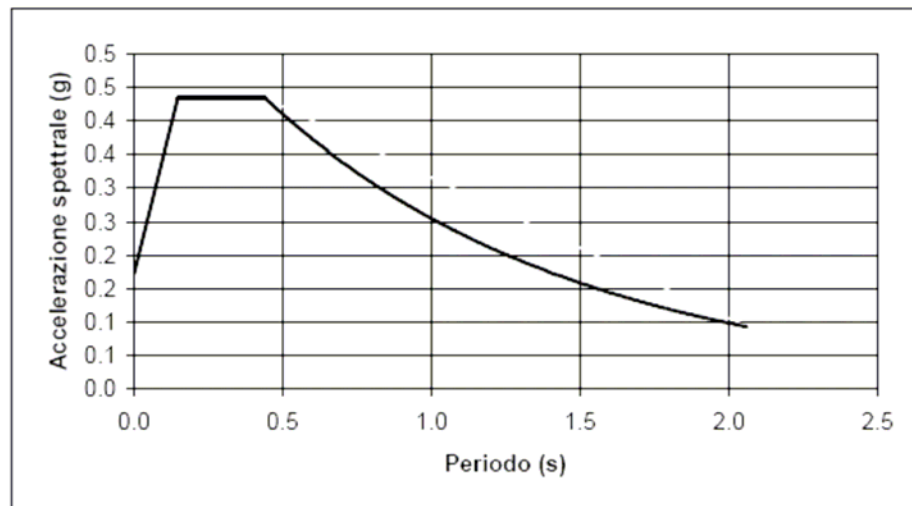
Categorie Topografiche:

		S_t	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	valore della cresta del rilievo

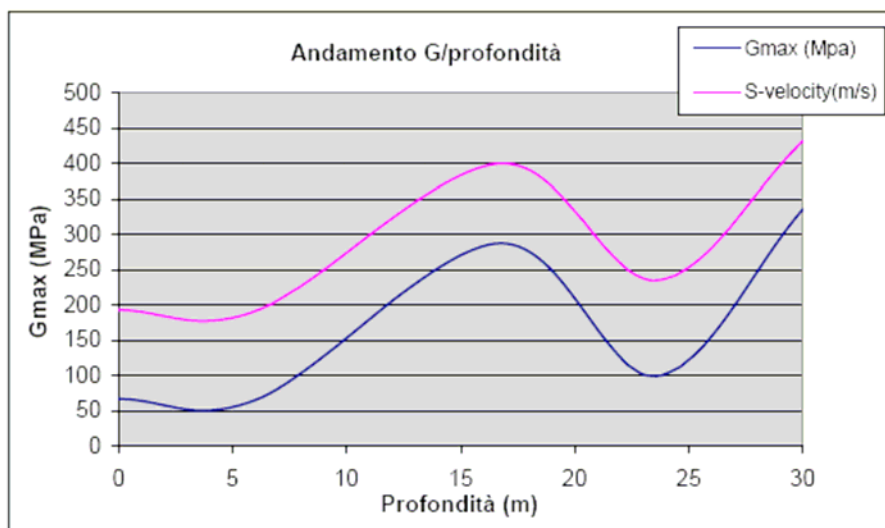
Le sovraesperte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
 Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

	Ascisse (s)	Ordinate
$T_0 = a_g \times S$	0.0000	0.1725
$T_b = T_c / 3$	0.1476	0.4333
$T_c = C_c \cdot T_c^*$	0.4428	0.4333
$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$	2.0600	0.0931



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	193	67	1.80
6.1	193	67	1.80
16.7	400	288	1.80
23.6	235	99	1.80
30.0	432	336	1.80



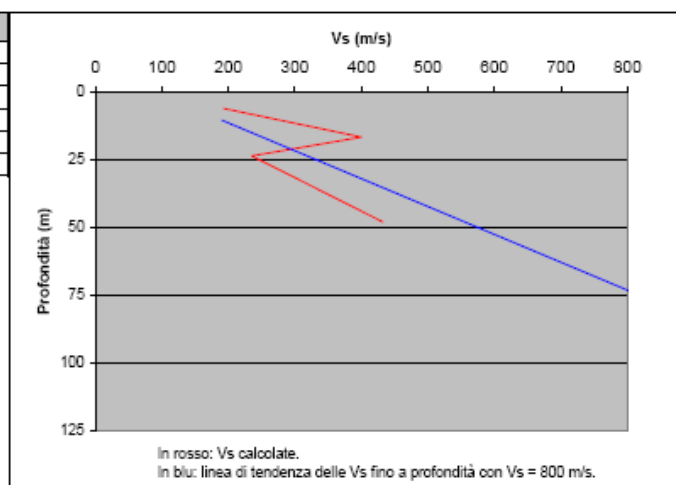
$$Vs_{30} \text{ (m/s)} = 293$$

Determinazione del periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione di riferimento, utilizzata nelle indagini di 2° livello per la stima quantitativa della risposta sismica in termini di valore di Fattore di amplificazione Fa, ai sensi della 'Legge per il governo del territorio', L.r. 11 Marzo 2005, n.12.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando la stratigrafia sino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s, secondo la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Depth(m)	S-velocity(m/s)	h_i
0.0	193	6.1
6.1	193	10.6
16.7	400	7.0
23.6	235	24.4
48.0	432	27.0
75.0	800	



$$T(s) = 0.63$$

ALLEGATO 2**AREA "VIA RONCHI"****ALLEGATI INDAGINI GEOTECNICHE****PROVA PENETROMETRICA - CPT 2**

PROVA PENETROMETRICA STATICA

LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

3.010496-040

- committente:

