

PROVINCIA DI PARMA

Comune di **SALA BAGANZA**



PSC

Piano Strutturale Comunale



G9

Microzonazione sismica

Sindaco

Cristina Merusi

Assessore all'Urbanistica

Carlo Leoni

Progettisti



AMBITER S.r.l.
società di Ingegneria ambientale

Dott. Geol. Gorgio Neri
Dott. Geol. Marco Rogna

Marzo 2011

Z

Comune di Sala Baganza

Provincia di Parma

Comune di Sala Baganza

PIANO STRUTTURALE COMUNALE (P.S.C.)

AMBITER s.r.l.

v. Nicolodi, 5/a 43100 – Parma tel. 0521-942630 fax 0521-942436 www.ambiter.it info@ambiter.it

DIREZIONE TECNICA

dott. geol. Giorgio Neri

A CURA DI

dott. geol. Marco Rogna

CODIFICA

1 2 3 3

-

R M S

-

0

1

/

1

1

ELABORATO

DESCRIZIONE

TIPO

G9

MICROZONAZIONE SISMICA

SCALA

04							
03							
02							
01	mar. 2011	M. Rogna			M. Rogna	G. Neri	Emissione
REV.	DATA	REDAZIONE			VERIFICA	APPROV.	DESCRIZIONE

FILE	RESP. ARCHIVIAZIONE	COMMESSA
1233_RMS_rev_01-00.doc	DG	1233

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	3
3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO	6
3.1. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE	6
3.2. LA CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	7
3.3. PERICOLOSITÀ SISMICA	8
3.3.1. <i>Definizione della pericolosità sismica locale.....</i>	<i>10</i>
3.3.2. <i>Aree potenzialmente soggette ad effetti locali.....</i>	<i>11</i>
3.3.3. <i>Analisi degli elementi di amplificazione sismica</i>	<i>13</i>
3.3.4. <i>Pericolosità nelle zone soggette a dissesti.....</i>	<i>15</i>
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	18
5. MODELLO GEOFISICO E GEOTECNICO	18
5.1. STRATIGRAFIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE	18
5.2. CALCOLO DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO	20
5.3. CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRENO DI FONDAZIONE.....	21
5.4. CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA DEGLI EFFETTI D'AMPLIFICAZIONE	22
5.5. PROCEDURA PER LA CARATTERIZZAZIONE SEMI-QUANTITATIVA	23
5.6. SCELTA DEI PARAMETRI.....	26

FIGURE

- 2.1 Diagramma di Deere con i campi tipici occupati da rocce lapidee o dure, rocce deboli o tenere e terre
- 3.1 Zonizzazione sismogenetica
- 3.2 PGA (g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni)
- 3.3 Spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico K_c per diversi terremoti
- 3.4 Massima distanza dall'epicentro dalle frane innescate dai terremoti in funzione della magnitudo

1. INTRODUZIONE

Il presente studio, in riferimento all'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", ha effettuato un'indagine di primo livello e secondo livello del territorio del territorio Comunale di Sala Baganza.

Tale indagine è stata effettuata in conformità agli *"Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007).

Il primo livello è diretto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

L'individuazione delle aree soggette ad effetti locali si basa su rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati. Tale analisi è stata svolta sulla base dei dati disponibili che derivano dalla banca dati geognostici della Regione Emilia Romagna.

Il secondo livello è diretto a definire la pericolosità sismica locale, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologici più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard. Il numero delle verticali indagate deve essere tale da consentire un'adeguata caratterizzazione geotecnica spaziale dei terreni e delle formazioni presenti nell'area di studio.

Si tratta di un'analisi semplificata richiesta per gli ambiti suscettibili di urbanizzazione e per gli interventi sul territorio urbanizzato, nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale.

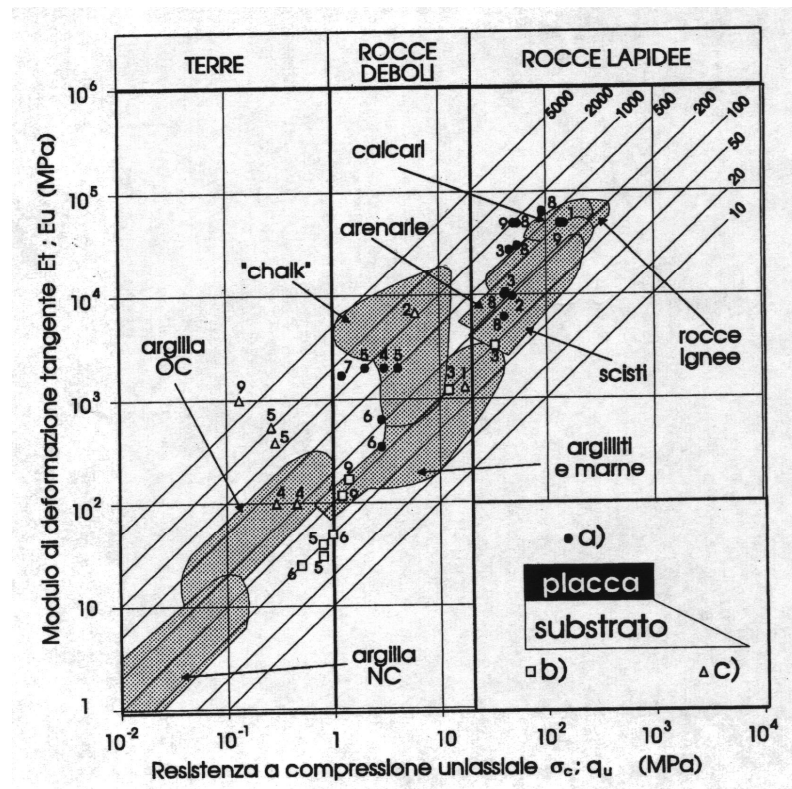
Tale analisi ha lo scopo di valutare l'effettivo grado di pericolosità sismica locale per l'elaborazione della carta di microzonazione. Questa fornisce indicazioni essenziali per l'elaborazione e approvazione del PSC e delle sue varianti indicando:

- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento possano essere attuati senza la necessità di eseguire nuove indagini;
- quali ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento siano subordinati allo svolgimento di ulteriori indagini sismiche (terzo livello di approfondimento).

2. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

L'inquadramento geotecnico delle unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Sala Baganza sono state raggruppate nelle seguenti categorie, facendo ricorso al diagramma di Deere (DEERE e MILLER 1966; v. Fig. 2.1).

