



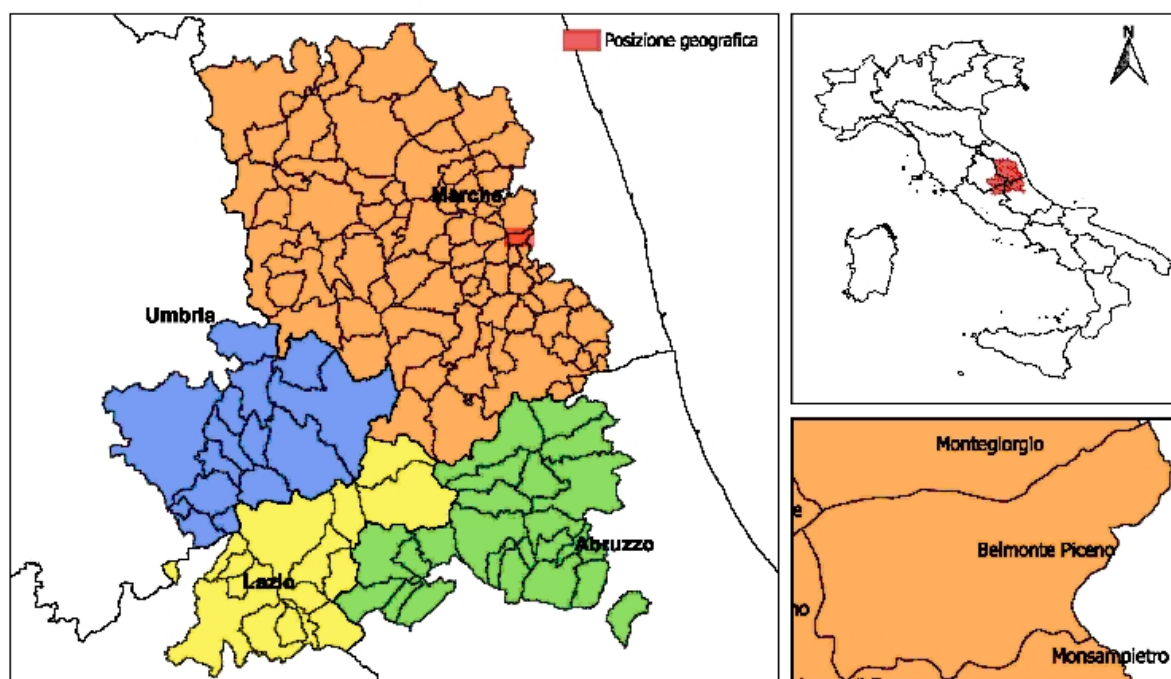
**COMMISSARIO STRAORDINARIO
RICOSTRUZIONE SISMA - 2016**

**Microzonazione Sismica di Livello 3 del Comune di Belmonte Piceno ai
sensi dell'Ordinanza del Commissario Straordinario n.24 registrata
il 15 maggio 2017 al n. 1065**

MICROZONAZIONE SISMICA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Regione Marche Comune di Belmonte Piceno



Soggetto realizzatore:

Dott.Geol. Diego Pacetti
Dott.Geol. Massimo Gubinelli

Collaboratore
Geol. Junior Filippo Fabiani

Data e revisione:

CENTROMS


CENTRO PER LA
MICROZONAZIONE SISMICA
E LE SUE APPLICAZIONI

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	3
<i>Obiettivi.....</i>	<i>4</i>
3.1 <i>Metodologia di lavoro</i>	<i>4</i>
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE MICROZONATE 3^LIVELLO.....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
3.1 <i>Geologia.....</i>	<i>7</i>
3.2 <i>Geomorfologia.....</i>	<i>8</i>
<i>Idrogeologia</i>	<i>9</i>
4. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICITA' STORICA.....	10
5. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	14
6. DATI DI PARTENZA MS1^ LIVELLO 1.....	15
7. PIANO INDAGINI	17
3.1. <i>Sondaggio S1</i>	<i>18</i>
3.1. <i>Prove DOWN HOLE</i>	<i>24</i>
3.1. <i>Prove di laboratorio</i>	<i>28</i>
8. SISMICA DI SUPERFICIE	33
3.1. <i>MASW – Sismica rifrazione.....</i>	<i>33</i>
3.1. <i>HVSR</i>	<i>34</i>
9. ANALISI DATI SISMICI INVERSIONI CONGIUNTE	36
10. RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D	36
11. Modellazione 2D (a cura del Centro MS).....	37
12. CARTOGRAFIA PRODOTTA	46
<i>Carta delle indagini</i>	<i>46</i>
<i>Carta geologico tecnica.....</i>	<i>47</i>
<i>Terreni di copertura</i>	<i>48</i>
<i>Substrato geologico</i>	<i>48</i>
<i>Forme di superficie e sepolte.....</i>	<i>48</i>
<i>Elementi geologici e idrogeologici</i>	<i>49</i>
<i>Sezioni geologiche</i>	<i>49</i>
<i>Carta delle Mops 3^ livello</i>	<i>49</i>
13. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO	51
<i>Carta delle frequenze naturali del terreno</i>	<i>55</i>
<i>Carta della microzonazione sismica di livello 3 per intervalli di periodo 0.1-0.5, 0.4-0.8, 0.7-1.1 s</i>	<i>55</i>

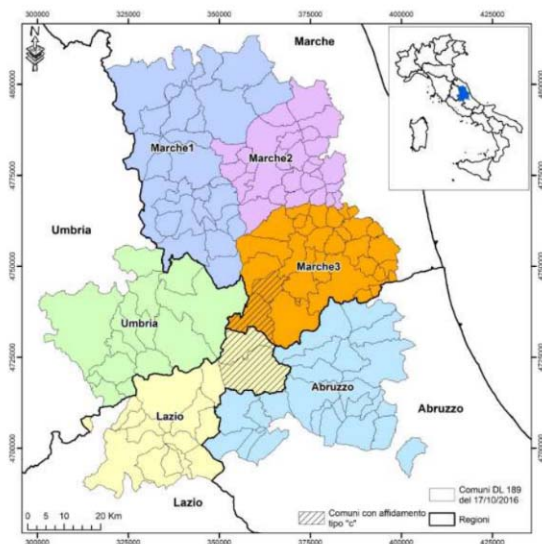
1. INTRODUZIONE

A seguito della fase sismiche che ha interessato il centro Italia a partire dal 24 agosto 2016 con l'ordinanza 24 del 2017 siglata dal commissario per la ricostruzione sisma 2016, Vasco Errani, si definiscono le modalità per l'inizio delle attività di microzonazione sismica in 140 Comuni del centro Italia, finanziata dallo Stato. Obiettivo è creare il più vasto studio in Italia sul tema per estensione territoriale, realizzato attraverso indagini geologiche e geofisiche approfondite sulle caratteristiche del sottosuolo che consentirà di predisporre in pochi mesi, una mappatura di alto valore scientifico e in grado di dare informazioni precise e accurate.

La Microzonazione Sismica è una operazione scientifica, altamente complessa e multidisciplinare, che ha lo scopo di riconoscere, ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale), le condizioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche locali dell'immediato sottosuolo, che possono alterare più o meno sensibilmente le caratteristiche del movimento sismico atteso generando amplificazioni del moto sismico e/o deformazioni permanenti. In altri termini tale analisi ha l'obiettivo di individuare eventuali effetti di sito a seguito di un sisma.

Dopo la definizione del territorio, fatta nel livello 1, di aree stabili, cioè non soggette a fenomeni di amplificazione, stabili soggette ad amplificazione, e instabili, il livello 3 di MS consente di associare valori dei fattori di amplificazione FA e spettri medi di risposta alle zone stabili soggette ad amplificazione definite nel livello 1. Tale livello consente inoltre di caratterizzare, attraverso specifici parametri, le instabilità permanenti.

I risultati di uno studio di Microzonazione Sismica si applicano alla pianificazione del territorio e possono fornire elementi di supporto alle valutazioni che il progettista, responsabile degli interventi sui manufatti, deve comunque fare sotto la sua esclusiva responsabilità, anche indipendentemente dai risultati della microzonazione di livello 3.



Per lo svolgimento degli studi di MS3 i comuni della regione marche interessati sono stati raggruppati in tre macro aree Marche 1, Marche 2 e Marche 3 . Il Comune di Belmonte Piceno, insieme ad altri 30 comuni, è ricaduto all'interno della macro area n.2. Lo studio di 3^a livello del Comune è inoltre partito da una base solida di dati derivanti dal livello 1^a, realizzata in concomitanza con la stesura del 3^a livello .

Come previsto da protocolli l'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio MS3 sono state eseguite dall'affidatario, incaricato direttamente dal Comune, in coordinamento con il *Centro per la*

Microzonazione Sismica (CentroMS) e le sue applicazioni del CNR, che ha avuto la funzioni di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Durante tutte le fasi di studio vi è stato pertanto un continuo rapporto/confronto con il personale designato dal CentroMS che ha provveduto in prima fase alla formazione degli affidatari in modo da sviluppare un linguaggio comune e garantire una sostanziale omogeneità dei prodotti finali con standard accettabili. In Centro MS ha provveduto a fornire supporto tecnico-scientifico durante le varie fasi di realizzazione del servizio; ha approvato il piano indagini di approfondimento; ha fornito dati ed elaborazioni come ad esempio la risposta sismica 2d; ha coordinando lo svolgimento delle attività nell'ambito dei raggruppamenti di Comuni.

Organizzazione delle Unità Operative Territoriali (6)

Raggruppamenti	Supporto coordinamento	Responsabile di Unità operativa	Supporto geologia	Supporto geofisica	Supporto modellazione 1D	Modellazione 2D
Abruzzo (23 Comuni)	Sara Amoroso	Alessandro Pagliaroli (UNICH-PE-INGEO)	UNIVAQ-DICEAA UNICH-PE-INGEO INGV	INGV UNIGE-DISTAV UNIVAQ-DICEAA	UNICH-PE-INGEO INGV	UNICH-PE-INGEO INGV UNIVAQ-DICEAA
Lazio (15 Comuni)	Salomon Halleimikael	Salvatore Martino (UNIROMA1-DST)	UNIROMA1-DST ENEA	UNIROMA1-DICEA CNR IDMAA	UNIROMA1-DST ENEA	UNIROMA1-DST
Marche 1 (25 Comuni)	Carolina Fortunato	Dario Albarello (UNISI-DSFTA)	UNISI-DSFTA	UNIFI-DICeA UNISANNIO-DST	UNISI-DSFTA UNIFI-DICeA	UNISI-DSFTA UNIFI-DICeA
Marche 2 (30 Comuni)	Edoardo Peronace	Stefano Catalano (UNICT-DISBGA)	UNICT-DISBGA CNR IAMC	CNR IAMC UNICT-DISBGA	UNINA-DICEA CNR IGAG	UNINA-DICEA CNR IGAG
Marche 3 (30 Comuni)	Iolanda Gaudiosi	Marco Amanti (ISPRA)	ISPRA	ISPRA CNR IAMC POLITO-DISEG	POLITO-DISEG UNIROMA1-DISG ISPRA	POLITO-DISEG UNIROMA1-DISG ISPRA
Umbria (15 Comuni)	Maria Chiara Cacioli	Floriana Pergalani (POLIMI-DICA)	UNIPG-DFG	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV	POLIMI-DICA CNR IDPA INGV

Obiettivi

Al fine dell'individuazione di aree a comportamento omogeneo e descriverne qualitativamente il comportamento mediante la definizione di parametri sismici e geologici sono state realizzate i seguenti prodotti di sintesi come indicato dagli indirizzi e criteri vers. 4.0. In particolare al lo studio si compone di:

- Carta delle Indagini integrata ed aggiornata durante la stesura del 1^a livello
- Carta geologico Tecnica integrata e aggiornata dal 1^a livello con sezioni significative
- Carta delle MOPS 3^a livello creata in concomitanza della carta delle MOPS del 1^a livello
- Carta delle frequenze naturali dei terreni
- Carte di Microzonazione Sismica di 3^a livello , riportante il fattore di amplificazione sismica per intervalli di periodo (T) 0.1-0.5s; 0.4-0.8s; 0.7-1.1s;
- Definizione per ogni zona a comportamento omogeneo di 7 accelerogrammi calcolati in superficie per ogni spettro di input.
- Definizione per ogni zona a comportamento omogeneo di 7 spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie, per ogni spettro di input.
- Definizione della categoria del sottosuolo da NTC e valore di Vs30 per ogni zona a comportamento omogeneo definita nella carta delle MOPS.

3.1 Metodologia di lavoro

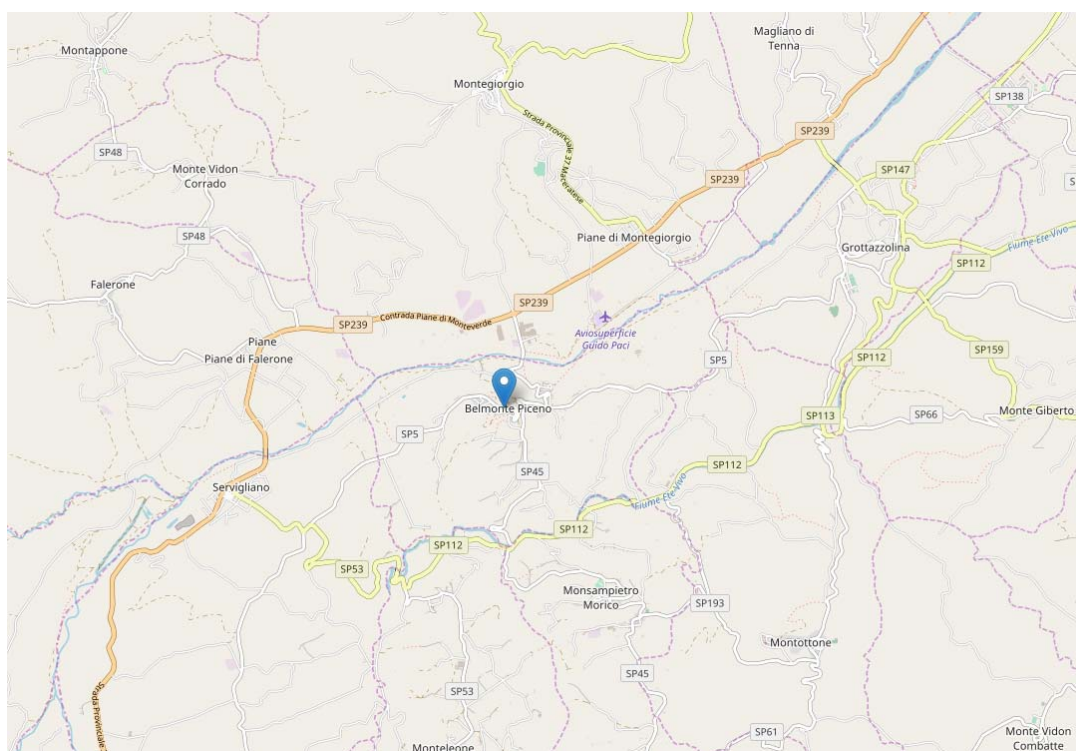
Al fine del raggiungimento degli obiettivi sopra descritti si è provveduto a pianificare e realizzare le seguenti fasi operative:

- Reperimento delle indagini per gli studi di Microzonazione Sismica di 1^a livello fatto nel territorio di Belmonte Piceno.
- Definizione delle aree da microzonare nel 3^a livello

- Programmazione della campagna indagini di approfondimento sia geologiche e sismiche all'interno delle aree microzonate (3^a livello).
- Analisi dei dati raccolti in campagna a seguito del rilevamento, sondaggi e sismica di superficie e profonda.
- Realizzazione della carta geologico-tecnica e delle Mops in concomitanza degli studi di primo livello.
- Elaborazione dei dati sismici mediante inversioni congiunte per la definizione di profili sismici del sottosuolo.
- Analisi numeriche monodimensionali (1D) per determinare il fattore di amplificazione sismica per ogni area a comportamento omogeneo individuata nella carta delle MOPS.
- Acquisizione dei risultati delle analisi numeriche 2D (eseguite da UNINA-DICEA e CNR-IGA) fatte lungo una sezione significativa del territorio Matelica per determinare il Fattore di amplificazione sismica.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - INDIVIDUAZIONE DELLE AREE MICROZONATE 3^o LIVELLO

Il Comune di Belmonte Piceno, in Provincia di Fermo, è situato sul crinale della valle del Tenna in sponda sinistra idraulica, ad un'altitudine di 312 m. sul livello del mare; il suo territorio comunale si estende per 10,53 chilometri quadrati (1053 Ha) occupando un'area morfologicamente eterogenea in cui prevale un paesaggio collinare che 'abbraccia' la piana alluvionale di cui sopra e su cui sorge il paese stesso.



L'abitato di Belmonte Piceno risulta quindi compreso nella media valle del Fiume Tenna, in destra idrografica, sul crinale che divide la medesima a Nord da quella dell'Ete vivo a Sud.

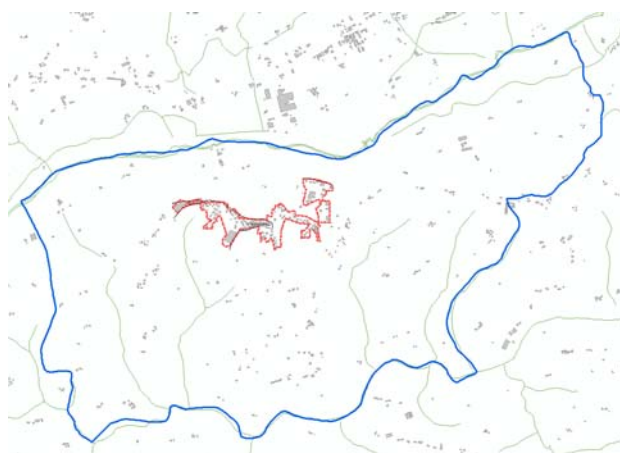
I comuni confinanti sono: Falerone, Fermo, Grottazzolina, Monsampietro Morico, Montegiorgio, Monteleone di Fermo, Montottone e Servigiano. Le località e frazioni presenti all'interno del territorio comunale sono quattro: Castellarso Ete, Castellarso Tenna, Colle Ete e Colle Tenna.