COMUNE DI CASALMORO

- lavoro:

COMPONENTE SISMICA PGT

- località:

VIA RONCHI - CASALMORO

- resp. cantiere:

- assist. cantiere:

- data prova :

13/03/2009

- quota inizio :

Piano Campagna

- prof. falda :

1,60 m da quota inizio

- data emiss. :

17/03/2009

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	-	-	Kg/cm²	Kg/cm²	-	m	-	-	Kg/cm²	Kg/cm²	-
0,20	----	----	--	-----	----	10,20	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0
0,40	5,0	9,0	10,0	0,53	19,0	10,40	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0
0,60	7,0	14,0	14,0	0,93	15,0	10,60	80,0	100,0	160,0	2,67	60,0
0,80	14,0	22,0	28,0	1,07	26,0	10,80	90,0	110,0	180,0	2,67	67,0
1,00	25,0	35,0	50,0	1,33	37,0	11,00	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0
1,20	40,0	50,0	80,0	1,33	60,0	11,20	110,0	130,0	220,0	2,67	82,0
1,40	48,0	68,0	96,0	2,67	36,0	11,40	113,0	130,0	226,0	2,27	100,0
1,60	80,0	97,0	160,0	2,27	71,0	11,60	120,0	140,0	240,0	2,67	90,0
1,80	150,0	180,0	300,0	4,00	75,0	11,80	140,0	170,0	280,0	4,00	70,0
2,00	220,0	250,0	440,0	4,00	110,0	12,00	58,0	68,0	116,0	1,33	87,0
2,20	220,0	240,0	440,0	2,67	165,0	12,20	50,0	60,0	100,0	1,33	75,0
2,40	210,0	240,0	420,0	4,00	105,0	12,40	60,0	71,0	120,0	1,47	82,0
2,60	190,0	215,0	380,0	3,33	114,0	12,60	40,0	52,0	80,0	1,60	50,0
2,80	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0	12,80	28,0	40,0	56,0	1,60	35,0
3,00	170,0	200,0	340,0	4,00	85,0	13,00	40,0	50,0	80,0	1,33	60,0
3,20	170,0	190,0	340,0	2,67	127,0	13,20	40,0	52,0	80,0	1,60	50,0
3,40	160,0	183,0	320,0	3,07	104,0	13,40	80,0	97,0	160,0	2,27	71,0
3,60	150,0	175,0	300,0	3,33	90,0	13,60	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0
3,80	110,0	140,0	220,0	4,00	55,0	13,80	130,0	156,0	260,0	3,47	75,0
4,00	96,0	108,0	192,0	1,60	120,0	14,00	140,0	160,0	280,0	2,67	105,0
4,20	70,0	82,0	140,0	1,60	87,0	14,20	140,0	162,0	280,0	2,93	95,0
4,40	85,0	93,0	170,0	1,07	159,0	14,40	108,0	118,0	216,0	1,33	162,0
4,60	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0	14,60	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0
4,80	90,0	100,0	180,0	1,33	135,0	14,80	60,0	72,0	120,0	1,60	75,0
5,00	82,0	95,0	164,0	1,73	95,0	15,00	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0
5,20	8,0	21,0	16,0	1,73	9,0	15,20	135,0	150,0	270,0	2,00	135,0
5,40	5,0	11,0	10,0	0,80	12,0	15,40	140,0	160,0	280,0	2,67	105,0
5,60	4,0	7,0	8,0	0,40	20,0	15,60	130,0	152,0	260,0	2,93	89,0
5,80	10,0	16,0	20,0	0,80	25,0	15,80	100,0	128,0	200,0	3,73	54,0
6,00	11,0	15,0	22,0	0,53	41,0	16,00	120,0	150,0	240,0	4,00	60,0
6,20	9,0	16,0	18,0	0,93	19,0	16,20	160,0	190,0	320,0	4,00	80,0
6,40	24,0	32,0	48,0	1,07	45,0	16,40	125,0	150,0	250,0	3,33	75,0
6,60	70,0	80,0	140,0	1,33	105,0	16,60	70,0	100,0	140,0	4,00	35,0
6,80	80,0	102,0	160,0	2,93	55,0	16,80	110,0	136,0	220,0	3,47	63,0
7,00	70,0	78,0	140,0	1,07	131,0	17,00	140,0	168,0	280,0	3,73	75,0
7,20	50,0	67,0	100,0	2,27	44,0	17,20	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
7,40	70,0	82,0	140,0	1,60	87,0	17,40	110,0	142,0	220,0	4,27	52,0
7,60	70,0	90,0	140,0	2,67	52,0	17,60	110,0	140,0	220,0	4,00	55,0
7,80	80,0	100,0	160,0	2,67	60,0	17,80	110,0	140,0	220,0	4,00	55,0
8,00	80,0	98,0	160,0	2,40	67,0	18,00	97,0	120,0	194,0	3,07	63,0
8,20	96,0	108,0	192,0	1,60	120,0	18,20	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0
8,40	60,0	77,0	120,0	2,27	53,0	18,40	80,0	100,0	160,0	2,67	60,0
8,60	60,0	70,0	120,0	1,33	90,0	18,60	85,0	105,0	170,0	2,67	64,0
8,80	50,0	60,0	100,0	1,33	75,0	18,80	88,0	105,0	176,0	2,27	78,0
9,00	50,0	70,0	100,0	2,67	37,0	19,00	80,0	105,0	160,0	3,33	48,0
9,20	88,0	100,0	176,0	1,60	110,0	19,20	190,0	230,0	380,0	5,33	71,0
9,40	105,0	120,0	210,0	2,00	105,0	19,40	110,0	137,0	220,0	3,60	61,0
9,60	100,0	122,0	200,0	2,93	68,0	19,60	80,0	108,0	160,0	3,73	43,0
9,80	96,0	106,0	192,0	1,33	144,0	19,80	105,0	130,0	210,0	3,33	63,0
10,00	80,0	96,0	160,0	2,13	75,0	20,00	100,0	130,0	200,0	4,00	50,0