1. Rocce dure (resistenza a compressione uniassiale $\sigma_c > 25$ MPa: ISRM, 1978): il comportamento meccanico può essere definito come rigido – resistente – fragile. Le rocce dure sono generalmente interessate, nel campo di sforzi degli usuali problemi applicativi, da deformazioni elastiche e da rottura fragile; sono inoltre caratterizzate da una bassa tendenza al flusso viscoso.
2. Terreni (resistenza a compressione uniassiale $\sigma_c < 1$ MPa: ISRM, 1978): il comportamento meccanico può essere definito come deformabile – debole – duttile. I terreni sono caratterizzati da deformazioni prevalentemente plastiche, con comportamento includente o rammollente a seconda del livello di sforzo e delle condizioni di carico, e da una marcata tendenza al flusso plastico e viscoso.
3. Rocce tenere (resistenza a compressione uniassiale: $1\text{MPa} \leq \sigma_c \leq 25$ Mpa: ISRM, 1978): hanno caratteristiche intermedie tra le rocce dure e i terreni, in relazione alla loro struttura porosimetrica. In prove di trazione e compressione uniassiali ed in prove di compressione triassiale con ridotta pressione di confinamento il comportamento è essenzialmente quello di una roccia dura; la curva tensione - deformazione è rappresentativa di un materiale elastico e fragile, le deformazioni a rottura sono di modesta entità e la rottura si manifesta, in quasi tutti i casi, con fratture subverticali. In prove triassiali con pressioni di confinamento più elevate, il comportamento meccanico tende invece a quello di una terra. In tali condizioni, sia in fase di compressione sferica, che dopo l'applicazione di un carico deviatorico, la roccia manifesta notevoli deformazioni plastiche, sia volumetriche sia assiali. La curva tensione deviatorica - deformazione assiale è decisamente più dolce, mostra un gradiente decrescente con la deformazione e non presenta un vero e proprio picco di resistenza. La rottura si manifesta con grandi scorrimenti plastici e talvolta con una fratturazione diffusa. Il passaggio comportamentale analogo a quello di una roccia dura o a quello di un terreno avviene in corrispondenza di determinati stati tensionali individuabile, nel piano delle tensioni, con una linea di separazione.



Sono riportati dati di letteratura riguardanti placche di roccia sovrapposti ad un substrato poco competente.

- a) Dati relativi alle placche;
- b) dati relativi al substrato espressi in condizioni non drenate (dati di laboratorio);
- c) dati relativi al substrato espressi in condizioni drenate (stimati con metodi semi-empirici per modellazione numerica).
- 1) Dolores Peak - granodiorite/scisto (RADBRUCH-HALL, 1976);
- 2) Burra - Moko Head - arenaria/argillite (EVANS et alii, 1981), valori di σ_c ricavati dai valori tipici di HOBBS (1974);
- 3) Atene - calcare/marna sabbiosa fissile (ANDRONOPOULOS & KOUKIS, 1988); valori di E_u stimati da quelli di q_u con un rapporto dei moduli di 100 (valore tipico in HOBBS, 1974);
- 4) Folkestone Warren - chalk/argilla sovraconsolidata (HUTCHINSON, 1971, 1993; HUTCHINSON et alii, 1982), σ_c per il chalk ricavato dai valori tipici di HOBBS (1974);
- 5) Orvieto - tufo/argilla sovraconsolidata (CECERE & LEMBO FAZIO, 1986; RIBACCHI et alii, 1988);
- 6) Civita di Bagnoregio - ignimbrite/argilla sovraconsolidata (RIBACCHI et alii, 1988; CEVOLANI et alii, 1990), valori di E_u stimati da quelli di q_u con un rapporto dei moduli di 50 (valore medio di Orvieto);
- 7) Orte - tufo e pozzolana/argilla sovraconsolidata (RIBACCHI et alii, 1988), valori di E_u stimati da quelli di q_u con un rapporto dei moduli di 50 (valore medio di Orvieto);
- 8) S. Leo - calcarenite/argillite fissile (RIBACCHI & TOMMASI, 1988; CATURANI et alii, 1991);
- 9) La Verna - calcarenite/argillite fissile (CASAGLI, 1992a; CASAGLI et alii, 1993).

Figura 2.1 - Diagramma di Deere con i campi tipici occupati da rocce lapidee o dure, rocce deboli o tenere e terre (dati da DEERE & MILLER, 1966; HOBBS, 1974; LAMBE & WHITMAN, 1969; HEAD, 1986).

Sulla base di tali indicazioni è stato possibile inquadrare le formazioni geologiche presenti nel territorio comunale come segue (rif. Tav. G1):

A. Rocce:

- Rocce dure: Marne di M. Piano, Formazione di Antognola, Formazione di Contignaco, Formazione a Colombacci, Membro di Armorano e Formazione di Ranzano.

B. Terreni:

- Argille consistenti e sabbie dense poco cementate: Alloformazione di Costamezzana
Alloformazione del Torrente Stirone, Argille di Lugagnano;
- Depositi fluviali pleistocenici: Allomembro di Villa Verucchio, Allomembro di Agazzano,
Allomembro di Maiatico, Allomembro di Monterlinzana, Alloformazione Emiliano Romagnola
Inferiore;
- Depositi alluvionali olocenici e tardo pleistocenici: Allomembro di Ravenna;
- Frane: Dissesti e corpi di frana costituite da materiale eterometrico o prevalentemente fini
argilloso e limoso.

3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO

La Provincia di Parma è soggetta ad un'attività sismica medio-bassa, indotta dai frequenti e storicamente documentati terremoti, con epicentro nell'ambito del territorio provinciale, e di riflesso dagli eventi più intensi provenienti dalle province limitrofe.

3.1. Caratteristiche sismotettoniche

L'Istituto di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonizzazione sismogenetica (ZS) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale.

Il rapporto conclusivo, previsto in ottemperanza all'Ordinanza PCM 20 marzo 2003, n. 3274, è a cura di Stucchi et al. (2004).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche.

Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

Il territorio nazionale risulta suddiviso in 36 Macrozone e il territorio comunale di Sala Baganza ricade all'interno della Zona Sismogenetica 913 (Figura 3.1).

In questa zona si verificano terremoti originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

I terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$. le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 12 e 20 Km con profondità efficace di 13 km.

Nella Zona Sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax} = 6,14$.