Nella cartografia nazionale il comune di Belmonte Piceno è così individuabile:

CARTA TOPOGRAFICA D' ITALIA			
foglio scala 1:100.000	Quadrante scala 1:50.000	tavoletta scala 1:25.000	Sezione CTR Scala 1:10.000
125	125III°	125 III° Montegiorgio	314070 Montegiorgio 314110 Montottone



Figura 1 veduta aerea del Comune di Belmonte Piceno



Prima di iniziare lo studio di microzonazione in accordo con i tecnici del Comune e i responsabili del CentroMS sono state scelte le aree del 1[^] livello, parte delle quali poi sono state scelte per approfondire lo studio di 3[^] livello. In particolare nel comune di Belmonte Piceno sono state approfondite le seguenti aree:

Capoluogo	18.7 Ha
Castellarso Ete	6.0 Ha

3. INQUANDRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Geologia

Il comune di Belmonte Piceno, situato al bordo meridionale della valle del Fiume Tenna nella sua parte mediana, occupa una porzione di territorio geologicamente eterogenea che costituisce il risultato di eventi di natura tettonica, sedimentologica e geomorfologica succedutesi nel corso di più di duecento milioni di anni. L'attuale conformazione del territorio, la composizione litologica del substrato e delle coperture superficiali testimoniano infatti l'avvicinarsi di eventi sedimentari ed erosivi che hanno portato all'attuale assetto geologico complessivo dell'area (Deiana & Piali, 1994, Deiana e Marchegiani, 2002).

Le formazioni affioranti nel territorio comunale di Belmonte Piceno sono quelle tipiche della regione umbro- marchigiana, le quali costituiscono una "successione stratigrafica" spessa alcune migliaia di metri e di età compresa tra il Messiniano ed il Pleistocene inferiore; la descrizione che segue illustra i principali caratteri litologici delle formazioni presenti nell'area in esame, distinte in gruppi riferibili alle età di deposizione delle stesse.

Formazione Plio-Pleistocenica

Sono unità torbiditiche generalmente costituite da alternanze di livelli arenacei e argillosi, in cui la diversa percentuale dell'una o dell'altra litologia permette la distinzione di quattro formazioni distinte:

- Formazione arenacea/arenaceo-conglomeratica costituita da arenarie giallastre di granulometria media in strati da medio a spessi inglobanti a luoghi ciottoli grossolani;
- Formazione pelitico-arenacea rappresentata da alternanze di argille marnoso-siltose grigio-brune ed arenarie medio-fini giallastre;
- Formazione arenaceo-pelitica costituita da alternanze di depositi arenacei medio-fini e di argille grigie siltoso-marnose laminate;
- Formazione pelitica costituita da depositi stratificati di argille ed argille siltoso-sabbiose.

Gruppo quaternario

E' rappresentato esclusivamente da sedimenti continentali costituiti da depositi alluvionali, depositi gravitativi (corpi di frana), depositi eluvio-colluviali, detriti di versante e detriti antropici.

I depositi (corpi) di frana sono costituiti da accumuli - lungo versanti caratterizzati da instabilità gravitativa di materiale incoerente ed eterogeneo sia dal punto di vista granulometrico che litologico.

I depositi eluvio-colluviali rappresentano il prodotto dell'erosione operata degli agenti esogeni, i quali, mediante azioni chimiche e meccaniche (crioclastismo, termoclastismo, desquamazione, esfoliazione, ecc.), alterano la roccia madre generando accumuli di materiale fortemente alterato e caoticizzato, sia in loco (eluvium) che nelle aree di fondovalle (colluvium). Sono rappresentati da sabbie e limi di diverso colore inglobanti spesso ciottoli grossolani

I detriti di versante, distribuiti alla base di scarpate o dei ripidi pendii carbonatici, sono costituiti da elementi di dimensioni centimetriche o decimetriche con matrice sabbioso-limosa scarsa o assente e composizione calcarea. Localmente si presentano cementati.

3.2 Geomorfologia

L'aspetto morfologico d'insieme, del territorio del comune di Belmonte Piceno mostra un netto contrasto tra la porzione del crinale, essenzialmente collinare interessata dagli studi di microzonazione sismica, e i bordi occidentali ed orientali prevalentemente pianeggianti.

Risulta evidente come alle dorsali corrispondano litologie marnoso arenacee più resistenti all'erosione ed alla zona più depressa litologie argillose più facilmente erodibili.

Le valli fluviali del Fiume Tenna a Nord e del Fiume Ete vivo a Sud risultano sensibilmente più aperte mostrando nell'insieme un profilo a conca.

La fascia alto-collinare delle Marche centro-meridionali è caratterizzata dalla presenza di un allineamento di rilievi, ricadenti in una ampia fascia di circa 150kmq di estensione, parallela alla dorsale calcarea dei Monti Sibillini, compresa tra i fiumi Tenna e Tronto, che emergono dal paesaggio circostante per effetto dell'erosione differenziale che li ha scolpiti nelle unità litoidi plioceniche, date in prevalenza da litofacies arenaceo-calcarenitiche disposte a monoclinale con pendenza orientale e trasgressive sulle torbiditi della Formazione della Laga.

Osservazioni meso e microstrutturali nei terreni del Pliocene medio e del Pleistocene inferiore, mettono in evidenza una estesa fatturazione dei corpi rocciosi secondo due sistemi principali: N70°-150° e N20°-100°. La loro genesi è associata alla impostazione della struttura monoclinale, con joints del primo sistema cronologicamente anteriori a quelli del secondo, in quanto questi ultimi frequentemente si interrompono sui primi.

Oltre ai due sistemi di fratture sopra citati, se ne riconosce un terzo sistema, ad orientamento N-S/E-W in cui particolare importanza assumono i fasci di fratture con direzione meridiana che interessano di preferenza i corpi rocciosi più rigidi e di spessore minore. La loro genesi è da attribuire con ogni probabilità alla tettonica attiva nella fascia periadriatica ed a fenomeni di tettonica gravitativa nelle aree più occidentali della struttura monoclinale, dove talora la densità dei fasci di fratture aumenta per effetto di joints puramente gravitativi.

Gli allineamenti citati sono costituiti da alte colline dalla forma nettamente asimmetrica, delimitati da scarpate sui quadranti occidentali e da versanti piuttosto regolari ad oriente; il loro orientamento è piuttosto costante NNW-SSE, ben distinti nel tratto settentrionale dell'area mentre verso sud l'allineamento più occidentale scompare e quelli orientali tendono a fondersi nel rilievo del Monte dell'Ascensione.

Netto ed evidente risulta il controllo litostrutturale sulla morfologia dell'area, caratterizzata da valli principali conseguenti (fiumi Tenna, Aso, Tesino e Tronto) e valli minori susseguenti. L'approfondimento della rete idrografica ha articolato l'estesa monoclinale in una successione di morfostrutture dalla tipica forma planimetrica triangolare, con le basi rivolte ad oriente e bordate ad occidente da elevate scarpate strutturali, che conferiscono all'area la tipica forma a "cuestas".

Alla base delle scarpate sono di norma presenti in tutta l'area estesi accumuli detritici, costituiti da massi e ciottoli derivanti dall'arretramento per gravità delle scarpate prima citate: i depositi più significativi, oltre quello del Monte dell'Ascensione che sarà trattato in un paragrafo successivo, si osservano in corrispondenza dei rilievi nord-occidentali e si presentano generalmente molto estesi con spessori che a volte superano i 50 metri.

I processi gravitativi hanno diffusamente condizionato l'evoluzione morfodinamica dell'intera fascia: la maggiore frequenza ed intensità di tali processi si registra in corrispondenza del rilievo del Monte dell'Ascensione nord- occidentali ed in particolare nel rilievo di Monte Falcone dove si rilevano estesi e complessi movimenti di massa sui diversi lati dello stesso. Un complesso fenomeno deformativo dissesta quasi completamente il rilievo in direzione circa nord-sud; le evidenze più chiare si osservano sul bordo meridionale

della placca, blandamente ribassata e meno acclive dove sorge l'antico centro urbano di Montefalcone Appennino. Questa è interessata da fratture e fessure verticali, trincee e gradini ad andamento circa est-ovest, pressoché parallelo al versante ed è interrotta verso oriente dal Fosso Trocchio che la incide per il suo intero spessore in direzione N150°. Meno chiare sono le evidenze sul versante settentrionale, dove sorge l'abitato di Smerillo.

I meccanismi gravitativi sopra descritti sono generalmente legati alla ricorrenza di condizioni geologiche favorevoli costituite dalla sovrapposizione di masse rigide su masse a comportamento plastico, con conseguenti cedimenti differenziali che hanno esaltato le preesistenti fratture tettoniche e/o generandone di nuove. L'analisi della geometria del drenaggio hanno permesso di evidenziare come i tratti principali del reticolo idrografico siano per lo più impostati in corrispondenza di linee tettoniche trasversali, mentre alle dislocazioni appenniniche corrispondono invece i tratti fluviali minori. Analoga rispondenza esiste anche per le geometrie e le direzioni delle scarpate strutturali.

Le morfologie calanchive rappresentano sicuramente una delle forme più spettacolari presenti in tutta l'area in esame, soprattutto nei litotipi argillosi plio- pleistocenici, anche per la loro particolare propensione al dissesto. La genesi di queste morfologie è stata da sempre messa in relazione con particolari fattori stratigrafico-strutturali e di esposizione: versanti con giacitura degli strati a reggipoggio, presenza alla sommità di livelli particolarmente resistenti e meno erodibili, esposizione verso i quadranti meridionali.

Durante l'Olocene l'intensa erosione regressiva, avrebbe favorito l'incisione e lo smantellamento di tale deposito, che data la natura pelitica del substrato, attualmente appare isolato in limitati lembi a quote molto alte sul fondovalle attuale

Forme antropiche

La morfologia del territorio comunale è fortemente condizionata dall'attività antropica; questo è ben osservabile soprattutto nella seconda unità, precedentemente descritta, dove la pratica dell'agricoltura e la forte antropizzazione hanno modificato, qualche volta in maniera sostanziale, l'aspetto originario del paesaggio creando nuove forme o cancellandone altre.

Le forme più rappresentate e diffuse sono dovute principalmente a scarpate che si sviluppano lungo gli intagli stradali e tra vari appezzamenti di terreno dove sono stati originati dalla reptazione agricola e prodotti in tempi lunghi. Le forme antropiche più importanti sotto l'aspetto della microzonazione sismica sono dovute ai riporti di materiale operato fin da tempi antichi e presente soprattutto in prossimità del centro storico di Matelica, ma anche in altre aree urbane. Pochi sono gli invasi artificiali, sia di piccole che di medie dimensioni, con dighe in terra e situati in genere nelle valli e più raramente lungo i versanti. Lungo il corso del Fiume Tenna si rinvencono delle briglie per limitare l'approfondimento del talweg.

Idrogeologia

La permeabilità delle singole unità litostratigrafiche può essere espressa in forma relativa basandosi essenzialmente sulla natura litologica dei sedimenti (permeabilità primaria) e sulla fratturazione degli stessi (permeabilità secondaria).

In particolare i materiali presenti all'interno dell'area esaminata possono essere ricondotti ai seguenti gruppi di permeabilità .

-Permeabilità bassa o nulla.

Formano questa classe i sedimenti a prevalente componente argillosa:

-Associazione pelitica;

- Permeabilità medio bassa.

Questa classe è composta dai terreni che raggruppano i seguenti depositi:

- Associazione pelitico arenacea;

-
- depositi eluvio colluviali;
 - detrito antropico;
 - depositi di frana.

- Permeabilità medio alta.
- In questa classe sono stati inseriti i seguenti litotipi:
- Associazione arenaceo pelitica.

- Permeabilità alta.

- Formano questa classe i seguenti litotipi:
- Associazione arenacea;

4. INQUADRAMENTO TETTONICO E SISMICITA' STORICA

La successione litostratigrafica sopra illustrata indica che, nell'area del territorio comunale di Belmonte Piceno, così come in gran parte dell'area marchigiana, il processo sedimentario si è evoluto in condizioni paleoambientali variabili nel tempo. Si è passati da un ambiente di mare basso (piattaforma continentale con sedimentazione carbonatica – Giurassico-Infracretacico), a un ambiente più profondo, dapprima con sedimentazione pelagica ed emipelagica, poi con sedimentazione di tipo torbiditico (Cretacico- Miocene).

L'evoluzione sedimentaria del territorio è sempre stata accompagnata da un'attività tettonica che ha in definitiva determinato gli ambienti sedimentari e il loro più o meno rapido mutamento. Le faglie contenute nelle rocce giurassiche e in quelle cretacico-oligoceniche sono tutte di tipo normale ed hanno quindi portato a distensioni più o meno importanti delle masse rocciose di quell'età.

Per quanto riguarda le faglie mioceniche che hanno condizionato la distribuzione delle torbiditi, esse potrebbero essersi generate nelle zone di raccordo tra l'avanfossa e il contiguo avampaese, dove si ritiene che si depositassero sedimenti emipelagici.

Quando dette zone vengono raggiunte dai depositi torbiditici (in relazione alla migrazione dell'avanfossa), la distribuzione di questi ultimi risulterà necessariamente condizionata dalle irregolarità topografiche create dalle faglie stesse. In generale, comunque, la sedimentazione di avanfossa prelude all'arrivo degli sforzi compressivi che porteranno a una ben più intensa deformazione delle masse rocciose e alla creazione delle strutture più tipiche (pieghe e sovrascorrimenti) di questo settore della catena appenninica.

L'area in esame è comunque inserita in un contesto più ampio e articolato come quello dell'Appennino centrale, che rappresenta il settore più meridionale dell'Appennino settentrionale che può considerarsi come una catena a thrusts costruita a partire dall'Oligocene superiore a spese del paleomargine africano precedentemente assottigliato da fenomeni distensivi.

La struttura dell'Appennino centrale cioè nel tratto di appennino ove insiste l'area in studio è il risultato di processi di accrezione tettonica dovuta alla migrazione verso Nord-Est di un complesso sistema catena-avanfossa.

Alla fine del Pliocene inferiore, nell'area umbro-marchigiana si completa la costruzione della catena a pieghe e sovrascorrimenti e si originano strutture plicative che assumono direzioni variabili da NW-SE a NNE-SSW (procedendo da nord a sud) e thrusts, solo in parte paralleli alle strutture plicative stesse.

Durante il Pliocene medio superiore, una fase distensiva comincia ad interessare il settore più interno dell'Appennino umbro-marchigiano, mentre i principali fronti compressivi risultano ubicati, almeno in parte, nella fascia marchigiana esterna.

Il sito in studio comprende l'unità appenninica interna rappresentata da un sistema a vergenza africana-adriatica con Orogenesi alpina.

Seppur il comune di Belmonte Piceno interessa la fascia sismogenetica dell'Appennino, all'interno del territorio comunale in superficie non si rilevano evidenze della presenza di strutture plicative o faglie attive capaci. Si evidenzia però che nelle vicinanze dell'area in parola è presente il sistema di faglie del complesso sismogenetico dell'appennino centrale le cui strutture presentano caratteristiche di una zona sismica attiva.

L'Appennino umbro-marchigiano è inglobata in un complesso sistema di strutture sismogenetiche, gran parte dell'area marchigiana, caratterizzata da discreta sismicità, è interposta fra due fasce sismiche. La fascia sismica occidentale (918), corrispondente alla più esterna tra le zone sismogenetiche dell'Appennino umbro-marchigiano e la fascia sismica orientale (sviluppata soprattutto in offshore 917). La parte più occidentale della regione Marche, ove insiste il comune di Belmonte Piceno, è interessata dalla fascia sismogenetica 918, dove lo studio dell'assetto geometrico delle strutture sismiche e degli eventi da esse generati ha portato alla compartimentazione di strutture sismogenetiche volumetricamente modeste, che non sono in grado di generare, terremoti di magnitudo maggiore di Mw 6.37:

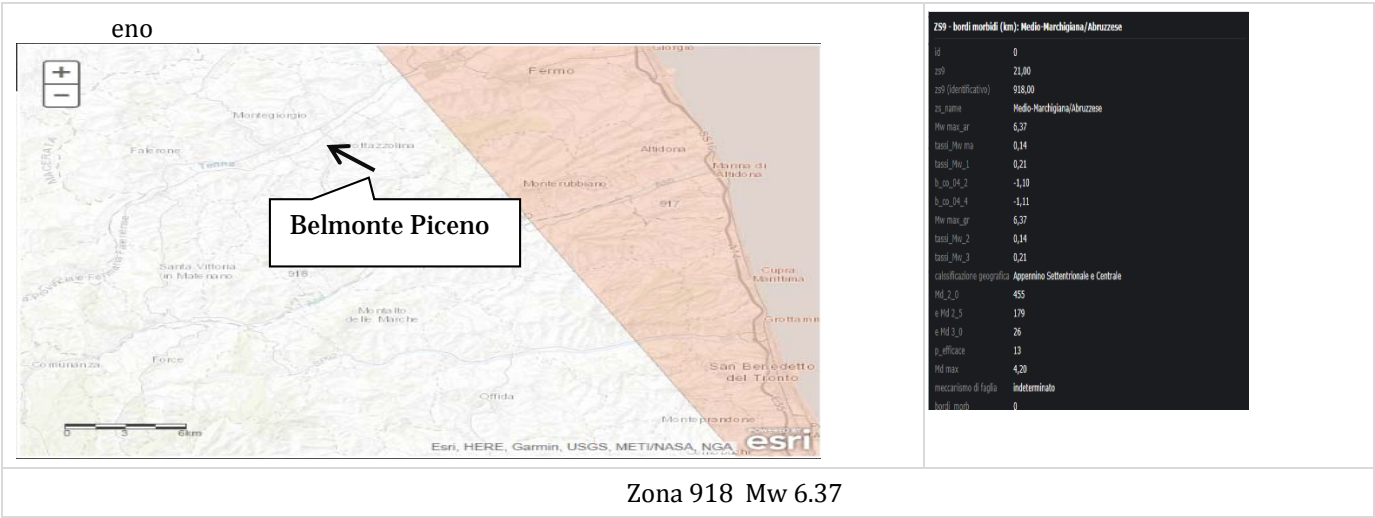


Figura 3 fasce sismogenetiche da <http://www.arcgis.com/apps/TwoPane/main/index.html?appid=6572399dcdbb4621b43c1eec5f6774e1>

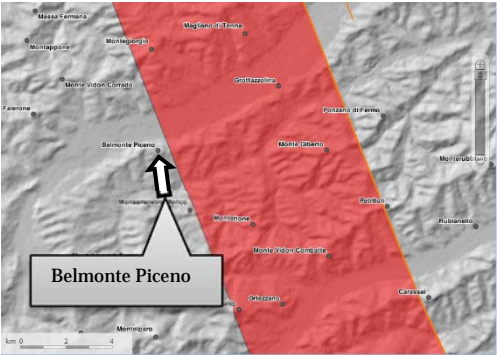
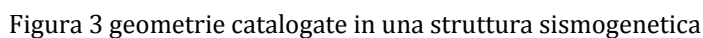


Figura 5 fasce sismogenetiche http://diss.rm.ingv.it/GFMaplet3_INGV/GFMaplet/Default

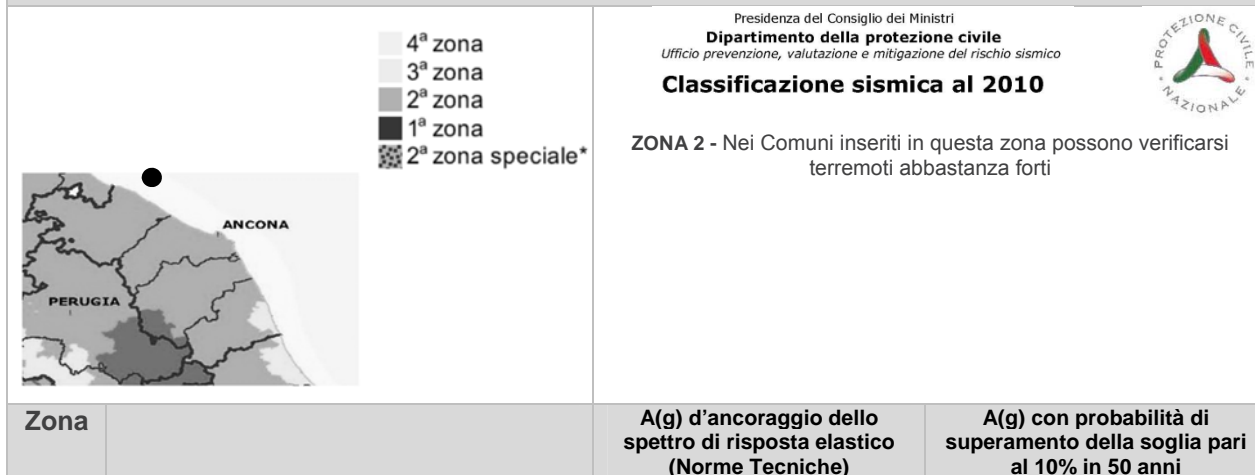
Di seguito le principali strutture che raggruppate per caratteristiche simili caratterizzano la Zona 918.



LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGMENT

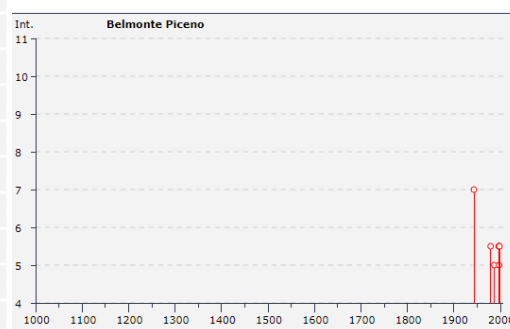
Storia sismica di Belmonte Piceno

Zona 2



Zona 1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	0.35 g	$ag > 0.25 > 0.25$
Zona 2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	0.25 g	$0.15 < ag \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	0.15 g	$0.05 < ag \leq 0.15$
Zona 4	E' la zona meno pericolosa	0.05 g	$ag \leq 0.05$

Località vicine (within 10km)			
Località	Stato	NMO	Distanza
Falerone	IT	22	6km
Grottazzolina	IT	21	6km
Magliano di Tenna	IT	14	6km
Massa Fermana	IT	17	8km
Monsampietro Morico	IT	16	3km
Montappone	IT	14	8km
Monte Giberto	IT	16	7km
Monte Rinaldo	IT	5	8km
Monte Vidon Combatte	IT	18	9km
Monte Vidon Corrado	IT	11	6km
Montegiorgio	IT	37	4km
Monteleone di Fermo	IT	3	5km
Montelparo	IT	18	8km
Montottone	IT	18	5km
Ortezzano	IT	17	9km
Petritoli	IT	21	10km
Ponzano di Fermo	IT	12	10km
Rapagnano	IT	19	9km
Santa Vittoria in Matenano	IT	27	9km
Servigliano	IT	22	4km



Storia sismica di Belmonte Piceno [43.091, 13.540]



Numero di eventi: 19

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7	1943 10 03 08:28	Marche meridionali-Abruzzo	131	8-9 5.83 ±0.14
3	1971 10 04 16:43	NORCIA	43	4.99 ±0.16
5-6	1979 09 19 21:35	Valnerina	694	8-9 5.86 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
5	1987 07 03 10:21	PORTO SAN GIORGIO	359	5.09 ±0.09
3-4	1993 06 05 19:16	GUALDO TADINO	326	6 4.74 ±0.09
3-4	1997 09 03 22:07	Appennino umbro-marchigiano	171	5-6 4.56 ±0.09
5-6	1997 09 26 00:33	Appennino umbro-marchigiano	760	5.70 ±0.09
5	1997 09 26 09:40	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 6.01 ±0.09
5-6	1997 10 03 08:55	Appennino umbro-marchigiano	490	5.25 ±0.09
5-6	1997 10 06 23:24	Appennino umbro-marchigiano	437	5.46 ±0.09
5-6	1997 11 09 19:07	Appennino umbro-marchigiano	180	5-6 4.90 ±0.09
3	1998 03 21 16:45	Appennino umbro-marchigiano	141	6 5.03 ±0.09
5-6	1998 04 05 15:52	Appennino umbro-marchigiano	395	6 4.81 ±0.09
3-4	2003 05 25 17:15	Zona Ascoli Piceno	92	5 4.15 ±0.18
NF	2004 12 09 02:44	Zona Teramo	224	5-6 4.18 ±0.09
3-4	2005 04 12 00:31	Maceratese	137	4-5 4.16 ±0.14
NF	2005 12 15 13:28	Valle del Topino	361	5-6 4.66 ±0.09
3-4	2006 04 10 19:03	Maceratese	211	5 4.51 ±0.10

Figura 7 storia sismica del Comune di Belmonte Piceno. Record del DBMI11 relativo agli eventi sismici che hanno interessato il comune http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/

5. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità di eccedenza in un dato intervallo di tempo, ovvero la probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo.

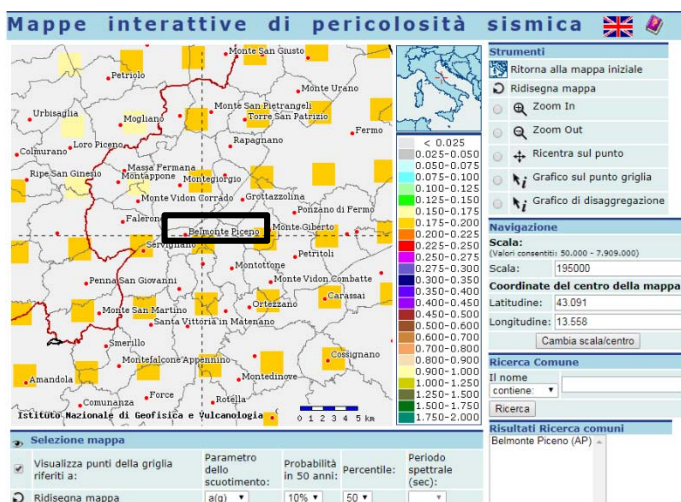
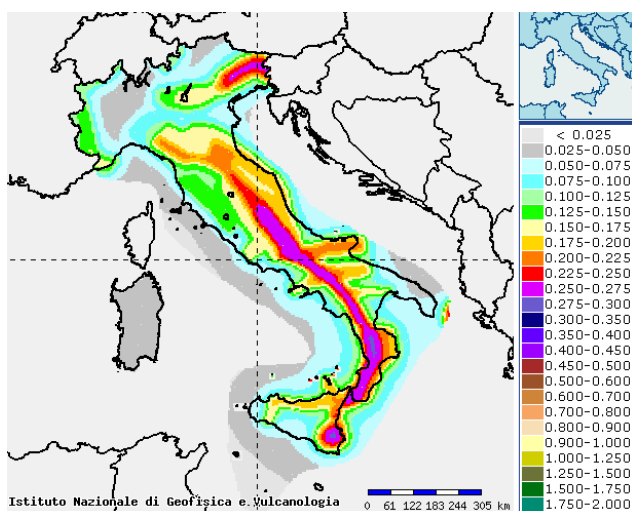
Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi di input (quali catalogo dei terremoti, zone sorgente, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (per esempio: scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.).

Questa iniziativa ha portato alla realizzazione della Mappa di Pericolosità Sismica 2004 (MPS04) che descrive la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni su suolo rigido e pianeggiante.

La pericolosità sismica di base (caratteristiche del moto sismico nel sito di interesse) viene definita da:

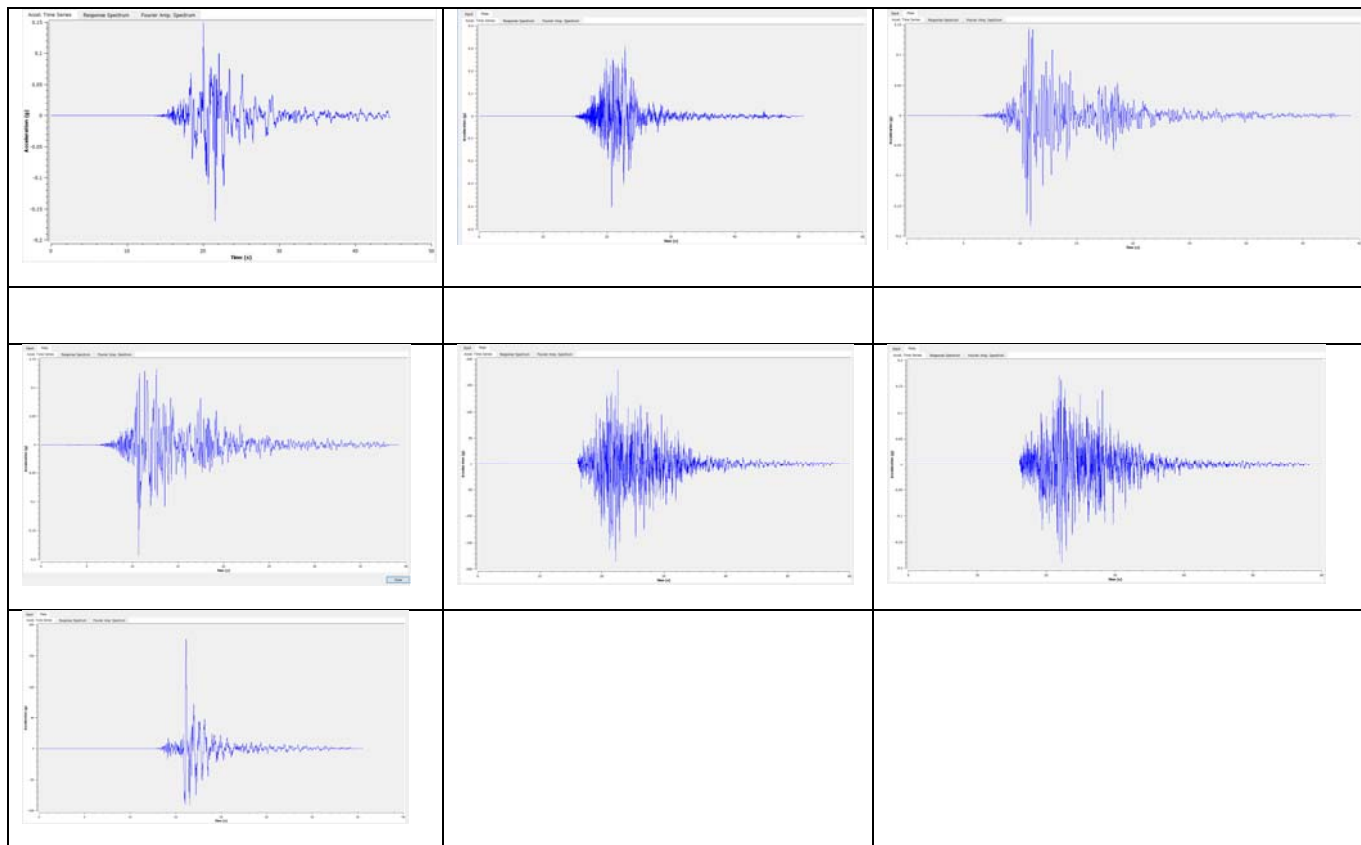
1. *l' accelerazione massima di picco orizzontale a_g ;*
2. *valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 ;*
3. *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c ;*

tali parametri permettono di definire gli spettri di input



L'azione sismica così definita viene successivamente variata, così come indicato nelle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presenti nel sito di indagine ed eventualmente nella morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale e permettono di fare considerazioni in merito alle amplificazioni.

Pertanto, per la modellazione numerica condotta nelle aree in studio il Centro Ms ha provveduto a fornire n.7 accelerogrammi spettrocompatibili con le caratteristiche sismiche di base del sito, dai quali è stato possibile estrarre gli spettri necessari per procedere con le analisi come sopra descritto.



Definito l'input d'ingresso tutte le successive operazioni sono state pianificate al fine della determinazione dei caratteri sismici del territorio di Belmonte Piceno.

6. DATI DI PARTENZA MS1^ LIVELLO 1

Il Comune di Belmonte Piceno in ottemperanza a quanto previsto dall' O.P.C.M. 29 febbraio 2012 n. 4007 e dalla D.G.R. Marche 23.10.2012 n. 1470, nel 2014 non era stato interessato da studi di microzonazione sismica di 1^ livello, si è pertanto partiti dal reperimento nell'Ufficio Tecnico Comunale di indagini e studi fatti nell'area in esame in modo da reperire un modesto pacchetto di dati consolidati che hanno permesso l'avvio del terzo livello in maniera agevolata.

Lo studio di primo livello è stato sviluppato secondo le specifiche contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS 2008 – AA.VV.,2008) nella vers. 4.0 (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Specifiche tecniche per la redazione in ambiente gis degli elaborati cartografici della microzonazione sismica – versione 4.0 (Roma, ottobre 2013) – redatto dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.

Per il primo livello, sono state realizzate le seguenti cartografie tematiche:

- Carta delle indagini
- Carte geologico tecnica e sezioni
- Carta delle Mops

Tutto ciò ha agevolato l'inquadramento geologico del territorio comunale di Belmonte Piceno, sia dal punto di vista litostratigrafico che strettamente geologico.

L'insieme delle indagini in sito raccolte nel primo livello, ha messo a disposizione informazioni per un totale di n° 61 siti puntuali (indagini puntuali- sondaggi, prove penetrometriche, etc.) e n° 5 siti lineari (indagini lineari linee sismiche) uniformemente distribuiti lungo tutto il territorio.

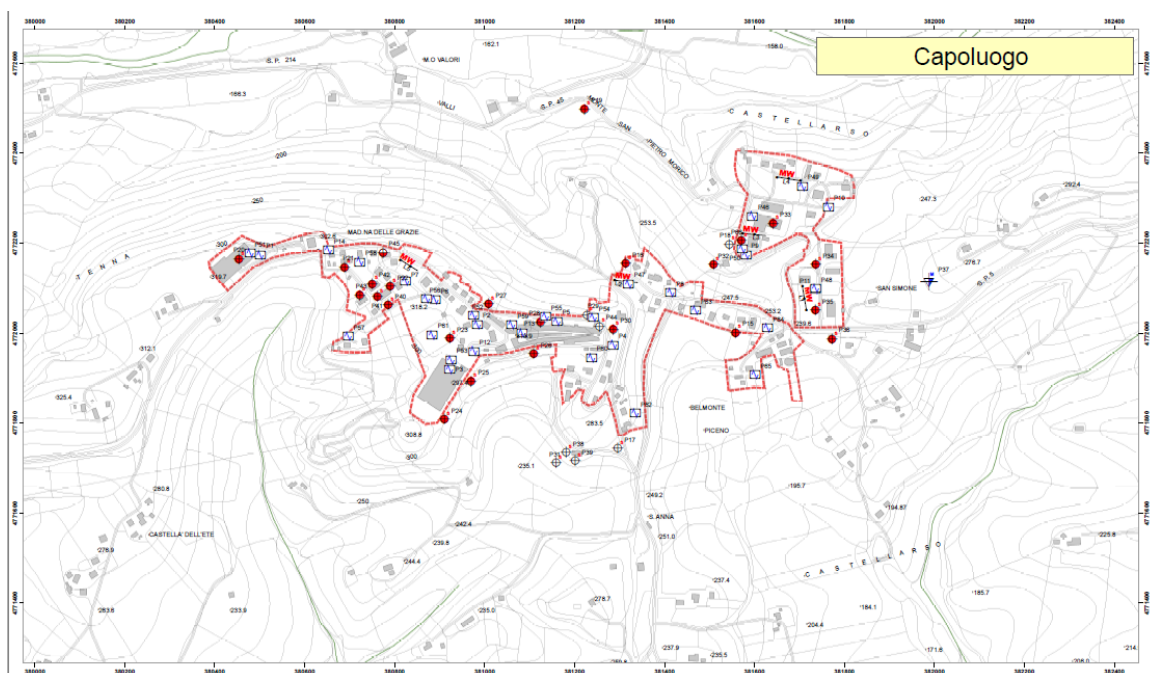


Figura 2 carta delle indagini di MS di III Livello

Lo studio dei dati derivanti alla carta geologico tecnica di 1^a livello ha invece permesso di inquadrare tutto il territorio dal punto di vista geologico tecnico, individuando velocemente le caratteristiche delle unità litostratigrafiche e le loro rapporti stratigrafici.