PROVA PENETROMETRICA STATICA **LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

CPT 2

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: VIA RONCHI - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio
 - data emiss. : 17/03/2009

prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI	prf	LP	LL	Rp	RL	Rp/RI
m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-	m	-	-	Kg/cm ²	Kg/cm ²	-
20,20	80,0	105,0	160,0	3,33	48,0	25,20	100,0	135,0	200,0	4,67	43,0
20,40	80,0	106,0	160,0	3,47	46,0	25,40	140,0	170,0	280,0	4,00	70,0
20,60	61,0	80,0	122,0	2,53	48,0	25,60	180,0	200,0	360,0	2,67	135,0
20,80	100,0	122,0	200,0	2,93	68,0	25,80	150,0	180,0	300,0	4,00	75,0
21,00	80,0	100,0	160,0	2,67	60,0	26,00	130,0	162,0	260,0	4,27	61,0
21,20	60,0	80,0	120,0	2,67	45,0	26,20	130,0	160,0	260,0	4,00	65,0
21,40	110,0	140,0	220,0	4,00	55,0	26,40	250,0	290,0	500,0	5,33	94,0
21,60	200,0	236,0	400,0	4,80	83,0	26,60	240,0	280,0	480,0	5,33	90,0
21,80	180,0	210,0	360,0	4,00	90,0	26,80	180,0	215,0	360,0	4,67	77,0
22,00	175,0	205,0	350,0	4,00	88,0	27,00	230,0	275,0	460,0	6,00	77,0
22,20	150,0	184,0	300,0	4,53	66,0	27,20	250,0	290,0	500,0	5,33	94,0
22,40	130,0	165,0	260,0	4,67	56,0	27,40	210,0	250,0	420,0	5,33	79,0
22,60	120,0	160,0	240,0	5,33	45,0	27,60	240,0	270,0	480,0	4,00	120,0
22,80	100,0	120,0	200,0	2,67	75,0	27,80	260,0	300,0	520,0	5,33	97,0
23,00	70,0	92,0	140,0	2,93	48,0	28,00	260,0	300,0	520,0	5,33	97,0
23,20	130,0	164,0	260,0	4,53	57,0	28,20	230,0	270,0	460,0	5,33	86,0
23,40	190,0	220,0	380,0	4,00	95,0	28,40	240,0	275,0	480,0	4,67	103,0
23,60	200,0	240,0	400,0	5,33	75,0	28,60	220,0	255,0	440,0	4,67	94,0
23,80	180,0	215,0	360,0	4,67	77,0	28,80	200,0	230,0	400,0	4,00	100,0
24,00	185,0	225,0	370,0	5,33	69,0	29,00	220,0	250,0	440,0	4,00	110,0
24,20	200,0	230,0	400,0	4,00	100,0	29,20	220,0	255,0	440,0	4,67	94,0
24,40	185,0	220,0	370,0	4,67	79,0	29,40	230,0	270,0	460,0	5,33	86,0
24,60	250,0	290,0	500,0	5,33	94,0	29,60	230,0	270,0	460,0	5,33	86,0
24,80	180,0	220,0	360,0	5,33	67,0	29,80	250,0	290,0	500,0	5,33	94,0
25,00	190,0	233,0	380,0	5,73	66,0	30,00	220,0	255,0	440,0	4,67	94,0

- PENETROMETRO STATICO tipo da 10 t - (con anello allargatore) -
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
 - punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
 - manicotto laterale (superficie 150 cm²)