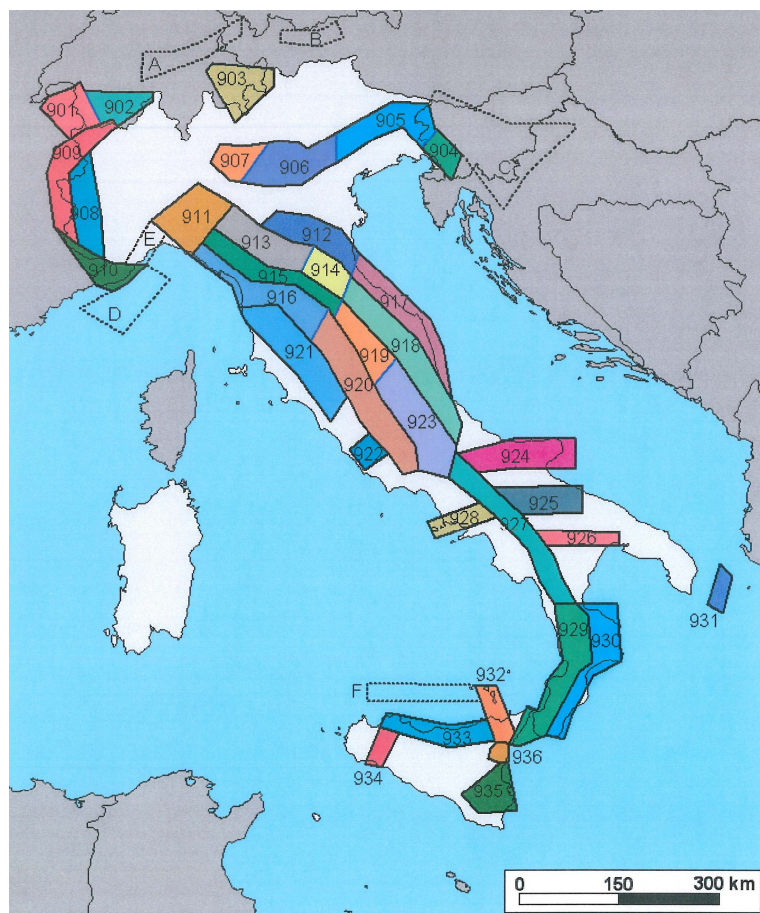


Figura 3.1 – Zonizzazione sismogenetica.

3.2. La classificazione sismica

La classificazione sismica è formulata sulla base degli studi del Servizio Sismico Nazionale (SSN), del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti (GNDT) e dell'Istituto Nazionale di Geofisica (ING).

La classificazione è stata approvata con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica".

Il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 classi con livelli decrescenti di pericolosità sismica in relazione a 4 differenti valori di accelerazione orizzontale (a_g/g) d'ancoraggio dello spettro di risposta elastico e a 4 differenti valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g/g), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Nella seguente Tab. 3.2 sono riportate le zone sismiche con i valori d'accelerazione orizzontale associati.

Tabella 3.2: Zone sismiche con associati i valori di accelerazione orizzontale.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni a_g/g	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) a_g/g
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15 - 0,25	0,25
3	0,05 - 0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Il territorio comunale di Sala Baganza è classificato in classe 3 con conseguente accelerazione sismica orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, pari a $a_g/g = 0,05 - 0,15$. Tali valori d'accelerazione sono relativi al badrock, ovvero a formazioni litoidi o terreni omogenei molto rigidi.

3.3. Pericolosità sismica

La pericolosità e il rischio sismico del territorio nazionale sono stati affrontati dal Servizio Sismico Nazionale (SSN), utilizzando il calcolo probabilistico di Cornell, risalente alla fine degli anni '60, in grado di considerare tutte le possibili sorgenti influenzanti il moto del terremoto. Il Servizio Sismico Nazionale, per tutto il territorio nazionale, ha elaborato la pericolosità sismica di base di cui al DM 14.1.2008 che rappresenta l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento V_R . Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.
- T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le stazioni di riferimento che quantificano la pericolosità sismica di base per il territorio comunale di Sala Baganza sono (v. Tav. G5 "PERICOLOSITA' SISMICA"):

- stazione 15604;
- stazione 15605;
- stazione 15826;
- stazione 15827;

- stazione 16048;
- stazione 16047.

Analizzando i dati riportati per ognuna delle suddette stazioni il comune di Sala Baganza presenta i seguenti dati di pericolosità:

- accelerazione di picco per suoli di tipo A con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni per un periodo di ritorno di 475 anni. (v. Fig. 3.2): $PGA = 0,150 - 0,175$;
- intensità macrosismica: MCS = VIII grado;
- magnitudo: $M = 6,14$