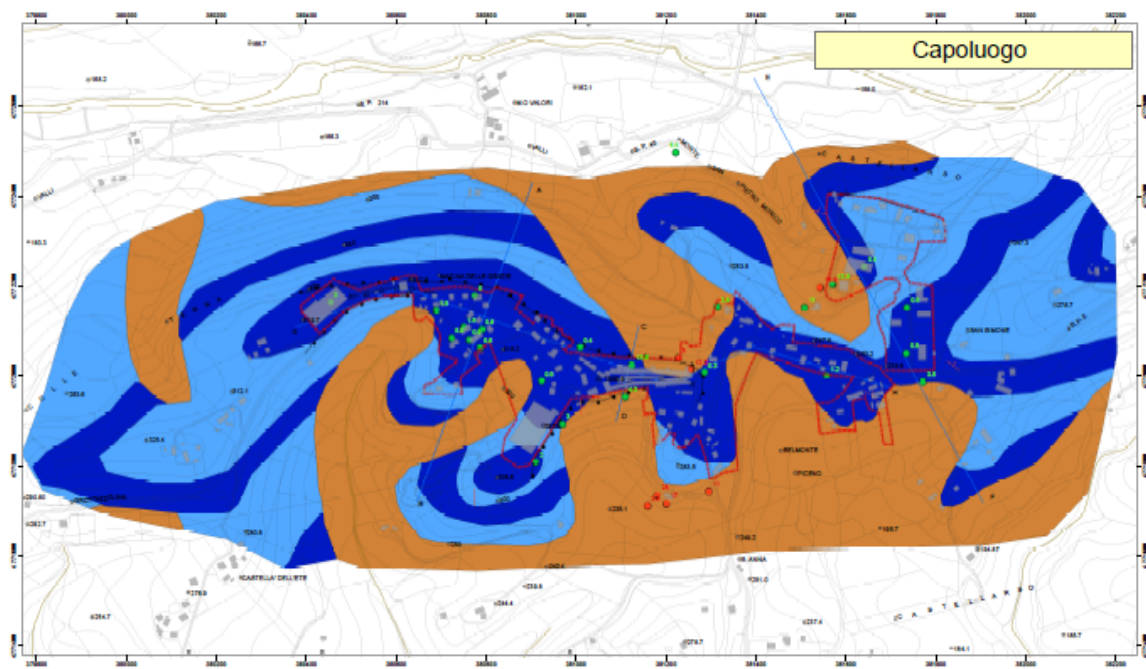


Figura 3 carta Geologico Tecnica GT 3^a livello

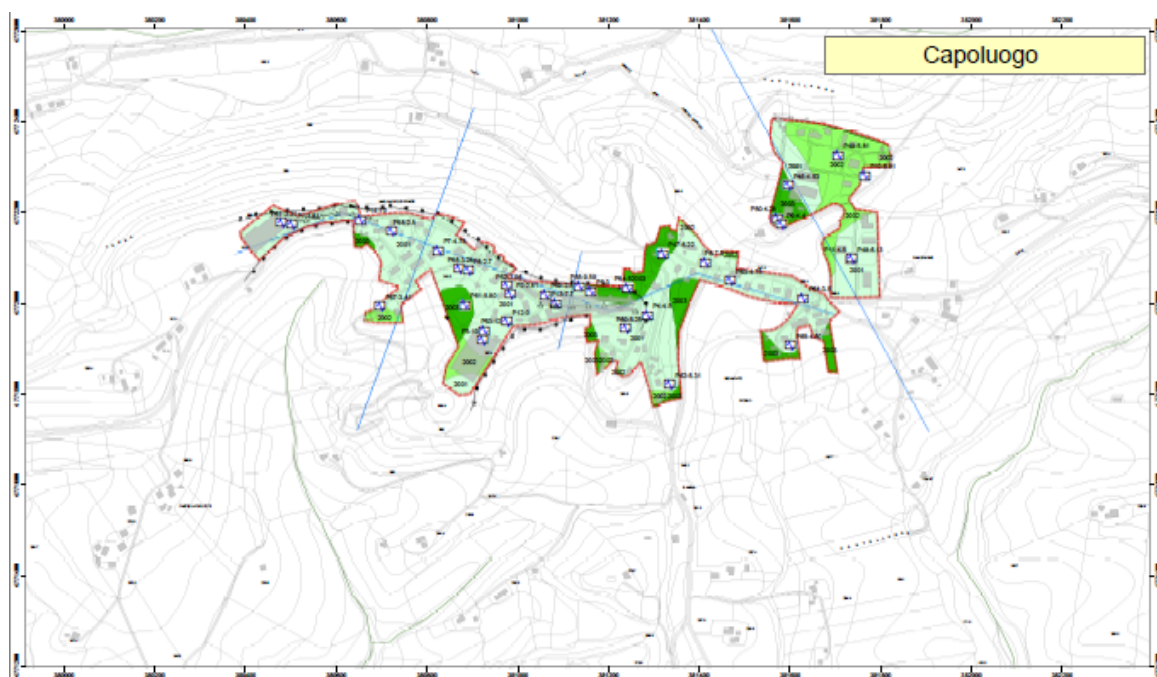


Figura 4 carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica MOPS 3^ livello

Dalla carta delle MOPS redatta per il 3^livello si è invece partiti per analizzare il comportamento omogeneo delle varie porzioni del territorio comunale di Belmonte Piceno. Sono state considerate veritiere le aree individuate nel primo livello ove vengono riportate le aree stabili suscettibili di amplificazione sismica. Dallo studio di queste aree ridotto al perimetro di terzo livello sono state fatte tutte le considerazioni che hanno portato alla determinazione dei valori di F_a , fattore di amplificazione sismica.

7. PIANO INDAGINI

Al fine di soddisfare gli obiettivi richiesti dal 3^livello, è stato necessario definire un nuovo piano indagini, ristretto alle aree di 3^livello, tali indagini vanno ad approfondire e rilevare tutti quei caratteri necessari alla finalizzazione delle analisi di microzonazione.

In particolare al fine di individuare tutti i fattori che incidono sull'amplificazione del moto sismico d'ingresso variando pertanto la pericolosità sismica locale sono state previste indagini che permettessero di determinare le seguenti grandezze:

- Profilo sismico del sottosuolo
- Profondità di substrato geologico e del substrato sismico
- Velocità delle onde sismiche all'interno delle stratigrafie caratterizzanti le aree a comportamento omogeneo
- Caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni nelle aree delimitate.
- A tal fine sono state programmate le seguenti indagini

	N°
Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per prova sismica in foro Down-Hole	1 da 35m cadauno
Sismica di superficie MASW	5
Sismica di superficie HVSR	34

Il Sondaggio e relativo approntamento per la prova Down Hole è stato realizzato in Località Castellarso Tenna

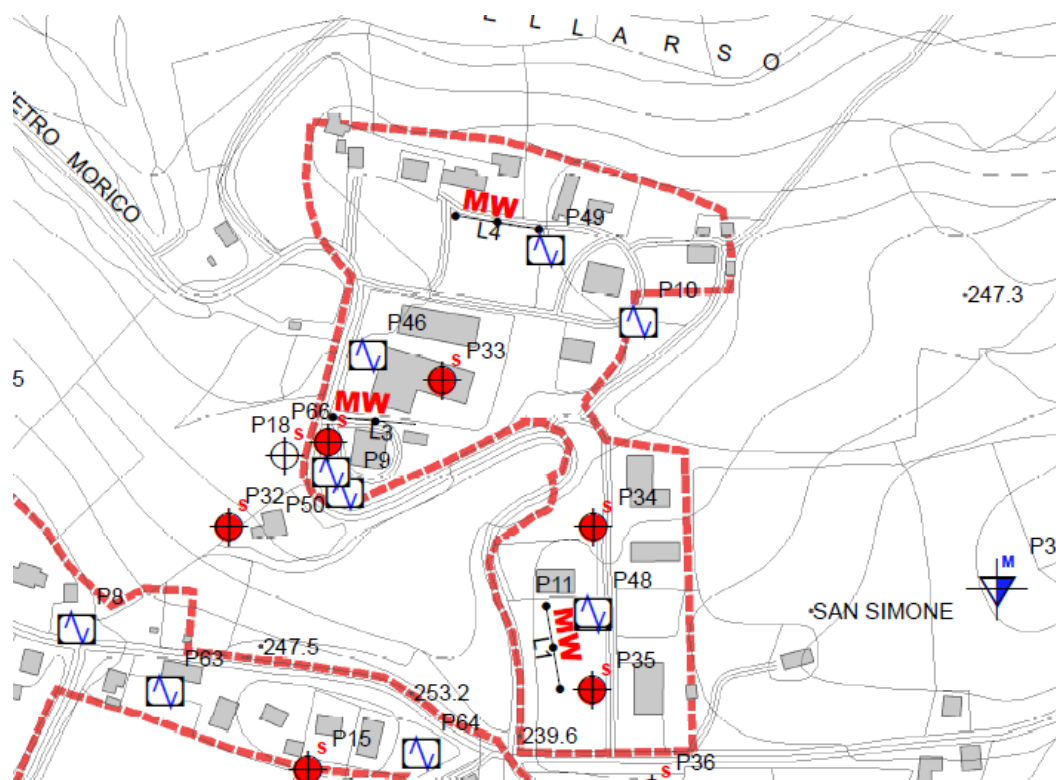


Figura 4 ubicazione sondaggio s1 (P66) attrezzato per eseguire prova Down Hole.

3.1. Sondaggio S1

L'ubicazione del sondaggio S2 è stata scelta in modo da intercettare i litotipi eluviali che si alternano con i materiali alluvionali del fiume Esino, in modo da caratterizzare le aree di bordo-valle/base collinari. Come da protocollo S1 è stato spinto fino la profondità si 35m.



Figura 5 cantiere sondaggio s1 in località Castellars Tenna

Terminate le operazioni di scavo il foro è stato attrezzato con tubo in PVC per effettuare la prova sismica in foro Down-Hole.



Figura 6 approntamento del foro di sondaggio con tubo in PVC per prova Down-Hole



Figura 7 cassette sondaggio S1, cassetta 1 dal 0,00 a - 5,0m



Figura 9 cassette sondaggio S1, cassetta 2 da - 5,0m a - 10,0m,



Figura 10 cassette sondaggio S1, cassetta 3 da - 10,0m a - 15,0m,



Figura 11 cassette sondaggio S1, cassetta 4 da - 15,0m a - 20,0m,



Figura 12 cassette sondaggio S1, cassetta 5 da - 20,0m a - 25,0m,



Figura 813 cassette sondaggio S1, cassetta 6 da – 25,0m a – 30,0m,



Figura 14 cassette sondaggio S1, cassetta 7 da – 30,0m a – 35,0m,

La stratigrafia locale è così riassumibile:

STUDIO GEOLOGICO Dott. Geol. Diego Pacetti						SONDAGGIO n. 1							
COMMITTENTE: Microzonazione Sismica di III Livello						Metodo di perforazione : Caret. cont							
LOCALITA' : Castellaro Tenna, 8						Ø di perforazione : 101 mm.							
COMUNE : Belmonte Piceno (FM) DATA: 12/09/17						Quota di inizio : 214 m.s.l.m.							
Spec. STRATI	PROFONDITA' IN METRI	STRATIGRAFIA	N. CANTIERO	CAMPIONI	PROFONDITA' CAMPIONI	DESCRIZIONE	POCKET PENETROMETRO	VANE TEST		STANDARD PENETRATION TEST		H ₀	CANTIERO
								valore max	valore medio	m.	colpi		
0.3	0.3	↓				Sabbie limose marroni brunoastre con abbondante materiale organico ed apparati radicali (Sede Agraria)							
2.7	3.0	↓				Sabbie limose e limi sabbiosi asciutti, di colore marrone con laterizi (Materiale di riporto)							
3.5	6.5					Lim. sabbiosi marrone scuro con screziature argillose di condilazione (Materiale Detritico)	-4,2: 1,6 -4,4: 2,2 -5,2: 0,6 -5,4: 0,9 -6,5: 0,7			-3,5	3 5 7	-3,0 C1 -3,5	
4.0	10,5					Lim. sabbiosi e sabbie limose fini con screziature varicolori, sede di falda acquifera (-7m)	-7,5: 0,8 -8,5: 0,9 -10: 1,0					-7,0	
1.7	12,3					Argille grigio celesti con clasti calcarei rotundi mm, asciutte Livello di Argille scurestre (-11,50 m)							
3.8	16,0					Lim. argillose sabbiosi grigio celesti, asciutti e compatti (Formazione Alterata)				-13,0 -13,5	3 5 7		
9.0	25,0					Argille grigio celesti asciutte e compatte (Formazione Integre)							
10.0	35.0					Argille grigio celesti a stratificazione planoparallela (Formazione Integre) Fondo scavo -35,0 m							

Figura 95 stratigrafia sondaggio s1

3.1. Prove DOWN HOLE

Passati i 30 giorni di maturazione del cemento che ancora il tubo guida del foro DH, nel mese di ottobre i tecnici del CentroMS hanno eseguito le prove Down-Hole all'interno dei sondaggio S1 .

I risultati delle prove sono così riassumibili:

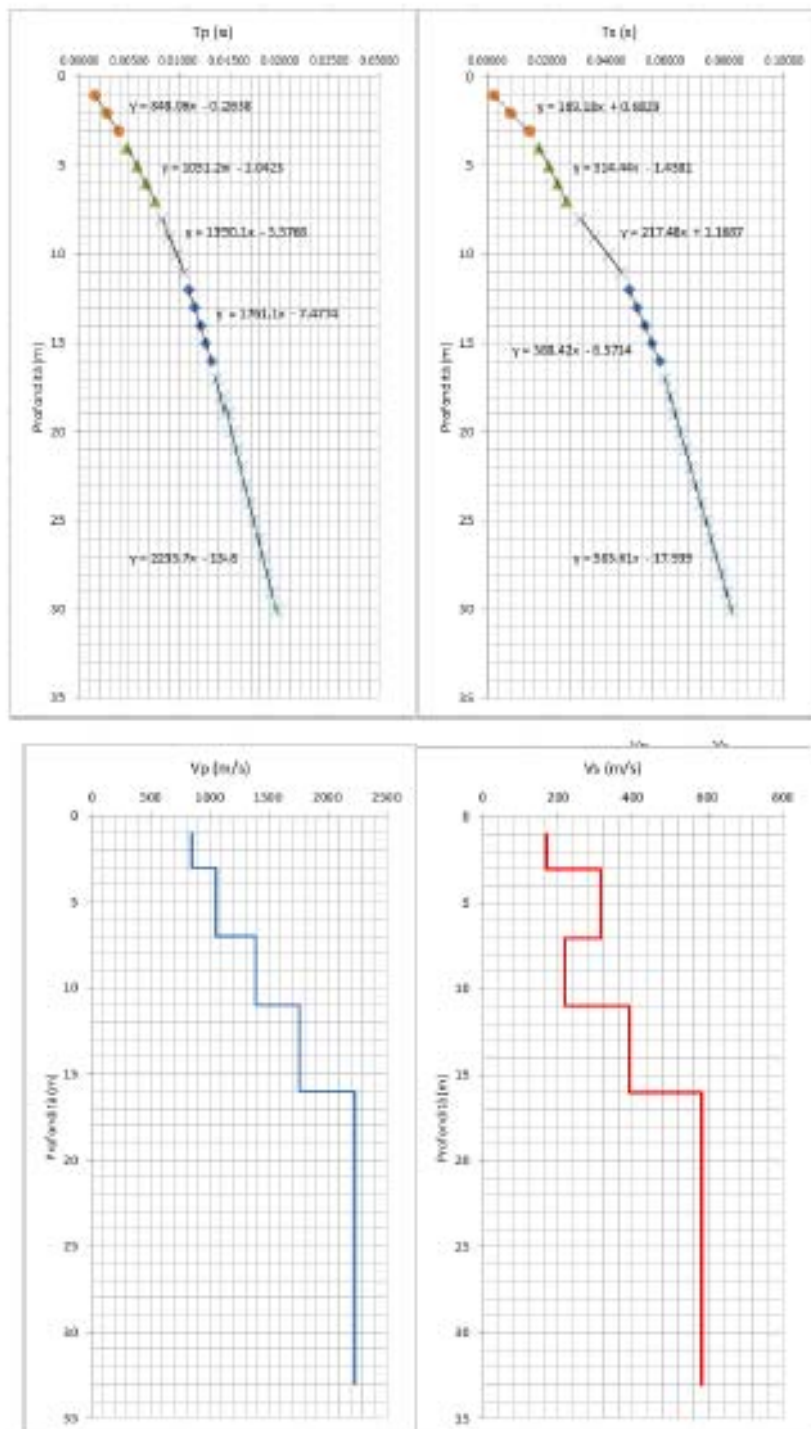


Prova Down-Hole **Comune di Belfmonte Piceno**

Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC-CNR)

Dr. Vincenzo DI FIORE
Dr. Giuseppe CAVUOTO
Dr. Michele PUNZO
Dr. Daniela TARALLO
Dr. Nicola PELOSI
Paolo SCOTTO di VETTIMO
Michele IAVARONE
Dr. Rodolfo BACULO

NAPOLI NOVEMBRE 2017



Sito: Belmonte Piceno

Profondità [m]	Vp [m/s]	Vs [m/s]
0.0 - 3.0	848	169
5.0 - 7.0	1051	314
8.0 - 11.0	1390	217
18.0 - 16.0	1761	388
21.0 - 30.0	2233	584

SCHEDA DH

Macroarea	Marche 2	
Località	Belmonte Piceno	
Data di acquisizione	13/10/2017	
Coordinate Geografiche	Lat.	43° 05' 35.20" N
	Long.	13° 32' 41.04" E
Sondaggio		
Profondità foro (m)	35	
Strumentazione		
Sismografo	Geometrics-Geode	
Sensori	n. 2 geofoni 3D a distanza di 1 m a 10 Hz	
Sistema orientazione	Aste in alluminio	
Sorgente	Massa Battente 5 Kg	
Piastra (componente verticale)	Alluminio rinforzato 30cmX30cm	
Piastra (componente orizzontale)	Teflon rinforzato 100cmX30cmX20cm	
Parametri acquisizione		
Intervallo Campinamento (ms)	0.500	
Finestra temporale (s)	1.0	
Numero Campioni acquisiti	2000	
Distanza dal boccapozzo (m)	2.0	
Prima misura (m)	1.0	
Ultima Misura (m)	30.0	



Foto - Sito di durante l'esecuzione della prova

Note: Alla profondità di 30 m il foro risulta terminato e/o ostruito

3.1. Prove di laboratorio

Il campione indisturbato prelevato nel sondaggio S1 è stato inviato all'università di Napoli per essere analizzato. Di seguito vengono riportati i risultati delle prove eseguite.



Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale
Laboratorio di Geotecnica

Committente	Centro MS
Indagine	Belmonte Picerno
Sondaggio	S1
Campioni	C1
Profondità	3.00 + 3.50 m
Data apertura	26/09/2017
Operatore	Antonio Carrara

Prova di colonna risonante e torsione ciclica

Dati iniziali								
D (mm)	H (mm)	V (cm ³)	γ (kN/m ³)	w (%)	γ_s (kN/m ³)	σ (/)	S_v (%)	p' (kPa)
35.48	71.81	70.96	20.05	24.8	26.45	0.646	100	70

Dati fine consolidazione								
D (mm)	H (mm)	V (cm ³)	γ (kN/m ³)	w (%)	γ_s (kN/m ³)	σ (/)	S_v (%)	p' (kPa)
36.25	71.88	74.14	19.61	27.55	15.4	0.72	100	70

Prova di colonna risonante					
γ (%)	G (MPa)	D_{sp} (%)	D_{ref} (%)	f_r (Hz)	G/G_s (/)
0.00235	7.85	6.99	6.41	7.1	1.00
0.00347	7.64	7.16	6.69	7.1	0.97
0.00541	7.43	7.20	6.87	7.0	0.95
0.00843	7.06	7.38	7.30	6.8	0.90
0.01270	6.66	7.94	7.91	6.6	0.85
0.01940	5.93	8.69	8.94	6.2	0.76
0.02950	5.08	9.45	10.30	5.8	0.65
0.04680	3.92	11.00	12.90	5.1	0.50
0.09290	2.62	13.30	16.20	4.1	0.33
0.25000	1.09	19.50	20.80	2.7	0.14

Prova di torsione ciclica				
γ (%)	G (MPa)	D (%)	f_r (Hz)	G/G_s (/)
0.00235	4.92	4.77	0.50	1.00
0.00357	4.82	5.34	0.50	0.98
0.00555	4.66	5.43	0.50	0.95
0.00917	4.39	5.62	0.50	0.89
0.01608	3.93	7.11	0.50	0.80
0.03162	3.23	9.54	0.50	0.66
0.05647	2.53	13.47	0.50	0.51
0.08222	2.35	13.47	0.50	0.48
0.13915	1.63	16.35	0.50	0.33
0.38222	0.89	16.99	0.50	0.18



Peso specifico del solido

Determinazione con picnometro	
Picnometro n°	
Peso picnometro, P_p (g)	42.54
Peso picnometro + acqua, P_{pu} (g)	140.26
Volume picnometro, V_p (cm ³) = $(P_{pu} - P_p)/\gamma_w$	97.72
Peso picnometro + terreno, P_{ps} (g)	65.22
Peso terreno, P_s (g) = $P_{ps} - P_p$	22.68
Peso picnometro + terreno + acqua, P_{psu} (g)	154.53
Volume acqua aggiunta, V_w (cm ³) = $(P_{psu} - P_{ps})/\gamma_w$	89.31
Volume terreno, V_s (cm ³) = $V_p - V_w$	8.410
Peso specifico terreno, γ_s (g/cm ³) = P_s/V_s	2.697

Caratteristiche fisiche generali

	Prova 1	Prova 2	Prova 3	Valore medio
Contenitore n°				
Peso contenitore, P_c (g)	15.570			
D (mm), H (mm)	56, 20			
Volume, V (cm ³) = $\frac{\pi D^2}{4} H$	49.24			
Peso lordo umido, P_u (g)	116.19			
Peso lordo secco, P_s (g)	99.45			
Contenuto d'acqua, $w = \frac{P_u - P_s}{P_s - P_c}$	0.20			
Peso umido unità di volume, γ (kN/m ³) = $\frac{P_u - P_c}{V}$	20.04			
Peso secco unità di volume, γ_d (kN/m ³) = $\frac{P_s - P_c}{V}$	16.71			
Peso specifico del solido, γ_s (kN/m ³)	26.45			
Porosità, $n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s}$	0.37			
Indice dei vuoti, $e = \frac{\gamma_s}{\gamma_d} - 1$	0.58			
Grado di saturazione, $S = \frac{\gamma_s w}{\gamma_d e}$	0.92			

Consistenza terreno a grana fine

Limite di liquidità, w_L	0.330
Indice di plasticità, $I_p = w_L - w_p$	0.184
Indice di consistenza, $I_c = \frac{w_L - w}{I_p}$	0.718

Compattazione terreno a grana grossa

Densità minima, e_{max}	/
Densità massima, e_{min}	/
Densità relativa, $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}}$	/

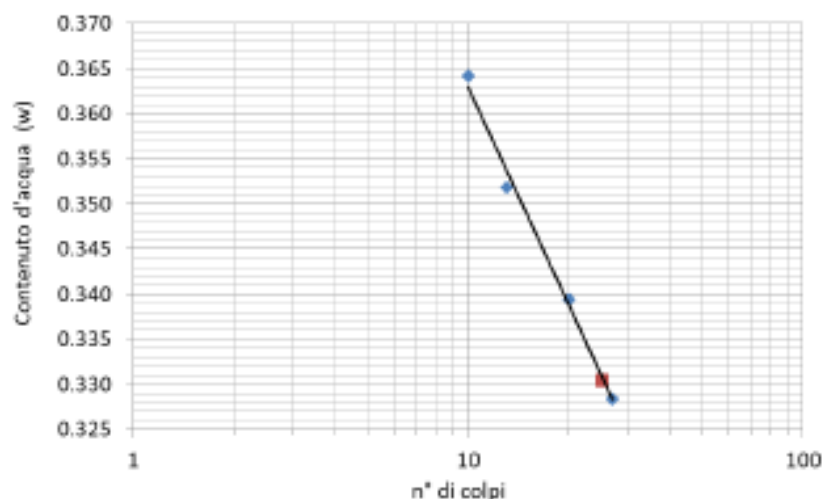


Università degli Studi di Napoli Federico II
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile ed Ambientale
Laboratorio di Geotecnica

Consulente: Centro MS
Indagine: Belmonte Picerno
Sondaggio: S1
Campioni: C1
Profondità: 3.00 + 3.50 m
Data apertura: 26/09/2017
Operatore: Alfredo Porzio

Limite di Liquidità Metodo di Casagrande (ASTM)

Contenitore n°	Numero di colpi, N	Peso contenitore, P_c (g)	Peso lordo umido, P_u (g)	Peso lordo secco, P_s (g)	Contenuto d'acqua, $w = \frac{P_u - P_s}{P_s - P_c}$
165	10	12.04	36.8	30.19	0.364
158	13	11.95	49.99	40.09	0.352
107	20	11.67	44.62	36.27	0.339
114	27	11.81	46.15	37.66	0.328
Limite di liquidità, w_L (valore a 25 colpi)					0.330



Limite di Plasticità

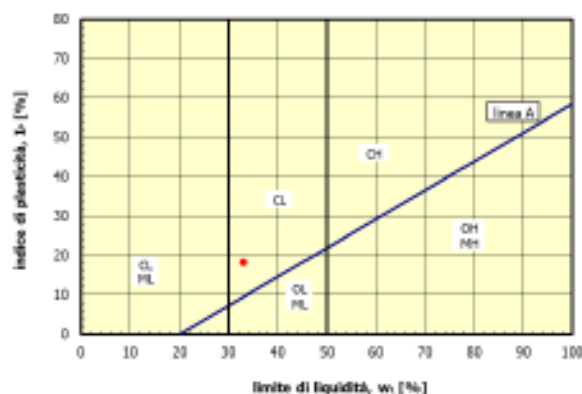
Contenitore n°	Peso contenitore, P_c (g)	Peso lordo umido, P_u (g)	Peso lordo secco, P_s (g)	Contenuto d'acqua, $w = \frac{P_u - P_s}{P_s - P_c}$
14	8.49	34.11	30.77	0.150
63	11.8	36.07	33.03	0.143
Limite di plasticità, w_p (valore medio)				0.147

Indice di plasticità, $I_p = w_L - w_p$	0.184
Frazione argillosa ($d < 2 \mu m$), CF	0.240
Indice di attività, $I_A = I_p / CF$	0.766



Commissario	Centro MS
Indagine	Belmonte Piceno
Sondaggio	S1
Campioni	C1
Profondità	3.00 + 3.50 m
Data apertura	26/09/2017
Operatore	Alfredo Porro

Carta di plasticità

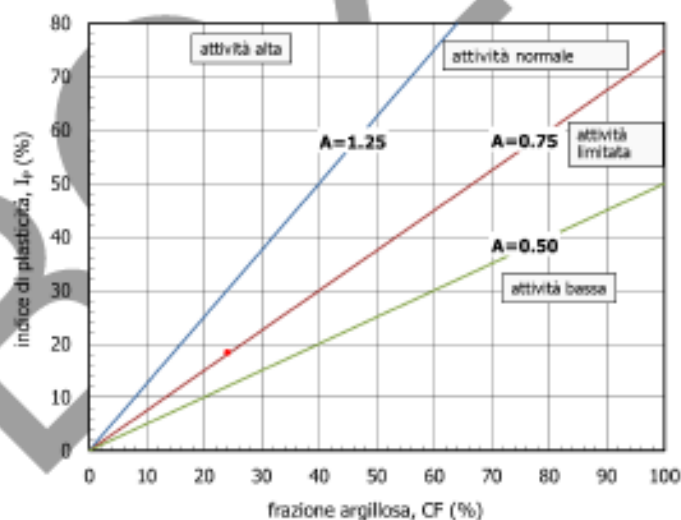


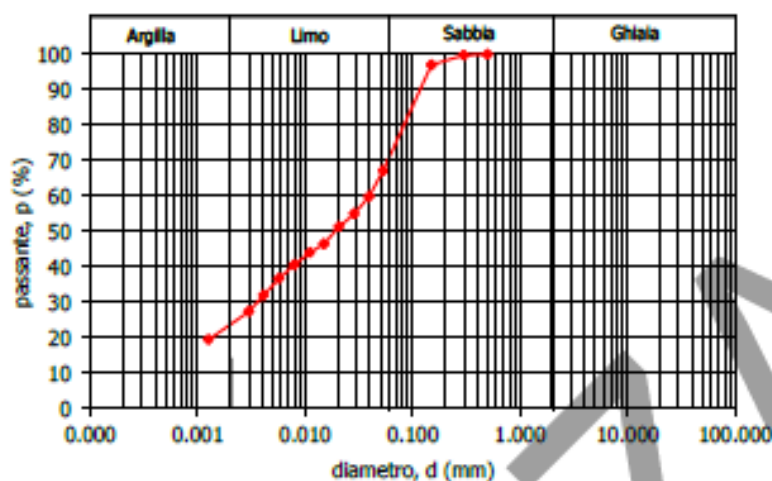
Classifica USCS

ML	Limi inorganici da bassa a media plasticità
CL	Argille inorganiche da bassa a media plasticità
OL	Limi e argille organiche di bassa plasticità
MH	Limi inorganici di alta plasticità
CH	Argille inorganiche di alta plasticità
OH	Argille organiche da media ad alta plasticità

M = limi
C = argille
O = sostanze organiche
L = bassa plasticità
H = alta plasticità

Carta di attività





CURVA GRANULOMETRICA	
d (mm)	Passante (%)
0.50	100.00
0.30	99.77
0.15	97.04
0.075	67.14
0.039	59.83
0.020	54.96
0.010	51.30
0.0075	46.43
0.006	43.99
0.005	40.58
0.004	36.68
0.003	31.99
0.002	27.37
0.001	19.45

Terrreno: LIMO CON SABBIA ARGILLOSO

STACCIATURA			SEDIMENTAZIONE		
d (mm)	Peso trattenuto (gr)	Peso passante (gr)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	Lettura areometro (gr/cm³)
0.50	0.00	65.22	0.5	24.00	1.02850
0.30	0.15	65.07	1	24.00	1.02550
0.15	1.78	63.44	2	24.00	1.02350
			4	24.00	1.02200
			8	24.00	1.02000
			15	24.00	1.01900
			30	24.00	1.01760
			60	24.00	1.01600
			120	24.50	1.01400
			240	25.00	1.01225
			1440	24.00	1.00900

$G_s = 2.697$

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Peso secco totale (gr)	Metodo di preparazione	% < 0.075 mm	% ciottoli	% ghiaia	% sabbia	% limo	% argilla	Peso secco per sedimentazione (gr)	D_{50} (mm)	D_{60} (mm)	D_{10} (mm)	D_w (mm)
S1	C1	3,00-3,50	65.22	A secco	77	0	0	30	46	24	65.22	0.5	0.04	0.0035	-

Normativa di riferimento ASTM 422/90

8. SISMICA DI SUPERFICIE

Ai fini della determinazione delle caratteristiche sismiche di ogni area individuata nella carta MOPS a comportamento omogeneo, è stata pianificata una campagna di indagini sismiche di superficie costituita da MASW e HVSR.

3.1. MASW – Sismica rifrazione

Ai fini della corretta esecuzione delle indagini è stata affidata ad una ditta specializzata di eseguire 5 prove masw secondo le specifiche dettate dal CentroMS.

Tali indagini sono state eseguite all'interno del perimetro da microzonare di 3^a livello, e secondo la distribuzione delle aree MOPS, in modo da interessare almeno una prova per ogni zona MOPS.

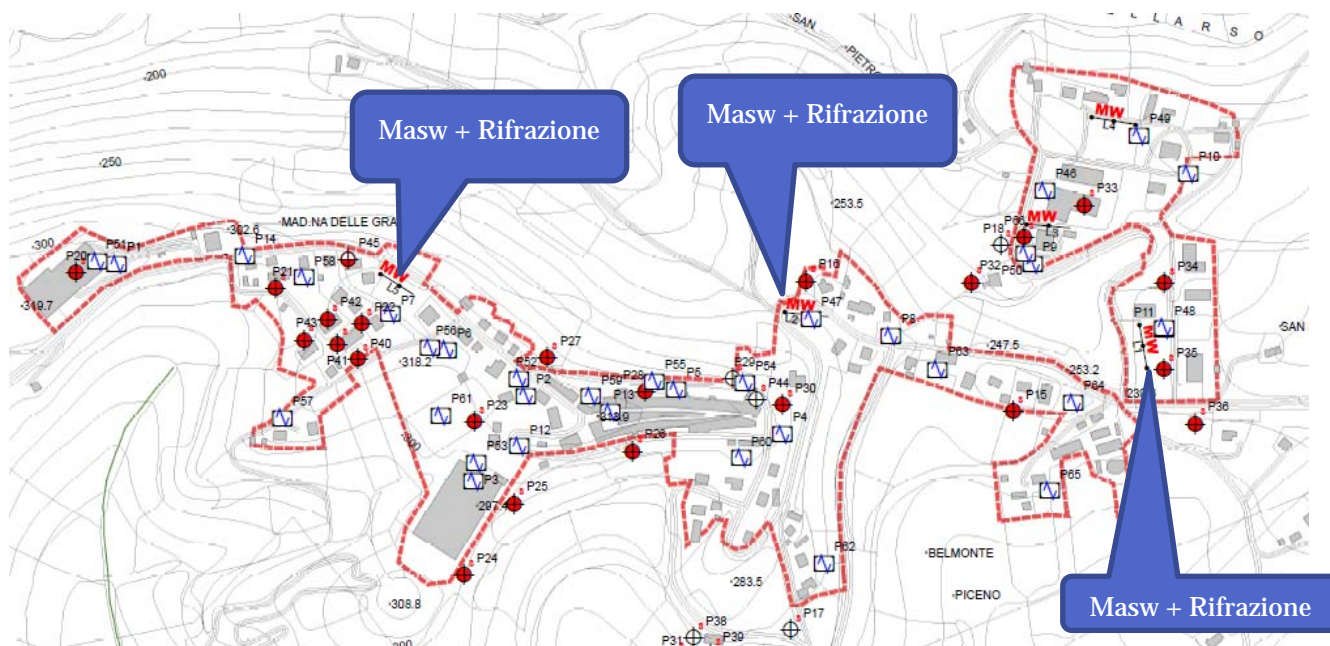



Figura 10 distribuzione delle prove sismiche nel territorio microzonato.  ubicazione MASW

3.1. HVSr

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geofisico i terreni in profondità, dove con le prove MASW non è possibile arrivare, è stata eseguita una campagna di prove HVSr. Anche queste distribuite uniformemente lungo tutte le aree a comportamento omogeneo (Mops) individuate al primo livello.

Tali prove sono state realizzate direttamente dall'incaricato con tromografo (Tromino) marca Micromed.

Mediante l'uso dei dati dedotti dalla prova HVSr, che determina la frequenza di risonanza propria dei terreni in sito, si è potuto confrontare la presenza di superfici di discontinuità all'interno della stratigrafia locale, in particolare se tali superfici erano coerenti all'interno di ogni perimetro MOPS.

Ai fini di una corretta interpretazione dei dati, sono state effettuate in loco, mediante tromografo, 34 acquisizioni settando lo strumento su 20 minuti di acquisizione con frequenza 128Hz.

L'elaborazione è stata effettuata mediante software "Grilla" considerando finestre temporali di 20 s, Smoothing 5% con finestra di analisi tra 0 e 64Hz.

Prima di iniziare la registrazione viene opportunamente preparato il terreno mediante la rimozione di tutto quello che potrebbe interferire nell'accoppiamento strumento-terreno, si presta particolare attenzione alla presenza di fattori che potrebbero disturbare la prova quali radici, erba, elementi di origine antropica, pietrame, etc.

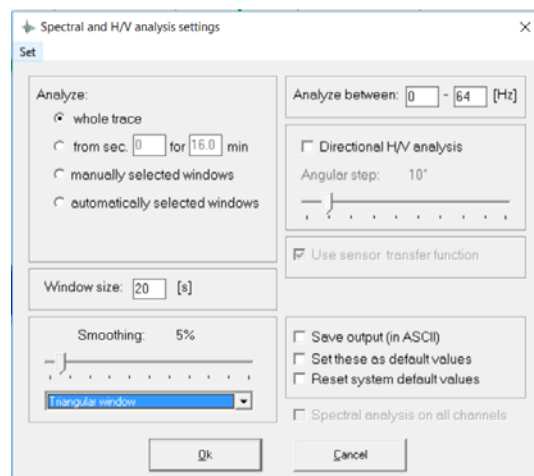


Figura 11 piedini usati per l'ancoraggio a terra

Dopo aver preparato la superficie, rimuovendo le asperità per produrre un piano, si è proceduto all'accoppiamento strumento-terreno con attenzione per la messa in bolla ed il controllo delle tre componenti di registrazione (orizzontali e verticale) che debbono essere libere di registrare (tale operazione viene fatta osservando direttamente sul display del tromino le tracce di registrazione).

Nel caso specifico l'ancoraggio a terra dello strumento è stato effettuato mediante l'ausilio di piedini di lunghezza 3,5 cm, adatti a luoghi con la presenza in superficie di terreni morbidi e poco compatti (vedi Figura 17 piedini usati per l'ancoraggio a terra dello strumento).

L'accoppiamento dello strumento al suolo, in quasi tutte le prove, è risultata particolarmente agevole in quanto le prove sono state eseguite su terreno naturale, è stato quindi necessario rimuovere soltanto pochi centimetri di terreno di riporto e vegetale. Effettuata l'acquisizione dei dati (registrazioni di circa 20 minuti l'una) in campagna si è proceduto al controllo delle curve e della qualità della prova (nel caso in cui la prova fosse risultata particolarmente disturbata si sarebbe proceduto con una nuova acquisizione).

