

Indice

1. Il territorio di Montescudo.....	3
1.1. Inquadramento generale dell'area di studio	3
1.2. Inquadramento fisico.....	3
2. Introduzione.....	6
3. Inquadramento sismico.....	7
4. Quadro di riferimento normativo	8
5. Microzonazione sismica	9
5.1. Area di studio	9
5.2. Dati acquisiti	9
5.3. Schede tecniche	14
5.4. Microzonazione sismica area "Trarivi 1"	16
5.5. Microzonazione sismica area "Trarivi 2"	20
5.6. Microzonazione sismica area "Torgnano"	24
5.7. Microzonazione sismica area "Ca Marco 1"	28
5.8. Microzonazione sismica area "Ca Marco 2"	32
5.9. Microzonazione sismica area "Albereto"	36
6. Conclusioni.....	40
7. Bibliografia.....	41

1. Il territorio di Montescudo

1.1. Inquadramento generale dell'area di studio

Il territorio del Comune di Montescudo è situato sulla collina dell'Appennino Romagnolo, separato dalle valli del Torrente Marano a Nord-Ovest e del Torrente Conca a Sud-Est, confinante ad Ovest con la Repubblica di San Marino, con una superficie complessiva di 19 km² circa. Lo sviluppo urbano è situato prevalentemente sulla cima del colle di Montescudo dove si trova la frazione capoluogo nonché lungo la strada che collega il centro del paese a Rimini, dove la frazione di Trarivi ha subito una relativa espansione urbanistica. A completare la componente urbanistica del territorio vi sono la frazione di Albereto, nella parte occidentale in direzione del torrente Manaro e la frazione di Santa Maria del Piano, nella porzione più meridionale del comune affacciata sulla Val Conca.

Montescudo ha un passato di contese e battaglie a partire dall'epoca Romana, passando dal periodo Malatestiano, di cui mantiene evidenti elementi, fino all'epoca Napoleonica in cui il territorio raggiunse l'apice del suo prestigio e della sua rilevanza.

Oggi, il Comune di Montescudo risente di un'espansione urbana molto marcata, soprattutto nella frazione di Trarivi, vista la relativa vicinanza con Rimini ed i comuni della riviera adriatica e risultando un luogo gradevole per stabilirsi lontano dai centri urbani. In passato e fino agli anni '70, il comune ha subito invece un abbandono del territorio da parte della popolazione con una "fuga" verso la città.

1.2. Inquadramento fisico

Posto al piede di una porzione esterna di Appennino Settentrionale, separato dalla valle del Torrente Marano e dalla Val Conca (entrambi con direzione principale SW-NE), Montescudo si sviluppa sul territorio collinare che porta alla Cima di Montescudo, dopo l'abitato di Coriano, lungo la direttrice della Strada Provinciale n° 41. Il territorio si sviluppa in un intervallo altimetrico compreso tra 150 m e 474 m (Cima di Montescudo), con pendenze, per la maggior parte del territorio comunale, superiore ai 15°.

L'aspetto principale di cui tratta la presente relazione è il rischio sismico: l'area in considerazione è caratterizzata da una media potenzialità sismica, pertanto diventa fondamentale l'impegno per la diminuzione della vulnerabilità delle opere civili.

Da un punto di vista morfologico, il rilievo del colle di Montescudo è controllato dalla struttura anticlinale omonima, con sviluppo di erosione differenziale tra i depositi Miocenici, per lo più Messiniani, che formano l'ossatura della collina e garantiscono le notevoli acclività, ed i circostanti dolci rilievi formati dai depositi pliocenici, dominati da argille non molto consolidate.

L'evoluzione tra il Messiniano ed il Pliocene può essere efficacemente riassunta tramite alcuni schemi, che vengono presentati di seguito. Il settore di Montescudo viene interessato all'inizio del Messiniano, circa 7 Milioni di anni fa, da un impulso di subsidenza legato alla strutturazione dell'avanfossa appenninica, che raggiunge in quell'evento l'attuale configurazione. In Fig. 1, viene presentato uno spaccato cronostratigrafico lungo una sezione ideale trasversale all'Appennino, orientata NE tra Montescudo, Gabicce e l'Adriatico. In essa si vede che il settore di Montescudo si trovava fino al Tortoniano - Messiniano inferiore ai margini dell'avanfossa, in un settore dominato dalla deposizione di emipelagiti di avampaese.

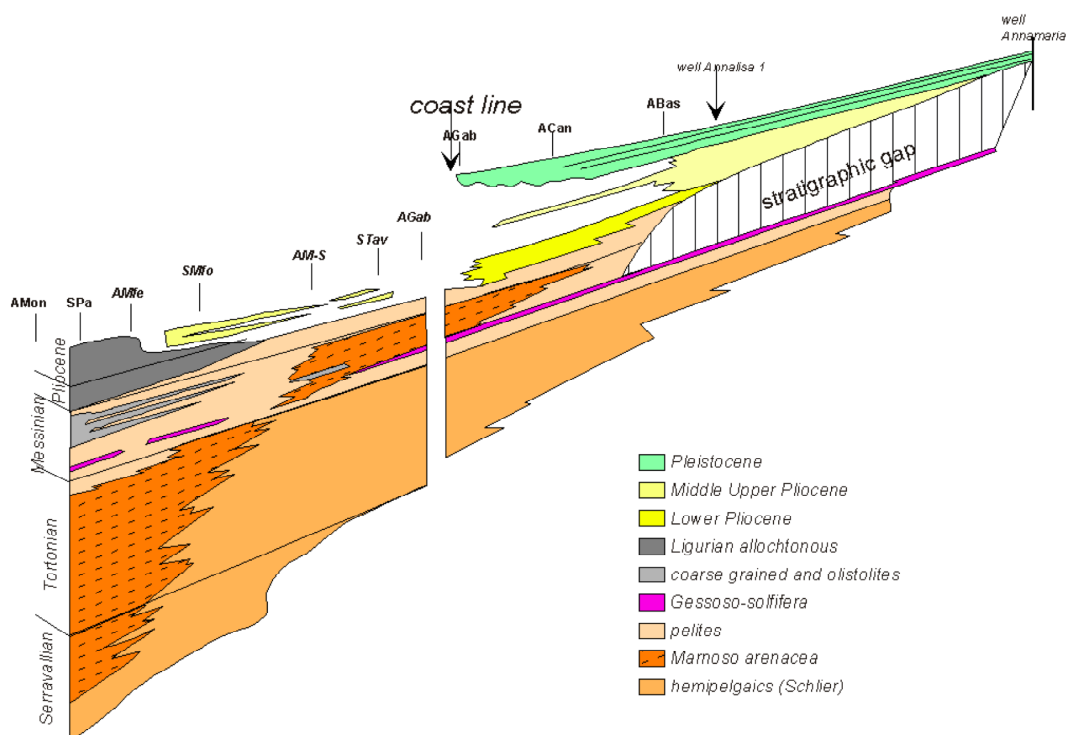


Figura 1 - Rapporti stratigrafici lungo il profilo considerato (semplificato da Zanoli 1998)

La stessa evoluzione vista in pianta in Fig. BVC offre un'idea paleogeografica di come si realizzasse la chiusura all'esterno della zona di accumulo preferenziale delle torbiditi provenienti dalle Alpi (Formazione Marnoso - arenacea). Nel Messiniano il depocentro dell'avanfossa si sposta nell'area di Montescudo, permettendo accumuli ingenti di arenarie torbiditiche, che all'inizio si intercalano ai depositi marnoso - diatomitici tipici del Messiniano inferiore, per poi evolvere in una successione povera di peliti (Tripoli e Formazione di letto). Con la fine del Messiniano, ed il ben noto calo del livello del mare, il settore di Montescudo si viene a trovare in prossimità degli antichi fondali ora emersi (a sudovest), ma è ancora capace di accogliere le grandi quantità di sabbie trascinate dai fiumi alpini in questa avanfossa residua (Formazioni di tetto, di San Donato e Colombacci). Anche dal punto di vista tettonico questo periodo è importante: si viene infatti a strutturare il sovrascorrimento cui è associata l'anticlinale di Montescudo, che poi evolverà per buona parte del Pliocene inferiore. In questo periodo di livello marino ristabilito, si assiste al riempimento dell'avanfossa ad opera di peliti e arenarie alimentate dai fiumi alpini (Argille Azzurre, arenarie di Borello), mentre poco a sud (M. Osteriaccia) sono prevalenti gli apporti appenninici, depositi in condizioni di mare basso.

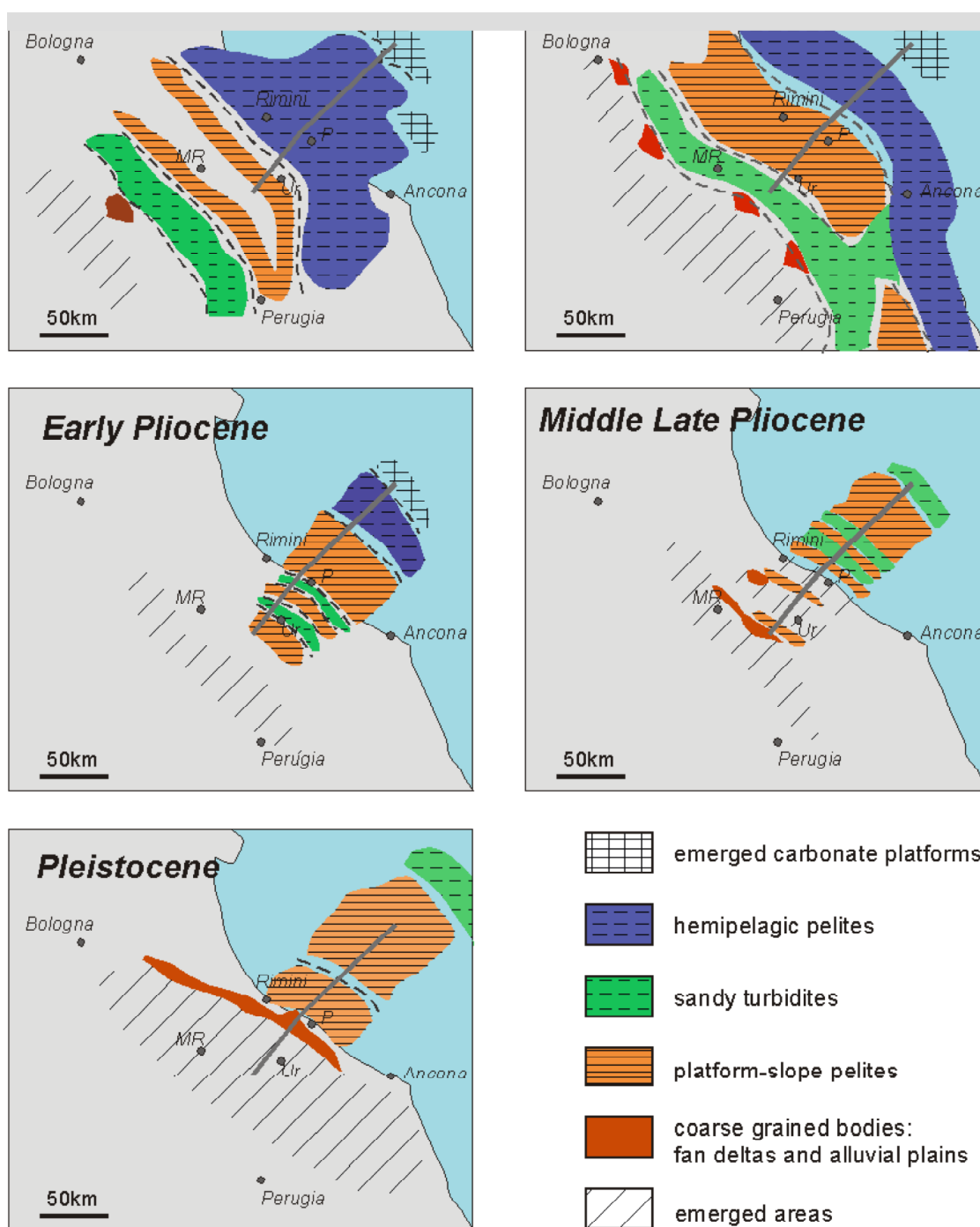


Figura 2 - Evoluzione paleogeografica del profilo (semplificato da Zanoli, 1998)

In questo quadro stratigrafico si interpone l'avanzata della coltre della Val Marecchia, costituita da rocce argillitiche e carbonatiche variamente deformate note come unità Liguridi. Questa coltre ha i caratteri della falda gravitativa, come proposto, tra gli altri da De Feyter (1991), mentre altri autori suggeriscono che faccia parte attiva della catena a pieghe e sovrascorrimenti appenninica. Gli scriventi propendono per la prima opzione, come per altro ricostruito in Zattin et al. (2002).