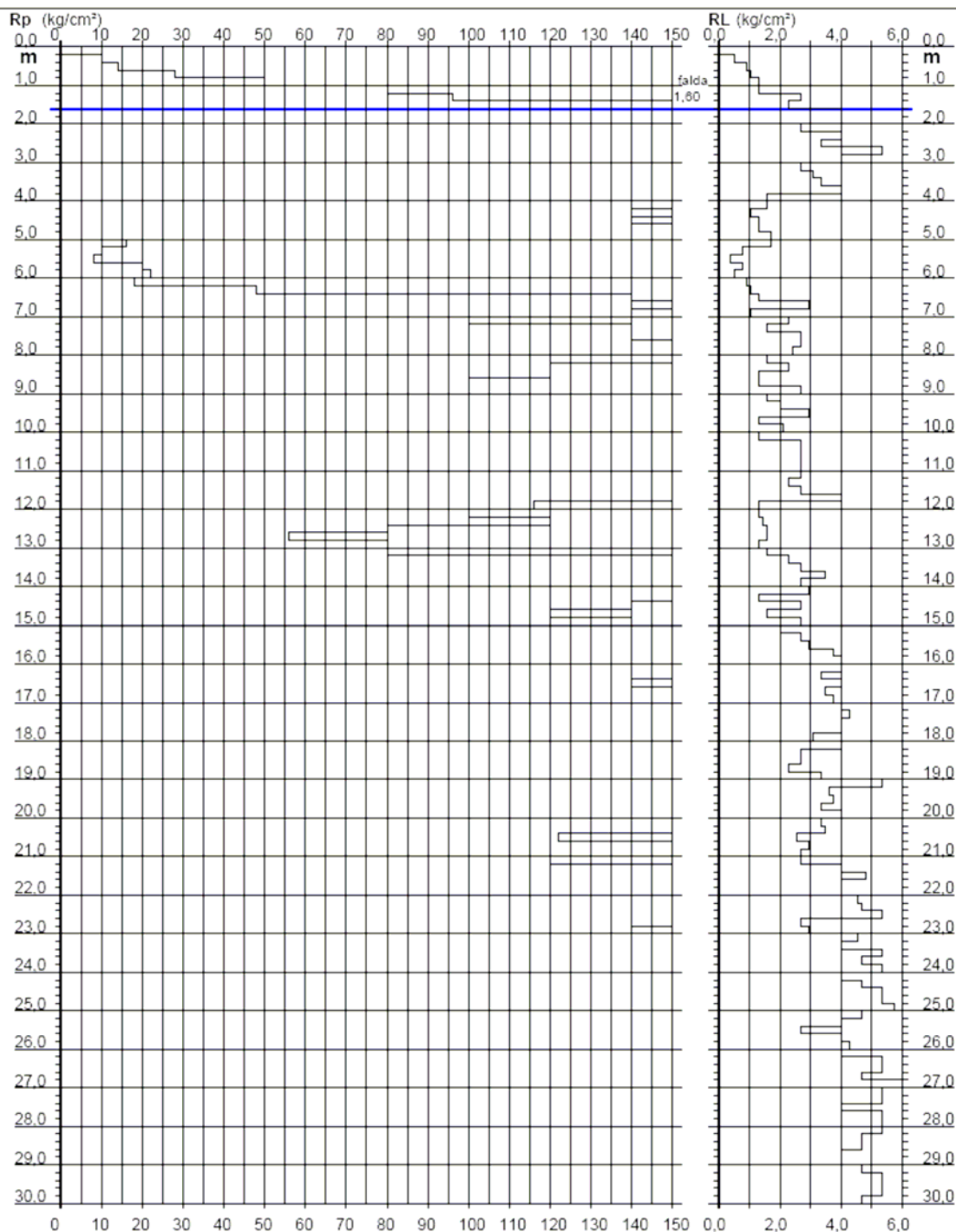
PROVA PENETROMETRICA STATICA **DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: VIA RONCHI - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 150
 - data emiss. : 17/03/2009



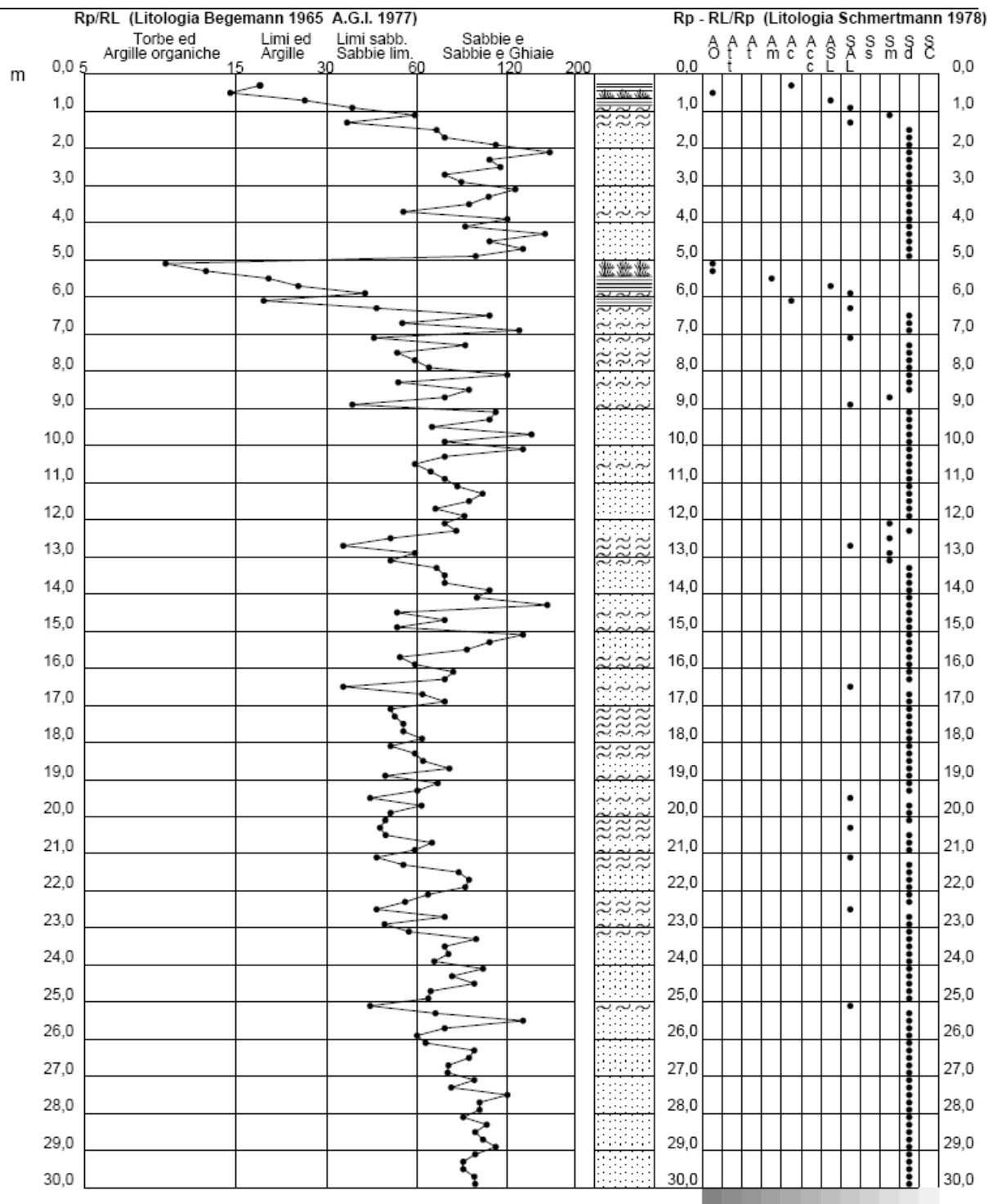
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
- lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
- località: VIA RONCHI - CASALMORO
- resp. cantiere:
- assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 1,60 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 150
- data emiss. : 17/03/2009