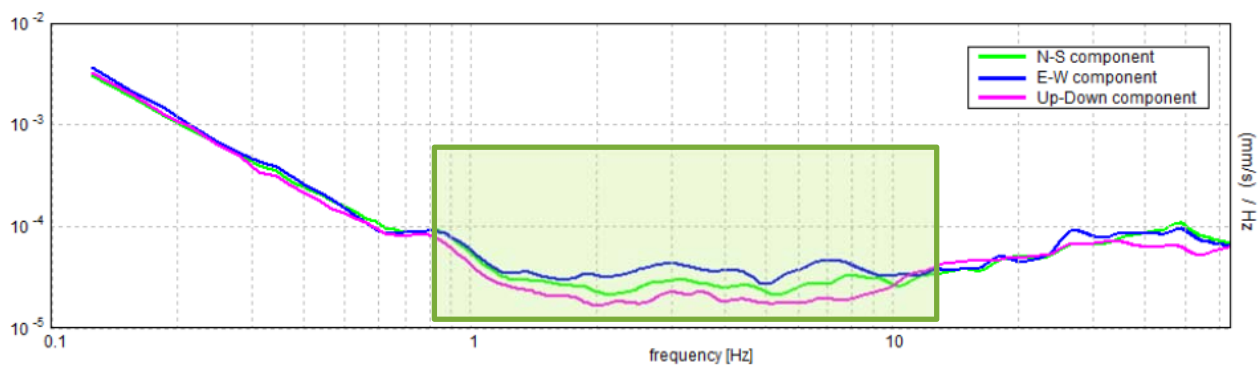


Figura 12 esempi di curve H/V zona centro storico MOPS 3^ livello n.2001

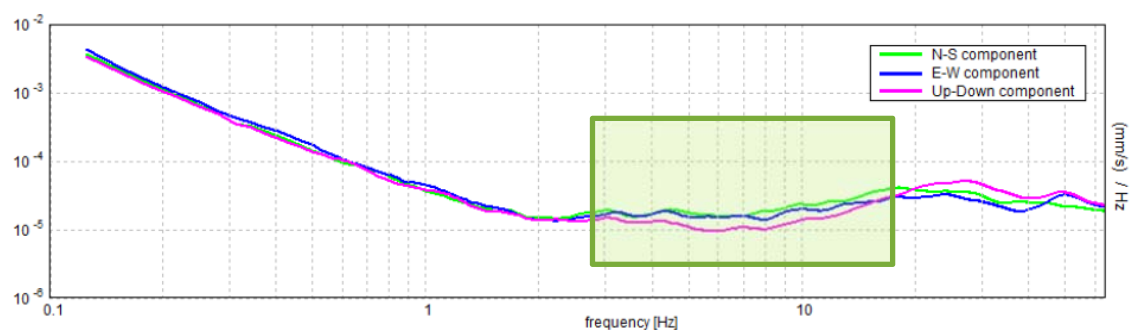


Figura 13 esempi di curve H/V zona Castellarso Tenna MOPS 3^ livello n.2002

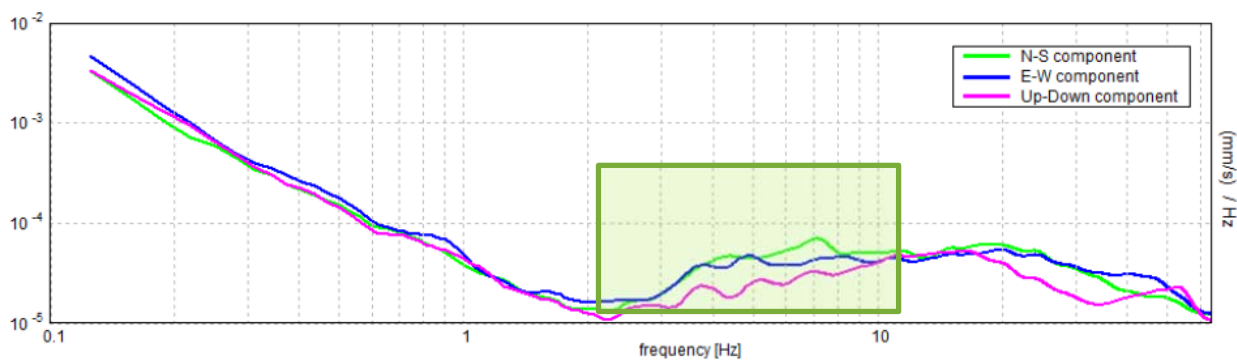


Figura 14 esempi di curve H/V zona Castellarso Tenna (Area Down Hole) MOPS 3^ livello n.2003

9. ANALISI DATI SISMICI INVERSIONI CONGIUNTE

Terminata la campagna indagini si è provveduto ad eseguire l'analisi congiunta MASW-HVSR, al fine di determinare il profilo sismico delle aree a comportamento omogeneo individuato nelle carta MOPS.

In particolare i dati da individuare con tale procedura sono i seguenti

- Profilo delle velocità delle onde S (Vs)
- Profondità del substrato sismico.

A tal proposito è stato utilizzato il software free Hv-Inv il quale combinando i dati grezzi delle due prove MASW-HVSR ha permesso di soddisfare gli obiettivi sopra elencati.

La combinazione delle prove utilizzate nell'analisi sono le seguenti:

- 0 INV DH HV P46
- 1 INV MASW L1_HV P48
- 2 INV MASW L2_HV P47
- 3 INV MASW L3_HV P46
- 4 INV MASW L4_HV P49
- 5 INV MASW L5_HV P7



Figura 15 elenco delle inversioni eseguite combinando prove Masw w HVSR

LOCALITA	LINEA	IND LIN MASW	IND PUHVSR	MOPS	CGT	PROF SUBSTRATO m
Castellarso Ete	0	L1	P48	2001	ALS - FAA4d	40
CAPOLUOGO	1	L2	P47	2003	MUSb2	160
Castellarso Ete	2	L3	P46	2003	MUSb2	160
Castellarso Ete	3	L4	P49	2002	GRS	100
CAPOLUOGO	4	L5	P7	2001	ALS - FAA4d	40

Figura 16 risultati delle inversioni con la relativa profondità del substrato sismico diviso per ogni zona omogenea (MOPS)

Rapportando i risultati così ottenuti alle stratigrafie delle colonnine MOPS (area a comportamento omogeneo) è possibile avere un quadro globale delle caratteristiche sismiche delle singole aree microzonate nel territorio di Belmonte Piceno

10. RISPOSTA SISMICA LOCALE 1D

Caratterizzate in maniera puntuale le singole area a comportamento omogeneo MOPS, il passo successivo è stato quello di calcolare l'amplificazione del moto sismico in ingresso (Risposta Sismica Locale).

Tale operazione è stata effettuata utilizzando il software 1d Strata.

Per ogni MOPS sono state inserite tutte le caratteristiche stratigrafiche e sismostratigrafiche ottenute nei passaggi precedenti, utilizzando come segnale d'ingresso i 7 accelerogrammi forniti dal CentroMS e descritti nei capitoli precedenti. Mediante un'analisi di tipo equivalente lineare sono stati ottenuti i valori di accelerazione al suolo (in superficie) modificati per effetto delle condizioni litostratigrafiche del sito. L'analisi è stata effettuata per ogni spettro d'ingresso, per ogni mops sono stati quindi ottenuti sette risultati (sette spettri e sette accelerogrammi).

I dati così ottenuti sono stati inseriti in un foglio di calcolo che mediante la media logaritmica ha restituito tre valori di accelerazione al suolo divisi per periodi di frequenza. Da tali valori mediante relativa equazione è stato calcolato un fattore di sicurezza per ogni intervallo di frequenza considerato.

Mops
2001

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	7.50	COOPERTURE ML	250.00
2	7.50	59.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	500.00
3	66.50	95.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	700.00
4	161.50	Half-Space	Bedrock	1000.00

Soil Types

	Name	Unit Weight (kN/m³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	20.00	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	
2	COOPERTURE ML	19.50	BELMONTE ML	BELMONTE ML	

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.89	1.83	1.36

Mops
2002

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	35.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	400.00
2	35.00	70.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	500.00
3	105.00	Half-Space	Bedrock	1000.00

Soil Types

	Name	Unit Weight (kN/m³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	20.00	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.64	1.70	2.06

Mops
2003

Site Profile

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	Vs (m/s)
1	0.00	7.50	COOPERTURE ML	250.00
2	7.50	59.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	500.00
3	66.50	95.00	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	700.00
4	161.50	Half-Space	Bedrock	1000.00

Soil Types

	Name	Unit Weight (kN/m³)	G/G_max Model	Damping Model	Notes
1	SUBSTRATO GEOLOGICO NON SISMICO	20.00	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	SUBSTRATO INTEGRO CON Vs < 800 m/s	
2	COOPERTURE ML	19.50	BELMONTE ML	BELMONTE ML	

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.84	1.71	1.79

11. Modellazione 2D (a cura del Centro MS)

Il modello geometrico del sottosuolo per le analisi di risposta sismica locale relative al comune di Belmonte Piceno è stato definito sulla base dei risultati delle indagini geofisiche (H/V, MASW e DH) e dei rilievi di campagna, specificamente effettuati per lo studio di microzonazione sismica dell'area. Questi sono stati integrati con i dati stratigrafici già disponibili, derivanti da indagini pregresse.

La profondità e l'andamento del substrato corrispondente alla formazione delle Argille azzurre in facies di alternanze pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica (FAA-ALS) sono stati definiti sulla base degli studi geologici e calibrati verificando la corrispondenza tra le funzioni di amplificazioni numeriche e quelle ricavate sperimentalmente sotto forma di rapporti HVSR misurati su *noise*. Nella Figura 1 è riportato uno stralcio della carta geologico-tecnica dell'area, dove è riportata la traccia della sezione NNE-SSO sottoposta ad analisi bidimensionale. Il profilo è invece riportato nella Figura 2.

Formazioni e delle Argille Azzurre FAA-GRS	Facies arenaceo- conglomerata	MASW	10 - 33	21	00 ³	0. 467	.00 ⁴	200 ¹	CGL P-S Microzona zione macroarea 4 l'Aquila
Formazioni e delle Argille Azzurre FAA-ALS	Alter nanza di facies pelitico- arenacea e arenaceo- pelitica	DH	0-30	22.5	84 ⁵	0. 463	.3 ⁴	233 ²	Prov a TS Massa Fermana
Formazioni e delle Argille Azzurre FAA-ALS	Argill a marnose		-	22.5	00 ⁸	0. 462	.75 ³	000 ³	Line are (Do=0.5)

Tabella I – Proprietà fisiche e meccaniche dei terreni

Poiché i metodi numerici di analisi utilizzati nel presente studio fanno riferimento al tradizionale approccio di legame costitutivo visco-elastico lineare equivalente, il comportamento di ciascun materiale è stato espresso attraverso il peso dell'unità di volume (γ), le velocità delle onde di taglio e di compressione (V_s , V_p), e le curve di variazione di rigidezza e smorzamento con la deformazione al taglio, $G(\gamma)/G_0$ e $D(\gamma)$.

Le velocità delle onde S sono state determinate a partire dai risultati delle prove MASW e dall'unica prova DH disponibile. Questa è stata interpretata in termini di dromocrone associate alla colonna stratigrafica del sondaggio (Figura 3), fornendo i valori medi di V_p e V_s da attribuire alle singole formazioni ai diversi campi di profondità.

Ad ogni unità litologica, sono stati anche attribuiti valori dei coefficienti α ($=V_p/V_s$) e di Poisson ν^1 relativi ai diversi campi di profondità esplorati con la prova DH. Questi parametri sono stati poi utilizzati per le analisi di risposta sismica eseguite con modelli bidimensionali.

¹ Dalla teoria dell'elasticità $\nu = (0.5\alpha^2 - 1)/(\alpha^2 - 1)$

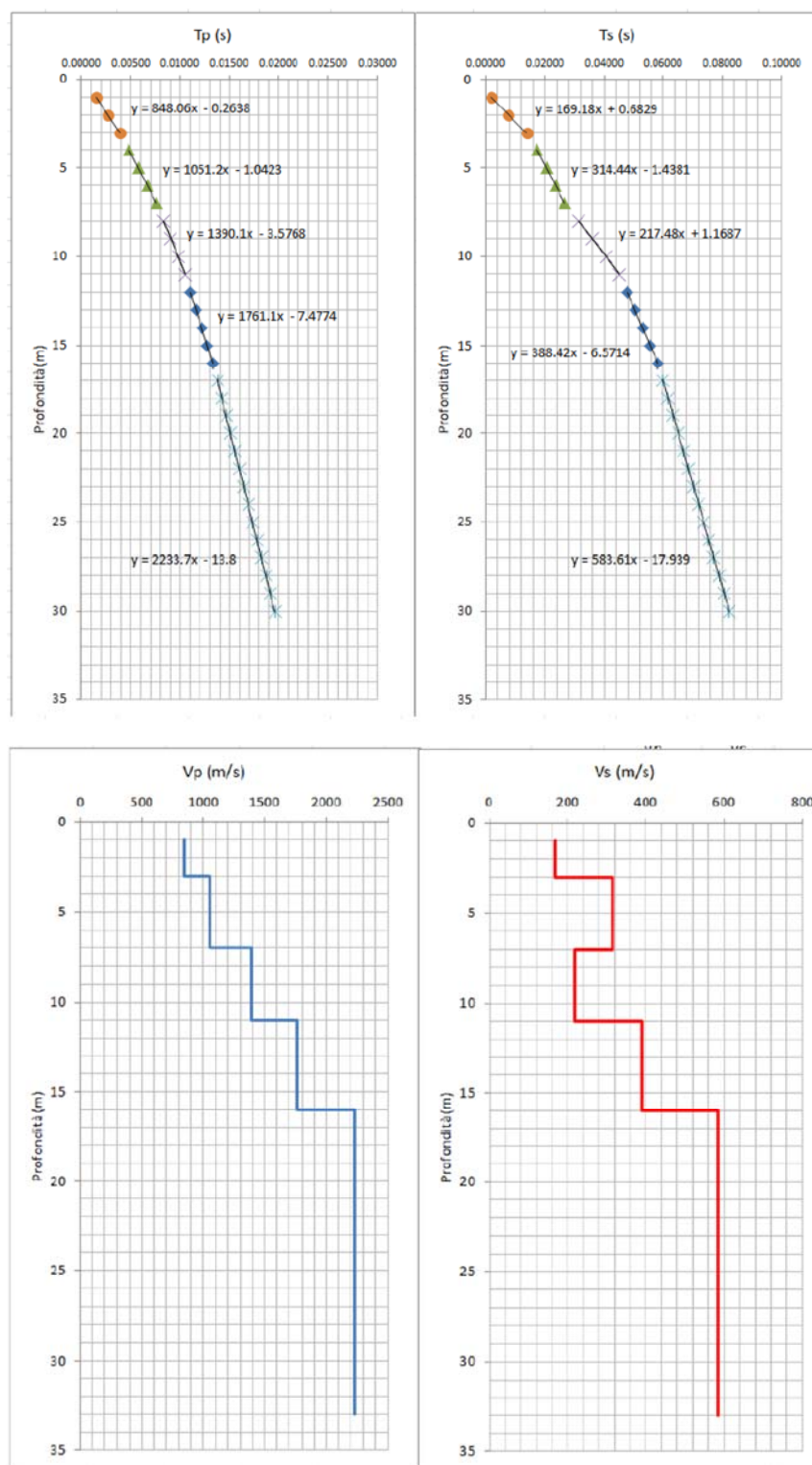


Figura 19 – Risultati prova DH: a) dromocrone; b) profilo V_p e V_s .

I profili di V_s delle diverse formazioni adottate nei modelli di calcolo sono riassunti e confrontati in figura 4. In figura 5 sono invece presentate le curve di variazione di rigidità al taglio normalizzata e fattore di smorzamento con la deformazione tangenziale, adottate per le analisi. Entrambe le figure evidenziano la notevole variabilità sia della rigidità sia del comportamento non-lineare e dissipativo dei diversi materiali.

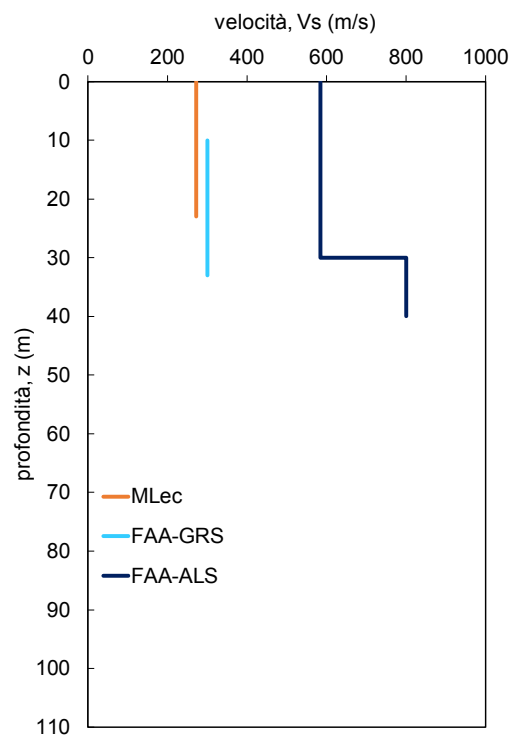


Figura 20 – Modello di velocità

La prova DH, eseguita in una zona non attraversata dalla sezione, ha consentito di caratterizzare in termini di V_s i depositi argillosi eluvio-colluviali cui viene attribuita una velocità di 272m/s. Il comportamento non lineare e dissipativo di tali depositi è stato caratterizzato grazie all'esecuzione di una prova di torsione ciclica su un campione prelevato alla profondità di 2.50m nel foro di sondaggio eseguito a Belforte per la prova DH. Le argille grigio azzurre nella litofacies arenaceo-conglomeratica (FAA-GRS) sono state invece caratterizzate grazie ai risultati della prova MASW L4 che attribuisce a quest'ultima una velocità di circa 300m/s. A tali depositi, in assenza di dati specifici, è stata attribuita una curva di decadimento del modulo di taglio e del fattore di smorzamento determinata sperimentalmente su terreni a granulometria comparabile. In particolare si è fatto riferimento alla caratterizzazione delle arenarie cementate eseguita nell'ambito della microzonazione della Valle dell'Aterno (Macroarea 4).

Infine, la prova DH ha permesso di attribuire una velocità di circa 600m/s alle argille azzurre nella facies di alternanze pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica (FAA-ALS).

A questa formazione è stata attribuita un'unica curva di non linearità ottenuta dai risultati di una prova di torsione ciclica su un campione prelevato nelle stesse formazioni nel comune di Massa Fermana.

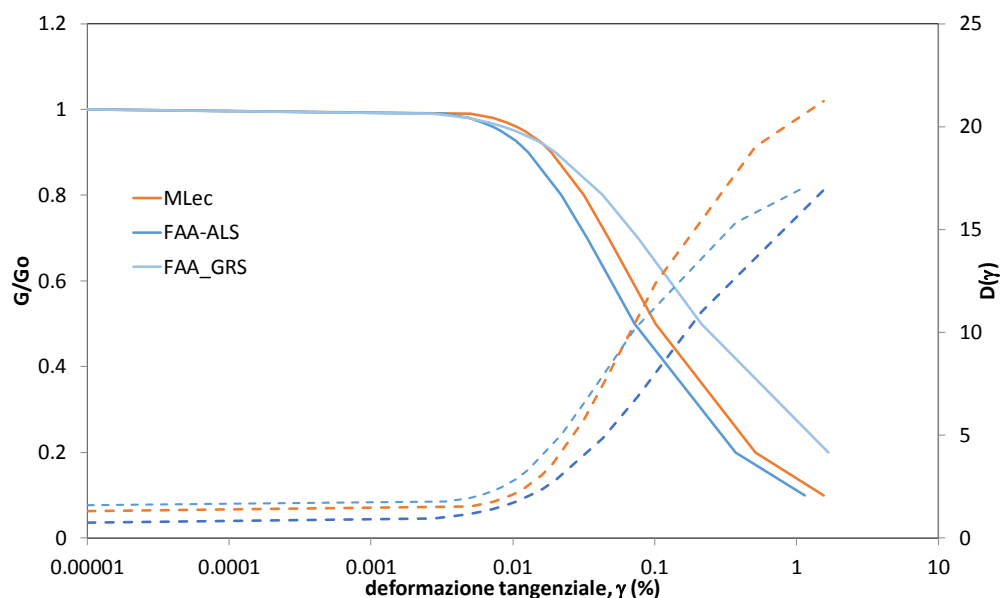


Figura 21 – Curve del decadimento del modulo di taglio e dell'andamento del fattore di smorzamento con il livello di deformazione

Infine il *bedrock*, corrispondente in quest'area alla formazione a Colombacci è stato modellato come materiale a comportamento lineare con V_s pari a 800m/s e valore molto limitato del fattore di smorzamento ($D_0 = 0.5\%$).

