



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa *(Agg.01)*

Regione Emilia-Romagna

Comune di Bore



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Federico Madini Collaboratore: Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Dicembre 2014

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	8
2.1. Inquadramento sismogenetico	8
2.2. Storia sismica dell'area	10
2.3. Classificazione sismica comunale	11
2.4. Analisi di disaggregazione	12
2.5. Spettro di risposta rappresentativo	14
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	15
3.1. Geologia	15
Depositi quaternari continentali	18
Unità Liguri	19
3.2. Geomorfologia	21
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	25
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	26
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	27
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	29
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	31
8.1. I° livello di approfondimento	31
8.1.1. Carta delle indagini	31
Area di studio A_1 - Bore capoluogo	32
Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari	33
Area di studio A_3 - Zani	33
Area di studio A_4 - Rovina	33
8.1.2. Carta geologico-tecnica	34
Area di studio A_1 - Bore capoluogo	35
Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari	37
Area di studio A_3 - Zani	39
Area di studio A_4 - Rovina	39
8.1.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni	41
Area di studio A_1 - Bore capoluogo	41
Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari	43

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

<i>Area di studio A_3 - Zani</i>	46
<i>Area di studio A_4 - Rovina</i>	47
8.1.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	49
8.2. II° livello di approfondimento	53
8.2.1. Carta delle velocità delle onde S (Vs)	53
<i>Area di studio A_1 - Bore capoluogo</i>	54
<i>Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari</i>	54
<i>Area di studio A_3 - Zani</i>	55
<i>Area di studio A_4 - Rovina</i>	55
8.2.2. Carta di microzonazione Livello 2	55
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI.....	64
10. BIBLIOGRAFIA	65
11. ALLEGATI	66

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto su incarico del Comune di Bore (Provincia di Parma) in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'OPCM n° 4007 del 29 febbraio 2012 a favore degli enti locali, riguarda la definizione della microzonazione sismica di I° e II° livello, in corrispondenza di alcuni ambiti comunali localizzati all'interno dei centri abitati principali e su alcune aree di particolare interesse urbanistico.

Il documento tecnico a supporto dello studio è stato svolto in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- 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 agli *"Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"* approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007;
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica"* approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.
- OPCM n° 3970 /2010 e ss.mm. e relativo Decreto del Capo Dipartimento Protezione Civile n° 8422 del 10.12.2010;
- D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 *"Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm."*.

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia (Cfr., in particolare: Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 *"Indirizzi di microzonazione sismica"*).

Per **"Microzonazione Sismica"** si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nell'individuazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica.

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi (PSC, POC, PUA ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 3 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d'analisi e costi d'esecuzione via via crescenti:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

- I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l'analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L'obiettivo finale consiste nella realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), che suddivide il territorio in microzone sismicamente omogenee;
- II° livello di approfondimento: oltre a confermare o correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l'impiego di abachi regionalizzati e formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di microzonazione sismica;
- III° Livello di Approfondimento: viene utilizzato nei casi in cui l'opera in progetto risulti particolarmente importante oppure, nei casi in cui le condizioni geologiche si presentino estremamente complesse. Vengono sviluppate analisi di tipo numerico 1d o 2d, studi paleosismici ed analisi dinamiche. Viene prodotta una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti.

Nello studio in esame, in funzione delle risorse disponibili e degli obiettivi da conseguire, sono stati elaborati solamente i primi due livelli, demandando a studi di maggior dettaglio, laddove se ne riscontrasse la necessità, gli approfondimenti di III° Livello.

In accordo con l'Amministrazione Comunale, le analisi sono state condotte per un discreto intorno degli ambiti comunali di seguito elencati:

- **A_1 – Bore capoluogo;**
- **A_2 – Franchi - Ferrari;**
- **A_3 – Zani;**
- **A_4 – Rovina.**

Per ciascun ambito, negli studi di I° Livello è stata effettuata in via preliminare una ricerca biblio-cartografica presso l'Ufficio Tecnico Comunale, con il supporto del Geom. Vittorio Rivia, nonché tramite l'assistenza dei funzionari del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, diretta rispettivamente, alla raccolta delle indagini geognostiche preesistenti e alla ricostruzione dell'assetto geologico-morfologico dei siti d'interesse.

Le indagini suddette sono state integrate da una campagna di prove a sismica passiva (HVSR) con tomografo digitale svolta a corredo dello studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

E' stata quindi redatta la Carta delle indagini, che raffigura l'ubicazione delle prove esistenti e quelle di nuova esecuzione, necessarie per poter definire: la profondità e la natura del substrato, lo spessore e la geometria della copertura ed, eventualmente, in presenza di indagini sismiche, l'entità delle velocità delle onde S (V_{sl}).

La carta geologico-tecnica contiene tutte quelle le informazioni di base (geologiche, geomorfologiche, litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) estrapolate da cartografie esistenti e da campagne geognostiche pregresse. Partendo dai dati di detta carta sono state inoltre ricostruite delle sezioni geologiche significative, necessarie per evidenziare le variazioni dei rapporti tra copertura e substrato.

Successivamente l'esecuzione delle indagini HVSR e all'analisi dei dati, è stata realizzata la Carta delle frequenze, in cui sono riportate le prove e i valori di frequenza fondamentale associati a ciascun punto di misura. Dall'interpolazione dei valori di frequenza si sono determinati i campi a frequenza costante per verificare la presenza di zone soggette a fenomeni di risonanza.

A completamento del I° Livello è stata ricostruita la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), sulla base dell'elaborazione dei tematismi contenuti nelle carte precedenti.

Rappresenta il documento fondamentale di questa prima fase, perché partendo da considerazioni di carattere geologico e geomorfologico e dall'analisi dei dati litostratigrafici si individuano gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

Successivamente è stato realizzato il II° Livello di Approfondimento che si pone come finalità il raggiungimento dei seguenti risultati:

- compensare alcune incertezze del I° Livello con approfondimenti conoscitivi;
- fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali) e dei fenomeni di deformazione permanente (zone suscettibili di instabilità).

Riguardo alla cartografia prodotta, è' stata predisposta la redazione di una Carta delle onde di taglio S (V_s), contenente per ciascuna stazione di misura HVSR i valori di V_{sH} , dove il substrato rigido si trova a profondità (H) maggiori di 3 m e V_{s30} dove H risulta minore di 3 m, determinati tramite procedimenti d'inversione.

La conclusione delle analisi ha previsto la costruzione della Carta di microzonazione Livello 2, nella quale sono stati associati alle differenti microzone, dei fattori di amplificazione sismica numerici determinati attraverso la procedura semplificata, mediante l'impiego degli abachi predisposti dalla regione Emilia Romagna.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Tutte le cartografie suddette e gli allegati allo studio sono stati elencati nel capitolo 11. Essi sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, su supporto digitale (pdf, con risoluzione 300 dpi).

I dati vettoriali sono forniti in formato *shapefile*. Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'*Allegato D* della delibera regionale e dagli *SRAI*.

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito *software*: "*MS – SoftMS*" nella versione 1.0.

Il Comune di Bore si colloca nel settore centro-occidentale della Provincia di Parma, occupando esclusivamente l'unità di paesaggio individuata dal *P.T.C.P.* (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale) denominata "*Bassa Montagna Ovest*" (Cfr. **Fig. 1**).

Dal punto di vista della pianificazione, il Comune di Bore è dotato di *P.S.C.* (Piano Strutturale Comunale), già approvato con Delibera di C.C. n° 53 del 23/10/2010; pertanto gli studi di microzonazione in oggetto, potranno essere di supporto alle scelte urbanistiche dell'Amministrazione Comunale ma, ancor di più, rappresenteranno uno strumento di sicura utilità per i tecnici nell'ambito della progettazione di nuove opere o negli interventi sull'esistente.

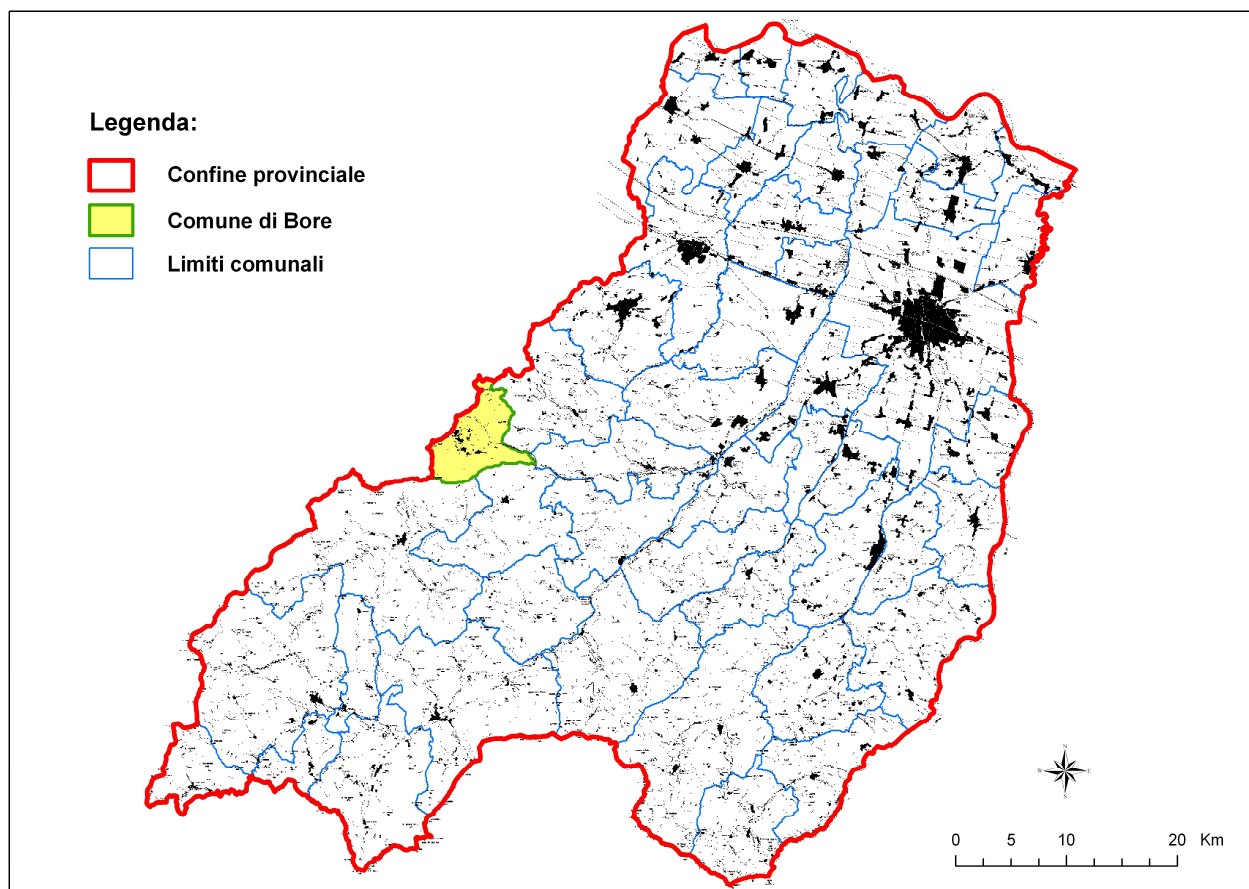


FIG. 1 – COLLOCAZIONE GEOGRAFICA DEL COMUNE DI BORE ALL'INTERNO DELLA PROVINCIA DI PARMA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Bore confina a sud con i Comuni di Bardi e Varsi, a est con i Comuni di Varano dè Melegari e Pellegrino Parmense e, a nord – ovest, con comuni della Provincia di Piacenza.

Da un punto di vista orografico, evidenzia condizioni variabili da luogo a luogo, con forti e marcati dislivelli; la zona più bassa e depressa corrisponde all'incisione fluviale prodotta dal T. Cenedola, affluente di sinistra idrografica del T. Ceno. Gli ambiti di studio si collocano tutti all'interno del bacino idrografico di tale corso, posizionandosi in alcuni casi nel suo settore più elevato (Bore, Ferrari e Franchi).

Le vette più alte (spesso superiori a 1.200 m s.l.m.), si trovano a ovest e a sud, lungo i crinali che confinano con la Provincia di Piacenza e il Comune di Bardi (M. Pratobello, M. Carameto, Ronco dei Cornetti di Ferro, M. Cornale, M. Costaccia, M. Mu, ecc..).

Il corso d'acqua più importante, come detto in precedenza è rappresentato dal T. Cenedola, che nasce dalle pendici di M. Carameto, per poi dirigersi in direzione ENE, sino alla confluenza col T. Ceno, che avviene poco a valle della località Mulino di Golaso. Il suo sviluppo avviene quasi esclusivamente all'interno del territorio comunale e gli apporti principali sono generati in destra idrografica, dal Rio delle Lame e dal Rio Re e in sinistra dal Rio Sarmasa. Il letto del T. Cenedola assume dimensioni significative solo nel suo tratto terminale a valle degli ambiti di studio individuati (Cfr. **Fig. 2**).

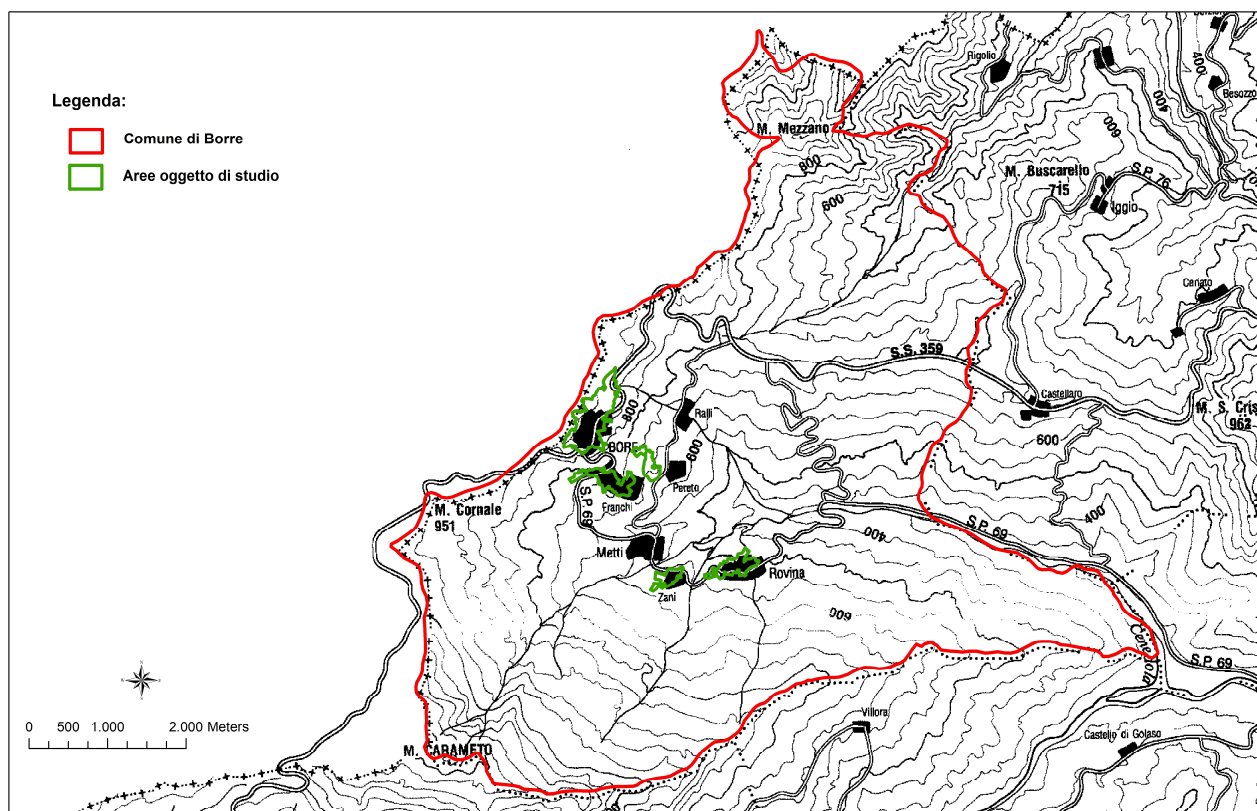


FIG. 2 – LOCALIZZAZIONE DEGLI AMBITI OGGETTO DI MICROZONAZIONE SISMICA

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1. Inquadramento sismogenetico

Allo scopo di associare la sismicità dell'area di studio con i meccanismi responsabili dell'innesco dei terremoti, si è fatto riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004).

Tale studio, che sostituisce la precedente zonazione ZS4, suddivide il territorio nazionale in fasce contraddistinte da caratteristiche sismo-tettoniche omogenee (Cfr. **Fig. 3**). Esso risulta estremamente importante nei confronti della pianificazione territoriale e, nello specifico, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

Come evidenziato in **Fig. 3**, il Comune di Bore ricade nel settore occidentale della zona 913, contraddistinta da eventi sismici di bassa magnitudo, a cinematica prevalentemente compressiva, anche se si possono avere fenomeni di trascorrenza nelle zone di svincolo che dissecano la continuità laterale delle strutture. Generalmente, le sorgenti sismiche si distribuiscono a profondità comprese tra i 12 e i 20 Km.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

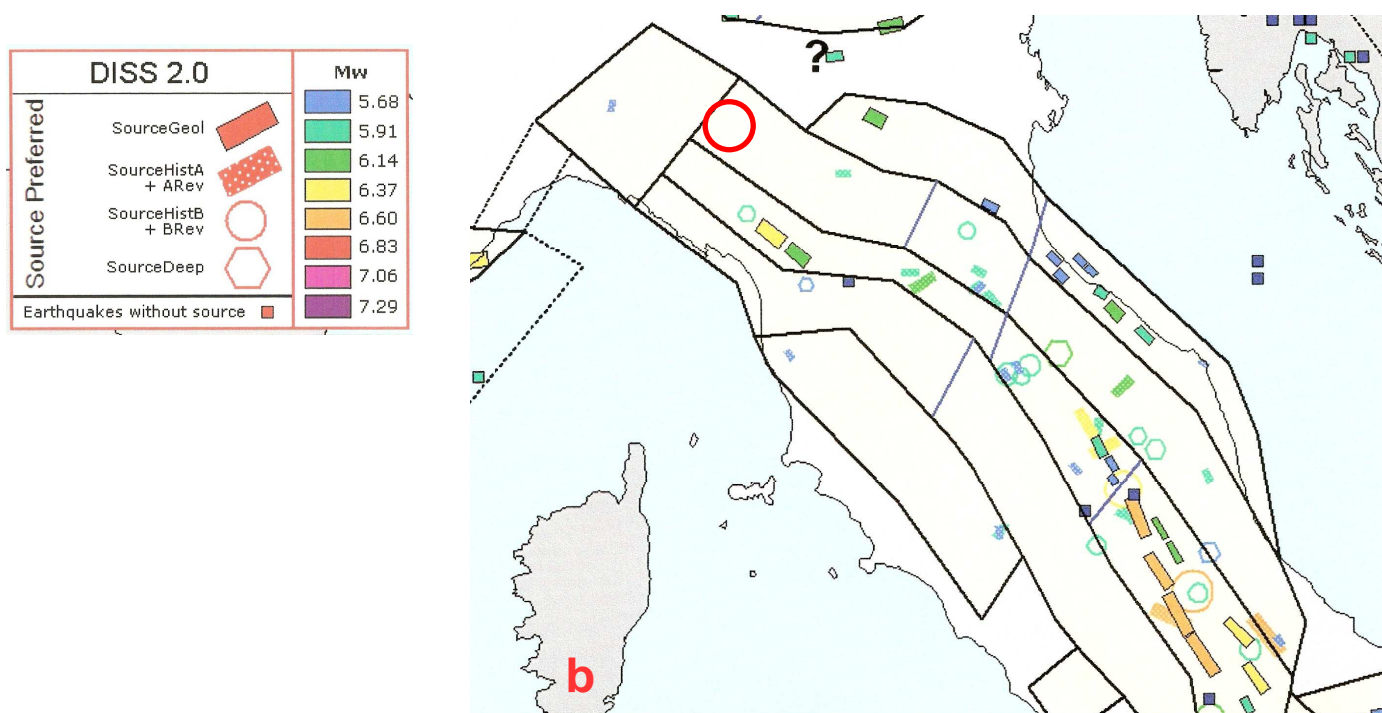
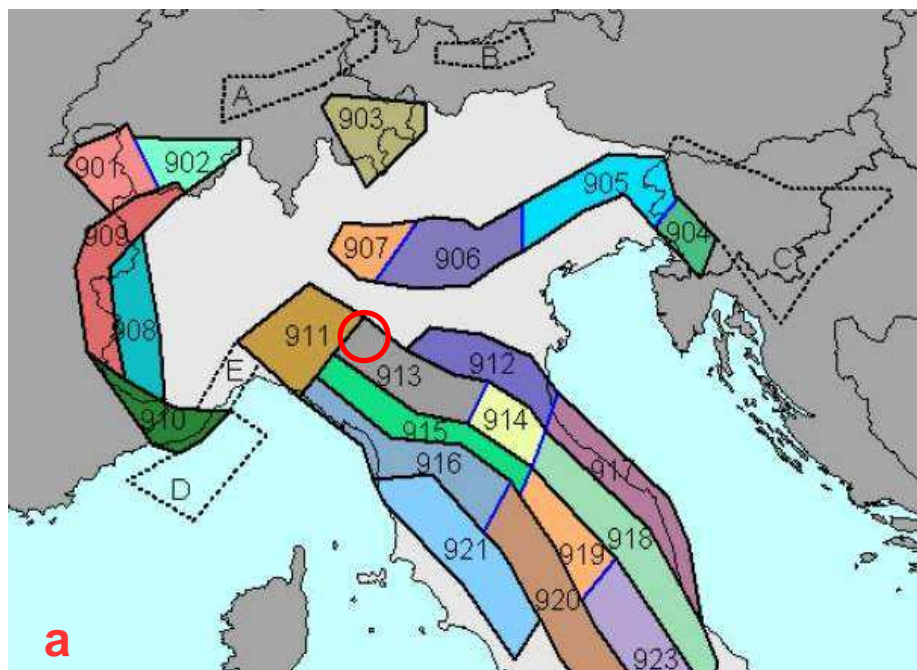


FIG. 3 – A) ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9. DA: “REDAZIONE DELLA MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA

RAPPORTO CONCLUSIVO, APRILE 2004” – INGV. B) CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DELLE SORGENTI SIMOGENETICHE CONTENUTE NEL DATABASE DISS 2.0. IL CERCHIO ROSSO INDIVIDUA APPROSSIMATIVAMENTE IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BORE

2.2. Storia sismica dell'area

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database *DBMI11* utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (*CPTI11*) aggiornato al 2006 (*M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi*), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Bore.

Essa è riassunta nella **Tab. 1**, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > II$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'ora (Or) ed, eventualmente, il minuto e il secondo in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (Mw).