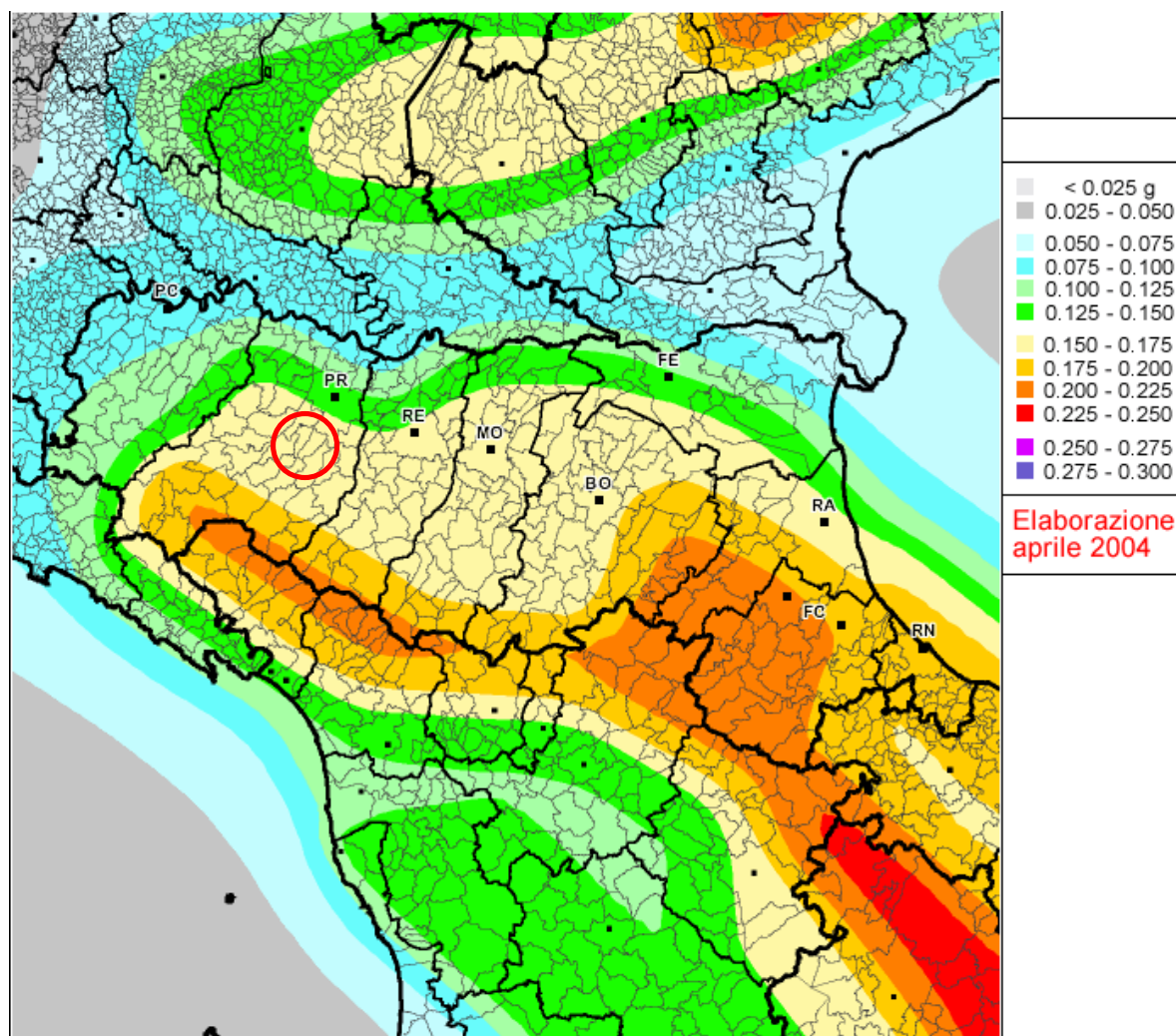


Figura 3.2 – PGA (g) con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni).

3.3.1. Definizione della pericolosità sismica locale

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive della pianura parmense e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismo genetiche presenti nel bacino padano, la pericolosità sismica del territorio comunale di Sala Baganza è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica.

Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S (V_s) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008).

Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni dovute alle caratteristiche locali sono comunemente definite "effetti locali".

La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica e agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili.

La Tav. G5 "PERICOLOSITA' SISMICA" risulta particolarmente efficace per la scelta delle aree di nuova previsione edificatoria, per la definizione delle indagini di approfondimento e degli interventi ammissibili, anche nelle aree già urbanizzate, soprattutto se utilizzate fino dalle fasi preliminari dei processi di pianificazione territoriale e urbanistica.

Tale cartografia è stata redatta in conformità agli "*Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007).

Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili in Emilia-Romagna, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche e ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella Tabella 3.3 sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica locale in Emilia-Romagna.

Depositi che possono determinare amplificazione (spessore ≥ 5 m): detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso); detriti di conoide alluvionale; depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e coni di deiezione); depositi fluvio-lacustri riporti antropici poco addensati; substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m); litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec ¹ .
Elementi morfologici che possono determinare amplificazione: creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza ≥ 30 m
Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti: depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione); depositi (spessore ≥ 5 m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o cu < 70 kpa.
Aree soggette ad instabilità di versante: aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi; aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati ² con acclività $> 15^\circ$; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).
Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti: contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse; cavit� sepolte.

Tabella 3.3: principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali in Emilia-Romagna (da "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", D.A.L. n. 112/2007).

3.3.2. Aree potenzialmente soggette ad effetti locali

La carta di pericolosità sismica locale (G5 "PERICOLOSITA' SISMICA") è realizzata secondo le procedure indicate negli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (D.A.L. 112/2007).

¹ Possono rientrare in questa categoria le argille e le argille marnose oligo-mioceniche della Successione Epiligure, le argille e le argille marnose tardo messiniane e plio-pleistoceniche, le sabbie poco cementate plio-pleistoceniche.

² Rientrano in questa categoria i terreni con spaziatura della fratturazione < 20 cm.

I dati di base disponibili utilizzati sono:

- Carta geologica (G1);
- Carta geomorfologica (G2);
- la banca dati della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 aggiornata, con i dati IFFI, al 2006 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la legenda della Carta geologica Appennino emiliano-romagnolo 1:10.000 per il territorio provinciale di Parma (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati della Carta geologica di pianura 1:25.000 della Regione Emilia-Romagna (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli);
- la banca dati geognostici di pianura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli.

Dalla cartografia tematica sopra citata sono stati individuate le seguenti classi:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi (olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi alluvionali appartenenti all'apparato della conoide alluvionale del T. Baganza;
2. Depositi misti in prevalenza ghiaie e sabbie e in subordine argille e limi (Olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi alluvionali intravallivi che caratterizzano il fondovalle dei bacini vallivi (T. Scodogna) e i dei depositi alluvionali delle unità che caratterizzano il margine collinare;
3. Depositi di versanti ed assimilabili (Olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi eluvio-colluviali, detriti di falda e depositi di versanti che ricoprono ampi settori dei versanti del margine collinare
4. Dissesti (frane attive, quiescenti, ecc.): comprende tutti i corpi di frana;
5. Allogruppo del Quaternario marino composto in prevalenza da sabbie dense e molto dense e da argille e limi consistenti e molto consistenti: si tratta di depositi marini e paralicici nei quali i litotipi argillosi e limosi sono consistenti e molto consistenti, mentre i litotipi sabbiosi risultano debolmente cementati;
6. Argille di Lugagnano composte in prevalenza da argille e limi consistenti e molto consistenti;
7. Rocce tenere caratterizzate da $V_{s30} < 800$ m/s: Marne di M. Piano, Formazione di Antognola, Formazione di Contignaco, Formazione a Colombacci, Membro di Armorano e Formazione di Ranzano;

I depositi delle classi 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 sono tutti suscettibili di amplificazione per le caratteristiche litologiche.

I depositi della classe 4 sono suscettibili di amplificazione per le caratteristiche litologiche e soprattutto, in relazioni alla presenza di forme di dissesto, essere suscettibili ad instabilità dei versanti in caso di sollecitazioni sismiche.

Nel territorio del Comune di Sala Baganza, sebbene siano fatte analisi su grandi areali senza approfondimenti di dettaglio, comunque obbligatori a scala progettuale, non appare la presenza di unità geologiche suscettibili al fenomeno della liquefazione

La banca dati geognostici di sottosuolo disponibile per tutta la pianura emiliano-romagnola ha permesso di cartografare anche nella Tav. G5 i principali corpi del sottosuolo che possono influenzare il moto sismico in superficie. In particolare è rappresentata:

- la superficie superiore (tramite isobate riferite al livello medio del mare) dei principali corpi ghiaiosi, di spessore > 5 m, delle conoidi dei fiumi appenninici e le zone in cui tali depositi sono affioranti;
- le isobate della superficie di base dei depositi alluvionali (quota riferita a l.m.);
- il limite indicativo tra zone con substrato marino profondo (>100 m da p.c.) e poco profondo (<100 m da p.c.); tale distinzione è richiesta dagli indirizzi regionali per la microzonazione sismica;
- le zone del territorio comunale nelle quali si possono verificare amplificazioni sismiche per effetti topografici; in generale occorre considerare gli effetti topografici per i pendii maggiori di 15° e con dislivello maggiore di 30 m (Eurocodice 8 - parte 5, EN 1998-5, 2003; Di Bucci et al., 2005; "Criteri per l'esecuzione degli studi di microzonazione sismica a supporto della redazione degli strumenti urbanistici", Delibera di Giunta della Regione Umbria n. 226/2001, pubblicata sul Supplemento ordinario n. 2 del Bollettino Ufficiale della Regione Umbria n. 16 del 4/4/2001);
- proiezione sulla superficie topografica dei sovrascorrimenti sepolti attivi.