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: VIA RONCHI - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio
 - data emiss. : 17/03/2009

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m³	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (%)	e2s (%)	e3s (%)	e4s (%)	adm (%)	omy (%)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
0.20	--	--	???	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	10	19	2/III	1.85	0.07	0.50	6.4	85	128	40	75	38	40	42	44	40	28	0.174	47	70	56
0.60	14	15	2/III	1.85	0.11	0.64	55.7	108	162	48	89	41	42	44	46	41	31	0.221	83	125	100
0.80	26	26	4/I	1.85	0.15	0.97	65.5	164	246	84	100	42	43	45	46	43	33	0.258	133	200	160
1.00	37	37	3/II	1.85	0.19	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	34	0.258	180	240	192
1.20	60	60	3/II	1.85	0.22	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	36	0.258	267	400	320
1.40	68	36	3/II	1.85	0.26	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	34	0.258	500	750	600
1.60	160	71	3/II	1.09	0.28	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	44	36	0.258	733	1100	880
1.80	300	75	3/II	1.15	0.30	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	733	1100	880
2.00	440	110	3/II	1.15	0.33	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	700	1050	840
2.20	440	165	3/II	1.15	0.35	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	687	1000	800
2.40	350	105	3/II	1.15	0.37	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	687	1000	800
2.60	380	114	3/II	1.15	0.40	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	633	950	760
2.80	400	75	3/II	1.15	0.42	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	667	1000	800
3.00	340	85	3/II	1.15	0.44	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	567	850	680
3.20	340	127	3/II	1.15	0.46	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	567	850	680
3.40	320	104	3/II	1.15	0.49	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	533	800	640
3.60	300	90	3/II	1.15	0.51	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	45	40	0.258	500	750	600
3.80	220	55	3/II	1.15	0.53	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	38	0.258	367	550	440
4.00	120	44	3/II	1.15	0.56	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	43	38	0.258	367	550	440
4.20	140	87	3/II	1.08	0.58	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	41	36	0.247	233	350	280
4.40	170	159	3/II	1.11	0.60	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	42	37	0.258	283	425	340
4.60	140	105	3/II	1.06	0.62	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	41	36	0.241	233	350	280
4.80	180	135	3/II	1.12	0.64	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	41	37	0.258	300	450	360
5.00	164	95	3/II	1.10	0.67	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	41	37	0.265	273	410	328
5.20	16	9	2/III	0.96	0.68	0.70	6.4	177	266	52	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.40	10	12	2/III	0.90	0.70	0.50	4.1	196	294	40	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.60	20	20	2/III	0.90	0.72	0.50	6.0	197	295	35	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
5.80	26	25	4/I	0.93	0.74	0.50	6.9	187	279	60	24	31	34	37	40	30	27	0.046	33	50	40
6.00	22	41	3/II	0.86	0.76	---	---	---	---	---	27	32	34	37	40	30	28	0.051	37	55	44
6.20	18	19	2/III	0.98	0.77	0.75	6.0	205	307	58	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6.40	48	46	3/II	0.91	0.79	---	---	---	---	---	52	35	38	40	42	34	31	0.110	80	120	96