Is	Data	Area Epicentrale	Io	Mw
NF	1969 06 24 13:25:22	Parmense		4.62 ±0.23
7	1971 07 15 01:33:23	Parmense	8	5.64 ±0.09
4	1983 11 09 16:29:52	Parmense	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	6	4.61 ±0.10
NF	1991 10 31 09:31:18	Parmense	5	4.45 ±0.14
NF	2000 08 21 17:14:28	Monferrato	6	4.86 ±0.09
NF	2002 11 13 10:48:03	Franciacorta	5-6	4.29 ±0.09

TAB. 1 – MASSIMI EVENTI SISMICI VERIFICATISI NEL COMUNE DI BORE

Dalla lettura di **Tab. 1** si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Bore si è verificato il 15 Luglio 1971 con un'intensità al sito del VII° della scala MCS.

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato dal lavoro pubblicato dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, facendo ricorso ad aggiustamenti solo per quelle località ove questo si sia reso necessario, il territorio di Bore è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al VII° della scala MCS (Cfr. **Fig. 4**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

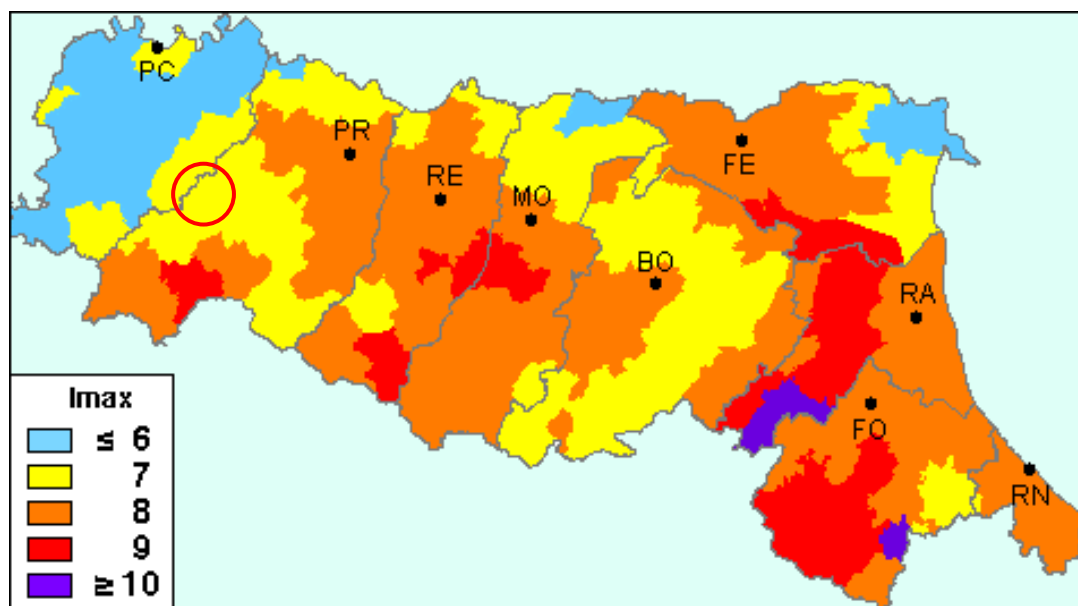


FIG. 4 – CARTA DELLA MASSIMA INTENSITÀ MACROSISMICA IN EMILIA ROMAGNA

2.3. Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta del 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Cfr. **Tab. 2**), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La classificazione vigente, identifica il Comune di Bore in zona 3 (Cfr. **Fig. 5**), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,05 \cdot g$ e $0,15 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

Zona	Valori massimi di a_g
1	$>0,25$
2	$0,15 \div 0,25$
3	$0,05 \div 0,15$
4	$<0,05$

TAB. 2 – VALORI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE ASSOCIATI A CIASCUNA ZONA SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su uno specifico sito.

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per un suolo di riferimento.

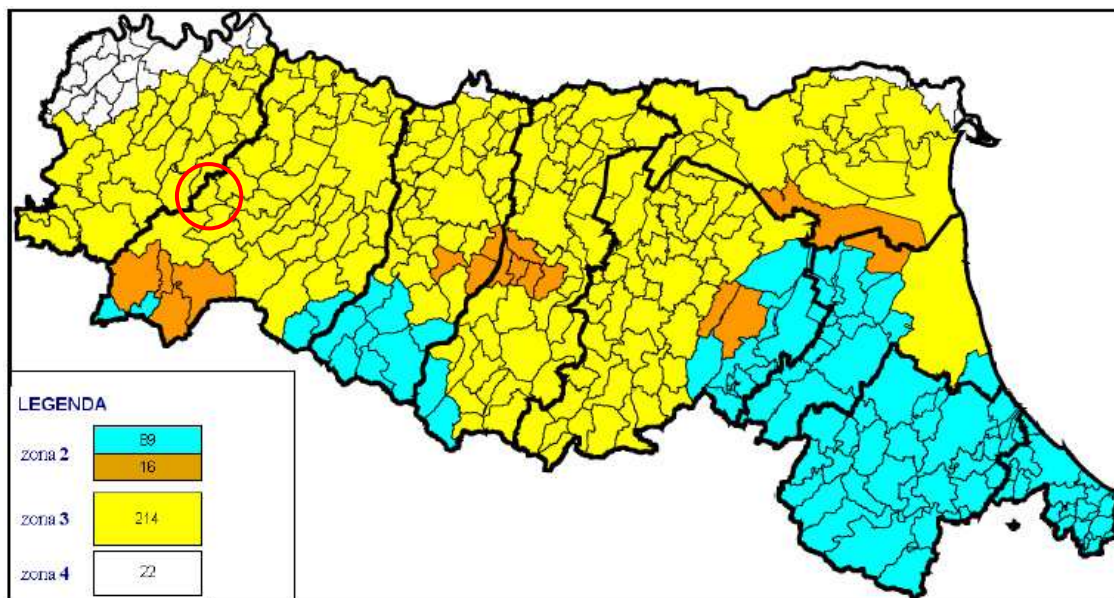


FIG. 5 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

2.4. Analisi di disaggregazione

Lo studio di disaggregazione di ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, permette di individuare per l'area in esame, il *range* della coppia magnitudo-distanza che incide maggiormente sulla sismicità dell'area.

Tra i differenti metodi da utilizzare, si è optato per l'impiego delle mappe interattive di pericolosità sismica, presenti sul sito dell'*Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano* (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Nel dettaglio, si possono immettere le coordinate geografiche dell'area o, in alternativa, il comune d'appartenenza, quindi si richiede l'*output* del grafico di disaggregazione (Cfr. **Fig. 6**).

Nella **Fig. 7** vengono riprodotti le magnitudo e le distanze epicentrali dei terremoti che apportano i maggiori danni nell'area, in funzione della percentuale della pericolosità. Secondo tali evidenze, gli eventi che contribuiscono alla sismicità dell'area sono contraddistinti da una magnitudo compresa tra 4,0 e 6,0, con valori medi di circa 4,86, e distanze epicentrali variabili da 0 km a 30 km, con valori medi di 8,00 km.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Trattasi pertanto di un'area contraddistinta da una sismicità medio-bassa, confermata anche dal conferimento del territorio comunale alla zona 3, generata prevalentemente da terremoti con epicentro localizzato a breve distanza.

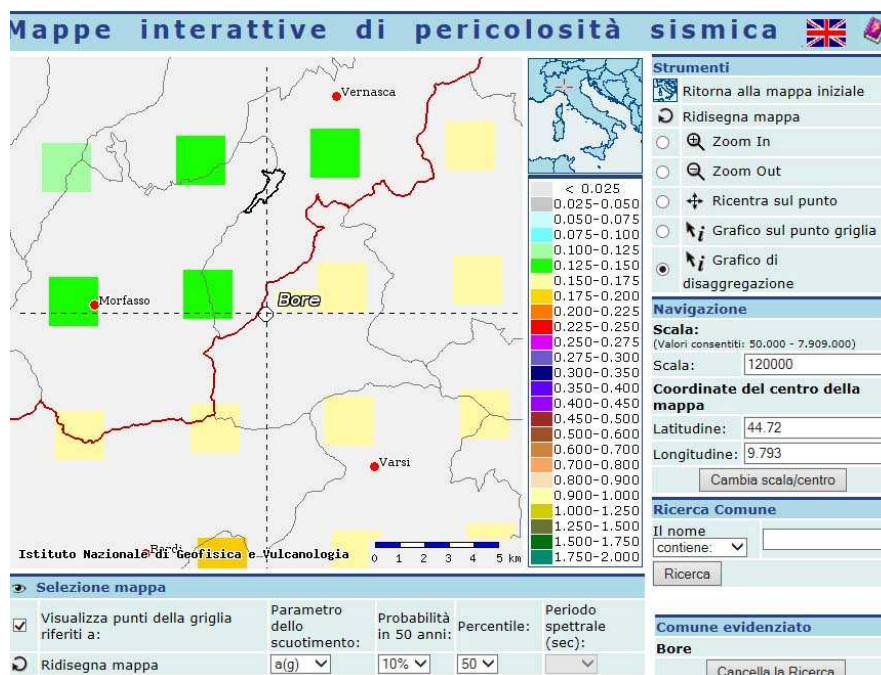


FIG. 6 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'ISTITUTO DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA DI MILANO

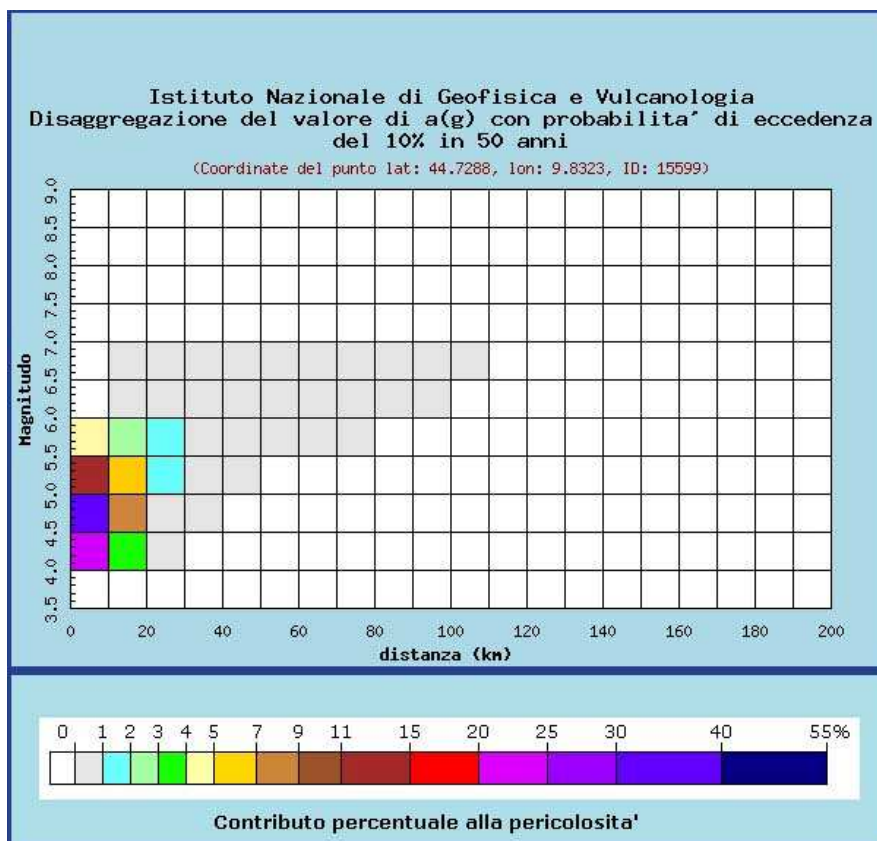


FIG. 7 – GRAFICO CON I VALORI DELLE COPPIE MAGNITUDO DISTANZA E RELATIVA PROBABILITÀ (INGV MILANO)

2.5. Spettro di risposta rappresentativo

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, sono stati impiegati i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna (Cfr. *Allegato 4 - DAL 112/2007*), relativamente all'attribuzione a ciascun comune, di un valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento, per terremoti con tempo di ritorno di 475 anni (equivalenti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni).

Tale valore, che deriva dalla media di tutti corrispondenti valori associati ai nodi del reticolo di riferimento con maglie di 0,05°, definiti dall'*Allegato B del D.M. 14/01/2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, equivale a **0,153 g** nel caso del Comune di Bore.

Partendo da tale valore, corrispondente all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito su suolo rigido al periodo $T=0$, è stato possibile ricostruire lo spettro di risposta a probabilità uniforme per il Comune di Bore, semplicemente moltiplicando **0,153 g** per i valori di $Se(g)/a_{ref}$ che definiscono l'equivalente spettro normalizzato previsto per l'Emilia Romagna (rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%).

Lo spettro di risposta del comune, riportato in **Fig. 8**, è stato sovrapposto a quello normalizzato ricavato dal D.M. 14/01/2008 per un suolo di tipo **A**.

Il grafico mostra un buon grado di correlazione tra i due spettri inoltre, si evidenzia come, i valori di amplificazione massima, si verificano per periodi (T) compresi tra 0,10 s e 0,30 s.

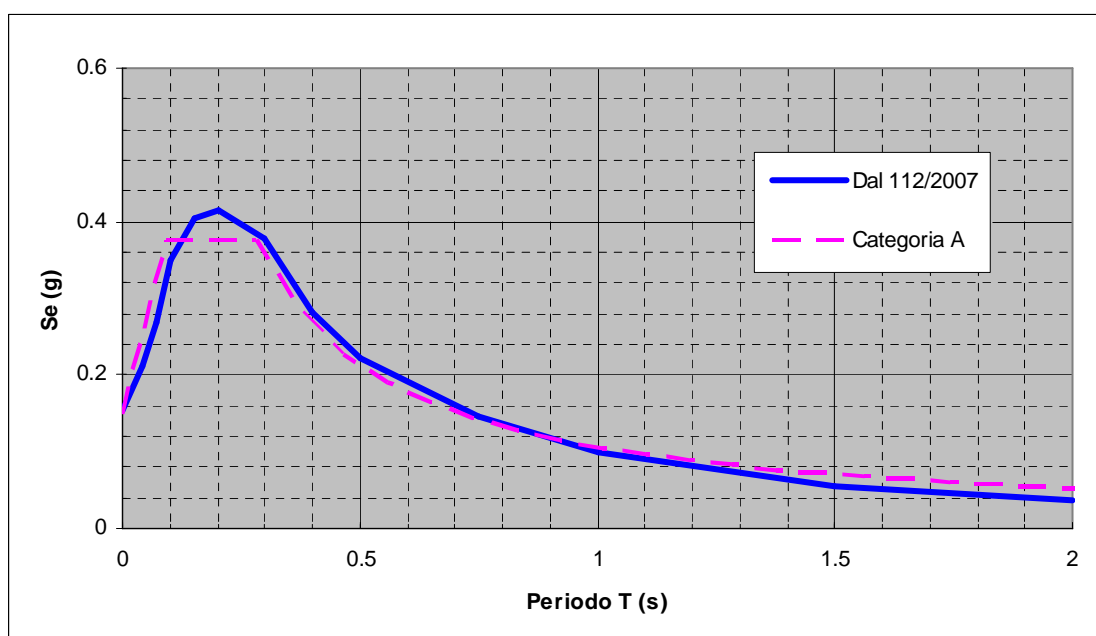


FIG. 8 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (D.A.L. 112/2007 - $T_R=475$ ANNI, SMORZAMENTO=5%) RAFFRONTATO A QUELLO DI CATEGORIA A (DA NTC 2008), PER IL COMUNE DI BORE

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1. Geologia

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento, vergenti in direzione nord-est, per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (*Unità Liguri*) attraverso l'interposizione delle *Unità Subliguri*, sulle più recenti *Unità Toscane*, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa (P. Elter, 1960).

Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle *Unità Liguri* e la venuta a giorno delle *Unità Toscane* nella zona della dorsale appenninica e in alcune porzioni isolate costituenti vere e proprie "finestre" tettoniche. Schematicamente, in tale edificio, alle quote più elevate si collocano le unità appartenenti al *Dominio Ligure*, mentre verso il basso affiorano prima le unità toscane seguite dalle unità appartenenti al cosiddetto *Autoctono Padano* (Cfr. **Fig. 9**).

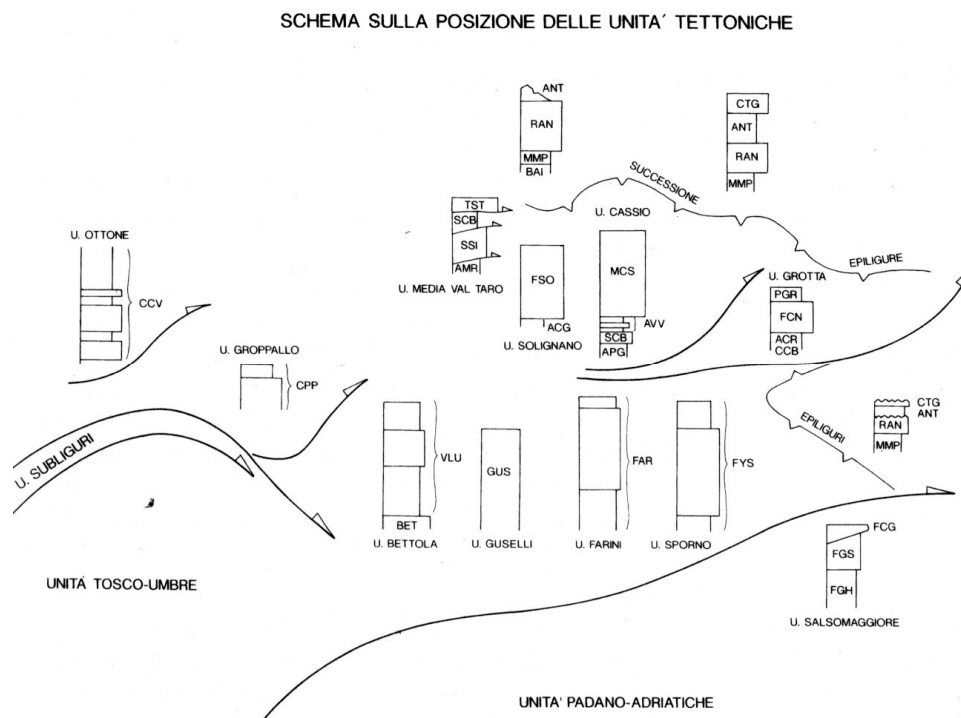


Fig. 9 – SCHEMA SULLE POSIZIONI DELLE VARIE UNITÀ TETTONICHE

Il territorio comunale di Bore mostra l'affioramento di corpi rocciosi riconducibili interamente alle *Unità Liguri* (Cfr.). Esse vengono rappresentate nell'area di studio dai *flysch* di *M. Cassio* e *Bettola* e dalle formazioni definite come "Complessi di Base", costituenti il basamento delle sequenze torbiditiche terziarie *flyschoidi* (*Complesso di Casanova*, *Arenarie di Scabiazza*, e *Argille a palombini*). Tutte queste unità appaiono fortemente deformate attraverso strutture plicative e di taglio a piccola e grande scala, per effetto della lunga storia evolutiva che le ha contraddistinte.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Nello specifico, in **Fig. 11** è stato raffigurato il confine comunale di Bore, in sovrapposizione allo schema geologico semplificato del settore di Appennino in esame, che suddivide il territorio in domini e successioni contraddistinti da differente età e storia evolutiva. In essa viene confermato come il territorio del Comune di Bore sia esclusivamente interessato da sedimenti di pertinenza Ligure.

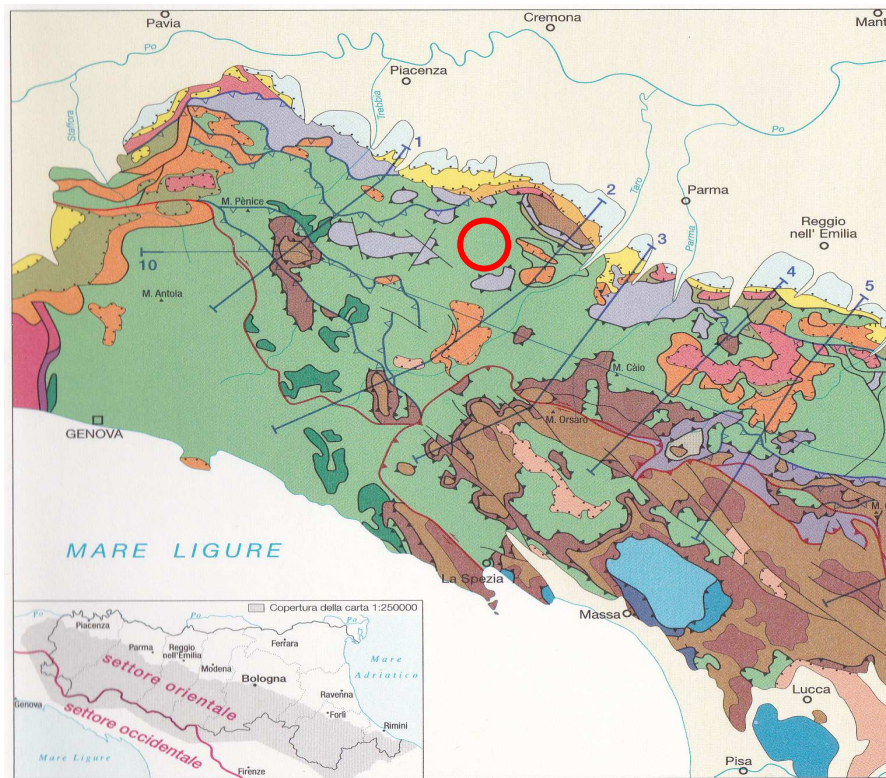
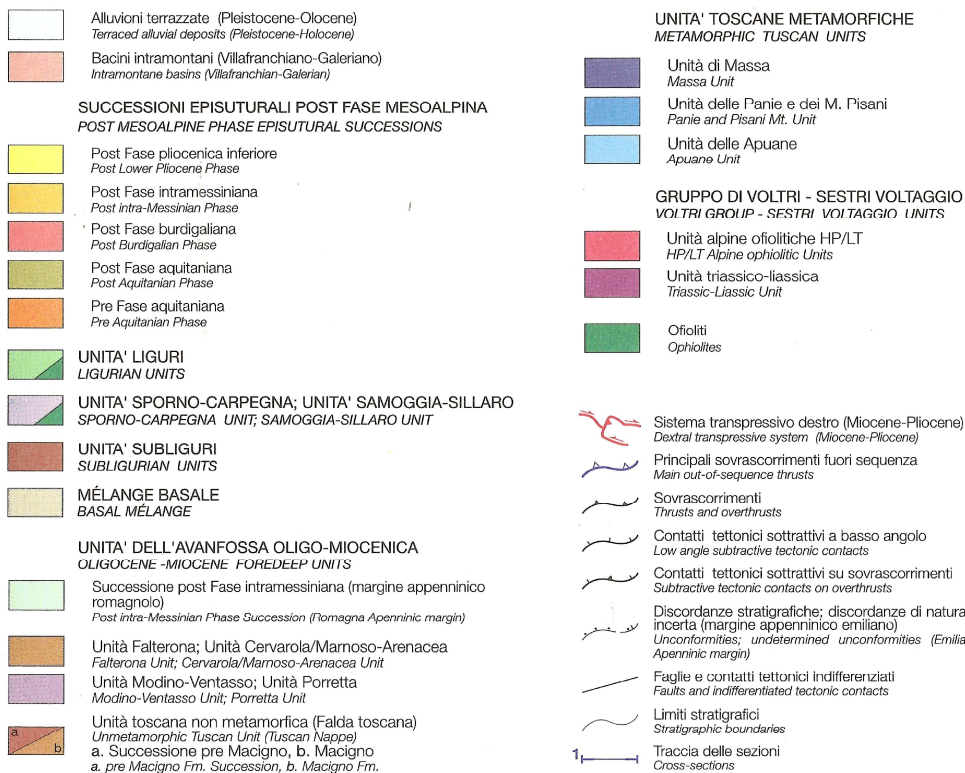