Da un punto di vista strutturale, l'anticlinale di rampa di Montescudo è collegata con il livello di scollamento basale della catena a pieghe e sovrascorrimenti appenninica, posizionato molto probabilmente alla base dei sedimenti (Anidriti di Burano). Alcuni autori (*Coward et al.*, 1999) ritengono possibile che la catena si sia formata a causa dell'inversione di bacini mesozoici, e che dunque la quantità di raccorciamento sia inferiore. Indipendentemente dai modelli, la situazione attorno all'anticlinale permette di valutare gli aspetti di crescita della struttura durante la sedimentazione del Pliocene inferiore. In Fig. GGH è stato fatto uno schema basato sull'analisi di linee sismiche commerciali, che descrive l'evoluzione della struttura e gli onlap progressivi che ne documentano la crescita durante il Pliocene inferiore. La presenza di un marcato retroscorrimento, che arriva fino alla superficie mentre il sovrascorrimento vergente a NE si mantiene cieco è una delle peculiarità della struttura di Montescudo, e lascia propendere per l'ipotesi di un notevole raccorciamento associato alla struttura.

Dal punto di vista delle strutture attive, poco è noto nel territorio di Montescudo. Per analogia con settori posti nella stessa situazione strutturale dell'Appennino settentrionale, e con l'aiuto della sismicità storica e strumentale, si può sostenere che esso è esposto a possibili terremoti con Magnitudo compresa fra M 5 e M 6. Tuttavia, le strutture della catena descritte in precedenza non sono sismicamente attive, come invece appaiono le faglie normali del sistema di S. Sofia (fiume Bidente). Molto probabilmente in questo momento nell'area di Montescudo sono attive strutture compressive più profonde di 10 km, che non emergono in superficie.

In questo quadro sismotettonico, la legge italiana prevede la necessità di una corretta valutazione dello scuotimento al suolo, nonché degli effetti di sito: le prescrizioni della legge permettono una prima zonazione.

Il territorio di Montescudo non è esente da aspetti legati al rischio idrogeologico e idraulico, soprattutto nella frazione di Trarivi, dove la presenza di una componente argillosa del terreno, il consumo di suolo legato alla forte urbanizzazione (con conseguente impermeabilizzazione e difficile gestione delle acque superficiali) e, infine, l'abbandono delle corrette pratiche di gestione agricola rappresentano elementi di instabilità geomorfologica.

2. Introduzione

L'analisi dei fenomeni macrosismici ha evidenziato la stretta correlazione che sussiste tra le caratteristiche geologiche e geomorfologiche locali e l'entità del danno registrato. Pertanto, per adottare corrette politiche di riduzione del rischio sismico bisogna effettuare studi più approfonditi, la cosiddetta microzonazione sismica. Uno studio con queste finalità, consente di prevedere la distribuzione degli effetti di un terremoto in un'area antropizzata e poter individuare dei criteri di gestione del territorio che abbiano la funzione di mitigare i danni di un evento sismico.

La microzonazione sismica stima la pericolosità e la vulnerabilità sismica di un'area indagata, nell'ottica di poter quantificare il rischio sismico: per questo motivo è indispensabile sapere come la geologia superficiale influisca sulla propagazione delle onde sismiche. Per studiare localmente gli effetti di un terremoto si può far ricorso a metodi sperimentali che registrano il "rumore sismico ambientale" oppure alla simulazione della propagazione delle onde sismiche in modelli del sottosuolo, grazie al contributo di ulteriori elementi (sondaggi geotecnici per esempio).

Per “Pericolosità Sismica” si indica il probabile livello di scuotimento del terreno, in presenza di un evento sismico: la classificazione del territorio è realizzata dal Servizio Sismico Nazionale. Ogni comune del territorio è stato inserito in quattro categorie, ognuna con diversi valori di PGA (picco di accelerazione del suolo). Tale classificazione, non contemplando i possibili effetti di amplificazione dovuti alla copertura sedimentaria superficiale, può essere inadatta per situazioni locali e non essere in grado di rappresentare i parametri che possono portare a gradi di pericolosità sismica assai diversi.

Di conseguenza, la microzonazione sismica rappresenta l’attività svolta ad un livello di dettaglio superiore, in grado di tener conto maggiormente delle condizioni locali. Gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica sono stati definiti dalla Protezione Civile e ulteriormente definiti, per il territorio di Montescudo, attraverso la delibera n° 112/2007, oggetto n° 2131 dell’Assemblea legislativa della regione Emilia-Romagna la quale formula l’atto di indirizzo e coordinamento tecnico per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”.

Oggi, questi studi acquisiscono elevata importanza per la stesura dei Piani Urbanistici Comunali, permettendo una caratterizzazione di aree dettagliate e definendo i criteri tecnico-normativi per la tutela del territorio.

3. Inquadramento sismico

La sismicità della Regione Emilia-Romagna può essere classificata come moderata, in relazione alla sismicità nazionale, tuttavia le caratteristiche di vulnerabilità del patrimonio edilizio determinano un livello di rischio non trascurabile: la magnitudo massima registrata dai sismografi si attesta attorno ai 5,5 – 6° della scala Richter e l’intensità massima registrata è pari all’VIII – IX grado della Scala Mercalli.

La classificazione sismica dei comuni dell’Emilia-Romagna, prevista con ordinanza della P.C.M. n° 3274/2003, attribuisce il valore 2, zona a sismicità media, al Comune di Montescudo, per il quale sono previsti valori di scuotimento (PGA) compresi tra 0.15 e 0.25 g.

Nella figura sottostante viene riportato lo scenario di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna, ottenuto ricostruendo una distribuzione equipotenziale dell’accelerazione orizzontale massima (PGA) per eventi sismici con un periodo di ritorno di 475 anni (standard Eurocode AC-8, 1993). L’approccio bayesiano utilizzato in questo contesto (Viel et al., 2006) dovrebbe arrivare a proporre una pericolosità sismica più cautelativa. L’esito ottenuto mostra come la sismicità sia abbastanza contenuta nelle aree settentrionali ed occidentali della regione, mentre raggiunge valori più elevati nell’area romagnola. L’area di Montescudo si trova a valori di 280 gal (0.28 g), raggiungibili con periodo di ritorno di 475 anni. Come si vede, questa ricostruzione propone valori più elevati (quasi il doppio del massimo) rispetto al *range* proposto dalle ricostruzioni dell’INGV (www.ingv.it) ed adottate a livello normativo. La ragione di queste differenze probabilmente riguarda la statistica utilizzata. Si ritiene utile rimarcare come anche la profondità dello strato sismogenetico sia importante per determinare questi parametri: anche su questo, come accennato nell’introduzione, esistono differenti valutazioni, le cui conseguenze sono ben rappresentate da queste discrepanze nei valori di PGA.

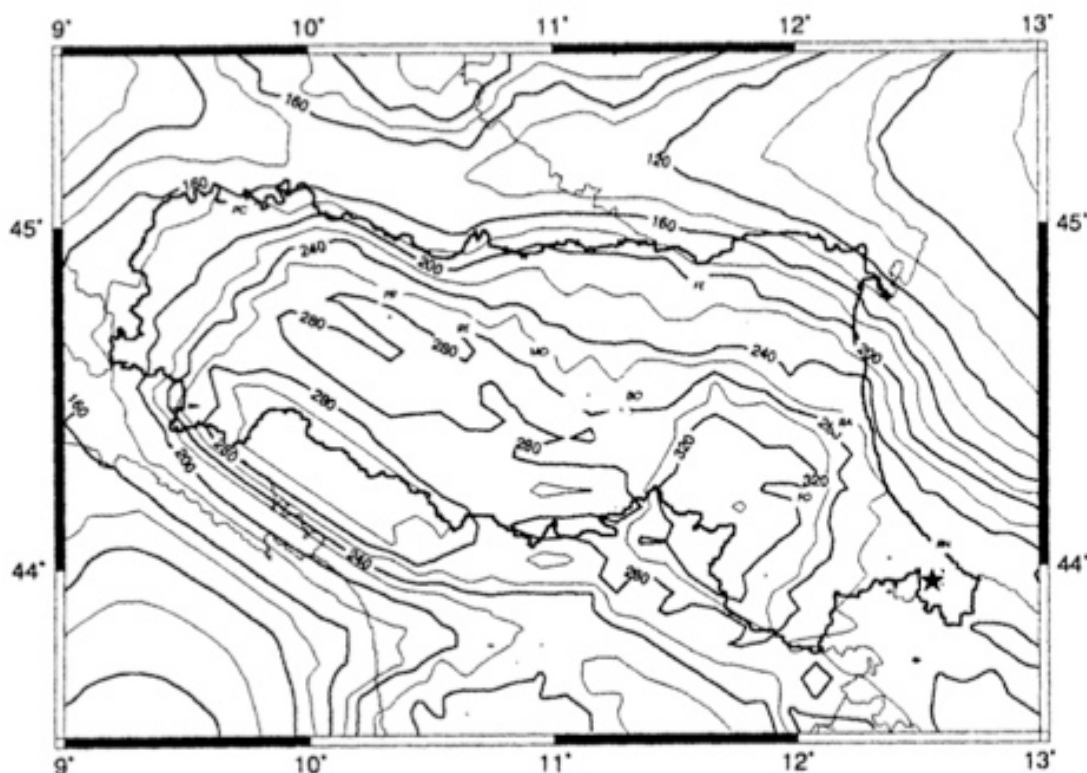


Figura 3 - Scenario di pericolosità sismica ricostruito in termini di PGA (gal) con periodo di ritorno di 475 anni, analisi con approccio bayesiano, tratto da Viel et alii, 2006. La posizione di Montescudo è indicata dalla stella.

4. Quadro di riferimento normativo

Le principali normative che impongono alla Regione Emilia-Romagna la predisposizione di studi e indirizzi da applicare in sede di pianificazione urbanistica per la riduzione del rischio sismico che richiedono indagini geologiche nelle zone classificate sismiche, per la definizione della pericolosità sismica e per la realizzazione di appositi studi di riferimento sono:

- **L.R. 49/1995**, “Modifiche e integrazioni alla L.R. 19 giugno 1984, n° 35, recante norme per lo snellimento delle procedure per le costruzioni in zone sismiche”;
- **L.R. 20/2000**, “Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio”;
- **L.R. 31/2002**, “Disciplina generale dell’edilizia, art. 37 “Parere sugli strumenti di pianificazione urbanistica nelle zone sismiche”;
- **Delibera G.R. 1435/2003**, “Prime disposizioni di attuazione dell’ordinanza PCM n° 3274/2003” recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- **Delibera G.R. 1677/2005**, “Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005” recante “Norme tecniche per le costruzioni”;
- **Delibera G.R. 2131/2007**, “Approvazione dell’atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio” in merito a “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”;

- **L.R. 19/2008**, “Norme per la riduzione del rischio sismico e documenti correlati”;
- **L.R. 23/2009**, “Norme in materia di tutela e valorizzazione del paesaggio, modifica della legge regionale 24 marzo 2000, n°20 (Disciplina generale sulla tutela e l’uso del territorio) e norme transitorie in merito alla legge regionale 30 ottobre 2008, n°19 (Norme per la riduzione del rischio sismico)”.