3.3.3. Analisi degli elementi di amplificazione sismica

Gli elementi di amplificazione sismica individuati nella Tav. QCA_G4 sono in seguito riassunti.

- Versanti con pendenze > di 15°. In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico.
- Versanti con pendenze > di 45° (scarpate). In tali aree, se il dislivello è superiore a 30 m, possono verificarsi effetti di amplificazione per cause topografiche. Pertanto in queste aree, e in quelle a quote immediatamente superiori, in caso di dislivello maggiore di 30 m, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione topografico.

- Sovrascorrimenti sepolti. Sono stati rappresentati i principali limiti tettonici in quanto è possibile che questi mettano a contatto litologie con caratteristiche meccaniche molto diverse e che, all'intorno di questi contatti, si possano verificare, oltre all'amplificazione, anche cedimenti differenziali. Perciò, nelle aree a cavallo di questi contatti, nel caso siano ammessi interventi, dovranno essere verificate le caratteristiche meccaniche dei terreni ed eventualmente valutati il coefficiente di amplificazione litologico e i cedimenti.
- Depositi prevalentemente ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi. Le aree ricadenti in questa classe sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche. In alcuni casi, le ghiaie antiche e molto spesse possono avere la velocità delle onde di taglio molto alte fino a valori pari a $V_s = 650\div 700$ m/s; tali ghiaie se intervallate o ricoperte da terreni soffici, con minore velocità delle onde di taglio, determinando quindi un elevato salto d'impedenza, possono comportarsi come *riflettori sismici* e generare amplificazioni anche rilevanti del segnale sismico.
- Depositi misti in prevalenza ghiaie e sabbie e in subordinate argille e limi. Tutte queste aree sono potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche stratigrafiche e, perciò, dovrà essere sempre valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Depositi di versante e assimilabili. Sono compresi tutti gli accumuli detritici di versante non compresi nella classe precedente (Dissesti attivi e Dissesti quiescenti). Queste aree sono tutte suscettibili di amplificazione; in esse, pertanto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Dissesti. Come già anticipato, la distinzione degli accumuli di frane attive e quiescenti dagli altri depositi di versante si è resa necessaria per la maggiore suscettibilità al dissesto, condizione di criticità che può essere ulteriormente aggravata dalle scosse sismiche. In queste aree gli utilizzi del territorio sono in genere già limitati da specifiche norme che non consentono la realizzazione di nuove costruzioni e infrastrutture; nel caso di eventuali interventi di consolidamento e messa in sicurezza di edifici esistenti, anche in questo caso le indagini e gli studi dovranno valutare, oltre al coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche, anche le condizioni di stabilità dei versanti, tenendo conto delle sollecitazioni sismiche.
- Allogruppo del Quaternario marino. Unità di origine marina e paralica con caratteristiche litologiche e meccaniche (sabbie poco cementate ed argille e limi consistenti e molto consistenti) da determinare amplificazione del segnale sismico. Queste aree sono tutte suscettibili di amplificazione; in esse, pertanto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.
- Argille di Lugagnano. Unità di origine marina con caratteristiche litologiche e meccaniche (argille e limi consistenti e molto consistenti) da determinare amplificazione del segnale sismico. Queste

aree sono tutte suscettibili di amplificazione; in esse, pertanto, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione per caratteristiche litologiche.

- Rocce tenere con $V_s < 800$ m/s. Unità di origine marina e continentale con caratteristiche litologiche e meccaniche (peliti ed areniti in prevalenza) tali da lasciare ipotizzare $V_{s30} < 800$ m/sec e perciò potenzialmente soggette ad amplificazione. Di conseguenza in queste zone, in fase di pianificazione urbanistica comunale, dovranno essere realizzate soprattutto indagini per la valutazione di V_s e, nel caso sia confermato $V_{s30} < 800$ m/s, dovrà essere valutato il coefficiente di amplificazione litologico.

3.3.4. Pericolosità nelle zone soggette a dissesti

Gli effetti del sisma su un pendio possono essere diretti o indiretti. I primi determinano frane direttamente in corrispondenza dell'evento sismico, mentre i secondi si manifestano dilazionati di alcune ore o giorni rispetto all'evento (HUTCHINSON, 1993).

Nell'area del Comune di Sala Baganza gli effetti diretti del sisma sui versanti possono essere rappresentati da fenomeni di crollo di ridotte dimensioni e dalla riattivazione di fenomeni preesistenti. Gli effetti indiretti possono invece determinare la riattivazione di frane preesistenti, anche di considerevoli dimensioni, in materiali coesivi. Tale riattivazione, dilazionata nel tempo rispetto al sisma, è da imputare agli effetti del carico ciclico sul regime delle pressioni interstiziali.

LEMOS et alii, (1985) e SASSA (1992) hanno mostrato che l'applicazione di rapide deformazioni cicliche in speciali apparecchi di taglio torsionale determinano in alcuni tipi di materiali coesivi una progressiva diminuzione della resistenza al taglio residua, dopo un picco iniziale; anche tale fenomeno può spiegare il ritardo fra la scossa sismica e la riattivazione delle frane.

Gli effetti di terremoti sui versanti appenninici della provincia di Parma sono riconducibili ai seguenti casi documentati:

- riattivazione della frana di Signatico (Val Parma) avvenuta tra 01 e 12/01/1997: oltre alle intense precipitazioni meteoriche manifestatesi in quel periodo, può essere collegata al terremoto avvenuto il 01/01/1997 alle ore 7.10 con epicentro a Parma ovest, di intensità non segnalata (BOSCHI et al., 1997), che è presumibile possa aver favorito una situazione di stabilità già compromessa;
- riattivazione della frana di Corniglio iniziata il 01/01/1996 con mobilitazione completa del corpo di frana: è connessa ad una scossa sismica del V grado della scala MCS (Magnitudo 4) con epicentro presso Toano, in provincia di Reggio Emilia, avvenuta alle 23.45 del 31/12/1995 (LARINI et al., 2001);

- fenditure nel terreno ed emissioni di gas ed idrocarburi nella zona di Bardi: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VI MCS con epicentro a Bardi avvenuto nel 1801 (ZECCHI 1986);
- avvallamenti, sprofondamenti, voragini, avvallamenti e apertura di un monte nella zona della Val Taro: effetti relativi ad un sisma di intensità pari a VIII MCS con epicentro a Borgo Val di Taro avvenuto il 09/06/1545 (ZECCHI 1986).