FIG. 10 – SCHEMA TETTONICO - STRUTTURALE DELLA PORZIONE DI APPENNINO IN ESAME

(FONTE: CARTA GEOLOGICO - STRUTTURALE DELL'APPENNINO EMILIANO - ROMAGNOLO. C.N.R. - REGIONE EMILIA - ROMAGNA)



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

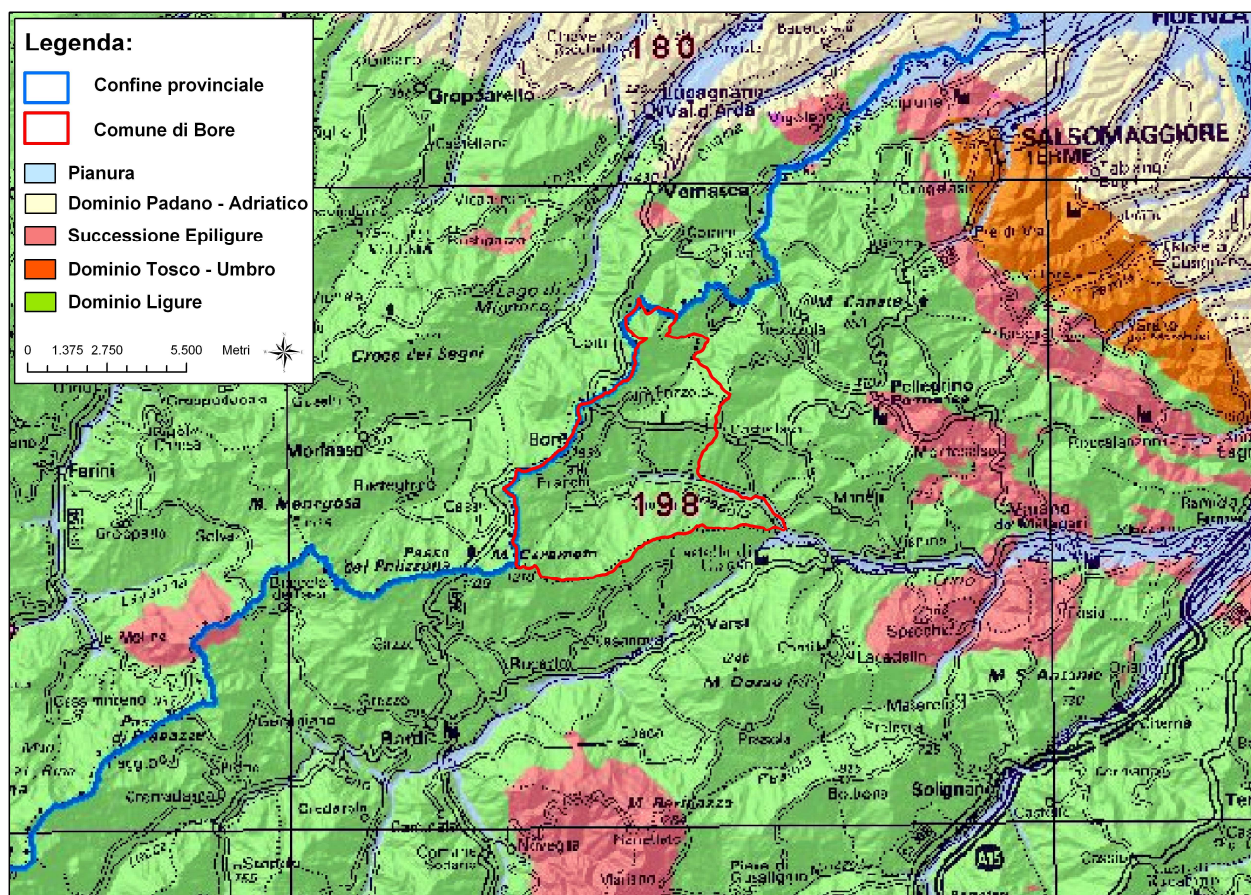


FIG. 11 – SCHEMA GEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI PARMA CON INDICAZIONE DEL COMUNE DI BORE

A una scala di maggior dettaglio (Cfr. **Fig. 12**) si può osservare come prevalgano, depositi terziari riferibili al *Flysch di M. Cassio*, affioranti in maniera estesa verso i settori settentrionale e meridionale del comune, nonché verso ovest, a ridosso del confine con la Provincia di Piacenza, dove si colloca il centro abitato di Bore e le aree dei Franchi e dei Ferrari. Nella restante porzione di territorio comunale affiorano litologie appartenenti ai cosiddetti “*Complessi di Base*” e, più specificatamente, al *Complesso di Casanova*, alle *Arenarie di Scabiazza* e alle *Argille a palombini*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

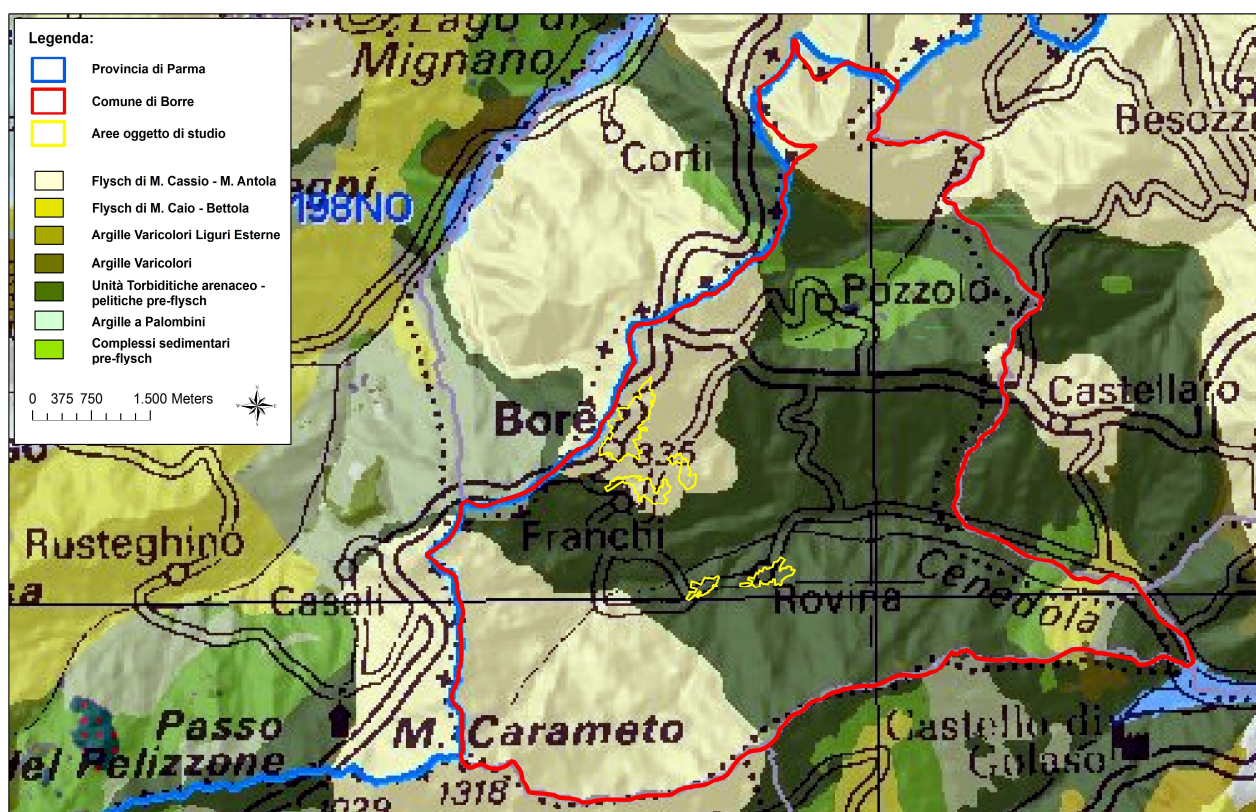


FIG. 12 – PRINCIPALI FORMAZIONI ROCCIOSE AFFIORANTI NELL'AREALE DEL COMUNE DI BORE

Di seguito saranno brevemente descritte le formazioni affioranti nel territorio comunale di Bore (Cfr. **Fig. 13** e **Fig. 14**), seguendo la distinzione operata nelle Carte Geologiche dell'Appennino Emiliano – Romagnolo, alla scala 1:10.000, realizzate dalla Regione Emilia – Romagna nell'ambito del Progetto CARG, distinguendo le coperture (Depositi quaternari continentali) dalle formazioni geologiche propriamente dette, appartenenti alle *Unità Liguri*.

Depositi quaternari continentali

- **a1 – Depositi di frana attiva.** comprendono depositi gravitativi con evidenze di movimenti in atto o recente, costituiti da litotipi eterogenei raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensione variabile a natura calcarea e arenitica, immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa. La cinematica dei fenomeni è prevalentemente attribuibile a processi complessi, di scivolamento e colamento lento.
- **a2 – Depositi di frana quiescente.** costituiti da terreni detritici a dominante matrice pelitica, con inclusi litoidi eterometrici ed eterogenei, apparentemente stabilizzati, legati prevalentemente a processi complessi, di scivolamento, colamento lento e scivolamento in blocco o *DGPV*.

- **a3_ Depositi di versante.** riguardano coltri di materiale detritico generalmente fine, prodotti da alterazione "in situ" o selezionati dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.
- **a4_ Depositi eluvio – colluviali.** coltri di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotti da alterazione "in situ" o selezionati dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.
- **b1_ Depositi alluvionali in evoluzione.** formati da ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi – argillosi di origine fluviale, attualmente soggette a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti arrotondati eterometrici ed eterogenei. I depositi dell'alveo inciso caratterizzano una distesa di alluvioni ciottolose solcata da uno o al massimo due canali con andamento debolmente sinuoso e da barre fluviali longitudinali situate in posizione centrale e/o laterale. Nei canali sono presenti ghiaie poligeniche pulite con alto grado di cernita, che costituiscono il letto della corrente. Le barre sia laterali che centrali sono invece contraddistinte da ghiaie eterometriche poligeniche in scarsa matrice sabbiosa.

Unità Liguri

Come già segnalato, la zona di crinale sul cui fianco orientale ricade l'abitato di Bore e i centri abitati dei Franchi e dei Ferrari sono caratterizzate dall'affioramento di corpi rocciosi riconducibili alla formazione del ***Flysch di M. Cassio (MCS)***, mentre le località degli Zani e di Rovina insistono su di un'area, il cui substrato roccioso è di esclusiva pertinenza della formazione delle ***Arenarie di Scabiazza (SCB)***.

Nel primo caso trattasi di torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto per alternanze su ***AVV (Argille Varicolori)***, localmente tettonizzato. Potenza parziale di un migliaio di metri. (*Campaniano sup. - Maastrichtiano*).

Diversamente, le ***Arenarie di Scabiazza*** sono costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili e medi regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre o marne siltose debolmente marnose; si intercalano talora marne grigio chiare a base arenacea fine e molto fine in strati da molto sottili a spessi (rapporto A/P da <1 a >1), conglomerati e calciliti in strati spessi. Possono essere presenti marne siltose grigie in strati molto spessi con base arenitica e conglomeratica fine ad elementi sedimentari. Localmente distinta una litofacies a brecce argillose (***SCBa***) costituita da brecce a blocchi di calcari grigio-verdini e biancastri e lembi eterometrici di marne grigio-giallastre, inglobati in matrice argillitica nera e verdastra, di potenza variabile da

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

pochi metri a 50 m circa; una litofacies arenaceo-pelitica (*SCBb*); una litofacies calcareo-marnosa (*SCBc*) con strati molto spessi di marna siltosa grigio-chiara a base arenacea grossolana e strati medi e spessi caratterizzati da basi ruditiche biancastre ad elementi di micriti e radiolariti, e da un tetto marnoso-calcareo; una litofacies conglomeratica (*SCBa*); una litofacies argillitica (*SCBp*) con siltiti nerastre passanti ad argille siltose rosso vinato e localmente lenti di breccie ad elevato tenore in clorite.

Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri. (*Cenomaniano – Santoniano*).

Localmente, in prossimità del centro abitato di Bore affiorano lembi isolati riferibili alle **Argille Varicolori di Cassio (AVV)**, costituite da argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio-scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini, grigio-chiare o scure, manganese e localmente cloritiche, di calciliti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare, calcareniti, conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. (*Turoniano? - Campaniano sup.*)

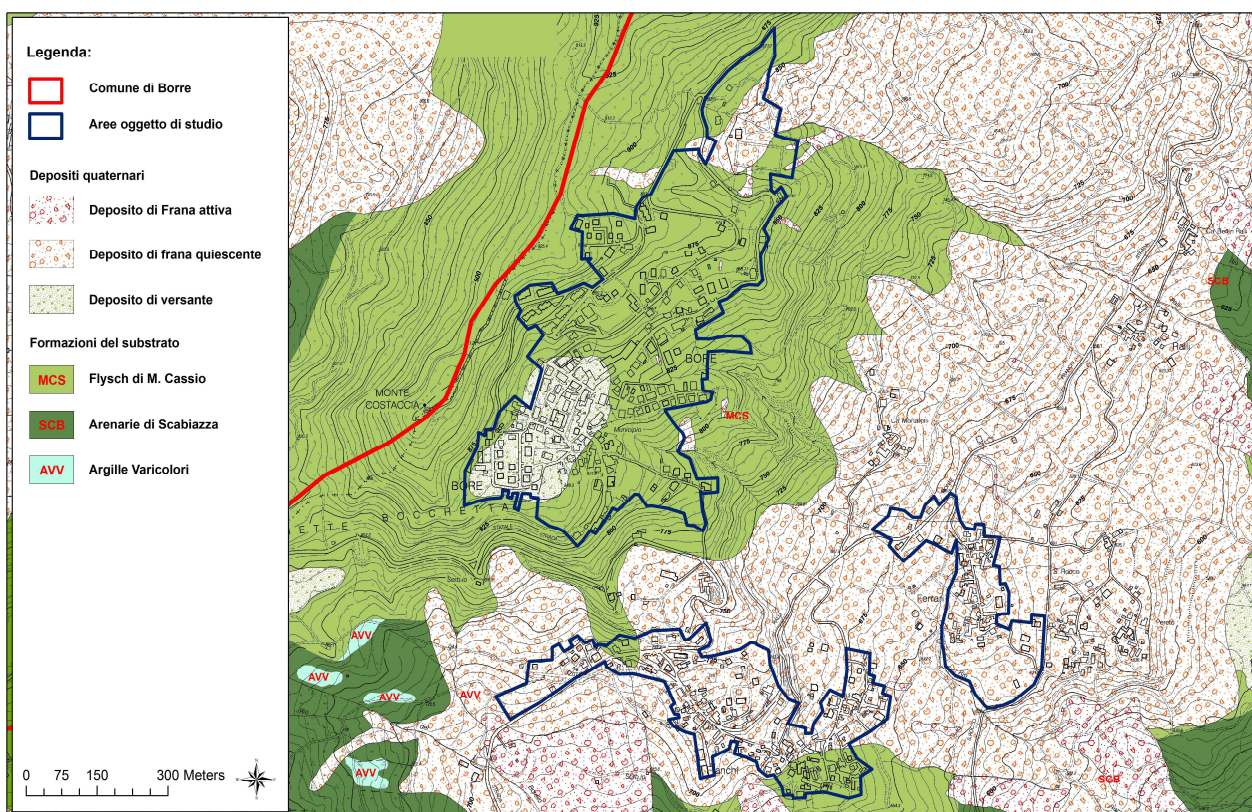


FIG. 13 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA – ROMAGNA, SCALA 1:10.000 – PROGETTO CARG

CON INDICATI GLI AMBITI DI STUDIO DI BORE, FRANCHI E FERRARI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

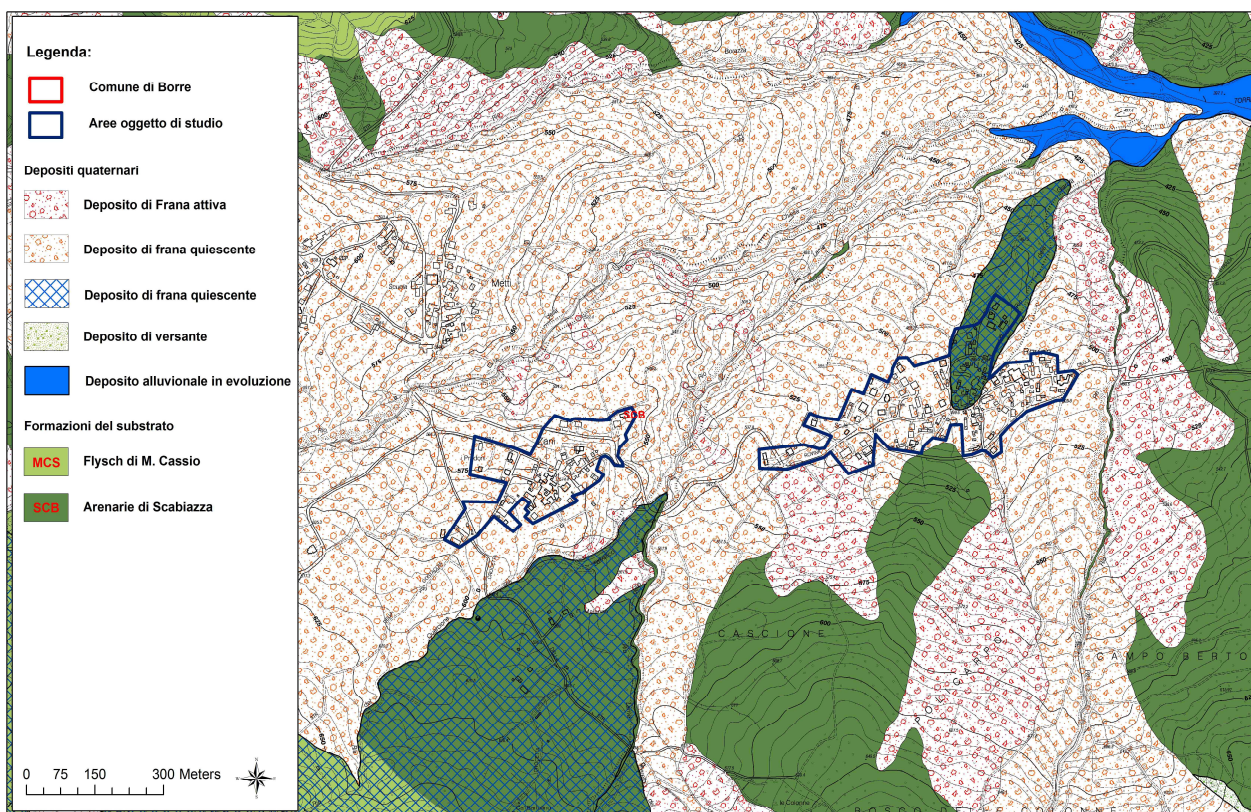


FIG. 14 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA – ROMAGNA, SCALA 1:10.000 – PROGETTO CARG
CON INDICATI GLI AMBITI DI STUDIO DI ZANI E ROVINA

3.2. Geomorfologia

L'attuale assetto geomorfologico dell'ambito territoriale del Comune di Bore è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sull'andamento morfologico del territorio.

Uno dei parametri geomorfologici più importanti nella modifica ed evoluzione del territorio è costituito dal diverso grado di morfo-selezione del paesaggio, che risulta strettamente correlato con le litologie presenti e dipende da altri fattori come clima, acclività, coperture boschive e arboree ecc...

La morfo-selezione può essere definita come la tendenza dei terreni e delle rocce ad evolversi verso forme e strutture selettive sotto l'azione dei processi e degli agenti morfogenetici principali (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.).

In questa ottica, la morfo-selezione risulta correlata all'impedenza (capacità dei suoli di opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica dei suoli (quantità di acqua assorbita dai

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

terreni superficiali), a loro volta condizionate dal tipo e grado di copertura vegetale esistente e dalla geologia e litologia del substrato; *litofacies* argillose o pelitiche offrono infatti una minore resistenza all'erosione rispetto a rocce arenacee o calcaree e, quindi, hanno meno possibilità di queste ultime di originare nel tempo forme selettive (picchi o rilievi rocciosi, scarpate strutturali, ecc.).

Tutti questi elementi condizionano in ultima analisi la stabilità idrogeologica dei versanti ed i tempi di corrivazione (velocità di ruscellamento delle acque superficiali verso valle) e quindi i tempi di formazione delle piene fluviali.

La bassa morfo-selettività delle rocce pelitiche e di quelle argilloso-marnose in genere, è di norma abbinata ad una elevata e diffusa franosità, che col tempo si evolve verso morfologie più dolci e meno acclivi (ossia più stabili), che consentono, di conseguenza, una più agevole e conveniente utilizzazione antropica dei suoli e dei terreni.

Non a caso, infatti, le zone meno densamente antropizzate della fascia appenninica risultano quelle in cui affiorano le rocce maggiormente morfo-selettive, ossia quelle che originano una morfologia impervia, con acclività e pendenze elevate e che comportano la formazione di suoli di ridotto spessore e produttività; su tali superfici, localizzate per lo più nelle zone di crinale, si sviluppano quindi boschi, cespugli e praterie.