5. Microzonazione sismica

5.1. Area di studio

Come già accennato nell’introduzione, l’assetto geologico di Montescudo è dominato dalla presenza della anticlinale interrotta da un retroscorrimento, che coinvolge i terreni di avanfossa miocenico superiori – pliocenici, mentre più a sudovest affiorano i depositi Liguridi della coltre della Val Marecchia, con le loro coperture epiliguridi. Le Marne tripolacee, presenti sulla Cima di Montescudo, rappresentano la porzione più elevata del rilievo, ai cui piedi si trovano le Argille Azzurre che rappresentano la formazione geologica su cui sorge la frazione di Trarivi. Nell’insieme, il Comune di Montescudo è inserito in zona 2 dall’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003. Lo scenario di scuotimento previsto, con possibilità di superamento del 10% in 50 anni, è di 0.25 g come accelerazione orizzontale massima su substrati dotati di Vs (Velocità delle onde sismiche secondarie) > 800 m/sec. Scopo della caratterizzazione microsismica, quindi è di fornire dati che permettano di valutare il comportamento geotecnico dei terreni superficiali, in modo da implementare i valori indicati dalla normativa nazionale con quelli misurati direttamente sul terreno.

Un’analisi del territorio attraverso la microzonazione sismica si prefigge il duplice compito di fornire una documentazione cartografica di dettaglio con un formato immediatamente utilizzabile da parte dei diretti interessati, e di raccogliere i dati geologici, geotecnici e sismici in grado di aumentare le informazioni necessarie per la microzonazione.

5.2. Dati acquisiti

Il lavoro di caratterizzazione delle aree per cui è stata richiesta microzonazione sismica è consistito in un censimento iniziale di tutte le fonti bibliografiche a disposizione, riguardanti sondaggi e penetrometrie svolte da società di consulenze geologiche per conto di costruttori edili: con queste informazioni, unite alle conoscenze dell’area geologica di Montescudo, è stato possibile effettuare un primo inquadramento litologico dei punti di riqualificazione urbana, come da accordi previsti nel disciplinare d’incarico. Individuati i punti sul territorio comunale, si è passati ad un rilievo di maggiore dettaglio utilizzando una prova geotecnica di uso corrente quale la *sismica passiva* adottando l’HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) per la misura del rumore sismico con la valutazione delle frequenze di risonanza dei terreni. Questa metodologia di acquisizione dati è conosciuta anche come “tecnica Nakamura”: tale metodologia è stata introdotta da Nogoshi e Igarashi (1971) sulla base degli studi di Kanai e Tanaka del 1961. Le prove sono state compiute in corrispondenza di prove (sondaggi e penetrometrie) geomeccaniche o di affioramenti significativi tramite i quali la stratigrafia del sottosuolo analizzato si può dire sufficientemente nota.

Aspetti teorici

Questa tecnica si basa essenzialmente sul rapporto spettrale H/V di rumore ambientale (*seismic noise*) e permette di valutare gli effetti locali di sito.

La tecnica proposta da Nakamura assume che i microtremori (il cosiddetto rumore di fondo registrabile in qualunque momento posizionando un sensore sismico sul terreno) consistano principalmente di un tipo di onde superficiali le onde di Rayleigh, che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito.

Per l'applicazione e l'interpretazione di questa tecnica è fondamentale una buona conoscenza della sismologica combinata con un *background* di informazioni relative alla geologia, geofisica e geotecniche del sito.

Questa tecnica presenta il vantaggio di poter essere adoperata pressoché ovunque, purché siano garantite l'assenza di forti vibrazioni indotte da attività umane nelle vicinanze del punto di misura.

Il metodo è generalmente applicato per studi di microzonazione e per valutare la risposta sismica locale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

Per la definizione dell'azione sismica si può anche fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 1).

Tabella 1 - Categorie di sottosuolo (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003)

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2 di seguito indicate (Tab. 2), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 2 - Categorie aggiuntive di sottosuolo (Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003)

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

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione:

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

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

Il sito verrà classificato sulla base del valore di V_{s30} .

Le basi teoriche dell'HVSR in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (una dimensione) è abbastanza semplice. Si consideri un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati, e questa una volta riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato.

In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = V_{p1}/(4h)$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = V_{s1}/(4h)$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo, insieme ad una stima della velocità, è in grado di fornire previsioni sullo spessore h degli strati.

Questa informazione è per lo più contenuta nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto degli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per *a)* il contenuto in frequenza, *b)* la risposta strumentale e *c)* l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Si rileva inoltre come i microtremori siano solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh (Lachet e Bard, 1994).

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S. L'applicabilità pratica della semplice formula [2] è stata già dimostrata in molti studi sia nell'ambito delle prospezioni geofisiche che nell'ambito ingegneristico.

Poiché la situazione illustrata è tipica delle coltri sedimentarie sovrastanti basamenti rocciosi, il metodo HVSR è parso immediatamente applicabile alla determinazione dello spessore delle coltri sedimentarie (Ibs-Von Seht e Wohleberg, 1999).

La misura prevede la registrazione, senza utilizzo di alcun strumento di energizzazione del terreno, del microtremore sismico ambientale nel dominio del tempo, sulle tre componenti dello spazio attraverso il posizionamento di adeguati strumenti sismometrici costituiti da sensori tridimensionali.

Per queste misure è sconsigliato l'impiego di accelerometri, non sufficientemente sensibili a frequenze inferiori a 1 Hz, né accelerometri sismologici.

Essendo la stabilità una caratteristica fondamentale non sono impiegabili sismometri broadband con periodo naturale > 20 sec. in quanto richiedono lunghi tempi di stabilizzazione, come non sono raccomandabili sensori con frequenza naturale inferiore alla più bassa frequenza di interesse.

Indicativamente la frequenza di sito è funzione diretta della vicinanza del bedrock dalla superficie topografica e della rigidità dei materiali.

Per l'installazione lo strumento sarà da orientare secondo le direzioni geografiche (E e W) e dovrà essere dotato di bolla sferica per il posizionamento mentre l'accoppiamento con la superficie dovrà essere diretto o assicurato con piedini o puntazze in terreni morbidi.

Sarà da fare attenzione alla presenza di radici, sottoservizi, vicinanza edifici, vento ecc. in quanto creano disturbo nel segnale H/V inducendo una forte perturbazione a bassa frequenza.

Per uno studio di risposta di sito è consigliabile effettuare almeno tre misure per punto, possibilmente in tempi diversi durante la giornata, da cui derivare il valore di frequenza di risonanza.

La strumentazione di acquisizione presenta le seguenti specifiche:

1. Trasduttori tricomponenti (N-S, E-W, verticale) a bassa frequenza ($< 1-2$ Hz);
2. Amplificatori;
3. Digitalizzatore;
4. Frequenza di campionamento: > 50 Hz;
5. Convertitore A/D (analogico digitale) a 24 bit;
6. Durata registrazione: > 10 minuti;
7. Collegamento al tempo GPS per la referenziazione temporale.

L'elaborazione dei dati raccolti impiega un software (**Geopsy**) in grado di consentire la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo mediante la tecnica dei rapporti spettrali secondo le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations, 2005).

Il processing dei dati verte sul rapporto spettrale tra il segnale del sensore verticale e quelli orizzontali operando su finestre di selezione del segnale che dovranno essere non meno di 10 per un segnale complessivo utile non inferiore a 200-400 secondi.

I principali passi del processing sono i seguenti:

1. FFT (incluso il tapering);
2. Operatore di Smoothing (Konno & Ohmachi);
3. Merging dei componenti orizzontali;
4. H/V Spectral Ratio per ogni finestra utilizzata (>10);
5. Media degli spettri H/V;
6. Valutazione della deviazione standard.

Le risultanze dell'elaborazione sono presentate mediante graficazione dei rapporti spettrali H/V delle varie componenti indicando il massimo del rapporto HVSR nel valore di f_0 - Frequenza/e di risonanza e la sua deviazione standard.

1. I criteri di attendibilità della misura;
2. I criteri di validità del picco di f_0 ;
3. I valori di soglia delle condizioni di stabilità;
4. Analisi dei criteri in particolare con verifica rispetto alla frequenza del sensore ed alla presenza di rumore di origine industriale;
5. Interpretazione di f_0 e dello spettro H/V nei termini di caratteristiche del sito.

Per quanto riguarda la prima la mappatura delle frequenze principali di risonanza permette di valutare il grado di omogeneità sulla risposta di sito relativamente alle frequenze dei materiali di sito.

L'analisi di queste permette di definire il campo delle frequenze significative di risonanza da utilizzare direttamente nella progettazione degli edifici.

L'assunzione di base è che, per un modello di sottosuolo monodimensionale (stratificazione piana e parallela) costituito da sedimenti soffici sovrastanti il substrato, la frequenza di risonanza f_r dovuta alla propagazione di onde S incidenti perpendicolarmente la base del substrato è data dalla relazione:

$$f_r = \frac{V_s}{4Z}$$

dove Z è lo spessore dello strato di sedimenti e V_s dipende dalla velocità delle onde di taglio al suo interno.

In base a tale relazione, quindi, a partire da valori misurati di f_r e V_s è possibile stimare lo spessore della coltre sedimentaria di un bacino.

Tuttavia non essendo sempre presente la misura di V_s come profilo sismico fino al bedrock geofisico allora si può far riferimento alla relazione Ibs-von Seht e Wohlenberg (1999).

Poiché l'andamento del log in V_s in terreni sedimentari è principalmente regolato dall'incremento del modulo di rigidezza al crescere della pressione di confinamento e quindi della profondità, a partire dai valori di V_s per la porzione più superficiale del terreno, è

possibile estrapolare l'andamento delle V_s a profondità più elevate tramite l'impiego di relazioni empiriche.



Figura 4 - Immagine dello strumento utilizzato per l'acquisizione dati

5.3. Schede tecniche

Di seguito vengono riportate le schede di microzonazione sismica per le aree indagate: per ogni area è presente una cartografia planimetrica del punto in cui è stata effettuata la rilevazione, un'immagine da foto aerea (o satellitare) dell'ubicazione del punto, il certificato di ciascuna prova HVSR effettuata e la stima della velocità delle onde di taglio delle prove realizzate.

Complessivamente sono state effettuate n° 6 prove di sismica passiva.

I punti indagati hanno assunto la seguente denominazione:

- "Trarivi 1";
- "Trarivi 2";
- "Torniano";
- "Ca Marco 1";
- "Ca Marco 2";
- "Albereto".