In seguito ai terremoti i movimenti franosi possono prodursi sia su pendii con coefficiente statico all'incirca pari ad uno (movimenti tipici) sia su pendii con coefficienti di sicurezza statici anche di molto superiori ad uno (movimenti atipici).

I movimenti tipici sono le riprese di movimenti di frane in atto o quiescenti, innescate, più che direttamente dalle vibrazioni, dalle modificazioni nelle condizioni al contorno del pendio (variazioni della falda, ecc.) o dal passaggio dalle condizioni non drenate a quelle drenate.

Esempi di questo tipo nell'area geografica di specifico interesse sono la frana di Corniglio (LARINI et al., 2001) e la frana di Signatico (BOSCHI et al., 1997), le quali, come in altri casi registrati a seguito del terremoto dell'Irpinia nel 1980 (COTECCHIA, 1982; COTECCHIA et AL, 1984; D'ELIA, 1983; D'ELIA et AL 1985) si sono manifestate con un certo ritardo di alcune ore o addirittura di alcuni giorni.

Sulla base delle osservazioni dei movimenti, i suddetti fenomeni franosi possono essere ricondotti a tre schemi fondamentali di rottura del pendio: Rottura per liquefazione; Rottura lungo superfici di scivolamento definite; Rottura senza superfici di scivolamento definite.

In ognuno di questi casi si ha un incremento delle pressioni interstiziali che inficiano negativamente sulle forze stabilizzanti del pendio. Tale aumento determina in terreni a comportamento granulare effetti immediati, mentre nei terreni a comportamento coesivo effetti ritardati. Un parametro fondamentale nel criterio di rottura del pendio è il coefficiente sismico critico K_c , che dipende dalla geometria del pendio e dalle caratteristiche di resistenza del materiale. Il suo valore è ritenuto indicativo delle condizioni di stabilità del pendio e orientativamente può assumere i valori di Tab. 6.4, corrispondenti a diverse esposizioni al rischio di movimenti franosi durante i terremoti.

Kc	condizioni del pendio
< 0.01	precarie
0.01 - 0.1	deboli
0.1 - 0.3	medie
> 0.3	buone

Tabella 3.4: Valori del coefficiente K_c in relazione alle condizioni di stabilità del pendio (LEGG, 1982).

Nei corpi di frana, dove si sono già verificati rotture nel pendio, sono sufficienti accelerazioni sismiche anche di ridotta entità per generare riattivazioni di dissesti preesistenti. In Fig. 3.3 si può osservare come varia lo spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico K_c per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987).

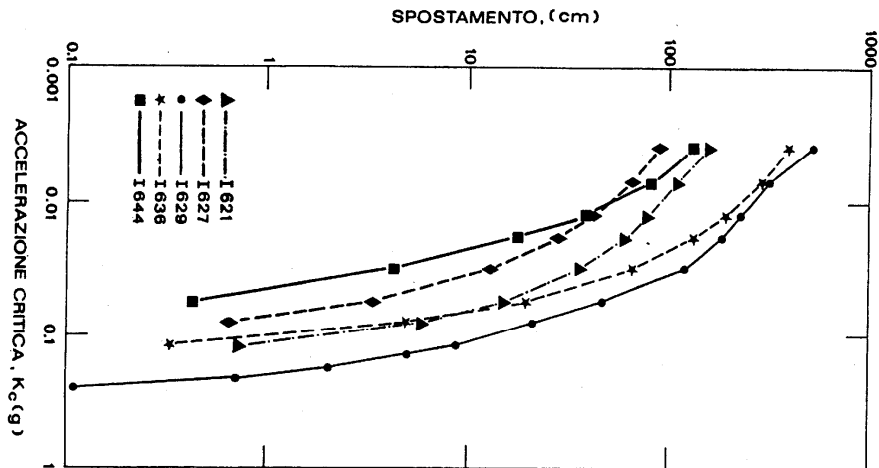


Figura 3.3: Spostamento permanente in un pendio indefinito in funzione del coefficiente critico K_c per diversi terremoti (FACCIOLI, 1987 a e b).

Per gli effetti del sisma sui corpi di frana in generale si rivelano inoltre particolarmente utili le curve sperimentali proposte da KEEFER (1984), che riportano la massima distanza dall'epicentro entro la quale le frane possono essere innescate da un sisma, in funzione della magnitudo (v. Fig. 3.4).

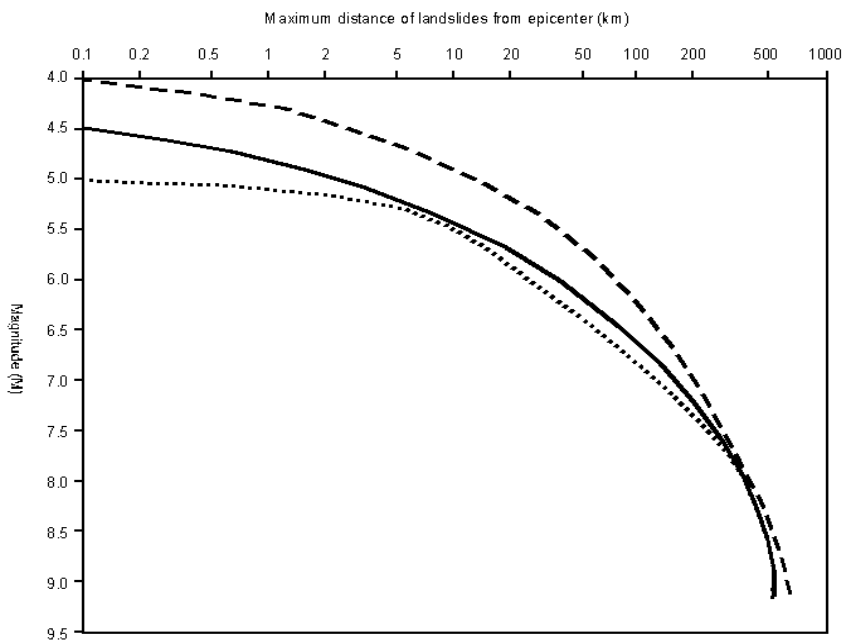


Figura 3.4: Massima distanza dall'epicentro dalle frane innescate dai terremoti in funzione della magnitudo (da KEEFER, 1984): linea continua: valore medio; linea puntinata: limite inferiore; linea tratteggiata limite superiore.

Le zone soggette agli effetti sismici sono ovviamente i corpi di frana in senso lato.

Le curve in Fig 3.4 sono state ricavate per terremoti negli Stati Uniti, ma sembrano essere soddisfacenti anche per il territorio italiano (DEL PRETE et alii, 1992). Le soglie di magnitudo minima per la quale possono generarsi movimenti di massa sono rispettivamente $M = 4$ per i crolli, $M = 4,5$ per gli scivolamenti e $M = 5$ per le colate ed i fenomeni di Liquefazione.