Alla luce delle caratteristiche geologiche e litologiche principali delle rocce affioranti negli ambiti di studio, in grado di determinare un comportamento geomorfologico piuttosto omogeneo anche su grandi areali, sono state individuate le 4 classi di morfo-selezione seguenti:

- 1) Terreni con grado di morfo-selezione da basso a molto basso: comprendono, di norma, le *litofacies* pelitiche (argillose) e marnoso-argillose, ma anche quelle in cui la fitta stratificazione o l'alternanza di litologie differenti o l'elevato grado di fratturazione delle stesse (tipo rocce argilloso-caotiche), portano ad evidenziare un comportamento poco resistente nei confronti dell'erosione e dell'alterazione morfologica. In tale classe sono state pertanto comprese le formazioni argillose quali le *Argille a palombini*.
- 2) Terreni con grado di morfo-selezione da basso a medio: sono composti da litologie con comportamento geomorfologico intermedio, in quanto costituiti da *litofacies* marnose, marnoso-argillose, marnoso-calcaree e marnoso-arenacee resistenti, ma condizionate negativamente dal grado di fratturazione della compagine rocciosa, o dalla costante presenza di livelli a bassa resistenza, che li rendono poco stabili o sufficientemente stabili. In tale classe sono state considerate le formazioni costituite da fitte alternanze pelitico – arenacee come le *Arenarie di Scabiazza*.
- 3) Terreni con grado di morfo-selezione da medio ad alto: ricadono in questa classe le *litofacies* riferibili alle note sequenze flyschoidi, spesso intensamente fratturate, anche se porzioni di *flysch* particolarmente marnose possono far rientrare tali unità più facilmente nella classe precedente. La stratificazione massiccia più o meno regolare di tali *litofacies*, porta alla formazione, o di rilievi selettivi tabulari (in condizioni geologico-strutturali particolari), o di picchi rocciosi e linee di crinale ben definite rispetto al

territorio circostante. In tale classe è stata compresa la formazione del *Flysch di M. Cassio*, che affiora estesamente negli ambiti territoriali individuati nel presente studio.

- 4) Terreni con grado di morfo-selezione da alto a molto alto: Le *litofacies* che presentano tali caratteristiche di morfo-selezione, sono quelle ad alta resistenza e spiccata energia di rilievo e comprendono generalmente formazioni arenacee. Tali unità non sono presenti nel territorio in esame.

In generale si può affermare che il territorio di Bore è contraddistinto da una morfologia "giovanile" caratterizzata da versanti più o meno acclivi, con incisioni vallive spesso pronunciate, dovute prevalentemente all'azione erosiva dei corsi d'acqua. I depositi alluvionali occupano il fondo di valli strette (comprese fra versanti ricoperti da depositi gravitativi o incassate in pendii rocciosi). Molto diffuse sono le forme di erosione fluviale, specialmente sulle sponde geologicamente instabili o costituite da depositi detritici o litologie "tenere" (argilliti, argille, formazioni flyschoidi ecc.). Spesso tali fenomeni sono la causa dell'insorgere di movimenti franosi di neoformazione sui versanti o della riattivazione di vecchie frane quiescenti.

Risultano evidenti gli stretti legami esistenti tra l'aspetto morfologico ed i motivi stratigrafico – tettonici e le caratteristiche geo-meccaniche delle rocce. Laddove predominano i litotipi arenacei e calcarei, il rilievo si presenta accidentato, con pendii ripidi che seguono quasi fedelmente l'inclinazione degli strati, quando disposti a franapoggio; mentre sono caratterizzati da una forte acclività con strati a reggipoggio. Al contrario dove affiorano i terreni prevalentemente marnoso – argillosi la morfologia assume caratteri attenuati ed un aspetto relativamente addolcito e si osservano frequentemente versanti interessati da diffusi e talora ampi fenomeni di dissesto.

In tale contesto, è chiaro che i fenomeni di gran lunga più significativi e diffusi nell'area di studio e che per i loro effetti hanno più rilevanti e significative ricadute sul territorio, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono i fenomeni legati alla gravità.

Nel presente studio, per la definizione dei movimenti gravitativi che interessano le aree in esame, si è fatto riferimento, principalmente, alla "*Carta del dissesto*" allegata al *P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale)* alla scala 1:10.000 (*Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma – Variante Approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013*), che ne prevede l'identificazione e la classificazione sulla base dello stato di attività e della tipologia.

Più precisamente, sulla base dello stato di attività, si distinguono solo due classi:

- **frana attiva**: movimento gravitativo ritenuto attivo o riattivato (in un settore di corpo di frana quiescente) all'atto dell'indagine foto-interpretativa, ovvero rilevato o confermato da controllo sul terreno; l'attività può trovare conferma anche in dati documentali recenti (pubblicazioni, carte geologiche, relazioni tecniche, ecc.);

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

- **frana quiescente:** riguarda tutti i tipi di dissesto in cui è possibile desumere, da indizi di natura geomorfologica e considerazioni di evoluzione morfo-climatica del territorio appenninico, la temporanea inattività del corpo di frana e della scarpata principale ad essa connessa;

Infatti, nelle porzioni di territorio cartografate, non sono mai stati individuati corpi di frana ritenuti inattivi, poiché le cause ed i processi che li hanno generati non sono più presenti o sono stati rimossi (definiti “*frane relitte*” nella *Carta del Dissesto della Provincia di Parma*).

Per quanto concerne la tipologia, si è esaminata la *Carta del Dissesto della Provincia di Parma*, che fa riferimento alla classificazione dei movimenti gravitativi di *Cruden & Varnes* (1996), tenendo conto delle classi stabilite dagli ICMS, di seguito elencate:

- Scorrimento: classe in cui sono accorpati gli scivolamenti rotazionali e quelli traslazionali, o planari
- Colata: che può essere di terra o di fango
- Complessa: data dalla combinazione di 2 o più movimenti di tipo semplice
- Non definita: indicata, altrimenti, come indeterminata (quando la tipologia di movimento non è chiara)

Entrando nel dettaglio delle aree di studio si evidenzia come, gran parte delle analisi morfologiche descritte in precedenza vengono confermate.

L'areale di Bore, disposto a ridosso di un'area crinalica e limitato da scarpate ad elevata pendenza, è contraddistinto dalla presenza di bancate rocciose appartenenti alla formazione del *Flysch di Monte Cassio*, mentre i movimenti gravitativi risultano pressoché assenti, o concentrati in piccoli fenomeni innescatisi in seguito a un cattivo drenaggio delle acque di versante. Più a valle, in corrispondenza degli abitati dei Franchi e dei Ferrari si rileva una dominante impronta gravitativa sul paesaggio che oblitera completamente il substrato.

Questa variabilità è da mettere in collegamento con l'assetto geologico del versante: la presenza verso monte di formazioni intensamente fratturate come il *Flysch di Monte Cassio*, determina l'infiltrazione di acqua nel pendio; quest'ultima, al contatto con le sottostanti *Arenarie di Scabiazza*, a maggiore componente argillosa, tende ad andare in sovrappressione e quindi a favorire distacchi di materiale e la conseguente discesa verso valle.

Prevalgono per numero e dimensione i movimenti di versante quiescenti, gran parte dei quali mostra connotazioni morfologiche caratteristiche delle tipologie complesse. I fenomeni attivi sono invece localizzati

nella parte bassa dei pendii, laddove la presenza dei corsi d'acqua determina intensi processi erosivi alla base dei depositi in evoluzione inibendo, di fatto, la formazione di una zona di accumulo stabile.

Nell'intorno delle località Zani e Rovina, ubicati su versanti a mezza costa, si evidenziano condizioni morfologiche alquanto simili agli areali dei Franchi e dei Ferrari. Se per quanto concerne gli Zani, i corpi franosi si sviluppano esternamente all'ambito di studio, in corrispondenza di Rovina, si osservano coperture gravitative quasi interamente quiescenti.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la ricostruzione del modello geologico del sottosuolo delle aree oggetto d'approfondimento, si è consultato inizialmente l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, relativamente agli studi geologici di recente realizzazione, supportati da prove geognostiche, disposte a corredo di progetti edilizi.

Inoltre, sono state estratte le indagini impostate nel corso dell'esecuzione delle verifiche di compatibilità idrogeologica allegate al P.S.C. (*Piano Strutturale Comunale*) del Comune di Bore (*Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi, 2011*), consistenti in prove penetrometriche dinamiche, saggi con escavatore e indagini sismiche a stazione singola *HVSR*.

Tutte le prove, sono state opportunamente georeferenziate in Ambiente GIS, con riferimento al Sistema *WGS84 – Fuso 33 N*, quindi codificate e inserite nel *data-base* allegato, nel rispetto degli Standard per l'archiviazione informatica, definiti dall'*OPCM 4007/2012* e dal *Decreto del 16/03/2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile*.

A integrazione delle indagini raccolte in archivio, si è ritenuto sufficiente realizzare unicamente delle prove sismiche *HVSR*, in modo tale da implementare le conoscenze sulla sismo-stratigrafia del sottosuolo, cercando di chiarire buona parte delle incertezze emerse negli studi precedenti.

Tali indagini, definite di "*sismica passiva*" in quanto non necessitano di una sorgente d'energia appositamente creata, si basano sulla inversione dei rapporti spettrali del tremore sismico registrato in una stazione singola.

Lo strumento utilizzato per la misurazione è un tomografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico; esso dispone di tre canali analogici connessi a un egual numero di velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione disposti lungo tre direzioni ortogonali.

Per questo studio sono state effettuate n° 12 misure adottando una frequenza di campionamento pari a 128 Hz e una durata di 15 minuti.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

L'esito della prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione.

Le frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura.

In definitiva, attraverso la misurazione e l'analisi dei dati raccolti, si possono ottenere i seguenti risultati:

- Definizione delle frequenze naturali dei terreni, mettendo in luce quei valori di picco significativi quali, la frequenza fondamentale del deposito;
- calcolo della velocità delle onde di taglio V_s determinata a partire da un riflettore noto dalla stratigrafia ed individuabile nella curva H/V. Conseguentemente, è possibile determinare i valori delle V_{sH} o V_{s30} , necessari per le elaborazioni dei livelli di approfondimento richiesti.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Per ottenere una definizione attendibile della Risposta Sismica Locale, occorre ricostruire un modello geologico che sia il più possibile aderente alle condizioni reali, impiegando tutti i dati sismo-stratigrafici forniti dalle indagini in sito, oltre alle molteplici cartografie tematiche reperite in bibliografia.

In via preliminare, è opportuno riportare alcuni cenni sull'assetto geologico di massima delle aree di studio, mettendo in luce tutti quegli aspetti che possono influire sull'entità degli effetti locali quali, i mutui rapporti tra substrato e copertura, le caratteristiche litologiche, la presenza o meno di stratificazione e il grado di fessurazione delle formazioni rocciose.

A tal proposito, tutti gli ambiti poggiano su un substrato roccioso riconducibile a terreni antichi delle *Unità Liguri*, denominati *Flysch di Monte Cassio* e *Arenarie di Scabiazza*.

Entrambe le formazioni suddette mostrano strati compatti, arenacei, alternati a strati meno resistenti, pelitico-argillosi, all'interno dei quali la velocità delle onde sismiche varia notevolmente, senza mai raggiungere e superare valori da *bedrock* sismico (800 m/s).

Questa variabilità viene ulteriormente amplificata dall'intensa fratturazione che pervade i corpi rocciosi, dovuta all'azione primaria tettonica, alla quale si aggiungono gli agenti esogeni (pioggia, vento, gelo-disgelo) e i processi gravitativi che influiscono sullo stato fessurativo e di alterazione superficiale.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

In un tale contesto, risulta di difficile definizione il passaggio tra l'orizzonte roccioso superficiale più alterato e fratturato, e quello contraddistinto da roccia sana, attraverso la sola lettura delle variazioni di velocità delle onde S, dato che questo avviene in maniera graduale e non tramite una superficie di discontinuità ben definita.

Anche nelle coperture quaternarie si osservano significative variazioni nei profili delle Vs, sia in relazione allo stato di addensamento dei depositi, generalmente maggiore all'aumentare della profondità, che al tipo di litologie attraversate.

E' pertanto evidente che, definire la Risposta Sismica Locale non sia sempre agevole, così come risulta spesso una discreta forzatura assimilare l'assetto geologico delle varie zone ad un modello fisico monodimensionale. Queste difficoltà interpretative sono state comunque superate in alcune aree, indagate da prove geognostiche, che hanno consentito di intercettare il substrato geologico.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Dall'analisi dei risultati fin qui raggiunti, sono emerse molteplici problematiche e incertezze, legate sia alla definizione del modello geologico del sottosuolo, sia alla lettura e successiva interpretazione dei dati forniti dalle indagini geognostiche, che in ogni modo risultano assolutamente in linea con il grado di approfondimento del presente studio.

Entrando nello specifico delle prove sismiche passive *HVSR* (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) di nuova realizzazione, i cui *report* grafici e le elaborazioni numeriche sono riportati nell'**Elaborato 7** si sono sviluppate delle elaborazioni, seguendo la teoria di *Nakamura* che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V=1$), con quello effettivamente misurato in superficie (Cfr. **Fig. 15**).

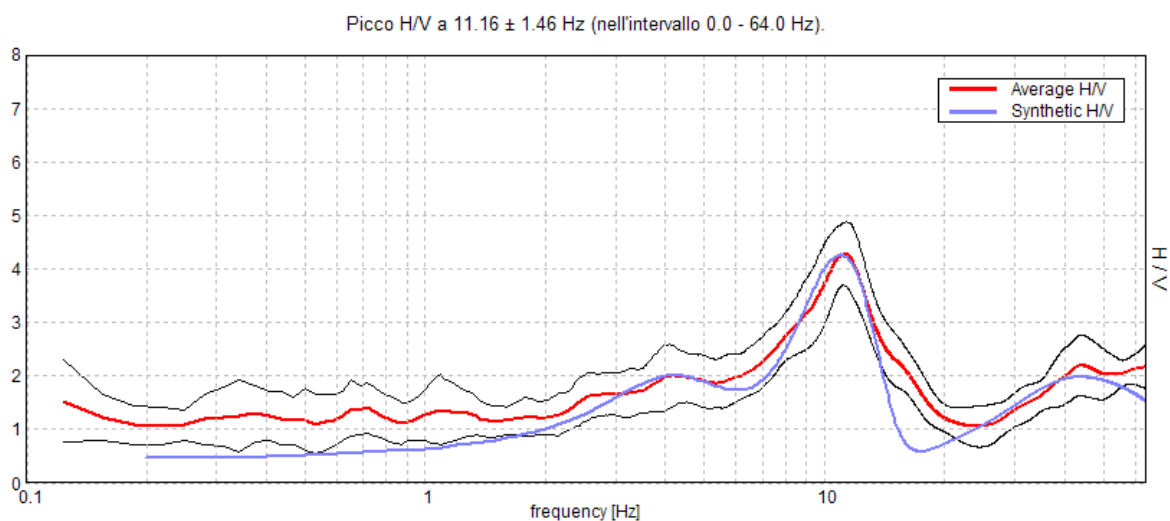


FIG. 15- ESEMPIO DI CURVA H/V NATURALE CON CURVA H/V SINTETICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Per una migliore comprensione del calcolo del moto sismico in superficie, occorre analizzare il caso semplificato di un deposito di terreno omogeneo di spessore H , poggiante su un basamento roccioso soggetto a onde di taglio con direzione di propagazione verticale.

Se le onde di taglio verticali incidenti sono sinusoidali di frequenza f , l'accelerazione sull'affioramento rigido è una sinusoidale di frequenza f e ampiezza a_{maxr} mentre la corrispondente accelerazione alla superficie del deposito, anch'essa sinusoidale di frequenza f , ha ampiezza paria ad a_{maxs} .

Il rapporto a_{maxr} / a_{maxs} prende il nome di fattore di amplificazione, A , e dipende dalla frequenza dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto $I = (\sigma_r V_r) / (\sigma_s V_s)$ tra l'impedenza sismica della roccia di base $\sigma_r V_r$ e quella del deposito $\sigma_s V_s$.

La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione $A(f)$ del deposito. Il moto sismico viene amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle frequenze naturali f_n di vibrazione del deposito, mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito f_1 , denominata frequenza fondamentale di risonanza:

$$f_1 = \frac{V_s}{4H}$$

Riguardo la metodologia sul calcolo delle onde di taglio, si cerca di far adattare la curva sperimentale *HVSR* con una curva teorica usando come vincoli gli spessori degli strati più superficiali (o altri orizzonti) di sottosuolo ricavati da dati bibliografici o da prove in sito.

Successivamente, attraverso l'algoritmo "*Monte Carlo*", ovvero un metodo statistico non parametrico per l'inversione, si ottengono gli spessori dei sismo-strati con la relativa velocità delle onde V_s .

Ogni singola prova *HVSR* utilizzata nel presente studio, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Inoltre il loro utilizzo e la loro interpretazione è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con altre prove geofisiche (*MASW*) e profili stratigrafici derivanti dai indagini geognostiche disponibili.

Tale confronto e la conoscenza acquisita in anni di attività professionale sul territorio hanno portato in taluni casi a privilegiare le informazioni ricavate dalle prove geognostiche esistenti a discapito delle risultanze della campagna geofisica svolta a corredo del presente studio, mentre in altri, i più numerosi, si è osservato accordo e congruenza tra di essi.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come disposto dalle norme nazionali e regionali, lo svolgimento degli studi di microzonazione sismica di I° e II° livello deve essere strettamente connesso agli strumenti di pianificazione comunale vigenti o in corso di redazione, perché può fornire utili indicazioni in merito alla maggiore o minore pericolosità sismica di una'area. Nello specifico del Comune di Bore, si ricorda che il P.S.C. è stato approvato con *Deliberazione di C.C. n. 42 in data 26/6/2010*.

Innanzitutto, tutte le analisi sono state concentrate nelle aree che saranno presumibilmente interessate da nuove edificazioni, nuove infrastrutture o sostanziali trasformazioni urbanistiche, oltre che in corrispondenza delle zone già urbanizzate, all'interno dei maggiori centri abitati.

La raccolta dei dati di letteratura, supportata dai rilievi di campagna, ha premesso l'elaborazione di cartografie geologico-tecniche propedeutiche alla microzonazione sismica. Il completamento del I° livello di approfondimento è stato conseguito attraverso la realizzazione di prove *HVSR*, la successiva elaborazione, con ricostruzione della sismo-stratigrafia del sottosuolo e la determinazione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Nel dettaglio, sono stati riprodotti tutti gli elaborati necessari a questa fase di studio, per ciascun centro abitato, come elencato di seguito:

- **Carta delle indagini:** si ottiene raccogliendo tutti i punti d'indagine pregressi e di nuova realizzazione, suddivisi per tipologia, opportunamente codificate ed inseriti all'interno di un *data-base* in formato *access*;
- **Carta geologico-technica:** contiene tutti gli elementi geologici, geomorfologici, strutturali e litostratigrafici che possono influenzare il moto sismico, nel percorso che va dal substrato sino in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** questo elaborato è stato ricostruito partendo dall'analisi delle frequenze naturali registrate durante l'esecuzione delle prove di sismica passiva (*HVSR*). E' stato associato a ciascun punto di misura, il valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 , corrispondente al picco significativo della curva a più bassa frequenza e di altri picchi secondari a più alta frequenza mettendo inoltre in evidenza, l'eventuale assenza di massimi significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni *HVSR* nell'intervallo 0,1 – 20 Hz);
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** rappresenta il documento fondamentale di questa fase in quanto, si ottiene dalle cartografie precedenti, mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

geognostiche e geofisiche. L'obiettivo principale di detto elaborato, di carattere puramente qualitativo, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma. Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratimetriche.

La successiva fase di approfondimento, ha come scopo principale quello di fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali), una volta accertata la bontà delle zonazioni adottate nel livello precedente.

Di seguito vengono elencate e descritte brevemente le cartografie prodotte a corredo dello studio di II° livello:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s):** raffigura per ciascuna stazione di misura HVSR i valori di V_{sH} , dove il substrato si trova a profondità (H) maggiori di 3 m e V_{s30} dove H risulta minore di 3 m;
- **Carta di microzonazione sismica di Livello 2:** suddivide il territorio in diverse classi definite sulla base del fattore di amplificazione, determinato attraverso la procedura semplificata, mediante l'impiego degli abachi predisposti dalla regione Emilia Romagna.

Tutti gli elaborati sopraelencati sono stati redatti per le località di: Bore capoluogo, Franchi – Ferrari, Zani e Rovina, raffigurati nello stesso documento, all'interno di differenti finestre, in virtù del limitato sviluppo dei centri abitati.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nel seguito della relazione verranno descritte in maniera più dettagliata le cartografie di analisi realizzate a corredo dello studio di microzonazione sismica, suddividendole per livello di approfondimento.

8.1. I° livello di approfondimento

In questa fase, propedeutica ai livelli successivi, l'obiettivo principale riguarda l'individuazione delle aree omogenee in termini di risposta sismica locale, ovvero di definire da un punto di vista qualitativo delle microzone, contraddistinte da una differente tipologia di effetti attesi, alle quali corrisponde il relativo livello di approfondimento da svolgersi.

Risulta pertanto di fondamentale importanza la ricostruzione del modello geologico evidenziando, sia le condizioni litologiche e strutturali delle diverse unità geologiche, sia le caratteristiche geometriche e tessiturali delle coperture detritiche.

La ricostruzione degli elaborati di I° livello è stata predisposta prevalentemente tramite il reperimento e l'elaborazione di dati esistenti, integrati dalle indicazioni fornite dalle indagini di nuova realizzazione.

8.1.1. Carta delle indagini

La redazione delle tavole alla scala 1:5.000, ha previsto la preventiva raccolta di dati preesistenti, riguardanti indagini geognostiche realizzate in corrispondenza degli ambiti, contenuti prevalentemente all'interno degli studi di pianificazione comunale, integrati da prove di nuova esecuzione.

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definirne le caratteristiche litostratigrafiche.

All'interno di ciascun elaborato grafico sono state distinte le prove in base alla tipologia, in:

- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica dinamica pesante
- trincea o pozzetto esplorativo
- stazione microtremore a stazione singola
- Prova sismica a rifrazione

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 16** e contenuta nell'**Elaborato 1**.

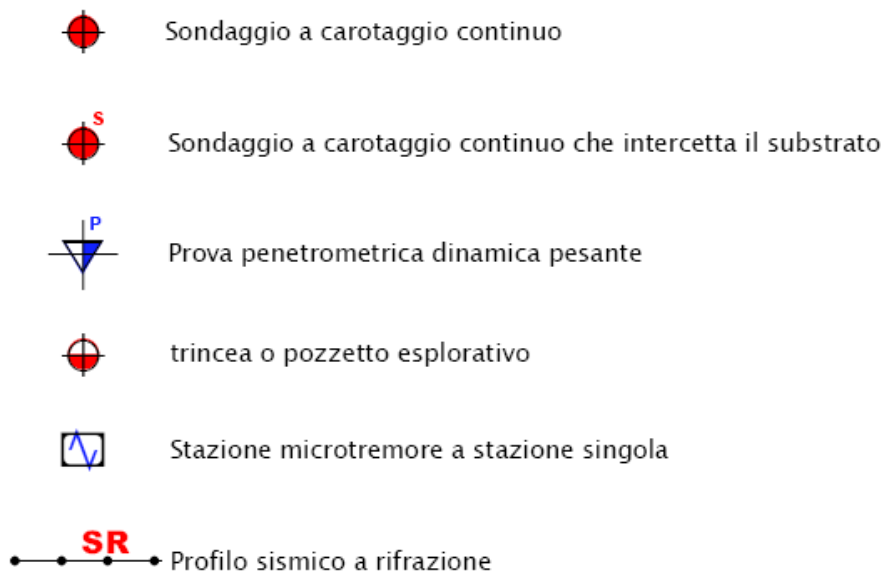


FIG. 16 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA DELLE INDAGINI

Nei successivi paragrafi verranno specificati numero e tipologia di indagini con riferimento alle quattro aree oggetto di studio.