Figura 5 - Ubicazione delle prove di microzonazione sismica, Comune di Montescudo

5.4. Microzonazione sismica area "Trarivi 1"

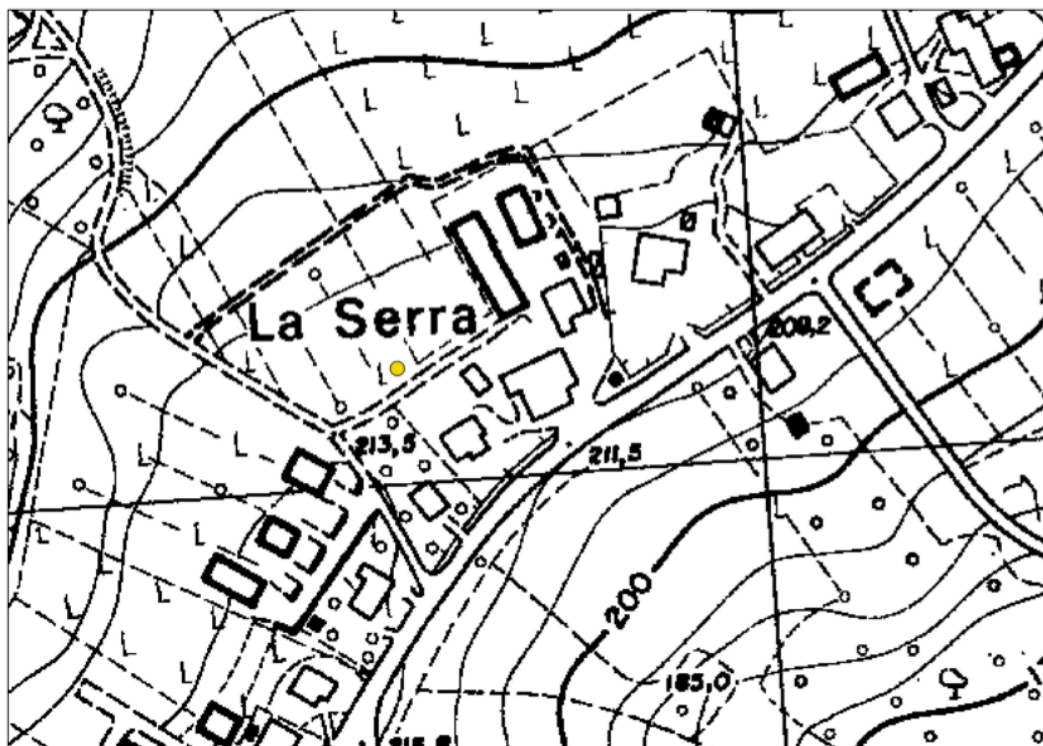


Figura 6 - Ubicazione prova area "Trarivi 1" (carta 1:5000)



Figura 7 - Immagine da Google Earth area "Trarivi 1" con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

Nell'area denominata "Trarivi 1" è stata effettuata una prova di microzonazione sismica. Quest'area è risultata caratterizzata dalla presenza di prove geognostiche, consistenti in CPT a punta media: dall'escursione svolta sul posto è emerso che i primi 2 metri di profondità del terreno sono caratterizzati dalla presenza di regolite, a base argillosa, rimescolato dall'attività antropica e da fenomeni di bioturbazione. Il materiale pertanto presenta una forte incoerenza. Dopo i primi 2 m, vista la posizione di cresta in cui si trova, il primo substrato presenta una profondità abbastanza notevole, tra i 10 ed i 12 metri circa.



Figura 8 - Punto di acquisizione dati stazione "Trarivi 1"

Stazione "Trarivi 1": certificato prova n° 245

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

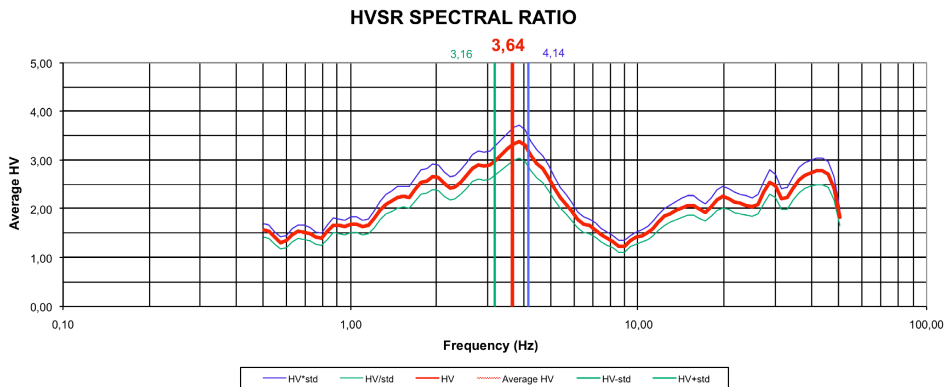
N° PROVA 245

LOCALITA' DATA Trarivi 1 - Montescudo - RN
16/01/2012

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace length	20 m
Sampling frequency	200 Hz

PROCESSING DATA	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	32

Max HVSr 3,64 ± 0,48 Hz.



Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]			
f0	3,64		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	3,64 > 10/20	<input checked="" type="checkbox"/>	
nc (f0) > 200	5168,8 > 200	<input checked="" type="checkbox"/>	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times	<input checked="" type="checkbox"/>	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f' in [f0/4, f0] AH/V(f') < A0/2	1,15 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>	
Exists f'' in [4f0, f0] AH/V(f'') < A0/2	6,45 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>	
A0 > 2	3,38 > 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	0,23132 < 0,05		<input checked="" type="checkbox"/>
σf < ε(f0)	0,4882 < 0,182		<input checked="" type="checkbox"/>
σA(f0) < θ(f0)	0,77505 < 1,58	<input checked="" type="checkbox"/>	

Lw	Window lenght
nw	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f'	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f') < A0/2
f''	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f'') < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

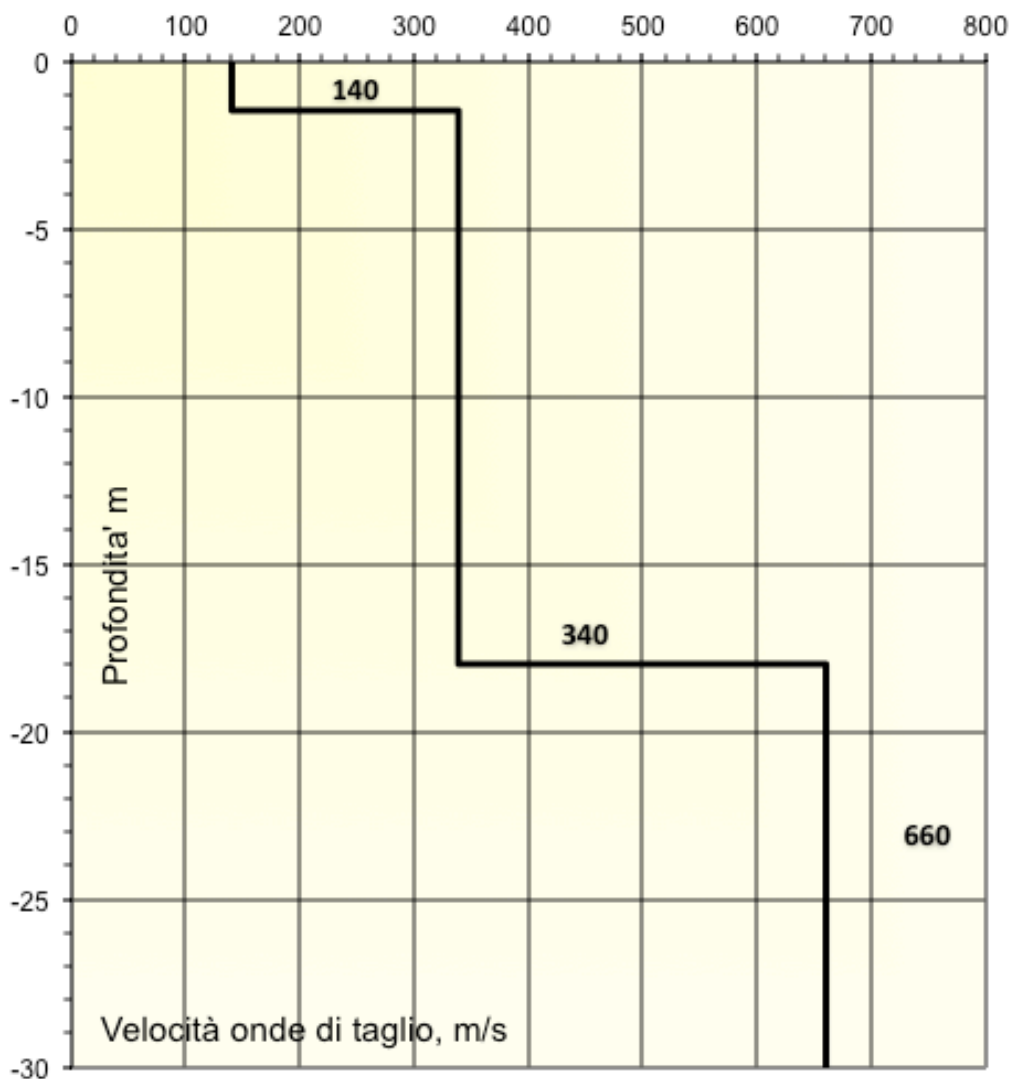
In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Trarivi 1"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -

Trarivi 1 - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 387$ m/sec

Cat. Suolo B

5.5. Microzonazione sismica area "Trarivi 2"

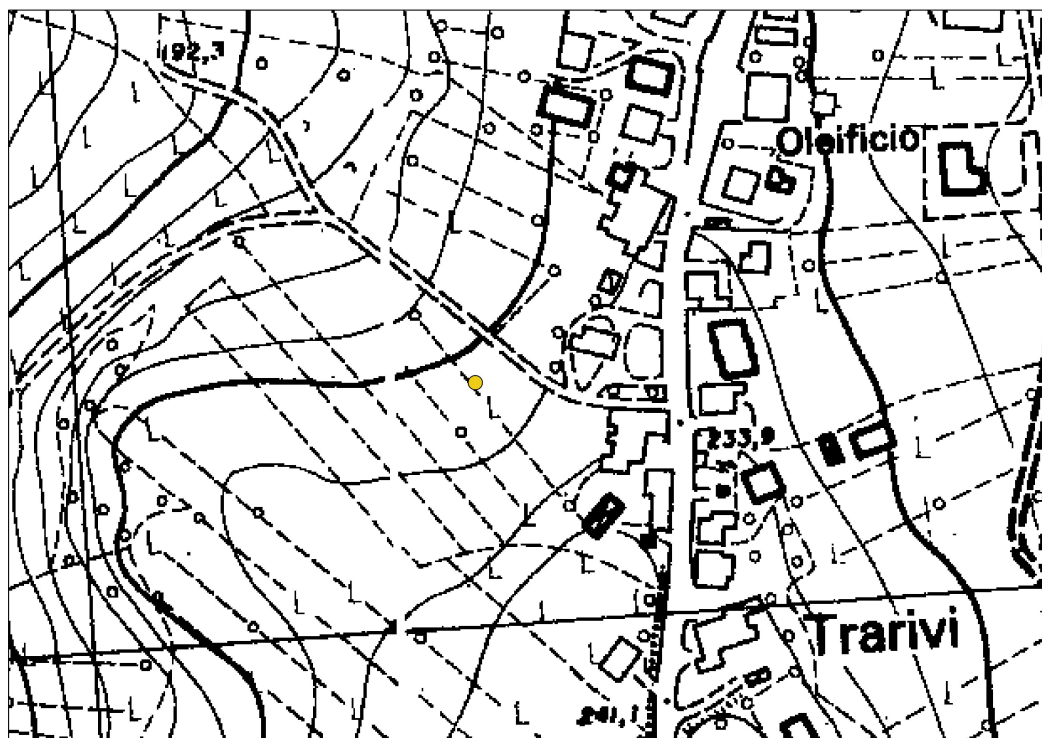


Figura 9 - Ubicazione prova area "Trarivi 2" (scala 1:5.000)



Figura 8 - Immagine da Google Earth area "Trarivi 2" con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

Nell'area denominata "Trarivi 2" è stata effettuata una prova di microzonazione sismica. Quest'area è risultata caratterizzata dalla presenza di prove geognostiche, consistenti in CPT a punta media: dall'escursione svolta sul posto è emerso che i primi 2 metri di profondità del terreno sono caratterizzati dalla presenza di regolite, a base argillosa, rimescolato dall'attività antropica e da fenomeni di bioturbazione. Il materiale pertanto presenta una forte incoerenza. Dopo i primi 2 m, si incontra il primo substrato, immergente di circa 15° molto evidente anche in fig. 13 in direzione NNE: complessivamente, la stratificazione in quest'area presenta questo andamento. Il substrato presenta un'alternanza di arenarie grossolane (di colore giallo-ocra) e peliti marnose che si possono presentare laminate. Il regolite è pedogenizzato, come documenta la presenza dei calcinelli, indice della zona di oscillazione della falda. Infine, l'area dove si è svolta la prova di microzonazione sismica si trova in una conca, dove ci si aspetta la presenza di materiale colluviale.