1. Analisi numeriche

Di seguito si riportano i risultati delle analisi numeriche bidimensionali condotte utilizzando il codice QUAD4M (Hudson et al., 2003). Gli input adottati nelle analisi sono stati forniti dal Centro di Microzonazione.

L'analisi numerica bidimensionale per il centro abitato di Belmonte Piceno ha riguardato una sezione orientata in direzione NE-So, indicata in Figura 6 con linea rossa.

Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione

- 2001 Porzione di substrato non sismico subaffiorante, costituito da alternanze di litofacies pelitico arenacee e arenaceo pelitiche con litofacies arenacee, arenaceo conglomeratiche
- 2002 Porzione di substrato non sismico subaffiorante, costituito da alternanze di litofacies arenacee, arenaceo conglomeratiche con litofacies pelitico arenacee e arenaceo pelitiche
- 2003 Depositi eluvio colluviali di versante collinare costituiti da sabbie limose e limi sabbioso argillosi. Posti su substrato costituito da alternanze di litofacies arenaceo e arenaceo conglomeratiche, pelitico arenacee e arenaceo pelitiche.

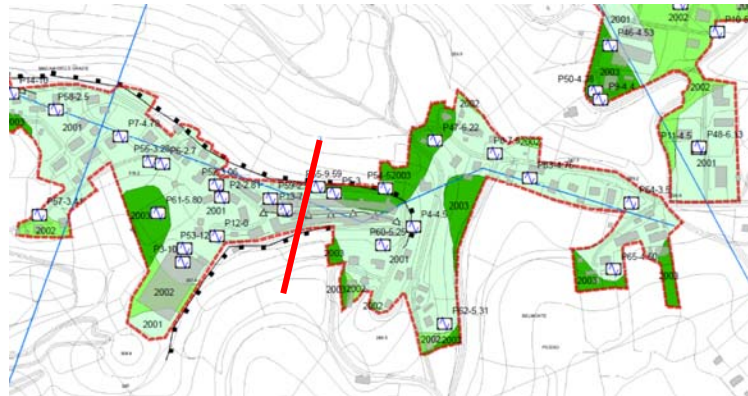


Figura 6 – Carta delle MOPS attraversate dalla sezione di Belmonte Piceno

Le Figura 7, Figura 8 e Figura 9 riportano con linea nera spessa i fattori di amplificazione medi ottenuti dall'analisi, rispettivamente nei campi di periodo 0.1-0.5s (FA0.1-0.5s), 0.4-0.8s (FA0.4-0.8s) e 0.7-1.1s (FA0.7-1.1s) sovrapposti all'involuppo dei loro valori massimi e minimi (linee sottili nere tratteggiate). La linea rossa indica il valore del fattore di amplificazione medio calcolato per ciascuna delle MOPS attraversate dalla sezione, i cui valori numerici sono riportati in seguito in Tabella II.



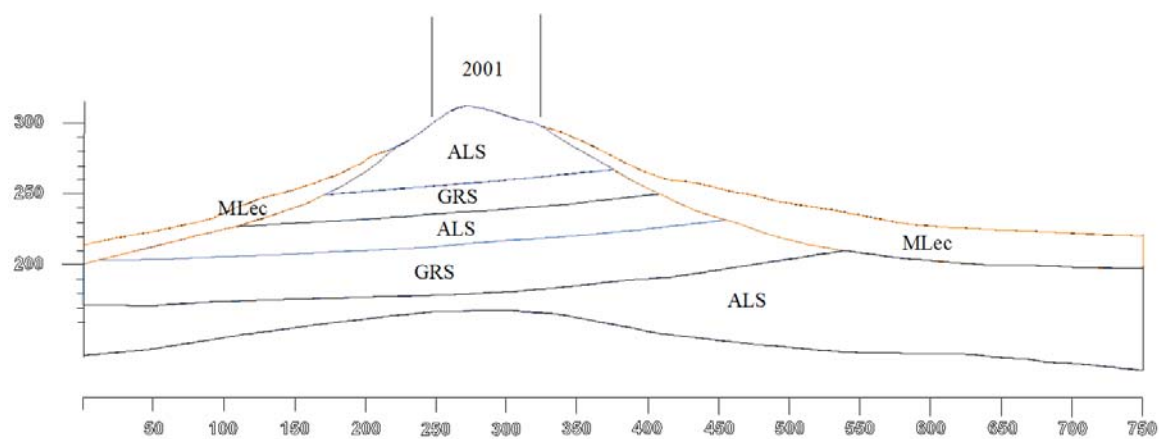


Figura 7 : Fattore di Amplificazione FA 0.1 – 0.5

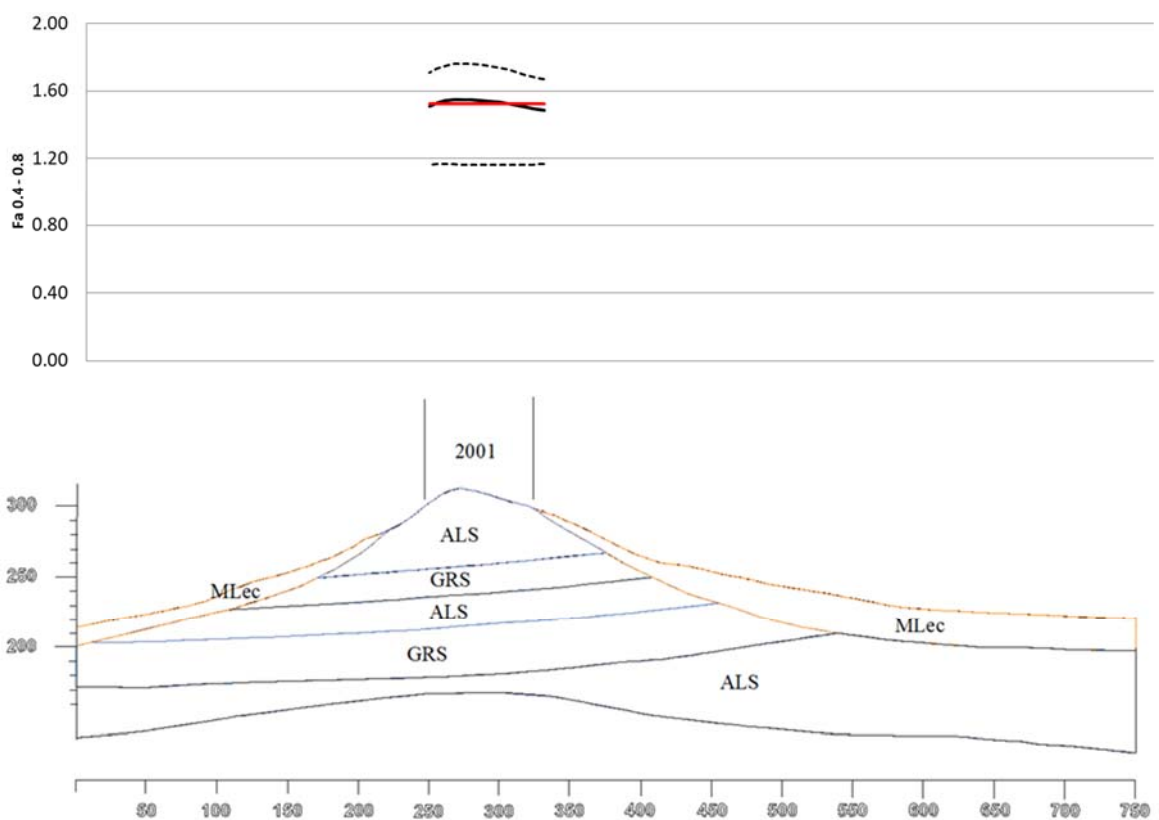


Figura 8 : Fattore di Amplificazione FA 0.4 – 0.8

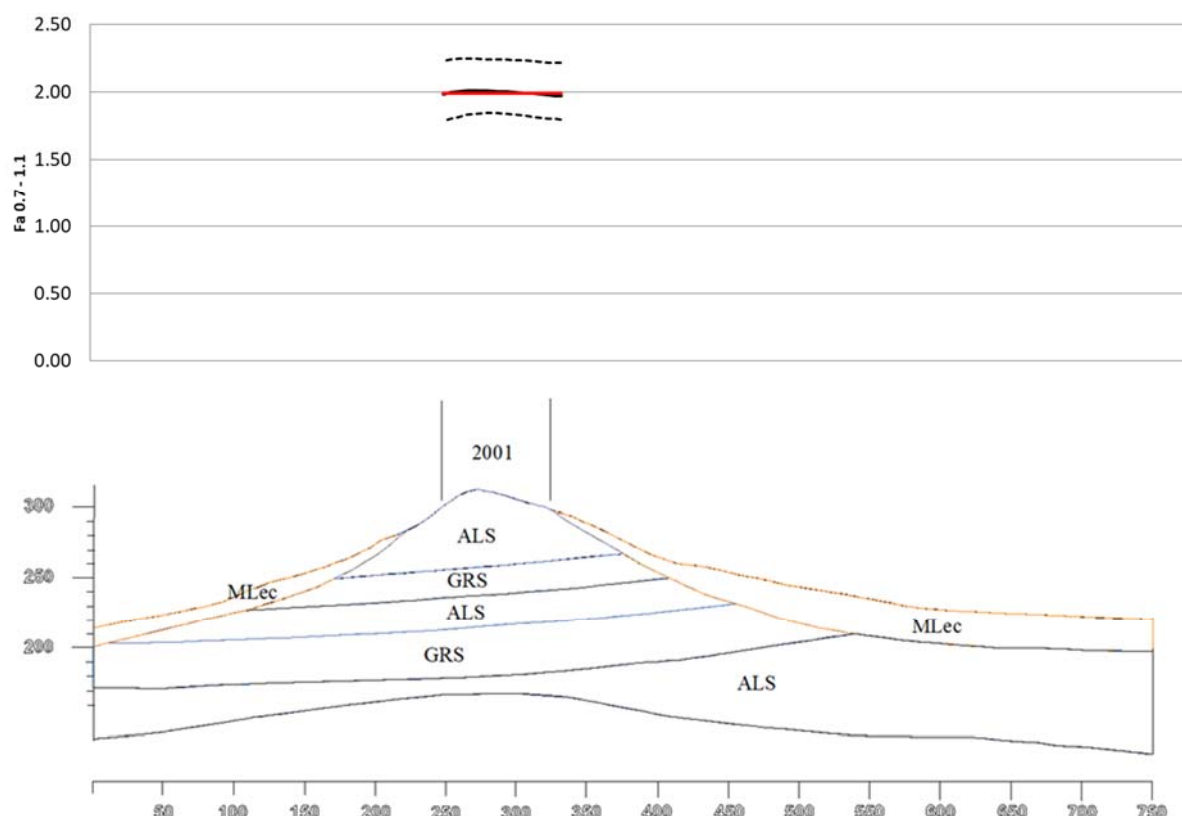


Figura 9 : Fattore di Amplificazione FA 0.7 – 1.1

2. Sintesi dei fattori di amplificazione e spettri calcolati per ciascuna MOPS

In Tabella II sono riportati i fattori di amplificazione calcolati per ciascuna MOPS per i tre campi di periodo considerati. I valori corrispondono alla media logaritmica degli FA per ogni MOPS ottenuti dalle analisi bidimensionali per la MOPS 2001 assumendo per i materiali il modello geotecnico riportato al §1.

MOPS	FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
2001	0.865	1.524	1.994

Tabella II – Fattori di amplificazione attribuiti a ciascuna MOPS

In relazione alle analisi bidimensionali, i 7 accelerogrammi in superficie e i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione da assegnare a ciascuna MOPS sono stati ottenuti individuando la verticale, all'interno della porzione di sezione competente alla medesima MOPS, caratterizzata dal fattore di amplificazione FA0.1-0.5s più prossimo al valore medio (diagramma in rosso in Figura 7).

I 7 accelerogrammi e relativi spettri di risposta in accelerazione assegnati a ciascuna MOPS sono allegati alla presente relazione in un apposito file excel "MOPS_ACC_SPETTRI".

Di seguito si riportano gli spettri medi per ciascuna MOPS, ottenuti mediando i 7 spettri di risposta in accelerazione, introdotti dalla descrizione delle verticali di calcolo per le analisi 2D.

2.1. MOPS 2001

I massimi valori del fattore medio di amplificazione ottenuti dalle analisi bidimensionali per la MOPS 2001 sono FA0.1-0.5s = 0.865, FA0.4-0.8s = 1.524 e FA0.7-1.1s = 1.994. La Figura 10 riporta lo spettro

medio di accelerazione che parte dal valore di picco di 0.186g. Si evidenzia un picco pari 0.531g in corrispondenza di $T=0.61s$.

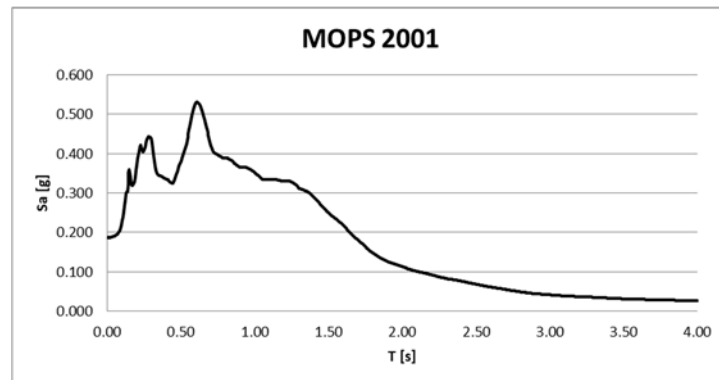


Figura 10 : Spettro medio MOPS 2001

3. Riferimenti bibliografici

Hudson M., Idriss I.M., Beikae M. (2003). User's Manual for QUAD4M. Center for Geotechnical Modeling. University of California, Davis.

In alcuni punti della sezione giudicati rappresentativi degli effetti attesi, sono stati ricavati di fattori di amplificazione (FA) nelle tre fasce di periodo di vibrazione, gli spettri di risposta relativi ai sette accelerogrammi rappresentativi della pericolosità sismica di riferimento (moto di input) e i sette accelerogrammi alla superficie. I valori di FA sono stati confrontati con quelli dedotti per la stessa MOPS dall'analisi 1D per valutarne la relativa congruità. Nel caso in cui questi ultimi risultassero meno cautelativi i risultati della modellazione 1D sono stati integrati da quelli dedotti dalla modellazione 2D. Il confronto è stato eseguito utilizzando i seguenti criteri:

1. il parametro guida è il valore di FA nell'intervallo 0.1-0.5 s
2. lo scarto tra i valori di FA ottenuti dalla modellazione 1D e quella 2D sia ≥ 0.2

Il valore medio di FA ottenuto all'interno della MOPS 2001 interessata dalla sezione analizzata con il metodo 2D, per l'intervallo 0.7-1.1, è pari a $F_a=1.994$.

Il valore di FA della MOPS 2001, ottenuto con la modellazione 1D, per l'intervallo 0.7-1.1 è pari a $F_a=1.36$

Nella cartografia del fattore di amplificazione si è pertanto deciso di modificare, per la MOPS 2001, il valore dell'analisi 1D, sulla base dei dati forniti per la stessa MOPS dalla Modellazione 2d, in quanto la differenza tra il valore 1D e 2D non rientra nello scarto definito compatibile (pari 0,2).

12. CARTOGRAFIA PRODOTTA

Carta delle indagini

Dal primo livello è stata ampliata e ridefinita la "Carta delle Indagini", redatta su base cartografica del Comune di Matelica in scala 1:5.000, dove viene riportato riporta l'ubicazione e l'indicazione della somma dei dati ritenuti più "significativi" esistenti sul territorio comunale di Belmonte Piceno.

L'insieme dei dati raccolti, ha permesso di disporre di un totale di n° 66 siti puntuali e n° 5 siti lineari.

Come nel primo livello tutte le indagini geotecniche e geofisiche reperite sono state cartografate nella "Carta delle indagini" e rappresentate, in forma simbolica e per tipologia, secondo la legenda prevista negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica fornito dalla Commissione tecnica per il monitoraggio degli studi di MS - Servizio Protezione Civile Nazionale (Versione 3.0).

Nello studio sono state utilizzate tutte le indagini a disposizione, anche quelle al di fuori del perimetro 3° livello.

Tutti i dati puntuali e lineari sono consultabili in formato PDF nella cartella documenti allegata all'interno del database.

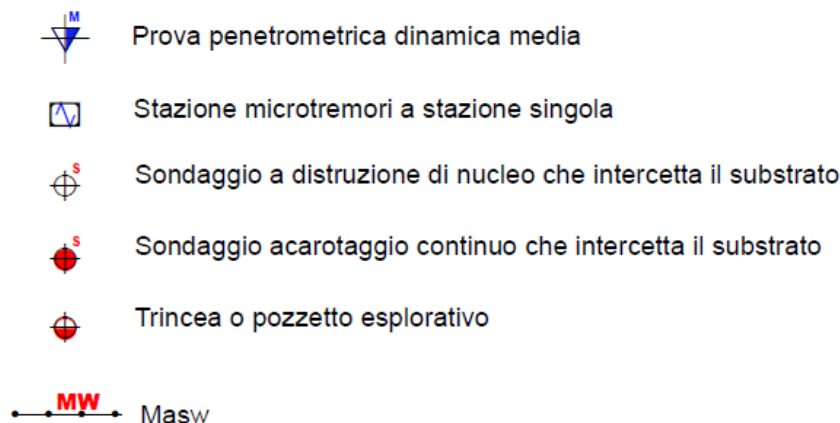


Figura 22 legenda carta indagini

Carta geologico tecnica

La Carta Geologico-Tecnica del 1° livello è stata corretta e rivista in base alle nuove specifiche settate dal centroMS, in particolare ai tipi litologici riscontrati sono stati assegnati i seguenti codici:

Tale carta è stata redatta sulla base dei seguenti dati cartografici:

- Cartografia tecnica comune di Belmonte Piceno in Scala 1:5000 riferibile alla carta regionale CTR (Carta Tecnica Regionale) alla scala 1:10.000, Sezioni 314070, 314110;
- Rilievi geologici e geomorfologici alla scala 1:10.000 eseguiti per la realizzazione del CARG per le aree di interesse;
- Carta Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (Progetto IFFI);
- Cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI);
- Dati stratigrafici, geotecnici e geofisici derivanti dai sondaggi eseguiti in corrispondenza delle aree di interesse (reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale del Comune di Matelica);
- Prove sismiche tipo HVSR effettuate dagli scriventi come da convenzione stipulata con il Comune di Matelica. Tutti i dati raccolti sono stati vagliati criticamente e verificati attraverso rilievi geologico-geomorfologici sul terreno ed esame delle foto aeree in visione stereoscopica dell'area in esame, disponibili presso l'Ufficio

I dati cartografici sono quindi stati comparati con le indagini puntuali reperite (Carta delle Indagini) al fine di verificare la natura delle litologie affioranti e definirne i reciproci rapporti geometrici. La "Carta Geologico-Tecnica" è stata redatta secondo le indicazioni contenute negli *Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale (ICMS)* e negli *Standard per la stesura della carta delle indagini e l'informatizzazione (Versione 4.0)*, nonché le indicazioni ricevute negli incontri con la Commissione Tecnica Regionale a supporto degli studi di MS. Essa descrive le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche del territorio del Comune di Belmonte Piceno.