Area di studio A_1 - Bore capoluogo

Complessivamente, la ricerca bibliografica ha consentito di raccogliere, per l'areale di Bore capoluogo, le seguenti indagini (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_1**):

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo
- n° 8 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 5 trincee o pozzetti esplorativi
- n° 1 stazione microtremore a stazione singola
- n° 2 profili sismici a rifrazione

A integrazione dei dati reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, sono state realizzate n° 5 prove sismiche *HVSR*, all'interno del perimetro dell'urbanizzato e urbanizzabile.

Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari

Analogamente a quanto già manifestato per il capoluogo, si elencano le prove esistenti e di nuova realizzazione all'interno e in prossimità dei centri abitati dei Franchi e dei Ferrari, inquadrati congiuntamente, considerata la breve distanza che li separa (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_2**):

- n° 10 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 11 trincee o pozzetti esplorativi, di cui 1 esterna al perimetro dell'urbanizzato e dell'urbanizzabile
- n° 7 stazioni microtremore a stazione singola, implementate da ulteriori n° 3 prove *HVSR* di nuova realizzazione

Area di studio A_3 - Zani

All'interno dell'abitato degli Zani è stato possibile ricavare in bibliografia le indagini elencate di seguito (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_3**):

- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 2 trincee o pozzetti esplorativi
- n° 2 stazione microtremore a stazione singola

In aggiunta ai dati d'archivio, è stata realizzata n° 1 prova sismica *HVSR*.

Area di studio A_4 - Rovina

Le indagini inerenti la località Rovina, hanno riguardato le seguenti tipologie (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_4**):

- n° 1 trincea o pozzetto esplorativo
- n° 1 stazione microtremore a stazione singola

Nel presente lavoro sono state eseguite ulteriori indagini, concernenti in n° 3 prove sismiche a stazione singola *HVSR*.

8.1.2. Carta geologico-tecnica

Come già espresso in precedenza, la carta geologico-tecnica contiene tutte quelle le informazioni di base (geologiche, geomorfologiche, litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) estrapolate da cartografie esistenti e da campagne geognostiche pregresse.

Essa occupa un ruolo fondamentale negli studi di microzonazione sismica di I° livello, in quanto entra in gioco nella ricostruzione del modello geologico di sottosuolo, funzionale all'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (*MOPS*), che sarà descritta nei paragrafi successivi.

Quali basi cartografiche tematiche, si è fatto riferimento alle seguenti fonti ufficiali, opportunamente verificate tramite sopralluoghi di campagna:

- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 – *Progetto CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)*, impiegata per rappresentare gli aspetti geologico-strutturali delle formazioni rocciose affioranti nell'area;
- “*Carta del dissesto*” allegata al *P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Parma)* Sezioni 199060 e 199100, alla scala 1:10.000 (*Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma – Variante Approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013*). Gli elementi presenti in tale elaborato sono stati impiegati per ricostruire i perimetri delle coperture quaternarie, dato che, per i piani comunali il *P.T.C.P.* costituisce lo strumento sovraordinato di riferimento.

In aggiunta alle cartografie suddette si sono analizzate le informazioni stratigrafiche fornite dalle indagini puntuali, descritte nel paragrafo precedente.

Innanzitutto, è stata adottata una preliminare suddivisione tra il substrato geologico (contraddistinto da corpi rocciosi ricoperti da depositi detritici o substrato alterato e fratturato con spessore massimo minore di 3 metri) e terreni di copertura (evidenziati laddove si individuino spessori delle coperture o alterazioni del substrato maggiori di 3 metri).

A sua volta, il substrato geologico può essere classificato come rigido (nel caso in cui $V_s > 800$ m/s) e non rigido (se $V_s \leq 800$ m/s), quindi come stratificato e non stratificato.

Nel complesso, tutti i corpi rocciosi rilevati nell'areale hanno mostrato valori di V_s sempre inferiori agli 800 m/s, pertanto il substrato geologico può essere classificato come non rigido e stratificato, in virtù dell'affioramento di formazioni geologiche quali, il *Flysch di Monte Cassio* e le Arenarie di *Scabiazza*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Queste peculiarità, in aggiunta alle caratteristiche tessiturali e l'ambiente genetico-deposizionale delle coperture vengono rappresentate in carta da un codice.

Oltre al substrato e alle coperture sono stati raffigurati i fenomeni di instabilità di versante, suddivisi per stato di attività, in quiescente e attiva e per tipologia di movimento in: scorrimento, colata, complessa e non determinata.

Sono stati infine inseriti i livelli informativi rappresentati da quegli elementi geologici e idrogeologici quali, la giacitura degli strati e i sondaggi geognostici, che rivestono grande importanza per la ricostruzione del modello geologico delle aree di interesse.

Anche per la carta geologico-tecnica, così come per tutti gli altri elaborati grafici si è utilizzata una scala di rappresentazione di 1:5.000, inquadrando le quattro località principali su altrettante finestre di visualizzazione (Cfr. **Elaborato 2**), che verranno descritte nei paragrafi che seguono. Si sottolinea inoltre che, all'interno dell'elaborato sono rappresentate le tracce delle sezioni geologiche rappresentative del modello geologico, ricostruite per ciascuna area territoriale.

Area di studio A_1 - Bore capoluogo

Il capoluogo è posto in adiacenza della sommità del versante che dal M. Costaccia degrada verso sud-est fino al torrente Cenedola, mentre l'ambito di studio si sviluppa parallelamente alla linea di crinale, con quote del piano campagna comprese fra 775,00 e 915,00 m s.l.m. e pendenze che variano dagli 8° a ridosso del centro abitato, ai 24° verso l'estremità meridionale.

Il substrato dell'area è costituito da sequenze calcarenitico-marnose e arenaceo pelitiche del *Flysch di M. Cassio*, talora alterate e ricoperte da una coltre detritica di origine eluvio-colluviale (con spessore massimo inferiore ai 3 metri), prevalentemente argillosa, con inclusi elementi litoidi poligenici, spigolosi e di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche. Lo spessore della copertura tende a diminuire, sino ad annullarsi, nelle zone a maggior pendenza, che evidenziano il sub-affioramento degli strati rocciosi. Essi, a stratificazione rovesciata, appaiono disposti a reggipoggio, con inclinazioni variabili dai 10° ai 20°.

Nella porzione sud-occidentale dell'area, si rileva un corpo detritico più sviluppato, cartografato separatamente al substrato roccioso, dato che presenta caratteristiche geotecniche distintive e spessori tali da incidere sulla risposta sismica locale.

Nell'intorno in esame, si sono rilevati limitati fenomeni morfo-evolutivi quiescenti in prossimità del confine settentrionale dell'ambito; inoltre la presenza del substrato lapideo sub-affiorante e la collocazione crinalica dei siti, consentono di affermare che il rischio di innesco di movimenti gravitativi risulta improbabile.

Tutte le informazioni di carattere geologico-tecnico sopradescritte sono state raffigurate nell'**Elaborato 2 – Area di studio A_1 – Bore capoluogo**, nonché attraverso due sezioni geologiche riportate nella **Fig. 17**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

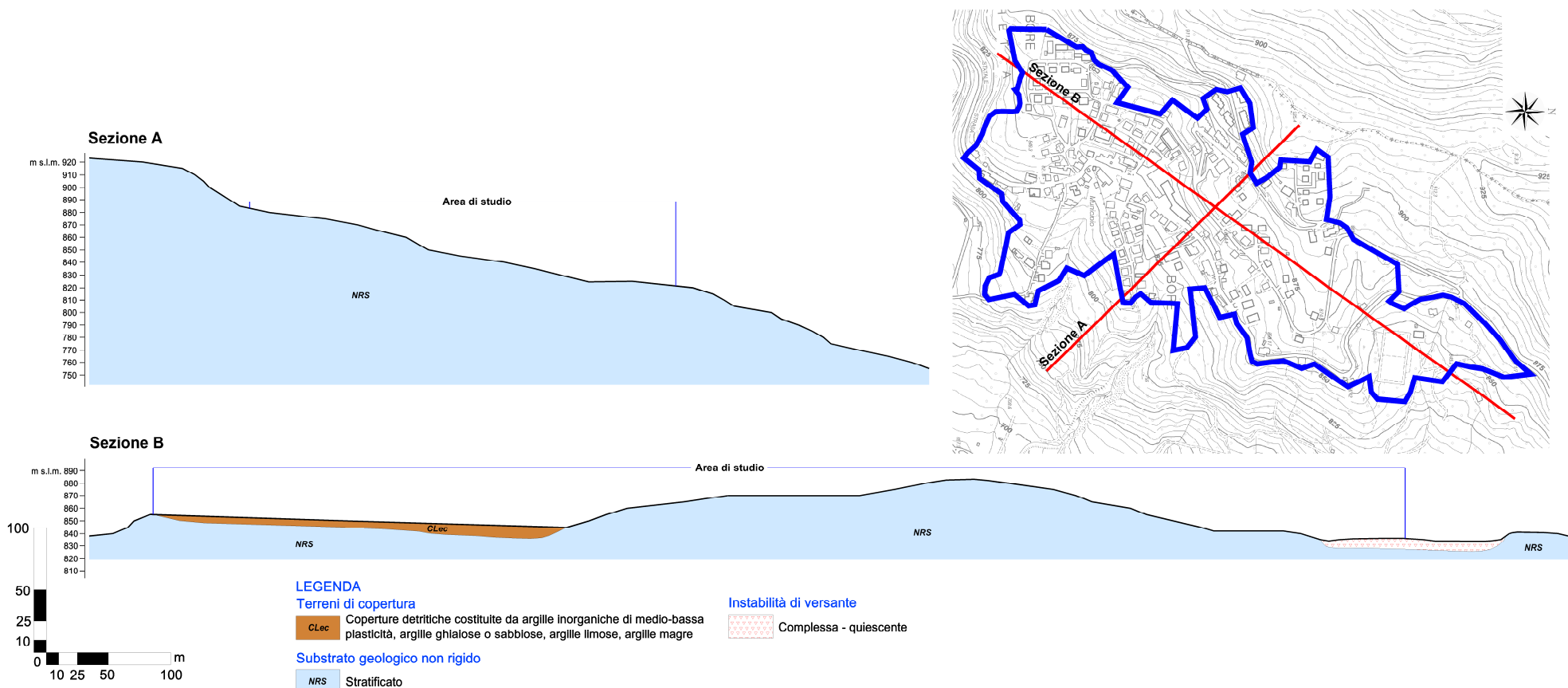


FIG. 17 – SEZIONI GEOLOGICHE IN LOCALITÀ BORE CAPOLUOGO

Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari

Come già espresso in precedenza, in questo contesto, considerato il limitato sviluppo e la relativa vicinanza degli areali, si è optato di inserire i due centri abitati nel medesimo riquadro (Cfr. **Elaborato 2 – Area di studio A_2 – Franchi - Ferrari**).

Da un punto di vista geografico, la località Franchi si colloca a cavallo delle infrastrutture viarie S.P. Bore – Metti e la sottostante Strada Comunale Franchi – Monte Ralli, sulla porzione mediana del versante che discende, in direzione meridionale, dal Monte Costaccia sino al Rio Borazza. L'area presenta pendenze basse nel settore centrale (circa 3° - 4°), che tendono ad aumentare verso monte e verso valle a valori di circa 14°.

Gran parte del primo sottosuolo dell'ambito è contraddistinta da un orizzonte di depositi detritici, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi sub-angolosi, inglobati in matrice argilloso-limosa, prevalente in superficie e via via in diminuzione andando in profondità. Questi depositi sono riconducibili a fenomeni gravitativi quiescenti, che ricoprono con spessori variabili il substrato roccioso appartenente alla porzione superiore delle *Arenarie di Scabiazza*, nei pressi dell'estremità nord-occidentale, mentre il resto dell'area è riconducibile alla formazione *Flysch di Monte Cassio*.

All'esterno dell'area di studio, i movimenti gravitativi quiescenti suddetti risultano parzialmente riattivati nella parte inferiore, per effetto del cattivo drenaggio delle acque superficiali in coincidenza di zone sub-pianeggianti, sedi di ristagno ed infiltrazione diretta di acqua nel sottosuolo.

L'affioramento del substrato geologico non rigido risulta strettamente limitato ai settori a maggior pendenza, in prossimità del confine meridionale e settentrionale dell'ambito.

La località Ferrari è localizzata a poco più di 300 metri dall'abitato dei Franchi, verso est, nella porzione mediana di un versante che dal Monte Costaccia (928,00 m s.l.m.) si sviluppa in direzione sud-orientale sino al rio della Borazza (520,00 m s.l.m.). Le pendenze variano dai 2°-3° nella porzione centrale, ai 12°-13° in direzione settentrionale e meridionale, con quote del piano campagna che vanno da un minimo di 620,00 m s.l.m. a un massimo di 682,00 m s.l.m.

L'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile è ubicato su di una vasta coltre di depositi caotici di frana quiescente, a tipologia complessa. Questi terreni, ricoprono con spessore variabile un substrato roccioso, riconducibile, alla già citata formazione del *Flysch di Monte Cassio*.

Le sezioni raffigurate in **Fig. 18**, contengono informazioni importanti nei riguardi dell'assetto geologico degli ambiti di studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

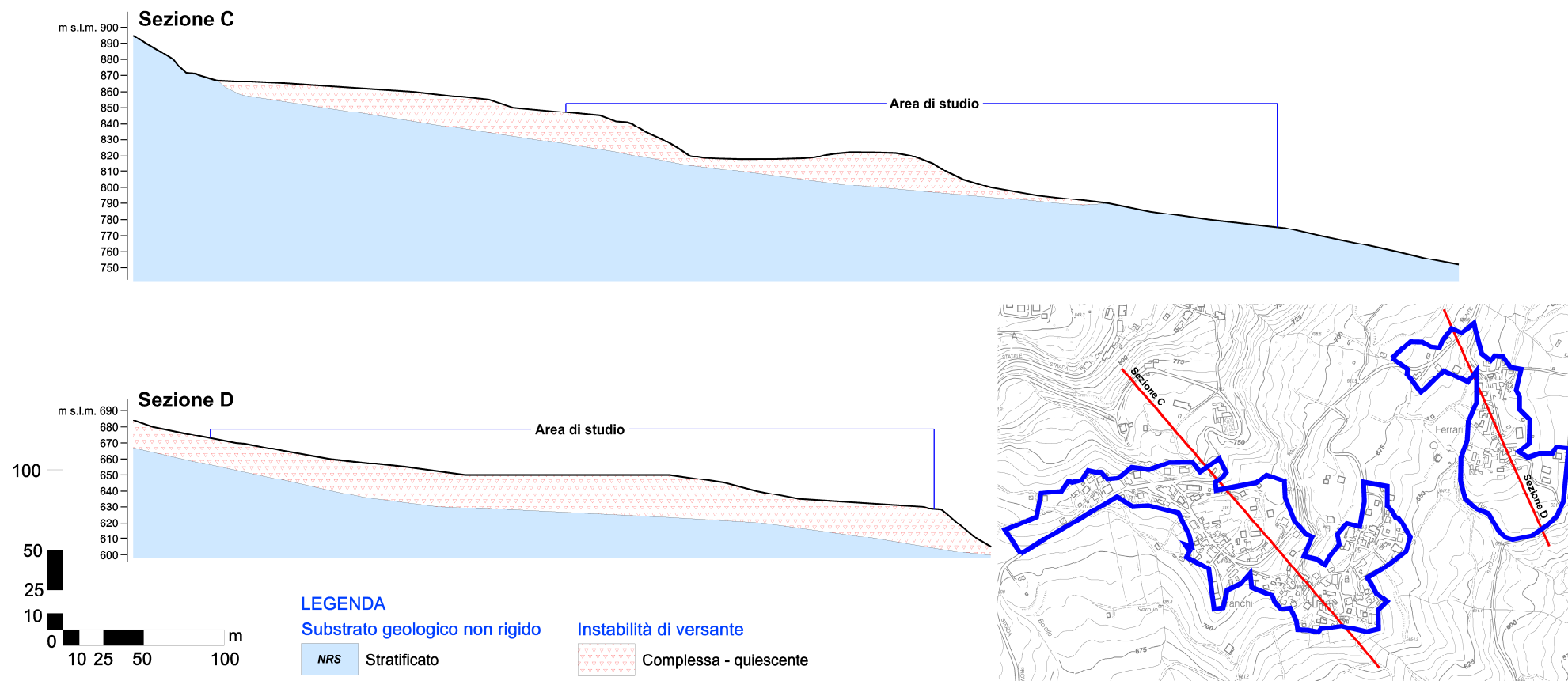


Fig. 18 – SEZIONI GEOLOGICHE NELLE LOCALITÀ FRANCHI E FERRARI

Area di studio A_3 - Zani

Il territorio di interesse degli Zani ricade sulla porzione medio-bassa del versante che collega il Monte Pratobello declivia con il Rio della Chiesa, con direzione nord-est e quote del piano campagna che variano dai 555,00 e 597,00 m s.l.m. (Cfr. **Elaborato 2 – Area di studio A_3 - Zani**)

All'interno dell'areale si individuano zone sub-pianeggianti, alternate a declivi con pendenze dell'ordine dei 10°÷15°. In corrispondenza dei ripiani morfologici vengono favoriti i ristagni d'acqua e, di conseguenza, l'infiltrazione nel sottosuolo.

Tali condizioni morfologiche in aggiunta alle caratteristiche litologiche e strutturali delle unità sub-affioranti, hanno favorito nell'immediato intorno dell'area, l'instaurarsi di numerosi fenomeni gravitativi, per lo più in stato di quiescenza e solo localmente in attività.

Come raffigurato nella sezione di **Fig. 19**, il primo sottosuolo dell'area è costituito da terreni limoso-argillosi, che inglobano elementi lapidei arenacei di dimensioni eterometriche. Questi depositi, di chiara origine detritica, ricoprono con spessori variabili, anche maggiori di 15 metri, il substrato roccioso appartenente alla formazione delle *Arenarie di Scabiazza*.

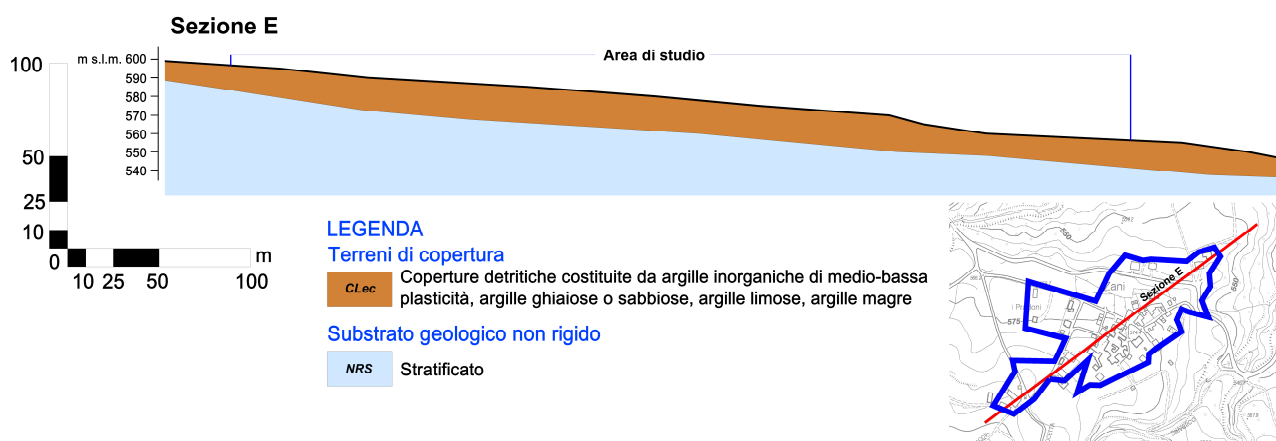


FIG. 19 – SEZIONE GEOLOGICA IN LOCALITÀ ZANI

Area di studio A_4 - Rovina

Il centro abitato di Rovina si colloca nel medio-basso versante che dal Monte Cavriago degrada verso nord-est sino al Rio Lame. Le quote sono comprese fra 480,00 e 540,00 m s.l.m., mentre le pendenze risultano abbastanza regolari, mantenendosi su valori dell'ordine dei 4°-5° (Cfr. **Elaborato 2 – Area di studio A_4 - Rovina**).

Da quanto emerso nel corso dei rilievi e delle prove di campagna realizzati in corrispondenza del sito in esame, si evidenzia che, i terreni del primo sottosuolo, di origine detritica, sono costituiti da limi debolmente argillosi con inclusi lapidei arenacei di dimensioni eterometriche, mentre il substrato roccioso non rigido sottostante appartiene alla formazione delle *Arenarie di Scabiazza* (Cfr. **Fig. 20**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

I depositi che ricoprono il substrato mostrano connotazioni morfologiche tipiche dei movimenti gravitativi, quasi sempre in stato di quiescenza. Trattasi di estesi corpi detritici, a differente tipologia di movimento (scorrimento, complessa, non definita) che entrano in coalescenza nella parte medio-bassa del versante. Tali fenomeni ad elevata componente argillosa in virtù della composizione litologica delle *Arenarie di Scabiazza*, vengono alimentati da zone di distacco multiple, talora riattivatisi solo parzialmente, in corrispondenza di aree contraddistinte da un cattivo drenaggio delle acque superficiali. Allo stato attuale, non si sono comunque rilevate importanti riattivazioni di movimenti gravitativi all'interno del territorio urbanizzato e urbanizzabile.



FIG. 20 – SEZIONE GEOLOGICA IN LOCALITÀ ROVINA

8.1.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Questo elaborato raffigura tutti i valori delle frequenze naturali dei terreni, desunti dalle prove tromografiche reperite presso l'Archivio Comunale e di nuova esecuzione. Nello specifico, è stato associato a ciascun punto di misura, il valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 , corrispondente al picco significativo della curva a più bassa frequenza e di altri picchi secondari a più alta frequenza (f_1) mettendo inoltre in evidenza, l'eventuale assenza di massimi significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni HVSR nell'intervallo 0,1 – 20 Hz).

Sulla base delle indicazioni fornite dall'Ufficio Geologico Regionale, si sono adottate le seguenti classi di frequenza:

- $F_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8$ Hz
- $F_0 > 8$ Hz

Oltre alla classificazione dei terreni sulla base degli intervalli di frequenza, è stata apportata una distinzione fra zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza massima curva HVSR > 3) e bassi contrasti d'impedenza (con ampiezza HVSR < 3).