Figura 9 - Punto di acquisizione dati stazione "Trarivi 2"



Figura 10 - Immagine dell'immersione a 15° in direzione NNE

Stazione "Trarivi 2": certificato prova n° 246

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

N° PROVA 246

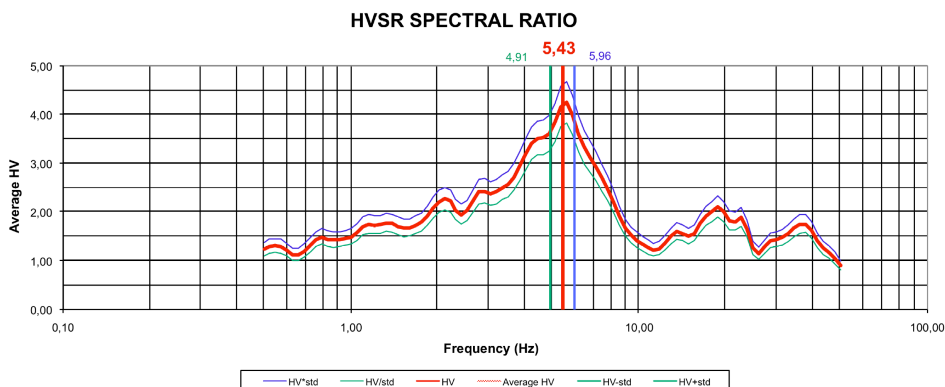
LOCALITA' DATA Trarivi 2 - Montescudo - RN 16/01/2012

PROCESSING DATA

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace length	20 m
Sampling frequency	200 Hz

Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	32

Max HVSr 5,43 ± 0,52 Hz.



Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]			
f0	5,43		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	5,43 > 10/20	<input checked="" type="checkbox"/>	
nc (f0) > 200	7710,6 > 200	<input checked="" type="checkbox"/>	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of	<input checked="" type="checkbox"/>	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz	100 times		

Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f in [f0/4, f0] AH/V(f) < A0/2	2,54 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>	
Exists f' in [4f0, f0] AH/V(f') < A0/2	8,53 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>	
A0 > 2	4,25 > 2	<input checked="" type="checkbox"/>	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	0,18662 < 0,05		<input checked="" type="checkbox"/>
σf < ε(f0)	0,52309 < 0,2715		<input checked="" type="checkbox"/>
σA(f0) < θ(f0)	0,65001 < 1,58	<input checked="" type="checkbox"/>	

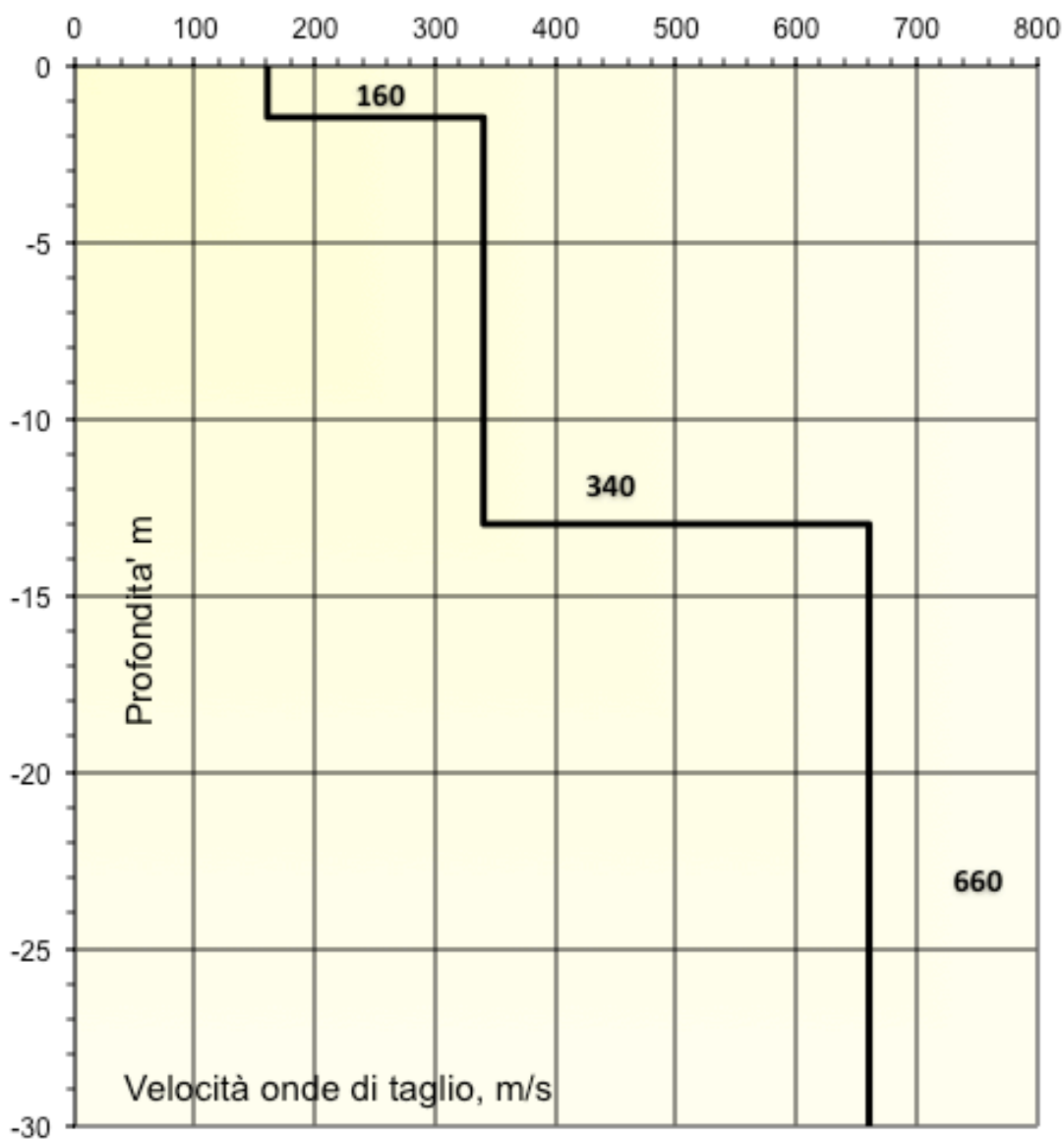
Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f'	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f') < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogHV(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogHV(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Trarivi 2"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO
- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -
Trarivi 2 - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 435$ m/sec

Cat. Suolo B

5.6. Microzonazione sismica area "Torgnano"

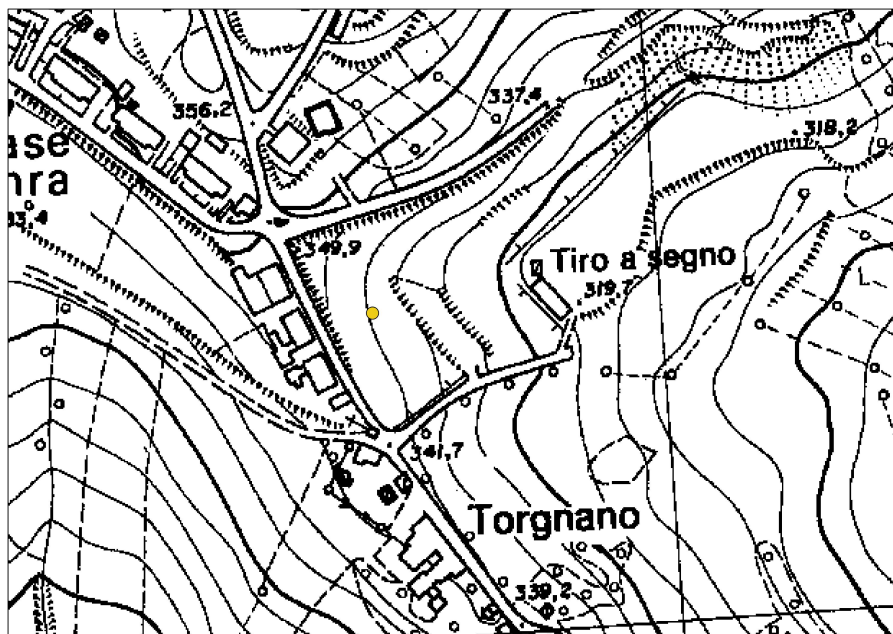


Figura 11 - Ubicazione prova area "Torgnano" (scala 1:5000)



Figura 12 - Immagine da Google Earth area "Torgnano" con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

Nell'area denominata "Torgnano" è stata effettuata una prova di zonazione sismica. Il processo di formazione litologica del profilo è differente rispetto a quello riscontrato nella frazione di Trarivi, poiché in quest'area subentra la formazione litologica delle Marne tripolacee, che presentano una colorazione bianca, con presenza di diatomiti, mantenendo un'untuosità al tatto. Il regolite risulta meno argilloso in virtù del fondo carbonatico. Il substrato alterato è stato osservato nel punto a meno di un metro di profondità dal piano campagna.



Figura 13 - Punto di acquisizione dati stazione "Torgnano"

Stazione "Torgnano": certificato prova n° 247

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

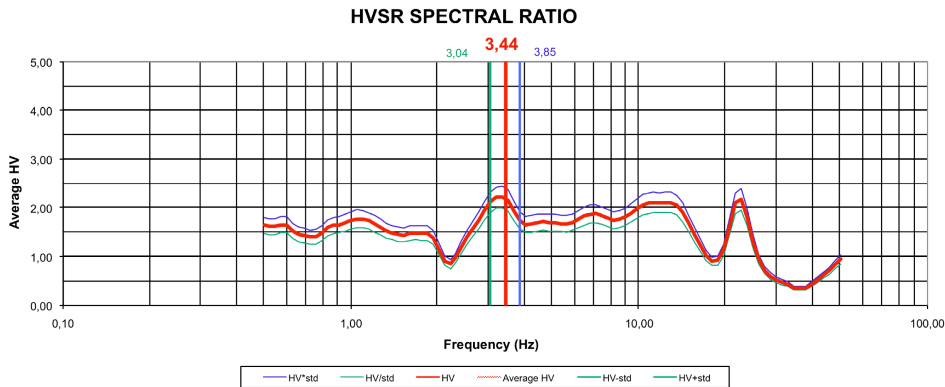
N° PROVA 247

LOCALITA' Torniano - Montescudo - RN
DATA 16/01/2012

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace length	20 m
Sampling frequency	200 Hz

PROCESSING DATA	
Windows length (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	24

Max HVSR 3,44 ± 0,4 Hz.



Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
f0	3,44		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	3,44 > 10/20		✓
nc (f0) > 200	4884,8 > 200		✓
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times		✓
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f' in [f0/4, f0] AH/V(f') < A0/2	2,32 Hz		✓
Exists f'' in [4f0, f0] AH/V(f'') < A0/2	0 Hz		✗
A0 > 2	2,22 > 2		✓
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-0,0729199999999999 < ε		✓
σf < ε(f0)	0,40592 < 0,172		✗
σA(f0) < θ(f0)	0,57064 < 1,58		✓

Lw	Window length
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f'	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f') < A0/2
f''	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f'') < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogHV(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogHV(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

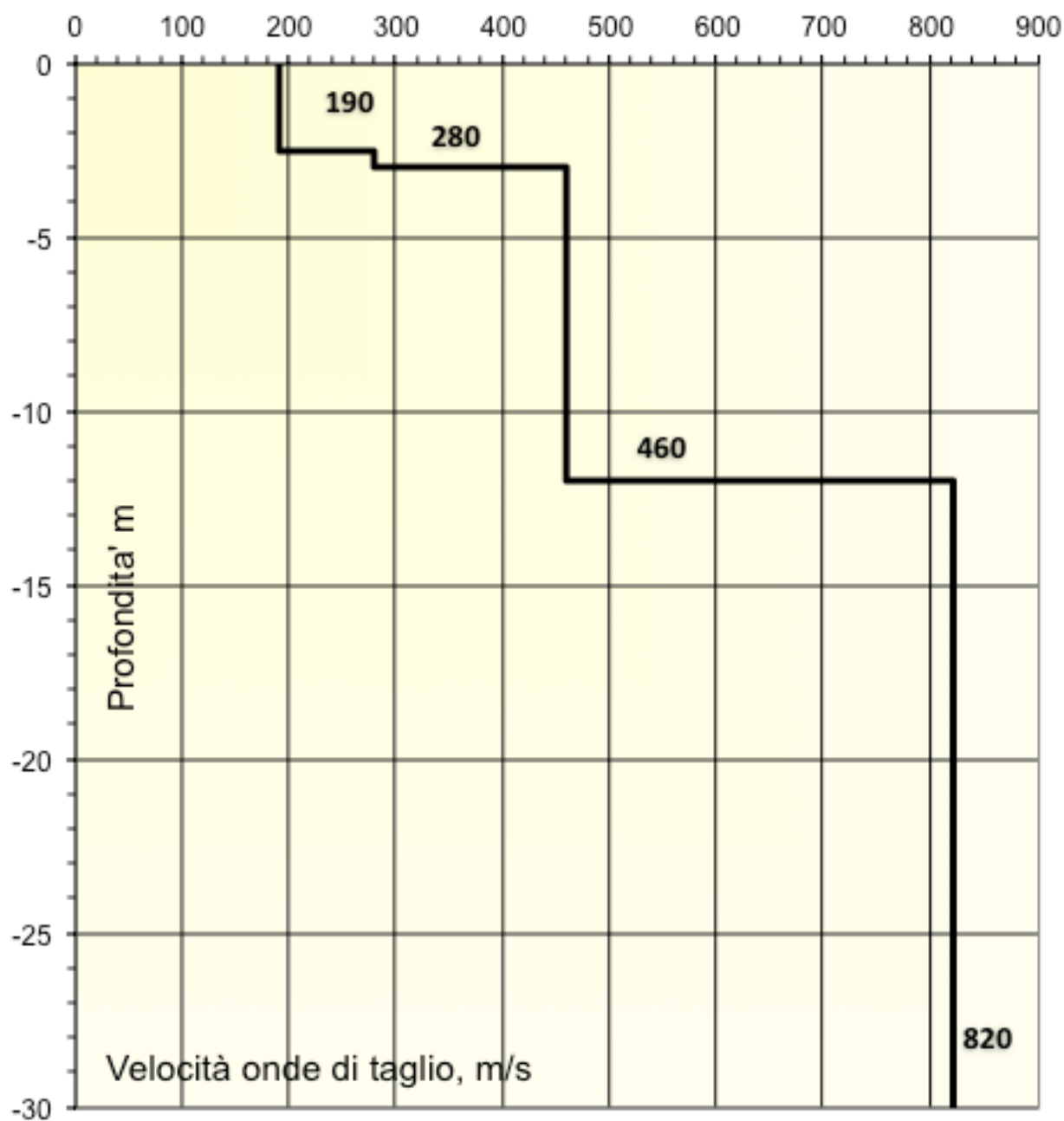
In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Torniano"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -

Torniano - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 531 \text{ m/sec}$

Cat. Suolo B

5.7. Microzonazione sismica area "Ca Marco 1"

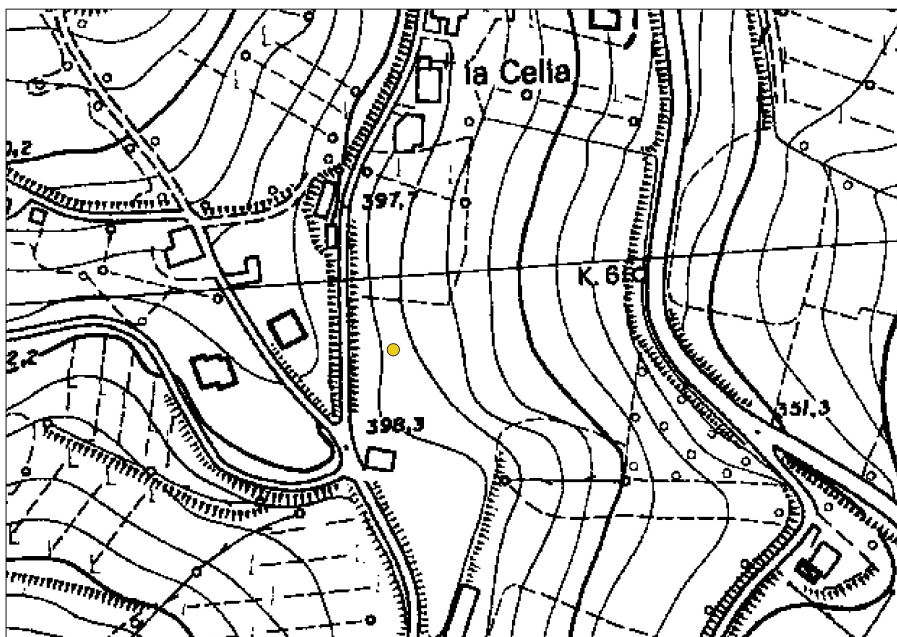


Figura 14 - Ubicazione prova area "Ca Marco 1" (scala 1:5000)



Figura 15 - Immagine da Google Earth area "Ca Marco 1" con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

L'area è posizionata sul versante che volge ad Est, in una porzione di territorio a Sud della frazione capoluogo di Montescudo e che recentemente ha visto la realizzazione di alcuni edifici ad uso residenziale. L'indagine di microzonazione sismica ha evidenziato delle basse velocità delle V_{s30} . Le motivazioni all'origine di questo valore possono essere molteplici, ma si esclude l'errore strumentale, poiché confermato anche da un'ulteriore prova effettuata *in situ*. L'osservazione sul posto ha permesso di evidenziare la presenza del substrato non troppo distante dal piano campagna. Il suolo si presenta povero in argilla. Dunque una possibile spiegazione è che la roccia stessa sia in quest'area particolarmente fratturata e detensionata.



Figura 16 - Punto acquisizione dati stazione "Ca Marco 1"

Stazione "Ca Marco 1": certificato prova n° 248

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

N° PROVA 248

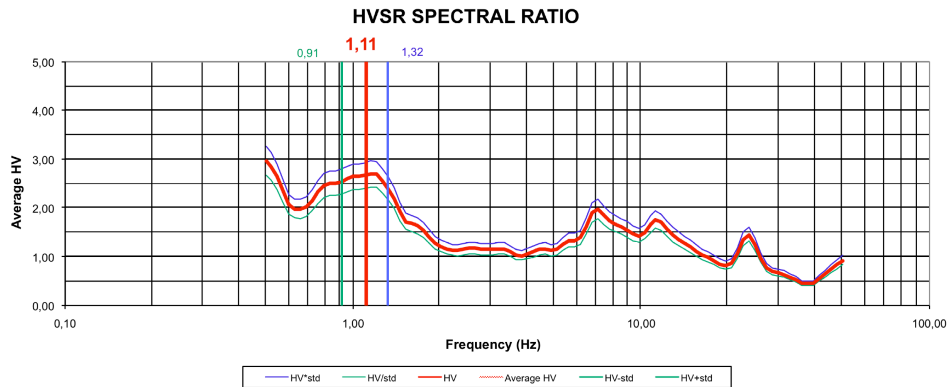
LOCALITA' DATA Ca Marco 1 - Montescudo - RN 16/01/2012

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace lenght	20 m
Sampling frequency	200 Hz

PROCESSING DATA

Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	23

Max HVSR 1,11 ± 0,2 Hz.



Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
f0	1,11		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	1,11 > 10/20		✓
nc (f0) > 200	1576,2 > 200		✓
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times		✓
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz			

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f in [f0/4, f0] AH/V(f-) < A0/2	0 Hz		✗
Exists f* in [4f0, f0] AH/V(f*) < A0/2	0 Hz		✗
A0 > 2	1,96 > 2		✗
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	5,97737 < 0,05		✗
σf < ε(f0)	0,202529 < 0,111		✗
σA(f0) < θ(f0)	0,68547 < 1,78		✓

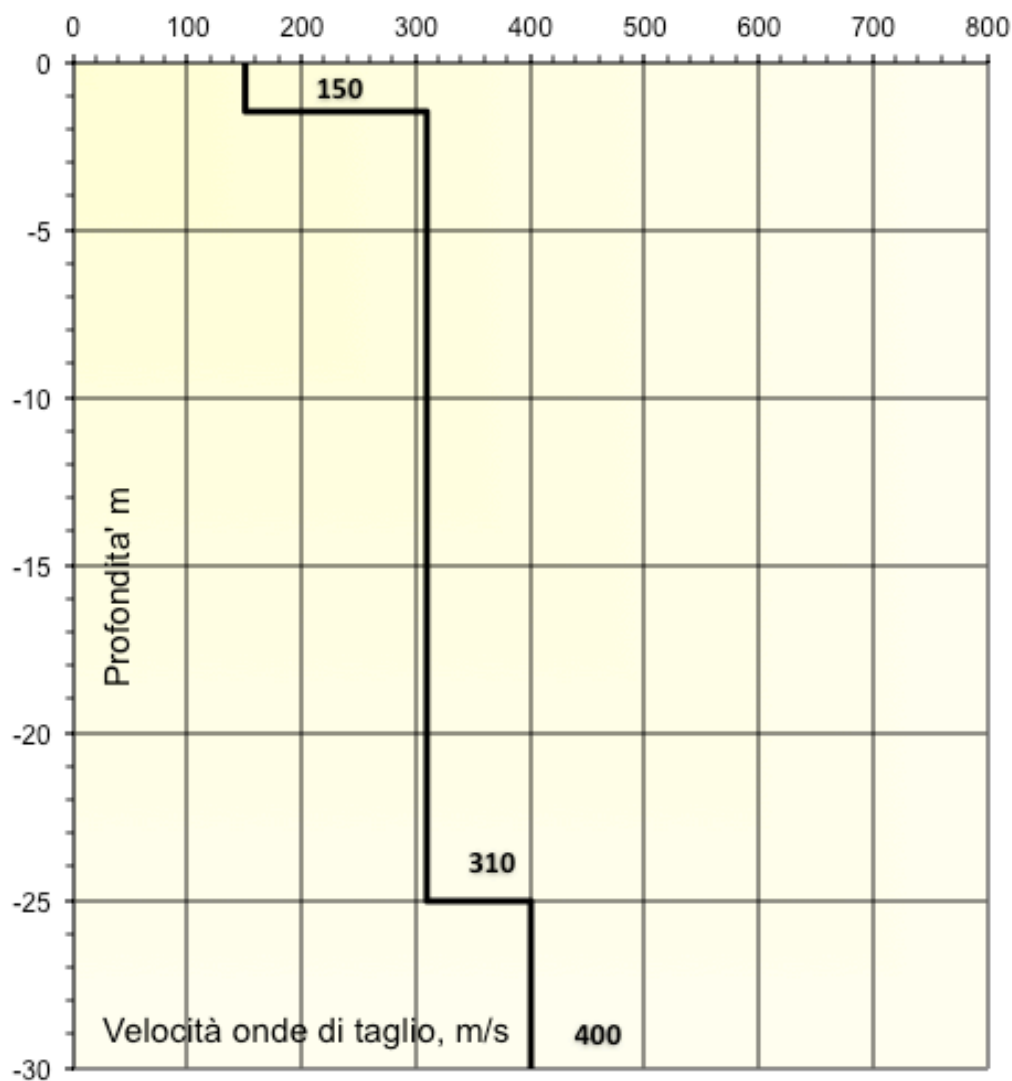
Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f*	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f*) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogHV(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Threshold value for σf and σA(f0)					
Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogHV(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Ca Marco 1"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO
- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -
Ca Marco 1 - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 305$ m/sec