6.60	140	105	3/II	1.06	0.81	---	---	---	---	---	89	40	42	43	45	39	36	0.218	233	350	280
6.80	160	55	3/II	1.09	0.84	---	---	---	---	---	92	41	42	44	45	40	36	0.232	267	400	320
7.00	140	131	3/II	1.06	0.86	---	---	---	---	---	87	40	42	43	45	39	36	0.214	233	350	280
7.20	100	44	3/II	1.00	0.88	---	---	---	---	---	75	39	40	42	44	38	34	0.175	167	250	200
7.40	140	87	3/II	1.06	0.90	---	---	---	---	---	86	40	42	43	45	39	36	0.210	233	350	280
7.60	140	52	3/II	1.06	0.92	---	---	---	---	---	86	40	42	43	45	39	36	0.208	233	350	280
7.80	160	60	3/II	1.09	0.94	---	---	---	---	---	90	41	42	44	45	39	36	0.222	267	400	320
8.00	160	67	3/II	1.09	0.96	---	---	---	---	---	89	40	42	43	45	39	36	0.220	267	400	320
8.20	192	120	3/II	1.14	0.99	---	---	---	---	---	95	41	43	44	46	40	37	0.240	320	480	384
8.40	120	53	3/II	1.03	1.01	---	---	---	---	---	78	39	41	42	44	38	35	0.184	200	300	240
8.60	120	90	3/II	1.03	1.03	---	---	---	---	---	78	39	41	42	44	38	35	0.182	200	300	240
8.80	100	75	3/II	1.00	1.05	---	---	---	---	---	71	38	40	42	44	37	34	0.162	167	250	200
9.00	100	37	3/II	1.00	1.07	---	---	---	---	---	70	38	40	42	44	37	34	0.160	167	250	200
9.20	176	110	3/II	1.11	1.09	---	---	---	---	---	89	41	42	44	45	39	37	0.221	293	440	352
9.40	210	105	3/II	1.15	1.11	---	---	---	---	---	95	41	43	44	46	40	38	0.240	350	525	420
9.60	200	68	3/II	1.15	1.14	---	---	---	---	---	93	41	42	44	45	40	38	0.232	333	500	400
9.80	192	144	3/II	1.14	1.16	---	---	---	---	---	91	41	42	44	45	39	37	0.226	320	480	384
10.00	160	75	3/II	1.09	1.18	---	---	---	---	---	84	40	41	43	45	39	36	0.203	267	400	320
10.20	160	135	3/II	1.12	1.20	---	---	---	---	---	88	40	42	43	45	39	36	0.215	300	450	360
10.40	200	75	3/II	1.15	1.23	---	---	---	---	---	88	41	42	44	45	39	36	0.226	333	500	400
10.60	160	60	3/II	1.09	1.25	---	---	---	---	---	83	40	41	43	45	38	36	0.199	267	400	320
10.80	180	67	3/II	1.12	1.27	---	---	---	---	---	86	40	42	43	45	39	37	0.211	300	450	360
11.00	200	75	3/II	1.15	1.29	---	---	---	---	---	90	41	42	44	45	39	36	0.222	333	500	400
11.20	220	82	3/II	1.15	1.32	---	---	---	---	---	92	41	42	44	45	39	36	0.231	367	550	440
11.40	228	100	3/II	1.15	1.34	---	---	---	---	---	93	41	42	44	45	39	36	0.233	377	565	452
11.60	240	90	3/II	1.15	1.36	---	---	---	---	---	95	41	43	44	46	40	36	0.239	400	600	480
11.80	140	70	3/II	1.06	1.38	---	---	---	---	---	86	40	42	43	45	40	36	0.206	267	400	320
12.00	116	87	3/II	1.02	1.41	---	---	---	---	---	89	38	40	41	44	36	35	0.156	193	290	232
12.20	100	75	3/II	1.00	1.43	---	---	---	---	---	83	37	39	41	43	35	34	0.140	167	250	200
12.40	120	82	3/II	1.03	1.45	---	---	---	---	---	89	38	40	41	44	36	35	0.157	200	300	240
12.60	80	50	3/II	0.97	1.47	---	---	---	---	---	55	36	38	40	42	34	33	0.117	133	200	160
12.80	56	35	3/II	0.93	1.48	---	---	---	---	---	42	34	36	39	41	32	31	0.085	93	140	112
13.00	80	60	3/II	0.97	1.50	---	---	---	---	---	54	36	38	40	42	33	33	0.115	133	200	160
13.20	80	50	3/II	0.97	1.52	---	---	---	---	---	54	36	38	40	42	33	33				

PROVA PENETROMETRICA STATICA **TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI**

CPT 2

3.010496-040

- committente: COMUNE DI CASALMORO
 - lavoro: COMPONENTE SISMICA PGT
 - località: VIA RONCHI - CASALMORO
 - resp. cantiere:
 - assist. cantiere:

- data prova : 13/03/2009
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 1,60 m da quota inizio
 - data emiss. : 17/03/2009