Per facilitare la lettura dei dati relativi alle frequenze naturali dei terreni, si è scelto di rappresentare i valori, oltre che in forma cartografica (Cfr. **Elaborato 3**), anche attraverso illustrazione tabellare, come meglio descritto, per ciascuna località, nei paragrafi seguenti.

Infine, si evidenzia che, le misure HVSR sono state effettuate anche al di sopra delle coperture franose, sia per valutare l'incidenza di tali depositi, sia per fornire importanti informazioni per futuri livelli di approfondimento.

Area di studio A_1 - Bore capoluogo

All'interno del territorio urbanizzato e urbanizzabile sono state analizzate complessivamente le risultanze di sei prove tromografiche che hanno mostrato curve H/V raffigurate in **Fig. 21**, mentre in **Tab. 3** sono state riepilogate tutte le caratteristiche estrapolate da ciascuna indagine (frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, ubicazione e caratteristiche geologiche). Tutte le informazioni sono state rappresentate in formato grafico all'interno dell'**Elaborato 3 - Area di studio A_1 – Bore capoluogo**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

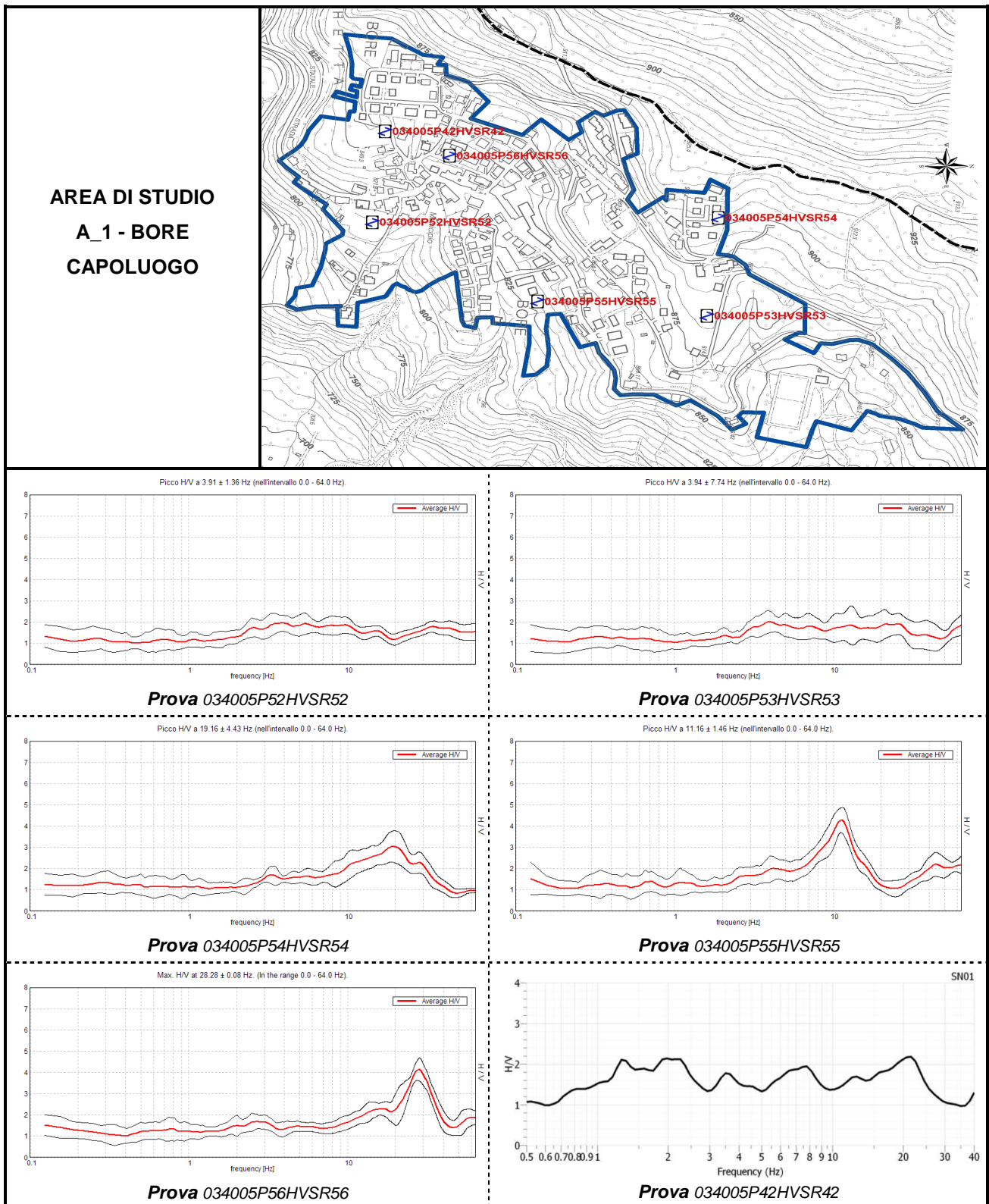


FIG. 21 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI BORE CAPOLUOGO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1	
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza	Ampiezza H/V
034005P52HVSR52	Via I. Ferrari	Substrato non rigido sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	3,9	2,0		
034005P53HVSR53	Via Martiri della Libertà	Substrato non rigido sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	3,9	2,0		
034005P54HVSR54	Via Carlo Alberto Dalla Chiesa	Substrato non rigido sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	19,2	3,0	3,2	1,7
034005P55HVSR55	Via Municipio	Substrato non rigido sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	11,2	4,2	4,2	2,0
034005P56HVSR56	Scuola elementare	Depositi detritici di versante che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido	2,7	1,7	> 20	
034005P42HVSR42	Via B. Vergine di Lourdes	Depositi detritici di versante che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido	1,3	2,1	7,0	1,9

TAB. 3 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO DI BORE CAPOLUOGO

Dalla tabella suddetta, si evince che la maggior parte delle frequenze (principali e secondarie) mostra valori ricompresi nell'intervallo 3 – 4 Hz che corrisponderebbero a spessori attesi delle coperture di circa 10-30 metri, condizione che non collima con le informazioni litostratigrafiche disponibili, che identificano un substrato roccioso non rigido a limitate profondità.

Questa anomalia potrebbe essere collegata all'assenza di una vera e propria superficie di discontinuità tra depositi di copertura e substrato, passaggio che avviene in maniera graduale per l'interposizione di un livello roccioso alterato e fratturato.

I valori delle frequenze tendono a diminuire in corrispondenza di quelle prove ubicate su depositi detritici di versante, raggiungendo valori di 1,3 – 2,7 Hz, in accordo con locali aumenti dello spessore delle coperture.

Tutte le interpretazioni suddette vengono comprovate dai valori delle ampiezze H/V, che risultano quasi sempre minori di 3, a dimostrazione di un basso contrasto esistente tra i diversi orizzonti sismo-stratigrafici.

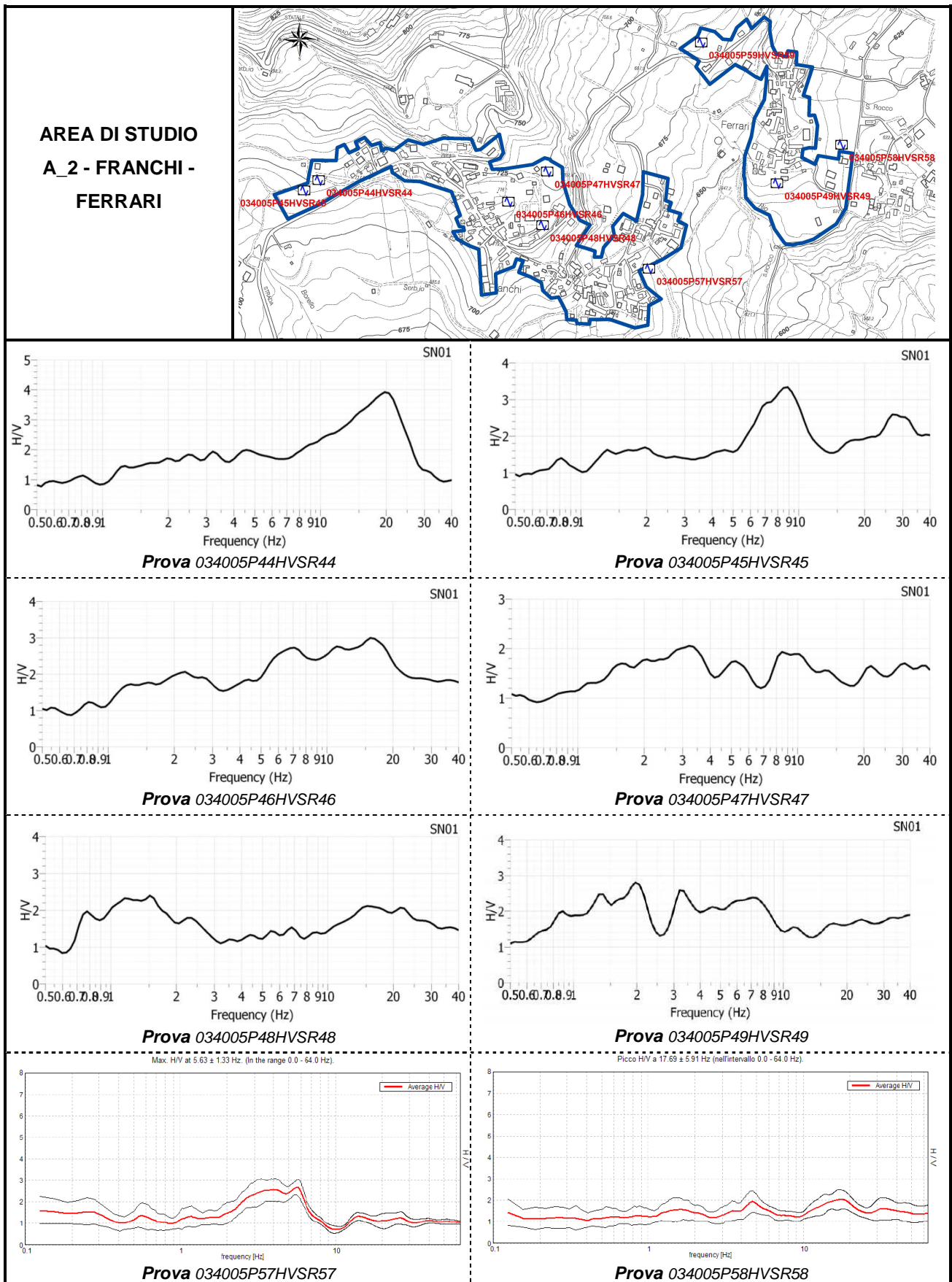
Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari

Così come per l'ambito di Bore capoluogo, sono stati riproposti, elaborazioni grafiche e tabellari, relativamente al territorio urbanizzato e urbanizzabile dei Franchi e dei Ferrari (Cfr. **Fig. 22** e **Tab. 4**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

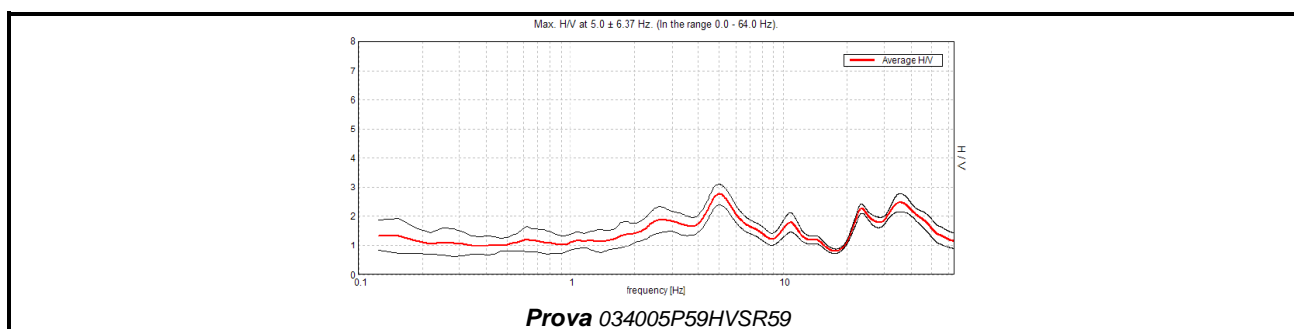


FIG. 22 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI FRANCHI - FERRARI

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1	
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza	Ampiezza H/V
034005P44HVSR44	Località I Franchi estremità occidentale dell'abitato	Coperture franose	19,0	3,9	4,7	2,0
034005P45HVSR45	Località I Franchi estremità occidentale dell'abitato	Coperture franose	8,8	3,2	2,0	1,8
034005P46HVSR46	Località I Franchi porzione centrale dell'abitato	Coperture franose	17,0	3,0	7,0	2,7
034005P47HVSR47	Località I Franchi porzione centrale dell'abitato	Coperture franose	3,4	2,0	8,5	1,9
034005P48HVSR48	Località I Franchi porzione centrale dell'abitato	Coperture franose	1,5	2,6	15	2,1
034005P49HVSR49	Località I Ferrari porzione meridionale dell'abitato	Coperture franose	2,0	2,8	3,3	2,6
034005P57HVSR57	Località I Franchi estremità orientale dell'abitato	Coperture franose	5,6	2,7	4,0	2,5
034005P58HVSR58	Località I Ferrari estremità orientale dell'abitato	Coperture franose	18,0	2,0	4,7	1,9
034005P59HVSR59	Località I Ferrari estremità settentrionale dell'abitato	Coperture franose	5,0	2,8	2,7	1,9

TAB. 4 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DEGLI AMBITI DEI FRANCHI - FERRARI

Come raffigurato nell'**Elaborato 3 - Area di studio A_2 – Franchi - Ferrari**, gran parte delle misure effettuate ha mostrato frequenze (principali e secondarie) comprese tra 1,5 Hz e 8,8 Hz, valori che identificherebbero profondità delle superfici di discontinuità tra coperture e substrato comprese tra 10 metri e 30 metri, assolutamente in linea con l'ordine di grandezza dello spessore dei corpi franosi presenti nell'area.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Il locale aumento delle frequenze a valori compresi tra 17 Hz e 19 Hz, potrebbe essere ricondotto alla presenza di sottili coperture, o frane sovrainposte, contraddistinte da più modeste proprietà geotecniche, in ragione di una maggiore componente argillosa, rispetto ai depositi sottostanti.

Per quanto concerne la morfologia delle curve H/V, si osservano massimi di ampiezza su valori generalmente inferiori a 3, con limitate differenze tra i picchi principali e secondari, testimoniando, di fatto, l'importanza rappresentata da questi ultimi.

Area di studio A_3 - Zani

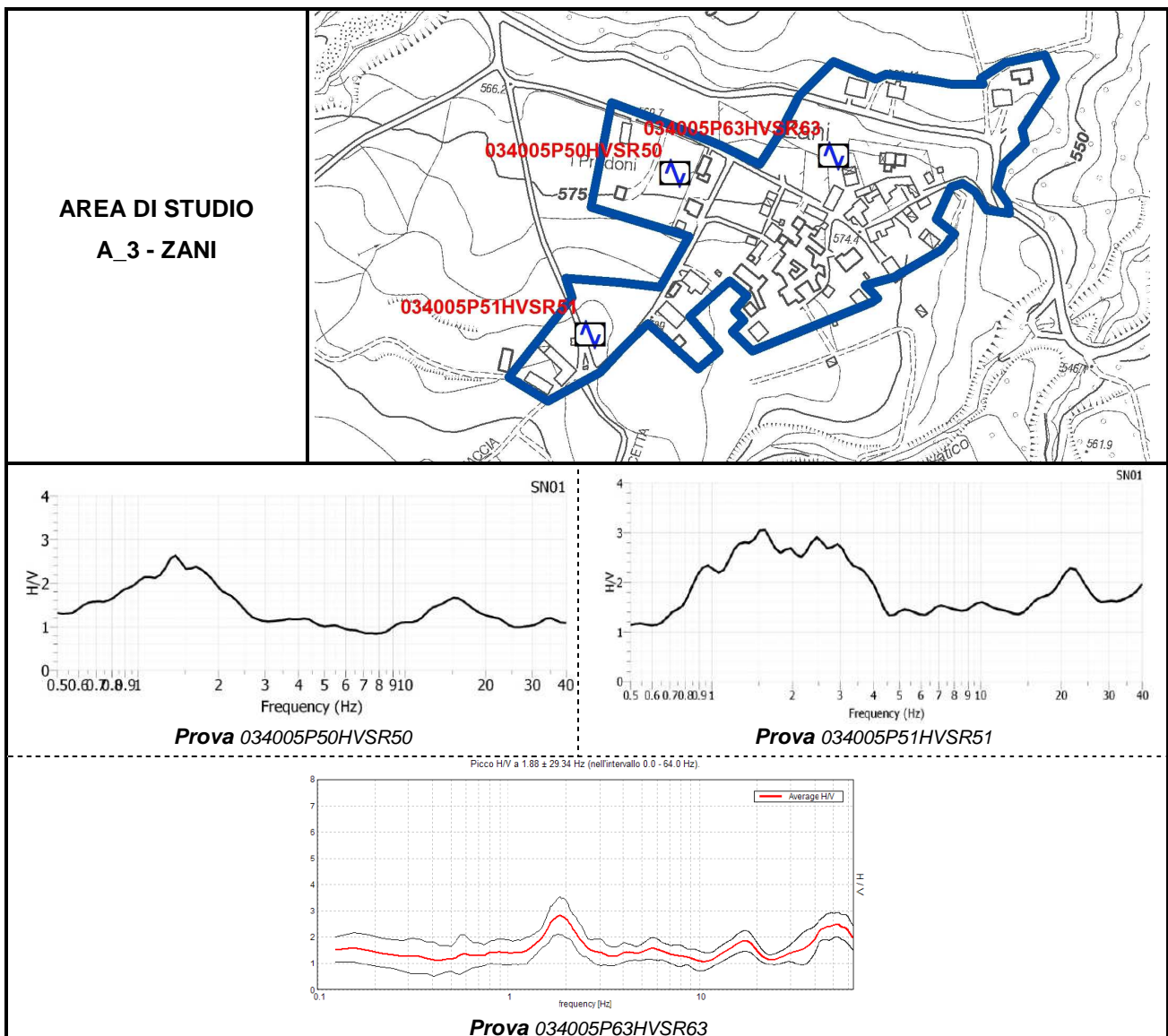


FIG. 23 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI ZANI

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1	
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza	Ampiezza H/V
034005P50HVSR50	Porzione occidentale dell'abitato degli Zani	Depositi detritici di versante che ricoprono con spessori medi di circa 15 metri il substrato non rigido	1,4	2,7	13,5	1,7
034005P51HVSR51	Porzione sud-occidentale dell'abitato degli Zani	Depositi detritici di versante che ricoprono con spessori medi di circa 15 metri il substrato non rigido	1,5	3,0	2,5	2,9
034005P63HVSR63	Porzione nord-orientale dell'abitato degli Zani	Depositi detritici di versante che ricoprono con spessori medi di circa 15 metri il substrato non rigido	1,9	2,8	18	1,9

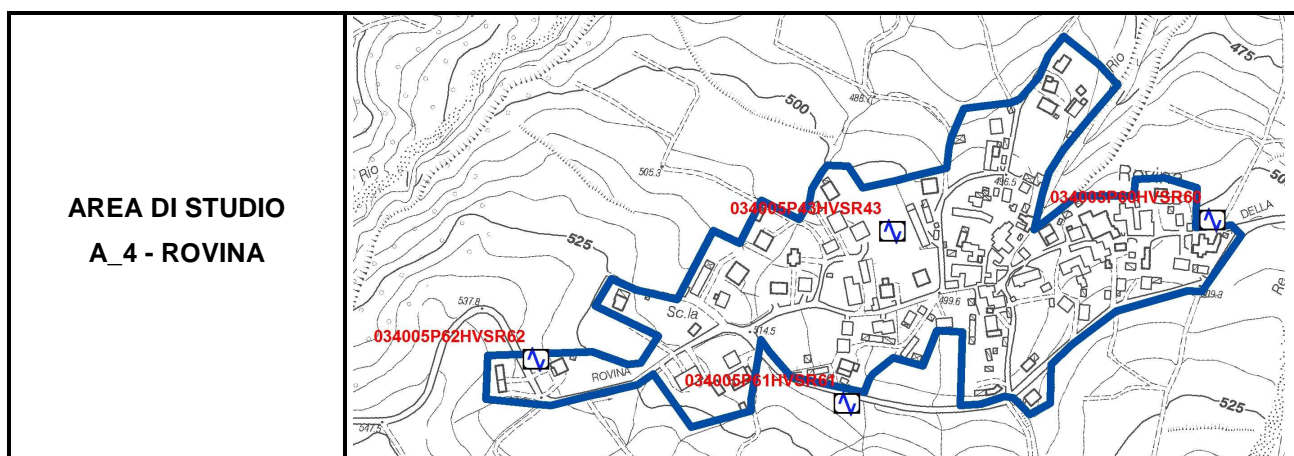
TAB. 5 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO DEGLI ZANI

All'interno dell'areale degli Zani, le frequenze di picco rappresentate nell'**Elaborato 3 - Area di studio A_3 - Zani**, evidenziano bassi valori, compresi tra 1,4 e 1,9 Hz, che definiscono superfici di discontinuità a profondità maggiori di 30 metri, difficilmente raffrontabili agli spessori delle coperture di versante, attestati a 15 metri (Cfr. **Fig. 23 e Tab. 5**).

Le ampiezze H/V associate ai picchi principali raggiungono valori di poco inferiori ai 3, ad indicare contrasti di impedenza medio-bassi.

Le corrispettive grandezze dei picchi secondari si discostano leggermente come valori di ampiezza (1,9÷2,9), mostrando frequenze generalmente più elevate (sino a 18 Hz), che possono essere correlate a discontinuità più superficiali.