Cat. Suolo C

5.8. Microzonazione sismica area "Ca Marco 2"

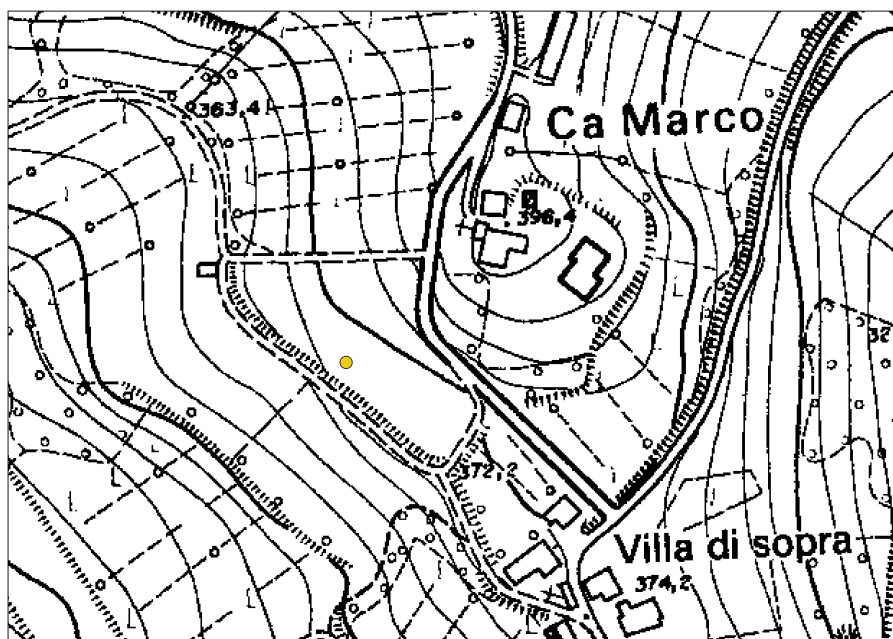


Figura 19 - Ubicazione prova area "Ca Marco 2" (scala 1:5000)



Figura 17 - Immagine da Google Earth area "Ca Marco 2", con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

L'area è posizionata sul versante che volge a Sud-Ovest, non troppo distante dal sito dove è stata effettuata la prova "Ca Marco 1", in una porzione di territorio con recente piantumazione di piante d'olivo. L'indagine di microzonazione sismica ha evidenziato delle velocità delle V_{s30} in linea con la tipologia di stratigrafia individuata nell'area e caratterizzata dalla presenza di un substrato roccioso molto vicino al piano campagna. Anche qui, il suolo si presenta completamente assente da argilla.



Figura 18 - Punto acquisizione dati stazione "Ca Marco 2"

Stazione "Ca Marco 2": certificato prova n° 250

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

N° PROVA 250

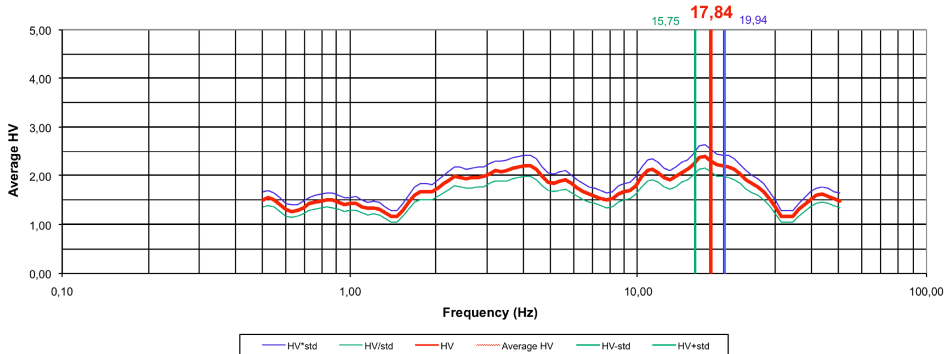
LOCALITA' DATA Ca Marco 2 - Montescudo - RN 16/01/2012

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace lenght	20 m
Sampling frequency	200 Hz

PROCESSING DATA	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	31

Max HVSr 17,84 ± 2,09 Hz.

HVSr SPECTRAL RATIO



Criteria for a reliable HVSr curve [All 3 should be fulfilled]		
f0	17,84	
Lw	20	
nw	71	
f0 > 10 / Lw	17,84 > 10/20	<input checked="" type="checkbox"/>
nc (f0) > 200	25332,8 > 200	<input checked="" type="checkbox"/>
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times	<input checked="" type="checkbox"/>
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz		

Criteria for a clear HVSr peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]		
Exists f in [f0/4, f0] AH/V(f) < A0/2	0 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>
Exists f' in [4f0, f0] AH/V(f') < A0/2	32,89 Hz	<input checked="" type="checkbox"/>
A0 > 2	2,4 > 2	<input checked="" type="checkbox"/>
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-0,6877 < 0,05	<input checked="" type="checkbox"/>
σf < ε(f0)	2,0957 < 0,892	<input checked="" type="checkbox"/>
σA(f0) < θ(f0)	0,355675 < 1,58	<input checked="" type="checkbox"/>

Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f'	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f') < A0/2
f''	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f'') < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogAH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogHV(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

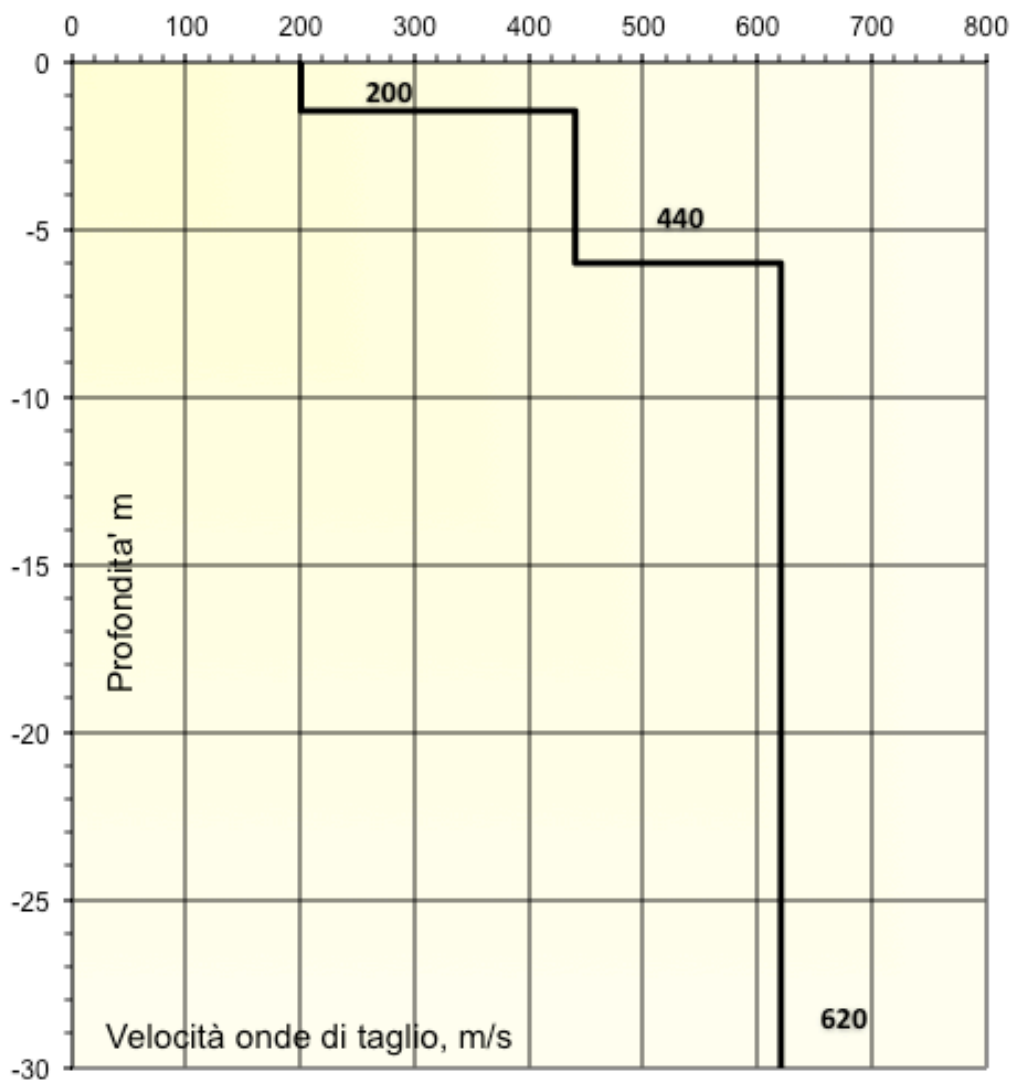
In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Ca Marco 2"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -

Ca Marco 2 - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 532$ m/sec

Cat. Suolo B

5.9. Microzonazione sismica area "Albereto"

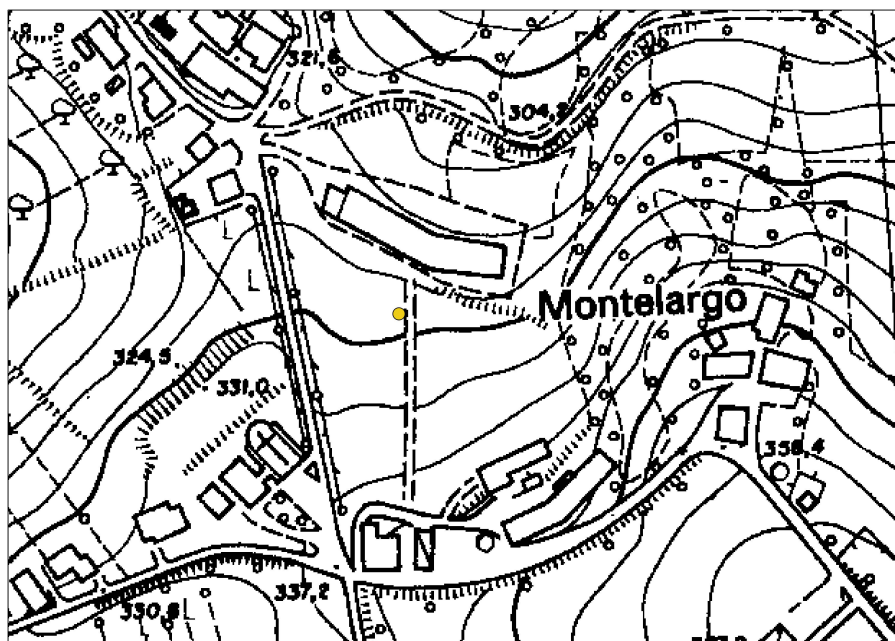


Figura 19 - Immagine ubicazione prova area "Albereto" (scala 1:5000)



Figura 20 - Immagine da Google Earth area "Albereto" con ubicazione prova

Informazioni stratigrafiche

L'area è posizionata sulla porzione di territorio comunale più ad Ovest, in prossimità del confine con la Repubblica di San Marino. La ricostruzione del profilo stratigrafico non ha destato particolare complessità vista la presenza della formazione delle Marne tripolacee, ben strutturate immediatamente sotto al piano campagna.