Il territorio comunale di Sala Baganza, sulla base delle aree sismogenetiche poste al suo contorno, risulta quindi potenzialmente sensibile alle azioni dinamiche indotte da terremoti di magnitudo pari a $M = 4$.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

La valutazione del rischio sismico, dopo una prima parte d'analisi generali, riguardanti le caratteristiche sismogenetiche, è stata condotta mediante un approccio analitico dei depositi che interessano il sottosuolo dell'area di Sala Baganza.

La procedura d'analisi consiste nella ricerca dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- modello geofisico - geotecnico.

A tale proposito sono stati considerati i profili stratigrafici dei sondaggi geognostici eseguiti direttamente nell'ambito del territorio comunale; le fonti sono:

1. Regione Emilia Romagna (2000): prove penetrometriche dinamiche (S) e profili stratigrafici di pozzi idrici (P).

5. MODELLO GEOFISICO E GEOTECNICO

5.1. Stratigrafia del terreno di fondazione

Il Comune di Sala Baganza è nel complesso caratterizzato da 7 litotipi principali:

1. Depositi prevalentemente ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi (olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi alluvionali appartenenti all'apparato della conoide alluvionale del T. Baganza;

2. Depositi misti in prevalenza ghiaie e sabbie e in subordine argille e limi (Olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi alluvionali intravallivi che caratterizzano il fondovalle dei bacini vallivi (T. Scodogna) e i dei depositi alluvionali delle unità che caratterizzano il margine collinare;
3. Depositi di versanti ed assimilabili (Olocene e Pleistocene superiore): si tratta dei depositi eluvio-colluviali, detriti di falda e depositi di versanti che ricoprono ampi settori dei versanti del margine collinare
4. Dissesti (frane attive, quiescenti, ecc.): comprende tutti i corpi di frana;
5. Allogruppo del Quaternario marino composto in prevalenza da sabbie dense e molto dense e da argille e limi consistenti e molto consistenti: si tratta di depositi marini e paralici nei quali i litotipi argillosi e limosi sono consistenti e molto consistenti, mentre i litotipi sabbiosi risultano debolmente cementati;
6. Argille di Lugagnano composte in prevalenza da argille e limi consistenti e molto consistenti;
7. Rocce tenere caratterizzate da $V_{s30} < 800$ m/s: Marne di M. Piano, Formazione di Antognola, Formazione di Contignaco, Formazione a Colombacci, Membro di Armorano e Formazione di Ranzano;

Tale suddivisione, apparentemente grossolana in relazione alla vasta gamma di classi granulometriche e di situazioni stratigrafiche presenti, esprime in linea generale il tipo di ambiente deposizionale.

I terreni ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi sono, infatti, caratteristici di ambienti deposizionali di alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive. Si tratta del tipico ambiente di canale, riscontrabile nel T. Baganza e nel tratto pedemontano della conoide alluvionale.

I terreni sabbiosi e tendenzialmente sabbiosi sono, caratteristici di ambienti deposizionali di medio-alta energia, in cui la sedimentazione è dominata dagli apporti grossolani lasciati dalle correnti trattive. Si tratta del tipico ambiente di canale e barra fluviale, riscontrabile nella fascia di meandreggiamento del Fiume Po.

I terreni prevalentemente argillosi e/o argilloso-limosi sono invece caratteristici d'ambienti deposizionali di bassa energia, in cui le fasi di sedimentazione avvengono per sola decantazione o per correnti trattive molto deboli.

Questi ambienti si rinvengono nelle piane alluvionali esterne agli argini fluviali e al dominio delle correnti canalizzate, dove le acque, alimentate dai flussi di tracimazione, hanno occasione di ristagnare per lungo tempo.

Nella Tav. G5 sono indicati i profili stratigrafici noti utilizzati per la ricostruzione del modello geotecnico e geofisico.

5.2. Calcolo della velocità delle onde di Taglio

La velocità delle onde di Taglio per ogni situazione stratigrafica è stata ricostruita nel seguente modo:

- in ogni profilo stratigrafico, alle varie litologie (argille, ghiaie, ecc.), riscontrabili dal piano campagna fino alla profondità di 30 metri, sono state assegnate delle velocità di taglio medie;
- le velocità di taglio medie sono state ricavate dalle correlazione empiriche presenti nella letteratura bibliografica specializzata in relazione del numero di colpi di avanzamento della punta del penetrometro dinamico nel terreno per una distanza di 30 cm;
- nella tav. G7 le indagini penetrometriche sono contrassegnate con la sigla (S) accompagnata da un numero progressivo;
- la resistenza alla punta penetrometrica è ricavata pari a:
 - $N_{(60)} = 39$ colpi/30 cm per i terreni ghiaiosi e tendenzialmente ghiaiosi;
 - $N_{(60)} = 5$ colpi/30 cm per i terreni argillosi e tendenzialmente argillosi nella parte corticale del sottosuolo;
 - $N_{(60)} = 20$ colpi/30 cm per i terreni argillosi e tendenzialmente argillosi di origine marina;
 - $N_{(60)} = 9$ colpi/30 cm per i terreni argillosi e tendenzialmente argillosi;
 - $N_{(60)} = 15$ per i terreni argillosi misti a ghiaie;
- successivamente per ogni verticale di riferimento (profili stratigrafici) è stata determinata la V_{s30} “velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio” utilizzando la seguente espressione (D.M. del 14 gennaio 2008 “Approvazione Norme Tecniche per le Costruzioni”):

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

- dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori;
- utilizzando infine le correlazioni geologiche sono state individuate le microaree ad ugual amplificazione sismica.

5.3. Classificazione sismica del terreno di fondazione

Il capitolo 3.2.2 del D.M. 14.1.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche" definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C - Depositati 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 $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D - Depositati 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 $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due:

- S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio ed è calcolata con la seguente espressione (D.M. del 15 settembre 2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni):

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori.

5.4. Caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione

La caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione (analisi di secondo livello) è applicabile al territorio di Sala Baganza, utilizzando la procedura descritta nel precedente cap. 5.2.

Oltre la profondità di 30 metri dal piano campagna si può fare riferimento ai dati stratigrafici reperibili dalla bibliografia con i quali è possibile ricostruire l'assetto del sottosuolo fino al Bedrock sismico.

Nelle aree di pianura le caratteristiche di bedrock sismico sono state assegnate al Supersistema del Quaternario Marino (come indicato dalla Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna), collocato in corrispondenza del territorio comunale di Sala Baganza a profondità comprese tra -50 e -100 metri dalla superficie topografica.

Il passaggio tra il Supersistema del Quaternario Marino e il Supersistema Emiliano-Romagnolo, rappresenta, infatti, uno dei principali riflettori sismici, ampiamente visibile nelle sezioni sismiche a riflessione eseguite per le ricerche petrolifere.