Area di studio A_4 - Rovina



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

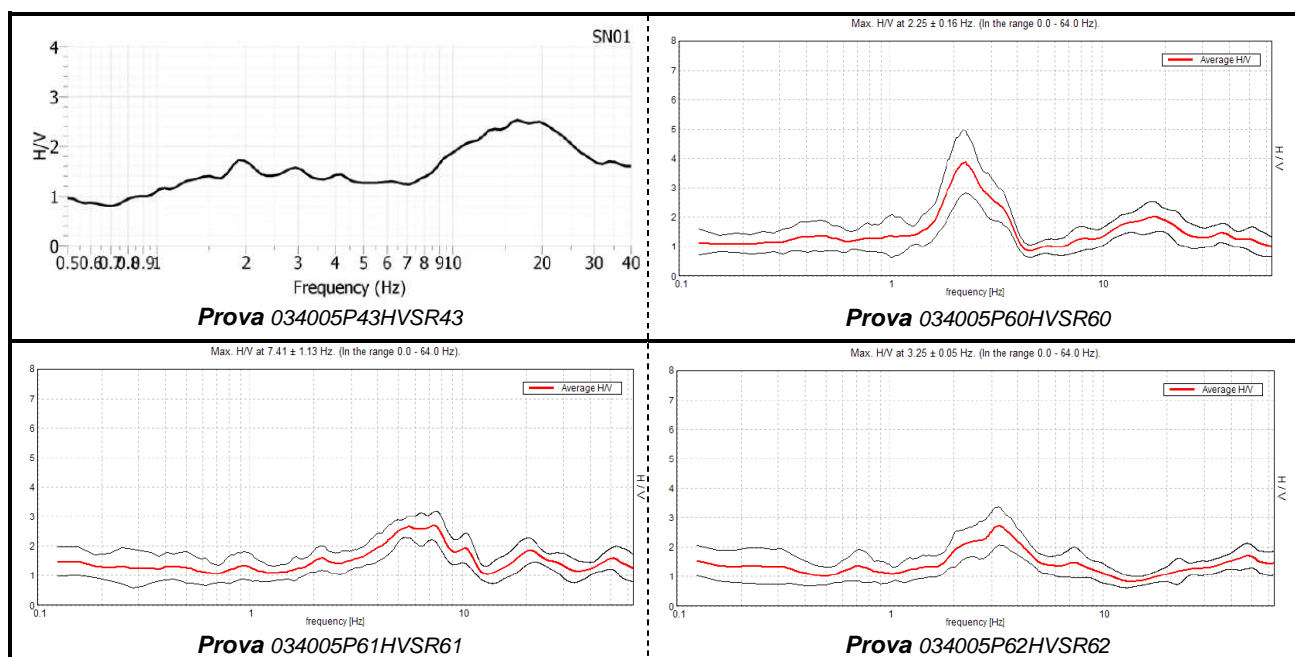


FIG. 24 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI ROVINA

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1	
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza	Ampiezza H/V
034005P43HVSR43	Porzione settentrionale dell'abitato di Rovina	Coperture franose	17,0	2,5	2,0	1,8
034005P60HVSR60	Estremità orientale dell'abitato di Rovina	Coperture franose	2,3	3,8	18,0	2,0
034005P61HVSR61	Estremità meridionale dell'abitato di Rovina	Coperture franose	7,4	2,8		
034005P62HVSR62	Estremità occidentale dell'abitato di Rovina	Coperture franose	3,2	2,8		

TAB. 6 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO DI ROVINA

Come si può osservare dalla carta geologico-tecnica, il centro abitato di Rovina ricade al di sopra di depositi detritici di frana, prevalentemente quiescenti. Buona parte delle frequenze fondamentali e secondarie rilevate e rappresentate nell'**Elaborato 3 - Area di studio A_4 - Rovina**, sono attestate tra 2,3 e 7,4 Hz, individuando spessori attesi di coperture variabili da 10 a 30 metri, valori che appaiono in sostanziale accordo con quelli relativi a corpi franosi (Cfr. **Fig. 24** e **Tab. 6**). Localmente, si denotano aumenti delle frequenze a valori di 17-18 Hz, compatibili con variazioni litologiche nelle coperture, con un generale aumento della componente litoide a scapito della matrice, procedendo in profondità.

Anche in questo caso le ampiezze dei rapporti H/V risultano inferiori a 3, in ragione dei bassi contrasti di impedenza esistenti tra la copertura ed il substrato, intensamente fratturato e alterato.

8.1.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Rappresenta il documento fondamentale di questo livello di approfondimento in quanto, si ottiene dalle cartografie precedenti, mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

In particolare, nella MOPS (Cfr. **Elaborato 4**), il territorio viene suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 3 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa 15°). All'interno di queste aree non sono richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;
- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s. Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3 m. Per queste aree, si prevedono affetti attesi di amplificazione stratigrafica con la richiesta di approfondimenti del II° Livello;
- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo a instabilità (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc.). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Ad ogni microzona, è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle ex-novo.

Nel complesso, nei territori urbanizzati e urbanizzabili sono state individuate 4 microzone omogenee, come descritto di seguito.

- **Zona 1:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio inferiore a 3,00 m (Cfr. **Fig. 25**). Contraddistingue gran parte dell'abitato di Bore, mentre nelle altre località si rinviene unicamente in piccoli areali nell'ambito dei Franchi.

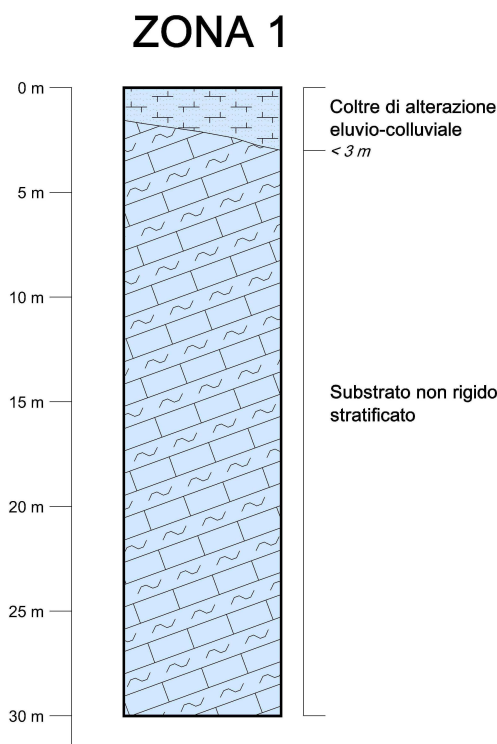


Fig. 25 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 1

- **Zona 2:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine detritica, prevalentemente argillosi e in subordine, ghiaioso-sabbiosi, di spessore medio pari a circa 5,00 m (Cfr. **Fig. 26**). Si rileva unicamente all'estremità sud-occidentale di Bore capoluogo.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

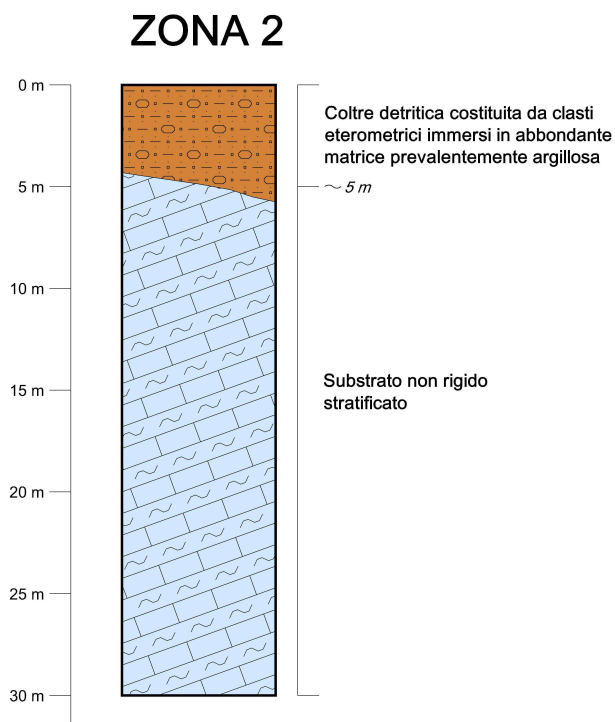


FIG. 26 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 2

- **Zona 3:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine detritica, prevalentemente argillosi e in subordine, ghiaioso-sabbiosi, di spessore medio pari a circa 10,00 m (Cfr. **Fig. 27**), che caratterizzano una zona limitata nel settore meridionale dell'abitato di Bore.

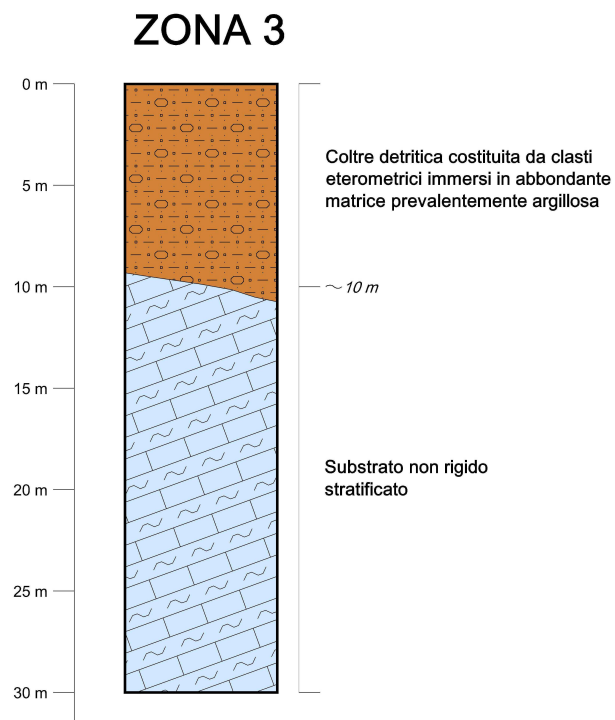


FIG. 27 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 3

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

- **Zona 4:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine detritica, prevalentemente argillosi e in subordine, ghiaioso-sabbiosi, di spessore medio pari a circa 15,00 m (Cfr. **Fig. 28**). Rappresenta il profilo litostratigrafico tipico dell'intera area urbanizzata e urbanizzabile della località Zani.

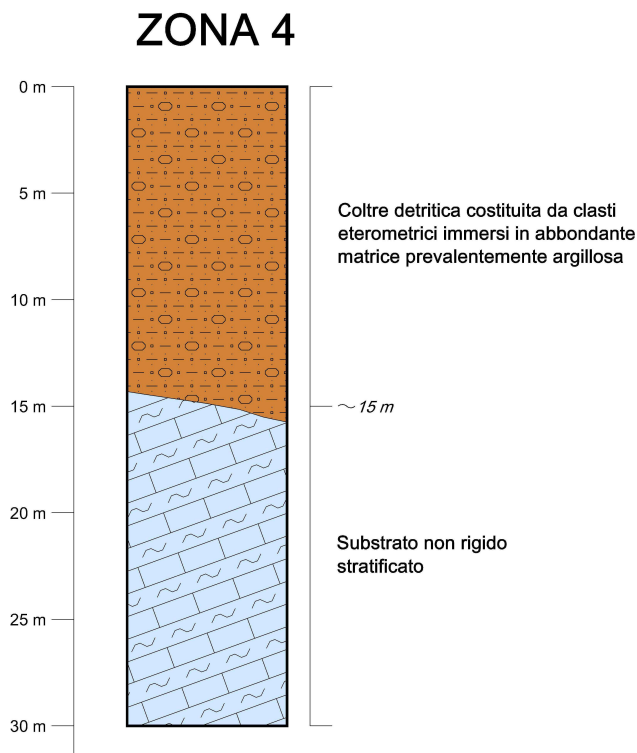


FIG. 28 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 4

Oltre alla suddivisione in microzone dei centri abitati oggetto di studio, nelle carte delle *MOPS* sono state inserite le tracce di alcuni profili in corrispondenza di aree meritevoli di attenzione per l'amplificazione topografica (Cfr. **Elaborato 4**).

Se per le località di Franchi – Ferrari, Zani e Rovina, è emerso chiaramente che la componente di amplificazione dovuta alla topografia può essere ritenuta irrilevante in quanto, in tali aree, prevalgono pendii da debolmente a mediamente inclinati, modellati da fenomeni gravitativi e ricoperti da coltri detritiche di varia genesi, in corrispondenza di Bore capoluogo, gli estesi affioramenti flyschoidi determinano una morfologia più brusca e acclività significative, che potrebbero influire sull'entità dell'amplificazione sismica.

Nel complesso, si è ritenuto di tracciare sette profili per ricostruire l'andamento topografico del terreno (seguendo il più possibile la linea di massima pendenza, come raffigurato nell'**Elaborato 4 – Area A_1 – Bore capoluogo**) per determinare l'entità dell'amplificazione topografica (S_t), per il cui calcolo si faccia riferimento al paragrafo relativo alla Carta di microzonazione sismica di livello 2.

8.2. II° livello di approfondimento

Questo livello si pone come obiettivo principale la quantificazione numerica dell'amplificazione in superficie del segnale sismico, ottenuta attraverso metodi semplificati che prevedono l'utilizzo di abachi regionalizzati.

Inizialmente si analizzano gli elaborati del livello precedente, allo scopo di evidenziare eventuali incertezze nella zonizzazione, apportando le opportune ripermetrazioni e integrazioni, anche in termini di realizzazione di nuove indagini.

Successivamente, a ciascuna microzona viene associata una quantificazione numerica (fattore di amplificazione), descrittiva degli effetti attesi in sito e ottenuta con metodi semplificati.

8.2.1. Carta delle velocità delle onde S (Vs)

Raffigura, per ciascun punto di misura HVSR, i valori delle velocità delle onde S relativamente ai primi 30 m di profondità (V_{S30}) o, in alternativa, quando l'interfaccia copertura substrato si trova a profondità H maggiori di 3 m, il valore di V_{SH} , determinati secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Dove:

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*)

V_{Si} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*)

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{Si}}}$$

Dove:

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m)

V_{Si} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m)

Si evidenzia che, per l'individuazione della profondità H corrispondente all'interfaccia substrato - terreni di copertura, si è intercettato sul profilo di velocità il contrasto di impedenza più significativo.

Nei successivi paragrafi vengono riportati i risultati a cui si è pervenuti nei quattro ambiti oggetto di studio, raffigurati nelle corrispondenti finestre dell'**Elaborato 5**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Area di studio A_1 - Bore capoluogo

Nella tabella seguente si riportano i valori di V_{S_H} e $V_{S_{30}}$ relativamente a ciascuna prova HVSR realizzata all'interno dell'ambito di Bore capoluogo.

Codice Prova	$V_{S_{30}}$ (m/s)	V_{S_H} (m/s)
034005P42HVSR42		322,00
034005P52HVSR52		318,00
034005P53HVSR53		263,00
034005P54HVSR54	427,00	
034005P55HVSR55		220,00
034005P56HVSR56		299,00

TAB. 7 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_S PER L'AREALE DI BORE CAPOLUOGO

Dalla tabella suddetta si evidenzia che, i valori di V_{S_H} mostrano variazioni da 220,00 m/s a 322 m/s, con medie di circa 278,00 m/s, mentre l'unica misura rappresentativa di $V_{S_{30}}$ si attesta su di un valore di 427,00 m/s.

Area di studio A_2 - Franchi - Ferrari

Allo stesso modo che per l'abitato di Bore, si rappresentano in forma tabellare i valori di V_{S_H} e $V_{S_{30}}$ ricavati da prove HVSR (Cfr. Tab. 8).

Codice Prova	$V_{S_{30}}$ (m/s)	V_{S_H} (m/s)
034005P44HVSR44		232,00
034005P45HVSR45		256,00
034005P46HVSR46		375,00
034005P47HVSR47		288,00
034005P49HVSR49		298,00
034005P57HVSR57		258,00
034005P58HVSR58		317,00
034005P59HVSR59		245,00

TAB. 8 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_S PER L'AREALE DI FRANCHI - FERRARI

All'interno dei centri abitati dei Franchi e dei Ferrari si sono registrati valori di V_{S_H} contenuti nell'intervallo 232,00÷375,00 m/s, con una media di circa 280,00 m/s. Nessuna delle misure effettuate ha rilevato valori di H minori di 3 m.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Area di studio A_3 - Zani

Le tre misure realizzate all'interno della località degli Zani, hanno fornito i risultati contenuti nella tabella seguente.

Codice Prova	Vs₃₀ (m/s)	Vs_H (m/s)
034005P50HVSR50		336,00
034005P51HVSR51		196,00
034005P63HVSR63		322,00

TAB. 9 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO Vs PER L'AREALE DEGLI ZANI

Nessuna delle tre prove ha evidenziato valori di H inferiori dei 3 m, pertanto sono stati registrati solamente valori di V_{sH} contenuti nell'intervallo 196,00÷336,00 m/s, con una media di circa 285,00 m/s.

Area di studio A_4 - Rovina

Nel territorio urbanizzato e urbanizzabile di Rovina, sono stati determinati i valori delle velocità delle onde di taglio contenute nella tabella seguente, attraverso l'analisi di quattro prove HVSR.

Codice Prova	Vs₃₀ (m/s)	Vs_H (m/s)
034005P43HVSR43		248,00
034005P60HVSR60		390,00
034005P61HVSR61		180,00
034005P62HVSR62		300,00

TAB. 10 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO Vs PER L'AREALE DEGLI ZANI

Anche in questo caso non si sono registrati valori di V_{s30} , ma solamente di V_{sH} , peraltro contraddistinti da una forte variabilità, passando da 180,00 m/s a 390,00 m/s, con una media di 280,00 m/s.

8.2.2. Carta di microzonazione Livello 2

In questo paragrafo verranno illustrati i metodi utilizzati per ottenere la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per analisi del II° livello di approfondimento, facendo riferimento agli indirizzi contenuti all'interno della *Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 - "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" – Allegato A2.*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Per calcolare i fattori di amplificazione (*F.A.*) relativi al suolo **A** richiesti nell'analisi semplificata, si sono impiegati i valori della profondità del *bedrock* sismico (*H*) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{S_H} e $V_{S_{30}}$).

Entrando all'interno delle tabelle contenute nell'*Allegato A2* del suddetto atto d'indirizzo, con i valori calcolati dalle formule sopraelencate si sono ottenuti i valori di *F.A.* in funzione sia di *P.G.A.*, quantificabile come rapporto di accelerazione massima orizzontale in superficie e al *bedrock* (PGA/PGA_0), che dell'Intensità Spettrale, quest'ultima determinata negli intervalli di periodo $0,1s \div 0,5s$ e $0,5s \div 1,0s$.

Nella totalità dei casi, è stata impiegata unicamente la tabella corrispondente a substrato marino con $V_s < 800$ m/s, dato che sulla base dei dati forniti dai profili sismici non si è mai rilevata la presenza di substrato geologico rigido ($V_s > 800$ m/s).

Nello specifico, per tali terreni si possono impiegare le seguenti tabelle, proposte nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, paragrafo A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO, degli indirizzi regionali:

- Tabelle riportate in **Tab. 11** quando il substrato marino risulta affiorante o sub-affiorante
- Tabelle riportate in **Tab. 12** quando il substrato marino non risulta affiorante o sub-affiorante

F.A. P.G.A.

$V_{S_{30}}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

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

$V_{S_{30}}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

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

$V_{S_{30}}$	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

TAB. 11 – TABELLE PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO IN CASO SUBSTRATO MARINO AFFIORANTE CARATTERIZZATO DA $V_s < 800$ M/S (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

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

TAB. 12 – TABELLE PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO IN CASO SUBSTRATO MARINO NON AFFIORANTE CARATTERIZZATO DA $V_s < 800$ M/S (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

Riguardo ai risultati conseguiti nel corso del primo livello di approfondimento, occorre evidenziare innanzitutto che, sulla base dell'omogeneità dei dati forniti dalle prove sismiche, si è ritenuto opportuno mantenere i perimetri delle diverse microzone.

Al contrario, per la definizione della profondità del tetto del substrato non rigido, raffigurato per ciascuna microzone nel paragrafo 8.1.4, le analisi sviluppate sulle prove sismiche hanno mostrato generali aumenti di H , quantificabili in circa 3÷5 metri, che sono probabilmente da attribuire al rilevamento di un substrato alterato e fratturato che, le indagini sismiche individuano, attraverso misure di basse velocità, come una copertura.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Conseguentemente, per la determinazione dei fattori di amplificazione, è stata unicamente impiegata la tabella relativa al substrato non rigido non affiorante (**Tab. 12**), entrando con i valori medi delle V_{SH} per ciascuna zona omogenea.

Riassumendo, per gli areali oggetto di microzonazione definiti nel paragrafo **8.1.4**, sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella:

	ZONE			
	1	2	3	4
H_{medio} (m)	5	10	10	20
V_{SHmedio} (m/s)	300	300	300	300
F.A. P.G.A.	1,5	1,8	1,8	2,1
F.A. Is (0.1s<T ₀ <0.5s)	1,4	1,7	1,7	2,2
F.A. Is (0.5s<T ₀ <1.0s)	1,4	1,4	1,4	1,7

TAB. 13 – VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA PER CIASCUNA MICROZONA

Per completare l'analisi della microzonazione sismica di II° livello, occorre valutare l'entità dell'amplificazione topografica, necessaria per ricavare il fattore di amplificazione sismica totale (S), determinabile dalla seguente formula:

$$S = S_S \times S_T$$

Dove:

S_S = fattore di amplificazione stratigrafica

S_T = fattore di amplificazione topografica

Il calcolo di S_T è stato opportunamente delimitato ad alcune aree del capoluogo contraddistinte da elevata pendenza, nelle quali si è quindi provveduto ad individuare i settori più critici, dove sono stati tracciati n° 7 profili (seguendo il più possibile la linea massima pendenza).

Sono state seguite le procedure di calcolo dell'*Allegato 2* degli indirizzi regionali, che riportano l'algoritmo per la determinazione del fattore di amplificazione sismica indotto da fattori topografici, come raffigurato nella figura seguente.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

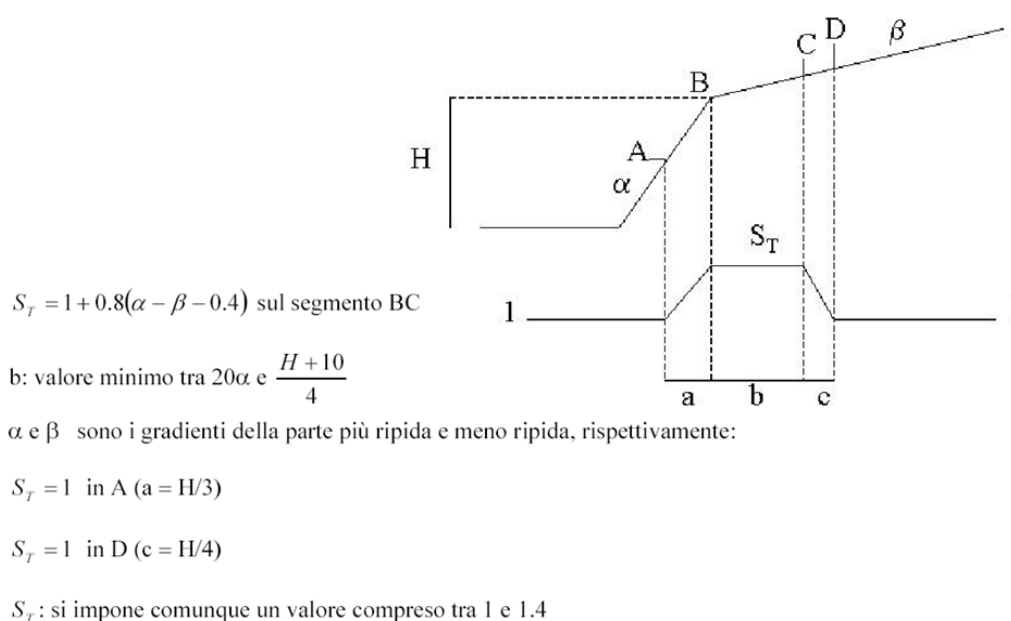


FIG. 29 - CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SECONDO GLI INDIRIZZI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA - ALLEGATO A2

"TABELLE E FORMULE PER LA VALUTAZIONE DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA PER LE ANALISI DEL SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO E PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI TOPOGRAFICI"

Tutti i calcoli dei gradienti, dell'estensione delle aree d'influenza e dei fattori di amplificazione topografica risultanti dal presente studio sono riportati in **Tab. 14**, mentre in **Fig. 30** sono state rappresentate le sette sezioni analizzate, il cui profilo è raffigurato nelle immagini dalla **Fig. 31** alla **Fig. 37**.