Figura 21 - Punto acquisizione dati stazione "Albereto"

Stazione "Albereto": certificato prova n° 251

COMMITTENTE Dr. Geol. Oscar Fabbri

CODICE LAVORO R11011

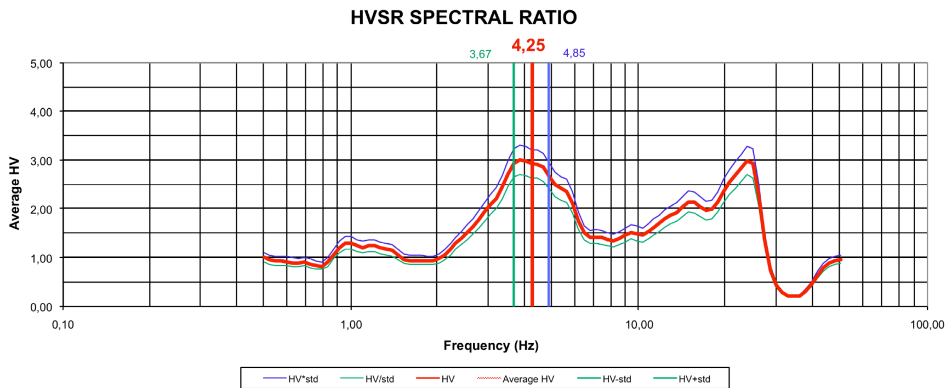
N° PROVA 251

LOCALITA' Albereto - Montescudo - RN
DATA 16/01/2012

Start recording	11.47.00
End recording	12.07.00
Trace length	20 m
Sampling frequency	200 Hz

PROCESSING DATA	
Windows lenght (sec)	20
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costante	40
Taper	0,50%
Low Pass	15 Hz
Numero di finestre	26

Max HVSR 4,25 ± 0,58 Hz.



Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
f0	4,25		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	4,25 > 10/20		✓
nc (f0) > 200	6035 > 200		✓
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of 100 times		✓

Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f' in [f0/4, f0] AH/V(f') < A0/2	2,54 Hz		✓
Exists f'' in [4f0, f0] AH/V(f'') < A0/2	6,45 Hz		✓
A0 > 2	3,01 > 2		✓
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-0,37868 < 0,05		✓
σf < ε(f0)	0,58989 < 0,2125		✗
σA(f0) < θ(f0)	0,61647 < 1,58		✓

Lw	Window lenght
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f'	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f') < A0/2
f''	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f'') < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogHV(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogHV(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

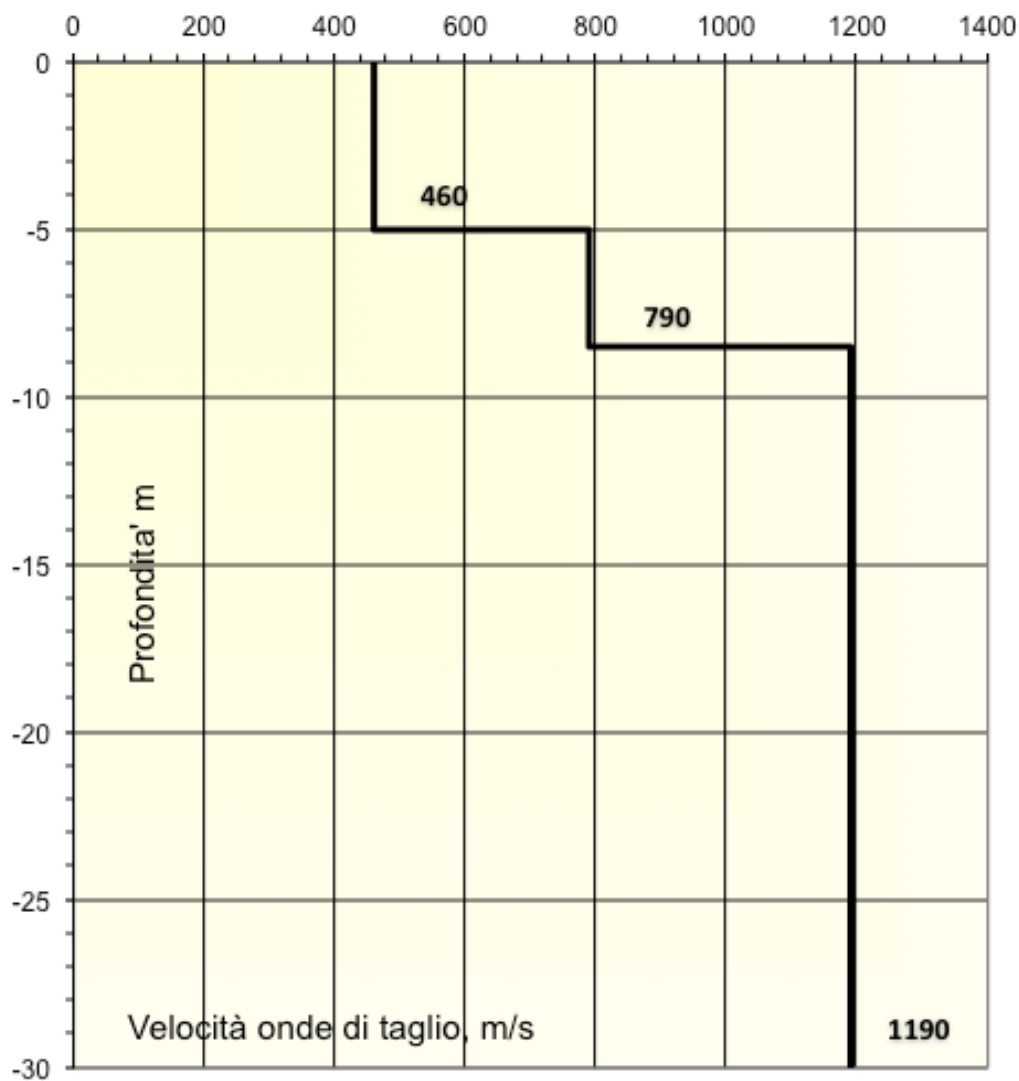
In accordo con SESAME Guidelines 2005

Stima del profilo verticale di velocità delle onde di taglio (V_{s30}) stazione "Albereto"

VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO

- R11011 - Dott. Oscar Fabbri -

Albereto - Montescudo - RN -



Classificazione sismica dei suoli (D.M. 14/01/2008)

$V_{s30} = 706$ m/sec

Cat. Suolo B

6. Conclusioni

Le indagini di sismica passiva eseguite presso le aree di riqualificazione urbana del Piano Regolatore Comunale di Montescudo sono state validate tramite informazioni geologiche dirette (affioramenti, sondaggi) o indirette (CPT) e hanno permesso la ricostruzione dei parametri di rigidità locale del substrato, indispensabili per valutare il rischio sismico del territorio oggetto di analisi.

Le informazioni su indagini pregresse, sondaggi e penetrometrie in particolare, sia a livello di strumenti urbanistici e di piano utilizzati a differenti livelli (comunale, provinciale e regionale), che a livello di studi geologici, hanno fornito una mole di dati sufficiente a caratterizzare le aree oggetto di studio.

La campagna di acquisizione dati tramite sismica passiva è stata ripetuta una seconda volta, poiché nella prima l'eccessiva ventosità ha interferito molto sull'acquisizione dei dati, alterando il segnale di frequenza registrato nelle prove di HVSR. La seconda campagna ha consentito di registrare valori concordi con l'ipotesi di stratigrafia del terreno desunta dopo la prima campagna sulle aree interessate da riqualificazione, e quindi di scartare alcuni risultati di questa prima campagna.

Le informazioni sismiche, come descritto precedentemente, sono state acquisite grazie alla tecnica della sismica passiva (HVSR – Horizontal to Vertical Spectral Ratio): per ogni stazione si è ricostruita la stratigrafia del substrato in modo tale da invertire i dati ottenuti attraverso l'HVSR con un modello geologico validato. In presenza di discordanze con il modello geologico, si è proceduto ad ulteriori affinamenti e verifiche delle informazioni geologiche sino ad ottenere un valore soddisfacente.

Alla luce di questo percorso, in virtù di un rapporto ben definito tra le velocità delle onde di taglio e la situazione geologica del territorio di Montescudo, si è potuto valutare la suscettibilità sismica delle aree soggette ad interventi di riqualificazione urbana.

I siti in cui si è applicata la tecnica della sismica passiva non presentano la stessa omogeneità litologica: le aree studiate nella frazione di Trarivi ("Trarivi 1" e "Trarivi 2") sono dominate dalla presenza della Formazione delle Argille Azzurre, con 2 metri circa di regolite alterato dall'attività antropica ed un substrato di 12 metri almeno di arenarie di Borello. Salendo dalla frazione di Trarivi alla cima di Montescudo si incontrano le Marne tripolacee: qui il substrato si trova quasi in prossimità del piano campagna, pertanto le velocità delle V_{s30} aumentano notevolmente. Si trova omogeneità di informazioni nelle stazioni "Torgnano", "Ca Marco 2" e "Albereto". La stazione "Ca Marco 1" ha registrato dei valori di V_{s30} molto bassi, indice di una scadenza della proprietà litologiche del substrato, probabilmente per la presenza di una zona particolarmente tettonizzata, che determina la presenza di un substrato detensionato. La presenza di una faglia in prossimità del sito in cui si è effettuata la prova di Microzonazione Sismica è in accordo con i bassi valori di V_{s30} registrati: nella Carta dei Fattori di Amplificazione redatta nell'area della frazione capoluogo si è tenuto conto di questo elemento e si è scelto di inserire una fascia che descrive una zona debolmente strutturata in prossimità della faglia che passa per la stazione "Ca Marco 1".

A parte la stazione di "Ca Marco 1", che per la velocità delle onde S, riceve una categoria di sottosuolo "C", le restanti aree indagate possono essere inserite tutte nella categoria di sottosuolo "B".

Per quanto riguarda gli interventi edificatori che devono essere compiuti nelle aree classificate, si rimanda alla normativa vigente D.G. R.E.R. 2313/2007.

7. Bibliografia

Conti S. (2002) – *Paleogeographic implications and relations between tectonics and sedimentation in satellite basins (Northern Apennines):insights from NeogeneEpiligurian arcs*. Boll. Soc. Geol. It., volume speciale 1: 353-364, Roma.

Conti S. & Tosatti G. (1996) – *Tectonic vs gravitational processes affecting Ligurian and Epiligurian units in the Marecchia Valley (Northern Apennines)*. Mem. Sci. Geol., 48: 107-142, Padova.

Coward M.P., De Donatis M., Mazzoli S., Paltrinieri W. & Wezel F.C. (1999) – “*Frontal part of the northern Apennines fold and thrust belt in the Romagna-Marche area (Italy): shallow and deep structural styles*”. Tectonics, 18: 559-574, Washington.

De Feyter A.J. (1991) – *Gravity tectonics and sedimentation of the Montefeltro, Italy*. Geologica ultraiectina, 35: 1-168, Utrecht.

Ispra & Servizio Geologico d'Italia (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia (Foglio 267 – San Marino)*. Enti realizzatori: Repubblica di San Marino, Regione Emilia-Romagna, Regione Marche. Coordinatori scientifici: Luigi Carmignani (Centro di GeoTecnologie, Università di Siena), Luca Martelli (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna).

McClay K.R. (1992) – *Glossary of thrust tectonics terms*. In K.R.McClay (Ed.) <<*Thrust Tectonics*>>, 419-433, Chapman & Hall, London.

Progeo S.r.l. – Microzonazione sismica, HVSR Nakamura.

Zattin M., Picotti V. & Zuffa G.G., 2002 – *Fission-track reconstruction of the front of the northern Apennine thrust wedge and overlying Ligurian unit*. American Journal of Sciences, 302, 346-379.