NATURA COESIVA											NATURA GRANULARE										
Prof. m	Rp kg/cm²	Rp/Ri (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	p'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	e1s (°)	e2s (°)	e3s (°)	e4s (°)	adm (°)	omy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²
20.20	160	48	3	1.09	2.31	--	--	--	--	--	68	37	39	41	43	35	36	0.152	267	400	320
20.40	160	46	3	1.09	2.33	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	35	36	0.152	267	400	320
20.60	122	48	3	1.03	2.35	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	33	35	0.125	203	305	244
20.80	200	68	3	1.15	2.38	--	--	--	--	--	75	38	40	42	44	36	38	0.173	333	500	400
21.00	180	60	3	1.09	2.40	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	35	36	0.150	267	400	320
21.20	120	45	3	1.03	2.42	--	--	--	--	--	57	36	38	40	43	33	35	0.121	200	300	240
21.40	220	55	3	1.15	2.44	--	--	--	--	--	77	39	41	42	44	36	38	0.181	367	550	440
21.60	400	83	3	1.15	2.47	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	39	40	0.250	667	1000	800
21.80	380	90	3	1.15	2.49	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	40	0.236	600	900	720
22.00	350	88	3	1.15	2.51	--	--	--	--	--	93	41	42	44	46	39	40	0.232	583	875	700
22.20	300	96	3	1.15	2.53	--	--	--	--	--	87	40	42	43	46	38	40	0.213	500	750	600
22.40	260	56	3	1.15	2.56	--	--	--	--	--	82	39	41	42	44	37	39	0.196	433	650	520
22.60	240	45	3	1.15	2.58	--	--	--	--	--	79	39	41	42	44	37	39	0.187	400	600	480
22.80	200	75	3	1.15	2.60	--	--	--	--	--	72	38	40	42	44	36	38	0.166	333	500	400
23.00	140	48	3	1.06	2.62	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	33	36	0.130	233	350	280
23.20	260	57	3	1.15	2.65	--	--	--	--	--	81	39	41	43	44	37	40	0.193	433	650	520
23.40	380	95	3	1.15	2.67	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	39	40	0.237	633	950	760
23.60	400	75	3	1.15	2.69	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.242	667	1000	800
23.80	360	77	3	1.15	2.72	--	--	--	--	--	92	41	42	44	46	38	40	0.229	600	900	720
24.00	370	68	3	1.15	2.74	--	--	--	--	--	92	41	42	44	46	38	40	0.231	617	925	740
24.20	400	100	3	1.15	2.76	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.240	667	1000	800
24.40	370	79	3	1.15	2.79	--	--	--	--	--	92	41	42	44	46	38	40	0.230	617	925	740
24.60	500	94	3	1.15	2.81	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	40	40	0.258	833	1250	1000
24.80	360	67	3	1.15	2.83	--	--	--	--	--	91	41	42	44	46	38	40	0.225	600	900	720
25.00	380	66	3	1.15	2.85	--	--	--	--	--	92	41	42	44	46	38	40	0.231	633	950	760
25.20	200	43	3	1.15	2.88	--	--	--	--	--	70	38	40	42	44	35	38	0.159	333	500	400
25.40	280	70	3	1.15	2.90	--	--	--	--	--	81	39	41	43	45	37	40	0.194	467	700	560
25.60	380	135	3	1.15	2.92	--	--	--	--	--	90	41	42	44	46	38	40	0.223	600	900	720
25.80	300	75	3	1.15	2.95	--	--	--	--	--	83	40	41	43	45	37	40	0.201	500	750	600
26.00	260	61	3	1.15	2.97	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	36	40	0.184	433	650	520
26.20	260	65	3	1.15	2.99	--	--	--	--	--	78	39	41	42	44	36	40	0.184	433	650	520
26.40	500	94	3	1.15	3.02	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.258	833	1250	1000
26.60	480	90	3	1.15	3.04	--	--	--	--	--	99	42	43	44	46	39	40	0.254	800	1200	960
26.80	360	77	3	1.15	3.06	--	--	--	--	--	89	40	42	43	45	38	40	0.219	600	900	720
27.00	480	77	3	1.15	3.08	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.247	767	1150	920
27.20	500	94	3	1.15	3.11	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.257	833	1250	1000
27.40	420	79	3	1.15	3.13	--	--	--	--	--	93	41	42	44	46	38	40	0.235	700	1050	840
27.60	480	120	3	1.15	3.15	--	--	--	--	--	98	42	43	44	46	39	40	0.251	800	1200	960
27.80	520	97	3	1.15	3.18	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.258	867	1300	1040
28.00	520	97	3	1.15	3.20	--	--	--	--	--	100	42	43	45	46	39	40	0.258	867	1300	1040
28.20	460	86	3	1.15	3.22	--	--	--	--	--	96	41	43	44	46	39	40	0.244	767	1150	920
28.40	480	103	3	1.15	3.25	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.248	800	1200	960
28.60	440	94	3	1.15	3.27	--	--	--	--	--	94	41	43	44	46	38	40	0.237	733	1100	880
28.80	400	100	3	1.15	3.29	--	--	--	--	--	91	41	42	44	46	38	40	0.225	667	1000	800
29.00	440	110	3	1.15	3.31	--	--	--	--	--	94	41	42	44	46	38	40	0.236	733	1100	880
29.20	440	94	3	1.15	3.34	--	--	--	--	--	93	41	42	44	46	38	40	0.235	733	1100	880
29.40	480	86	3	1.15	3.36	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.240	767	1150	920
29.60	480	86	3	1.15	3.38	--	--	--	--	--	95	41	43	44	46	39	40	0.239	767	1150	920
29.80	500	94	3	1.15	3.41	--	--	--	--	--	97	42	43	44	46	39	40	0.249	833	1250	1000
30.00	440	94	3	1.15	3.43	--	--	--	--	--	93	41	42	44	46	38	40	0.233	733	1100	880