Sia nella planimetria che nelle sezioni sono stati evidenziati i tratti delle aree con amplificazione topografica maggiore di 1, con colori differenti a seconda del valore di S_T . Come si evince in **Fig. 30**, la porzione di territorio maggiormente soggetta ad amplificazione di tipo topografico risulta quella più meridionale del capoluogo, con valori massimi di S_T variabili da 1,024 a 1,100.

Profili	α	β	H (m)	b (m)	a (m)	c (m)	S_T
1	0,56	0,03	55,00	11,20	18,30	13,70	1,100
2	0,51	0,08	72,00	10,20	24,00	18,00	1,024
3	0,61	0,20	60,00	12,20	20,00	15,00	1,000
4	0,68	0,20	60,00	13,60	20,00	15,00	1,064
5	0,35	0,07	100,00	0,00	0,00	0,00	1,000
6	0,34	0,13	105,00	0,00	0,00	0,00	1,000
7	0,40	0,09	130,00	0,00	0,00	0,00	1,000

TAB. 14 – TABELLA RIASSUNTIVA DEI PARAMETRI TOPOGRAFICI CONTENUTI NELL'ALLEGATO 2 DEGLI MZS DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA, PER LE SETTE SEZIONI ANALIZZATE NEL PRESENTE STUDIO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

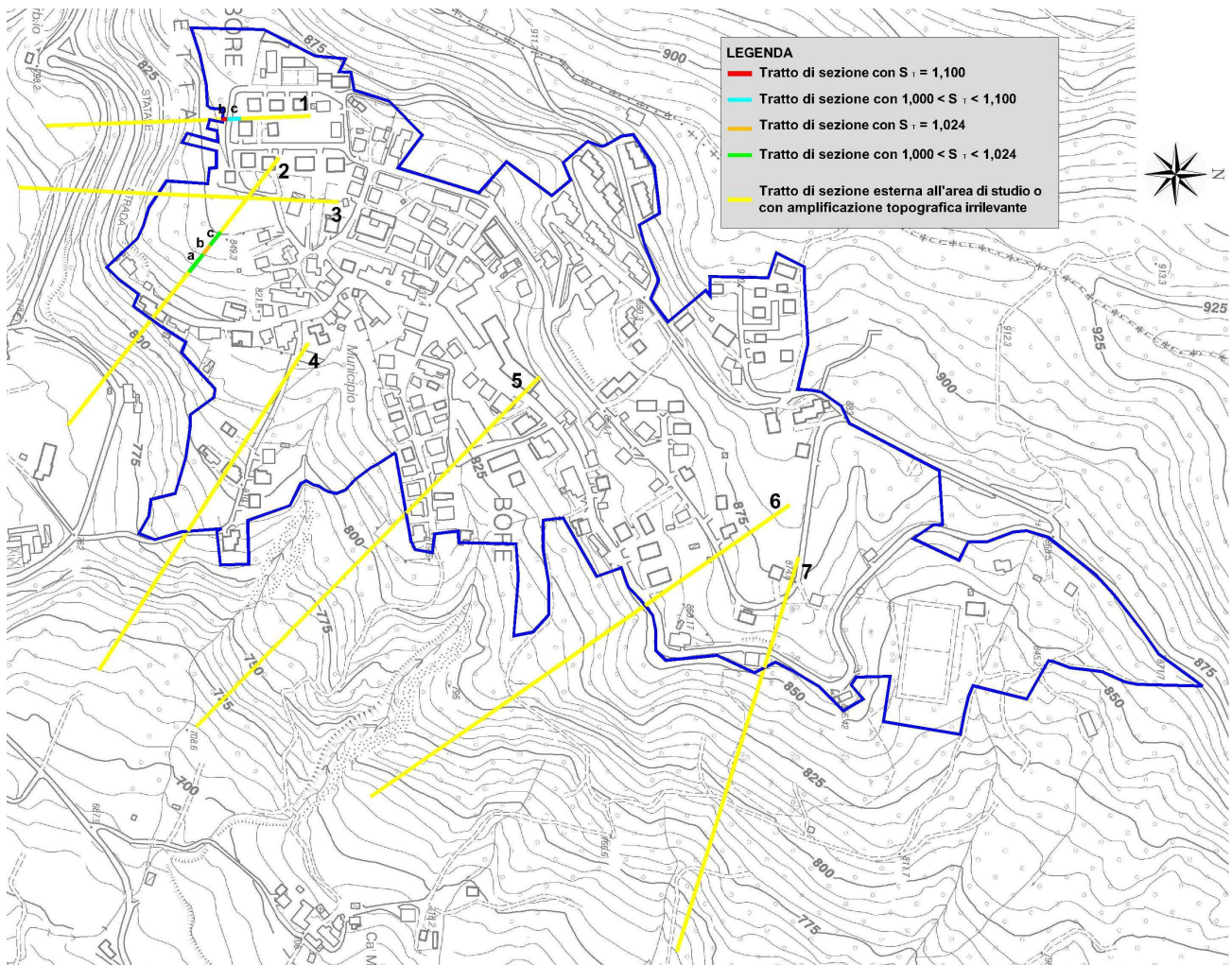


FIG. 30 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE SEZIONI TOPOGRAFICHE

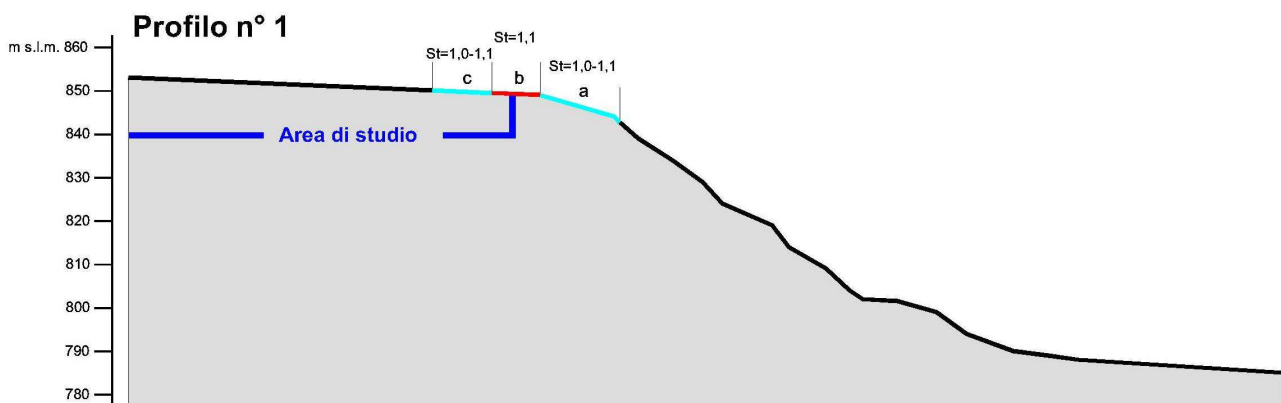


FIG. 31 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 1

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

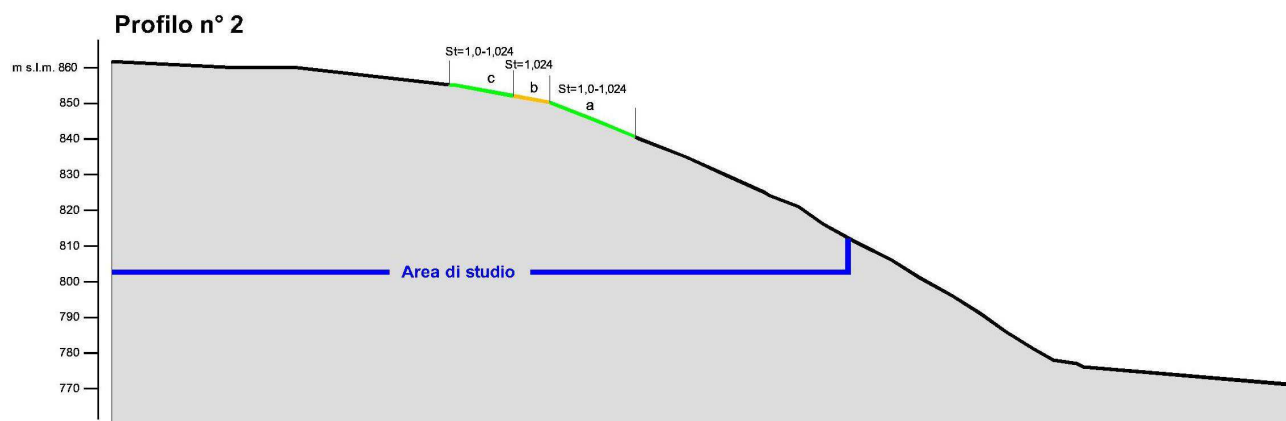


FIG. 32 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 2

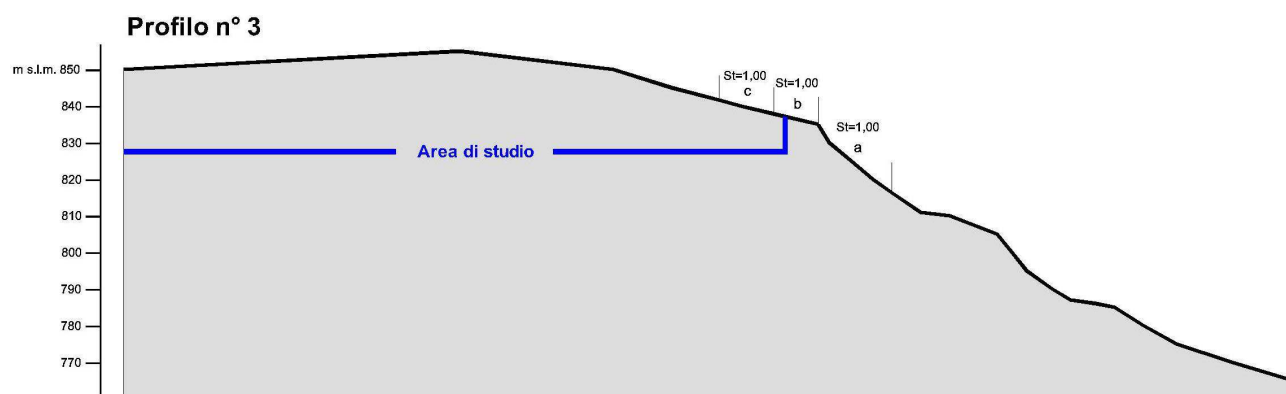


FIG. 33 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 3

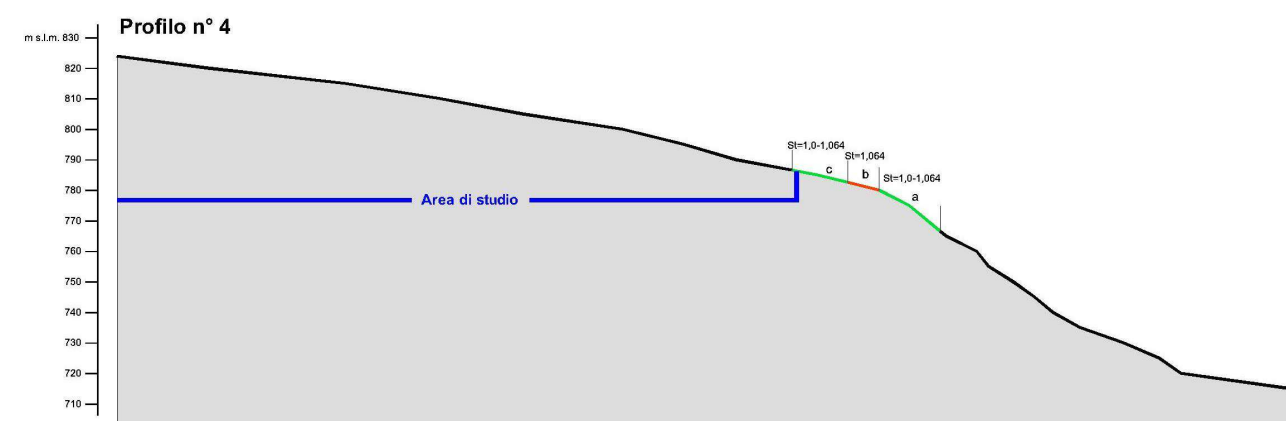


FIG. 34 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 4

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

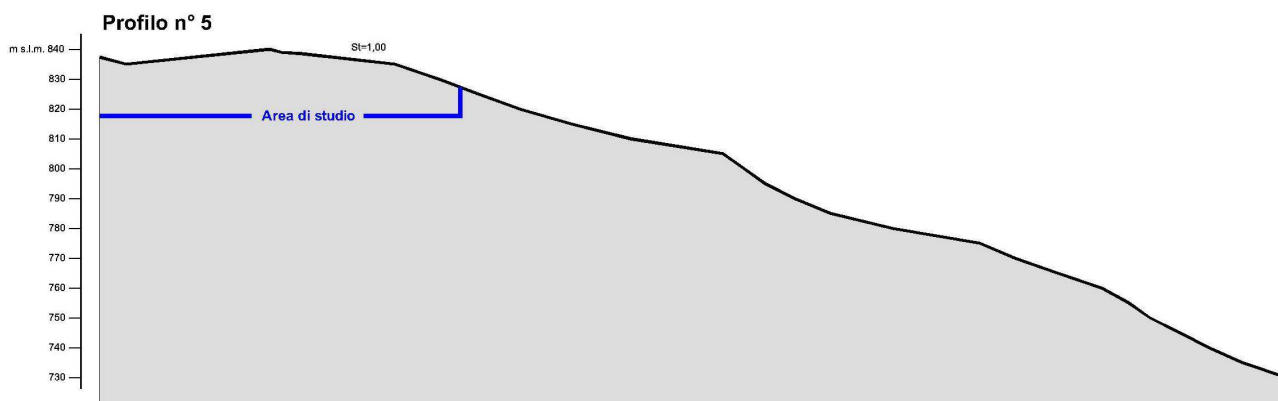


FIG. 35 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 5

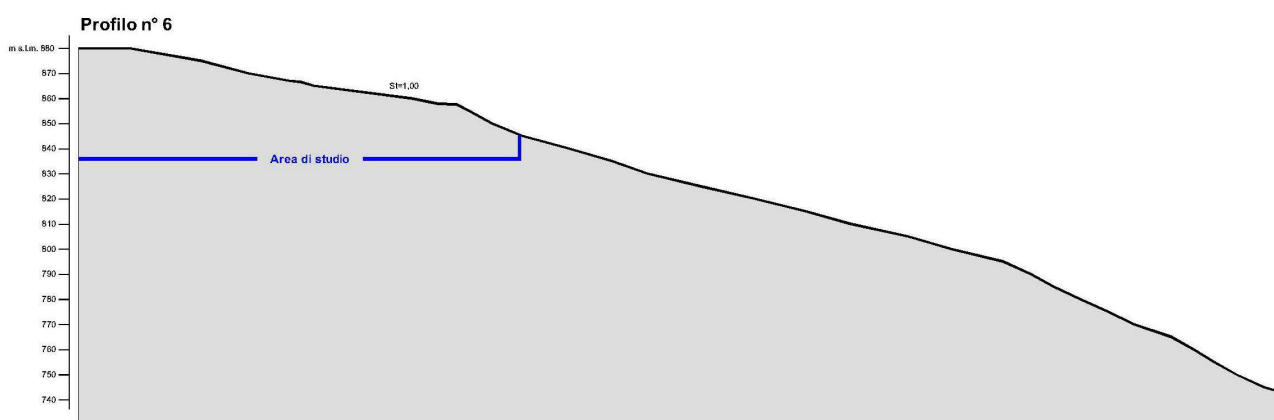


FIG. 36 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 6

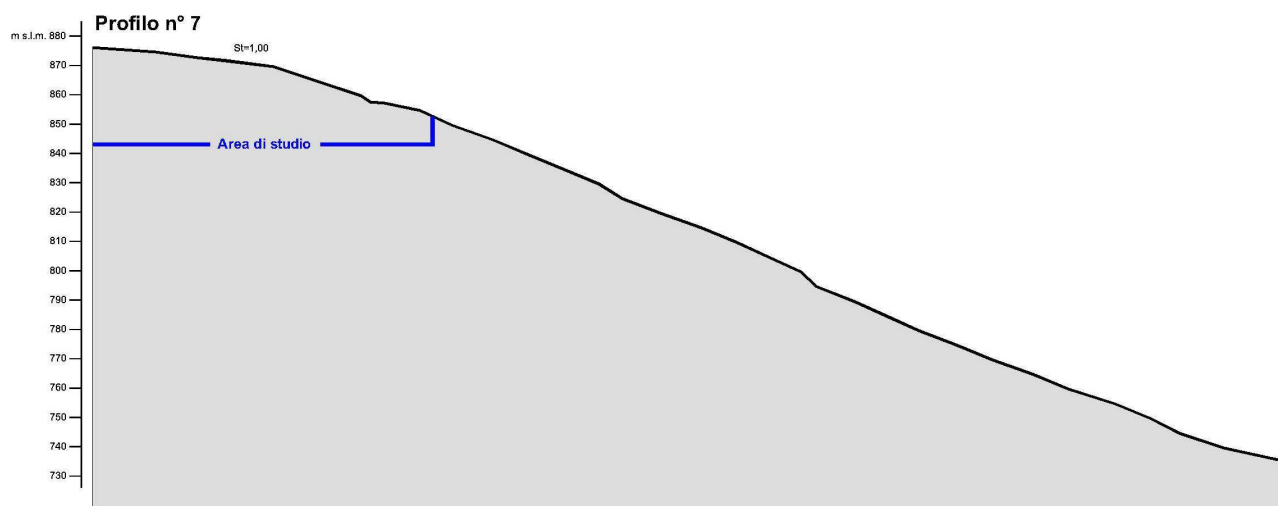


FIG. 37 – RAPPRESENTAZIONE GRAFICA DEL PROFILO 7

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Una volta calcolata l'entità dell'amplificazione sismica generata da fattori stratigrafici e topografici e ottenuto l'*F.A.* complessivo attraverso la moltiplicazione delle due componenti, sono state ricostruite le carte di amplificazione sismica Livello 2 per ciascuna località di studio (**F.A._{P.G.A.}**, **F.A. $Is_{0,1s < T_0 < 0,5s}$** e **F.A. $Is_{0,5s < T_0 < 1,0s}$**), impiegando gli accorpamenti indicati dagli **SRAI** (Cfr. **Elaborati 6.1, 6.2 e 6.3**).

Come già affermato in precedenza, la preliminare suddivisione dei quattro ambiti di studio in aree omogenee è stata impostata a partire dalla zonazione già manifestata negli studi di I° livello, che ha previsto l'individuazione di quattro zone contraddistinte da un assetto sismo-stratimetrico analogo. Le successive analisi di carattere numerico, sviluppate nel presente studio hanno consentito di assegnare i valori dei fattori di amplificazione stratigrafico e topografico.

Si evidenzia che, solamente per un tratto del profilo n° 1, limitato all'estremità meridionale dell'ambito di Bore capoluogo, sono state calcolate amplificazioni topografiche tali da comportare il passaggio da una classe di *F.A.* a quella superiore. Complessivamente si sono individuate quattro classi di amplificazione ricadenti nelle zone stabili di amplificazioni locali, elencate nella figura seguente e rappresentate negli **Elaborati 6.1, 6.2 e 6.3** allegati.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

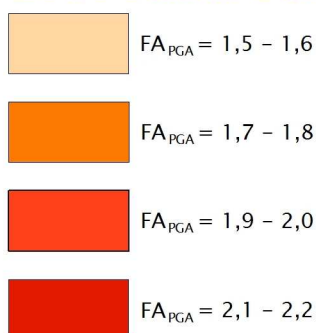


FIG. 38 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI – AMBITI DI BORE CAPOLUOGO, FRANCHI-FERRARI, ZANI E ROVINA

Per consentire una corretta archiviazione dei fattori di amplificazione all'interno dello shape "Stab", si è provveduto alla compilazione dei seguenti campi:

- Campo *F_x* per i **F.A.** in funzione di *PGA*;
- Campo *F_y* per i **F.A. Is** ($0,1s < T_0 < 0,5s$);
- Campo *F_y* per i **F.A. Is** ($0,5s < T_0 < 1,0s$).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

Negli stessi elaborati **6.1**, **6.2** e **6.3** sono state cartografate le aree suscettibili di instabilità di versante, che ricoprono spesso gran parte degli ambiti (vedi Franchi, Ferrari e Rovina), caratterizzate in legenda dalla rappresentazione grafica di **Fig. 39**. Per queste aree dovranno essere richiesti approfondimenti di terzo livello.

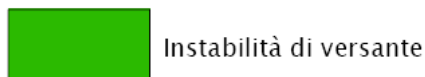


FIG. 39 - LEGENDA ADOTTATA PER LE AREE SUSCETTIBILI D'INSTABILITÀ DI VERSANTE

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI

In Comune di Bore, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

A riguardo, non è stata utile neppure la consultazione di *DBMI11*, la versione 2011 del *Database Macrosismico Italiano*, poiché, in esso, l'unica località considerata ricadente all'interno del territorio comunale è il Capoluogo.

10. BIBLIOGRAFIA

- PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA REGIONALE (L.R. n.19/2008 "Norme per la Riduzione dei Rischio Sismico"). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013.
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- SCHEDE DI VERIFICA DICOMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA ALLEGATE AL P.S.C. DEL COMUNE DI BORE (Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi, 2011).
- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 "INDIRIZZI DI MICROZONAZIONE SISMICA"*
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (2011) BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, *Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62*
- Marcellini A., Martelli L, Tento A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)
- Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004
- CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I° e II° Livello

Comune di Bore (PR)

11. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati:

Elaborato 1	Carta delle indagini	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 2	Carta geologico-tecnica	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde S (Vs)	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. P.G.A	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. $Is_{0,1s < T0 < 0,5s}$	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. $Is_{0,5s < T0 < 1,0s}$	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 7	Prove tromografiche	

Si evidenzia che all'interno di ciascun elaborato grafico sono state create quattro finestre che ricoprono planimetricamente un discreto intorno delle aree di studio elencate di seguito:

- Area di studio **A_1 – Bore capoluogo**
- Area di studio **A_2 – Franchi - Ferrari**
- Area di studio **A_3 – Zani**
- Area di studio **A_4 – Rovina**

Pellegrino Parmense, 30/12/2014

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Federico Madini