Il Supersistema del Quaternario Marino è costituito da terreni parali e costieri, rappresentati da:

- depositi d'ambiente litorale: limi sabbiosi in strati spessi e molto spessi con intercalazioni sabbiose;
- depositi d'ambiente deltizio: ghiaie solitamente alterate, in corpi discontinui a geometria lenticolare;
- depositi d'ambiente lagunare: sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo hummocky, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche;
- depositi prossimali di delta-conoide: sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati;
- depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina: sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche.

La litologia rilevata, non è tipica di un suolo rigido tipo A (bedrock sismico $V_s \geq 800$ m/s), caratteristico invece di formazioni rocciose dure. A seguito del carico litostatico, rappresentato dallo spesso pacco di alluvioni fluviali (circa 50 - 150 metri) e della profondità rilevante, è plausibile sostenere comunque

caratteristiche simili a quelle di un suolo rigido tipo A con velocità delle onde di taglio pari a $V_s \geq 800$ m/s.

Nelle aree del margine appenninico i depositi di origine marina affioranti o sub affioranti non rappresentano caratteristiche da badrock sismico. Solo a profondità superiori a 40 metri dalla superficie topografica, in relazione al sensibile miglioramento delle proprietà meccaniche, come peraltro verificato nelle indagini geognostiche utilizzate, si incontra il bad rock sismico.

5.5. Procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa

La procedura per la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti d'amplificazione consiste nella stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di amplificazione (*F.A.*); lo studio nel caso del comune di Sala Baganza è condotto con metodi quantitativi semplificati, validi per la valutazione delle amplificazioni litologiche.

La microzonazione ha interessato solamente le aree urbanizzate e di futura espansione per una superficie totale pari a 3.05 km².

Il valore di *F.A.* si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1 - 0.5 s e 0.5 - 1.5 s: in particolare l'intervallo tra 0.1 - 0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5 - 1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili. In altri termini si tratta di quelle strutture che comunemente sono realizzate nel territorio comunale di Sala Baganza.

I Fattori di Amplificazione (*F.A.*) sono riferiti al Suolo A come previsto dall'Eurocodice 8, parte 1, e dal D.M. 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", punto 3.2.1.

La scheda di riferimento, messa a punto dalla Regione Emilia Romagna "*Indirizzi per gli studi di micro zonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica*" di cui alla deliberazione n. 112 del 2/5/2007 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna" (D.A.L. 112/2007), che si adatta meglio al modello geofisico – geotecnico è definita PIANURA 1, PIANURA 2 e MARGINE APPENNINICO PADANO.

La "PIANURA 1" è ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da presenza di potenti orizzonti di ghiaie (anche decine di metri) e da alternanze di sabbie e peliti, con substrato poco profondo (< 100 m da p.c.).

La "PIANURA 2" è ambito di pianura caratterizzato da profilo stratigrafico costituito da alternanze di sabbie e peliti, con spessori anche decametrici, talora con intercalazioni di orizzonti di ghiaie (di spessore anche decine di metri), con substrato profondo (≥ 100 m da p.c.).

La "MARGINE APPENNINICO PADANO" è ambito di collina con substrato marino caratterizzato da $V_s < 800$ m/s.

Nel contesto geologico della PIANURA 1 e della PIANURA 2, per la determinazione dei fattori di amplificazione (F.A.), si devono usare le seguenti tabelle 5.1 e 5.2.

F.A. P.G.A.

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.9	1.9	1.8	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.6	2.5	2.4	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.1	1.0

Tabella 5.1: Fattori di Amplificazione per la scheda PIANURA 1

F.A. P.G.A.

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	1.8	1.8	1.7	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.0	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{S30}	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
F.A.	2.5	2.3	2.3	2.0	1.8	1.7	1.7	1.5	1.2	1.0

Tabella 5.2: Fattori di Amplificazione per la scheda PIANURA 2

Nel contesto geologico del MARGINE APPENNINICO PADANO, per la determinazione dei fattori di amplificazione (F.A.), si deve usare la seguente tabella 5.3.

F.A. P.G.A.

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{SH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Tabella 5.3: Fattori di Amplificazione per la scheda MARGINE APPENNINICO PADANO

All'interno delle precedenti Tabelle 5.1, 5.2 e 5.3, in funzione della velocità V_{S30} , per le 7 microzone individuate all'interno del territorio comunale, sono individuati i fattori di amplificazione elencati nella successiva Tab. 5.4.

Litologia	Velocità delle onde di taglio	F.A. P.G.A.	F.A. Intensità spettrale: 0.1s < To < 0.5s	F.A. Intensità spettrale: 0.5s < To < 1.0s
PIANURA 1	250	1.7	1.9	2.5
PIANURA 1	300	1.6	1.8	2.4
PIANURA 2	200	1.5	1.8	2.5
PIANURA 2	250	1.5	1.5	2.3
PIANURA 2	300	1.5	1.7	2.3
MARGINE APPENNINICO PADANO Profondità substrato marino) = 20 m	350	1.9	1.9	1.5
MARGINE APPENNINICO PADANO Profondità substrato marino) = 5 m	350	1.4	1.4	1.34

Tabella 5.4: Fattori di Amplificazione per le microzone del territorio Comunale di Sala Baganza

5.6. Scelta dei parametri

La scelta dei dati stratigrafici, geotecnici e geofisici, in termini di valori di Vs, utilizzati nella procedura di 2° livello deve essere opportunamente motivata e a ciascun parametro utilizzato deve essere assegnato un grado di attendibilità, secondo la seguente Tabella 5.5.

Tabella 5.5 – Livelli di attendibilità da assegnare ai risultati ottenuti dall'analisi

Dati	Attendibilità	Tipologia
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 (Vs)	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)

Il livello di attendibilità dello studio di secondo livello effettuato è da ritenersi basso per le seguenti motivazioni:

- il territorio del comune di Sala Baganza è stato in passato oggetto di sporadici studi non sempre approfonditi che hanno permesso di ricostruire in modo sommario la litostratigrafia fino alla profondità di 30 metri dal piano campagna; l'attendibilità dei dati litologici può essere ritenuta alta, ma la scarsa distribuzione delle indagini non consente di eseguire correlazioni di dettaglio;
- l'attendibilità dei dati geofisici è da ritenersi bassa perché ricavata da relazioni empiriche applicate alla litologia dei profili stratigrafici noti;

- la microzonazione sismica del territorio comunale anche se fondata attraverso modelli che possono essere ritenuti attendibili, non è esaustiva per i futuri interventi edificatori nel territorio comunale;
- occorre quindi sottolineare che per ogni intervento edilizio previsto nel prossimo futuro l'esecuzione di indagini sismiche è imprescindibile.