ALLEGATI INDAGINI GEOFISICHE

CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data 16/03/2009

Località

Casalmoro (MN) - Via Ronchi

Metodo di indagine

MASW Attivo e Passivo
(misura V_r)

Strumentazione utilizzata

Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione

Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento:

12 geofoni - interasse 5 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. C_0 e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione

		S_s	C_0	$S=S_s \cdot S_T$
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.2	1.42	1.20
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	1.5	1.61	1.50
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	1.8	2.38	1.80
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} > 800$ m/s).	1.6	1.93	1.60
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 5 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g , F_0 e T'_C vengono forniti dalla normativa

Categorie Topografiche:

		S_t	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
Possibilità di superamento del 10% in 50 anni

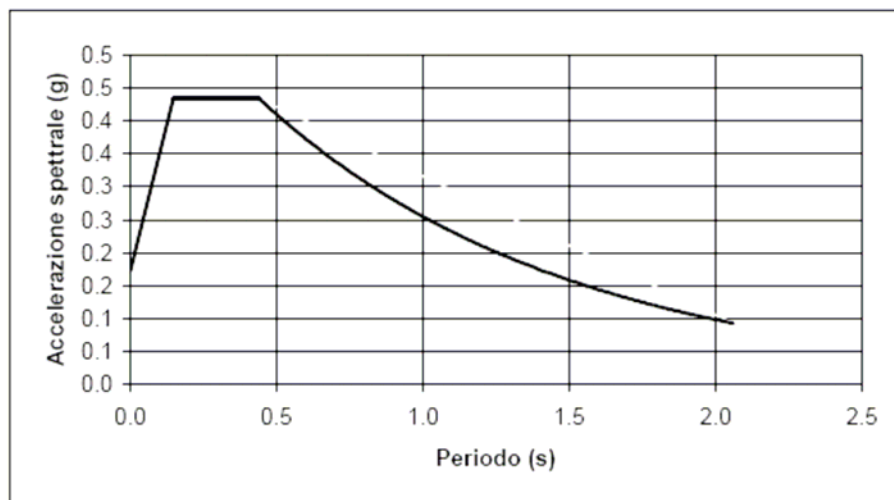
$$T_0 = a_g \times S$$

$$T_b = T_c / 3$$

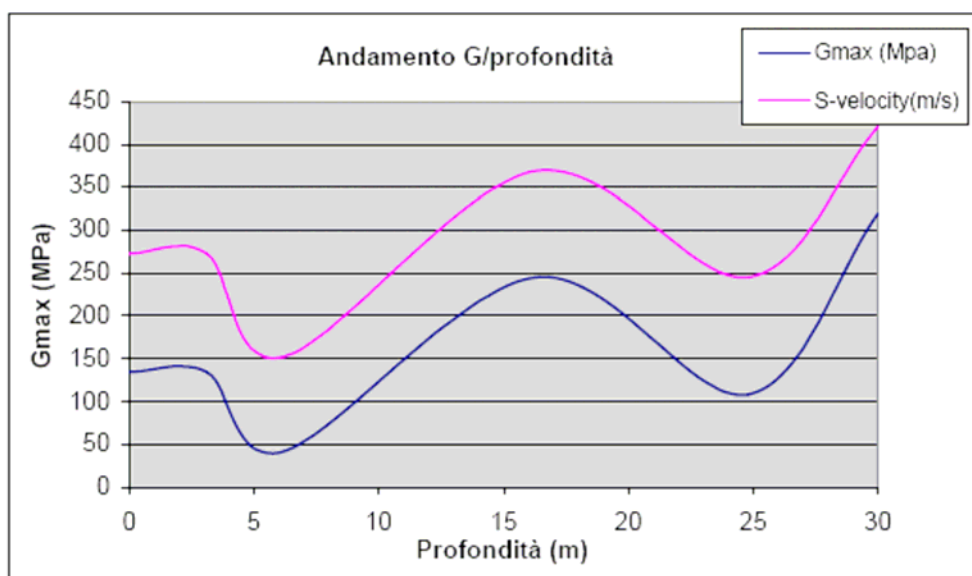
$$T_c = C_c \times T_c'$$

$$T_d = 4.0 \times a_g / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.1725
0.1476	0.4333
0.4428	0.4333
2.0600	0.0931



Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	273	134	1.80
3.1	273	134	1.80
6.2	152	42	1.80
16.3	369	245	1.80
24.8	245	108	1.80
30.0	421	319	1.80



$$Vs_{30} \text{ (m/s)} = 283$$

Determinazione del periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione di riferimento, utilizzata nelle indagini di 2° livello per la stima quantitativa della risposta sismica in termini di valore di Fattore di amplificazione Fa, ai sensi della 'Legge per il governo del territorio', L.r. 11 Marzo 2005, n.12.

Il periodo proprio del sito T necessario per l'utilizzo della scheda di valutazione è calcolato considerando la stratigrafia sino alla profondità in cui il valore della velocità Vs è uguale o superiore a 800 m/s, secondo la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n Vs_i \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

Depth(m)	S-velocity(m/s)	h_i
0	273	3.1
3.1	273	3.2
6.2	152	10.1
16.3	369	8.5
24.8	245	35.2
60.0	421	20.0
80.0	800	