La mappatura degli aspetti geologico-tecnici è stata eseguita per l'areale ritenuto significativo, unicamente in corrispondenza dei settori di interesse al fine degli studi di microzonazione sismica. L'area di studio è stata in genere definita assumendo in primo luogo come riferimento le zone interessate dalla presenza di edifici ed


estendendo l'ambito di indagine o fino ai versanti della valle, in caso di nuclei abitati vallivi, oppure almeno fino all'apice e al piede del versante, in caso di centri abitati posizionati su un rilievo.

L'area sottoposta alla mappatura degli aspetti geologico-tecnici, presenta la medesima estensione di quella che è stata scelta per la definizione delle MOPS e quindi della microzonazione sismica di livello 1, in quanto si è ritenuto utile comprendere i processi geologici nel loro insieme.



La legenda della carta è stata sviluppata seguendo le indicazioni fornite negli standard di rappresentazione e archiviazione informatica vers.3.0 (AA.VV., 2012)

Di seguito vengono descritti nel dettaglio tutti gli elementi che sono stati inseriti nella legenda della Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica, in quanto identificati all'interno dell'area di studio.




Terreni di copertura

	<p><i>ML ec – Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Origine deposizionale eluvio-colluviale e/o alluvionale.</i></p> <p>Coesivi da poco a moderatamente consistenti. Costituiti generalmente da depositi a granulometria prevalentemente limoso-argillosa. Spessori generalmente variabili dai 3 ai 20 m.</p>
---	---




Substrato geologico

	<p><i>ALS – Alternanza di litotipi stratificati.</i></p> <p><i>Substrato che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico alle unità litostratigrafiche del Messiniano (Formazione delle arenarie di Camerino, -Associazione Arenaceo pelitica e pelitico arenacea- e formazione gessoso-solfifera).</i></p>
	<p><i>GRS – Granulare cementato stratificato.</i></p> <p><i>Substrato che presenta generalmente $V_s < 800$ m/s; riferibile dal punto di vista litostratigrafico all'associazione arenacea.</i></p>

Forme di superficie e sepolte

	<p><i>Cresta</i></p>
	<p><i>Orlo di scarpata morfologica di h compresa fra 10 e 20 m</i></p>
	<p><i>Orlo di scarpata morfologica di h maggiore di 20 m</i></p>

Elementi geologici e idrogeologici

	<i>Giacitura di strato (normale) e valore di inclinazione degli strati</i>
	<i>Profondità (m) sondaggio o pozzo che ha raggiunto il substrato.</i> In considerazione del fatto che il substrato presente nell'area di studio può essere assunto come non rigido, è stato riportato quest'ultimo come substrato di base, al fine di evidenziare il contatto con le soprastanti coperture quaternarie e non perdere quindi questa informazione.
	<i>Profondità (m) sondaggio o pozzo che non ha raggiunto il substrato</i>

Sezioni geologiche

All'interno dell'area di studio delimitata per la realizzazione della Carta geologico-tecnica, sono stati identificati n.3 profili topografici significativi in corrispondenza dei quali sono state realizzate altrettante sezioni geologico- tecniche.

Tali profili sono stati selezionati in modo da fornire un quadro il più completo possibile delle situazioni geomorfologiche e stratigrafiche riconoscibili nell'area di studio. Le sezioni sono state nominate come Sez. A-B, C-D, E-F, G-H, e realizzate in modo da permetterne una adeguata restituzione su carta alla scala scelta per la rappresentazione di tutti gli elaborati 1:2.000 e 2500.

La legenda riportata nelle sezioni è sostanzialmente la stessa che è stata utilizzata per la Carta geologico-tecnica, sia per quanto riguarda le simbologie che per i colori. Anche per le aree instabili sono stati utilizzati gli stessi simboli.

Sono stati riportati lungo le sezioni, oltre ai punti dei sondaggi che raggiungono il substrato, anche i siti di misura del rumore ambientale (tramite metodologia HVSR), con le relative frequenze fondamentali di sito (f_0) di maggiore interesse ingegneristico (cfr. Carta delle MOPS).

Carta delle Mops 3[^] livello

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) – raggruppa le aree studiate che hanno un comportamento omogeneo. In questa carta sono state quindi individuate le microzone ove, sulla base delle modellazioni effettuate è stata prevista la presenza di diversi e specifici tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.)

Le microzone individuabili ai sensi degli standard di microzonazione sismica 4.0 sono suddivise in tre categorie:

A) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°). Non sono state individuate zone stabili all'interno delle aree esaminate.

B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Tale categoria è quella maggiormente rappresentata all'interno dell'area esaminata, e come si è visto in alcuni casi a seguito della modellazione 1d in alcune di queste

zone in moto sismico subisce una notevole trasformazione.

a. **zone stabili**, non sono state individuate all'interno del territorio esaminato in quanto, limitatamente ai dati in nostro possesso, anche dove presenti formazioni rocciose, riconducibili a valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs, superiori o prossime ai 800 m/sec, tali velocità non si sono mai riscontrate, anche ad alte profondità (>30m) e la topografia con acclività significativa fa sì che in tali aree il moto sismico venga modificato con la formazione di fenomeni di amplificazione.

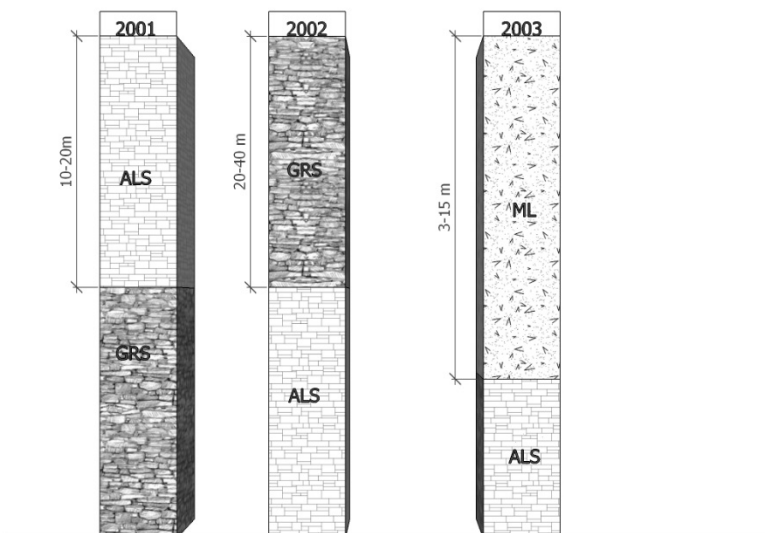
b. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale.

La quasi totalità della porzione del territorio del Comune di Belmonte Piceno presa in considerazione per il presente studio è caratterizzato dalla presenza di terreni di copertura di varia consistenza, natura e spessore, e da substrato affiorante di natura prevalentemente marnoso-arenacea, marnoso-argillosa. Tali terreni costituiscono l'elemento predominante, comprese le coltri di alterazione del substrato, molto fratturato o caratterizzato comunque da velocità di propagazione delle onde di taglio Vs < 800 m/s.

Utilizzando tali classi sono state elaborate n.3 successioni stratigrafiche rappresentative, in base alle quali sono state definite, nel campo carta, le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ognuna delle quali ha una corrispondenza univoca. Accanto ad ogni litologia è riportato orientativamente lo spessore massimo e minimo più rappresentativo del litotipo.

Le microzone di questa categoria sono state indicate nella carta delle MOPS rappresentate da colori con gradazione dal verde al giallo contrassegnate dai seguenti codici: 2001, 2002, 2003

Inoltre per la compilazione delle colonnine stratigrafiche che hanno portato alla successiva individuazione delle MOPS, i dati provenienti dalle indagini di campagna reperite (Sondaggi geognostici ecc.) sono stati messi in relazione con la genesi (ossia il processo che li ha prodotti) per ottenere un quadro comparativo il più possibile rappresentativo di estese porzioni di territorio.



MOPS 2001

E' caratterizzata dalla presenza di substrato non sismico affiorante costituito da litofacies pelitico arenacee e arenaceo pelitiche o litofacies arenacee o arenaceo-conglomeratiche fino a 30 m di profondità. Il Substrato sismico è posto a profondità maggiori di 30 metri in base alle inversioni fatte nel presente studio

MOPS 2002

E' caratterizzata dalla presenza di substrato non sismico affiorante costituito da litofacies arenacee o arenaceo-conglomeratiche o litofacies pelitico arenacee e arenaceo pelitiche fino a 100 m di profondità. Il Substrato sismico è posto a profondità maggiori di 100 metri in base alle inversioni fatte nel presente studio

MOPS 2003

E' caratterizzata dalla presenza in superficie di depositi di copertura eluvio colluviale costituiti da sabbie limose e limi sabbioso argillosi, posti su un substrato geologico caratterizzato da alternanze pelitico arenacee e arenaceo pelitiche per uno spessore di circa 150 m. Il Substrato sismico è posto a profondità maggiori di 150 metri in base alle inversioni fatte nel presente studio

13. CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Le NTC di cui al D.M. 14/1/08 suddividono le tipologie di sottosuolo in categorie, basandosi sul concetto che l'amplificazione sismica di un depositi dipende dal suo modulo di taglio a piccole deformazioni G_0 , quest'ultimo è inoltre legato alla velocità di propagazione delle onde di taglio V_{s30} .

Delle NTC 08 mediante criteri geofisici del profilo stratigrafico del suolo, possono essere rapportate le aree caratterizzate da differenti MOSP alle categorie dettate dalle NTC 2008 A - B - C - D - E (più altri due speciali: S1 e S2).

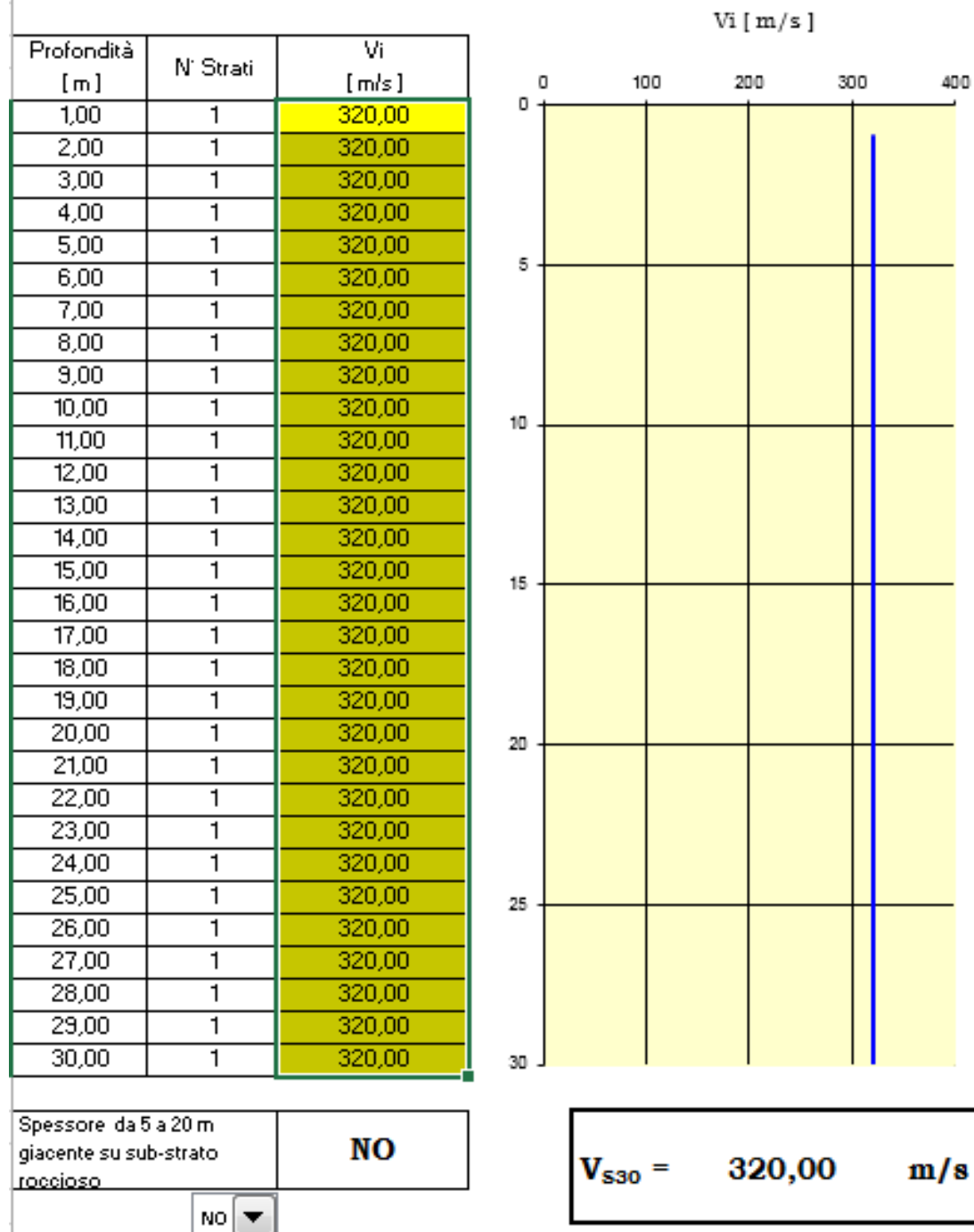
In particolare mediante la determinazione della velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di terreno (V_{s30}) si avrà:

Categoria suolo	descrizione	V_{s30} m/s	N_{spt30} terreni a grana grossa	Cu_{30} kPa terreni a grana fina
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m	* > 800		
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$360 < * < 800$	* > 50	* > 250
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	$180 < * < 360$	$15 < * < 50$	$70 < * < 250$
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità	* < 180	* < 15	* < 70
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).			
categorie aggiuntive di sottosuolo				
S1	Depositi di terreni 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	* < 100		$10 < * < 20$
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

² i 30 metri delle V_{s30} si riferiscono: per fondazioni superficiali si considera la basa della fondazione; per pali si considera la testa; per opere di sostegno la testa dell'opera; per muri di sostegno di terrapieni, si considera il piano d'imposta della fondazione

MOPS 2001

La Mops 2001 ha restituito valori di Vs30 pari a 320/sec, che fanno rientrare tale MOPS in suoli di tipo "C", come di seguito elencato:

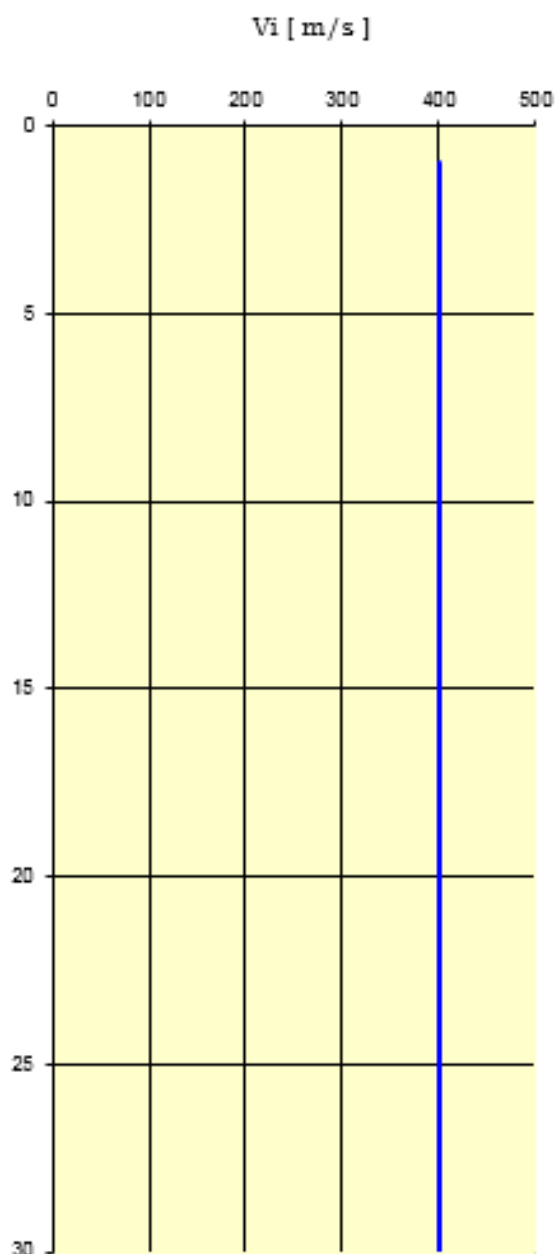
CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Mops 2002

La Mops 2002 ha restituito valori di Vs30 pari a 400 m/s, che fanno rientrare tale MOPS in suoli di tipo "B", come di seguito elencato:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1,00	1	400,00
2,00	1	400,00
3,00	1	400,00
4,00	1	400,00
5,00	1	400,00
6,00	1	400,00
7,00	1	400,00
8,00	1	400,00
9,00	1	400,00
10,00	1	400,00
11,00	1	400,00
12,00	1	400,00
13,00	1	400,00
14,00	1	400,00
15,00	1	400,00
16,00	1	400,00
17,00	1	400,00
18,00	1	400,00
19,00	1	400,00
20,00	1	400,00
21,00	1	400,00
22,00	1	400,00
23,00	1	400,00
24,00	1	400,00
25,00	1	400,00
26,00	1	400,00
27,00	1	400,00
28,00	1	400,00
29,00	1	400,00
30,00	1	400,00



Spessore da 5 a 20 m
giacente su sub-strato
roccioso

NO

NO

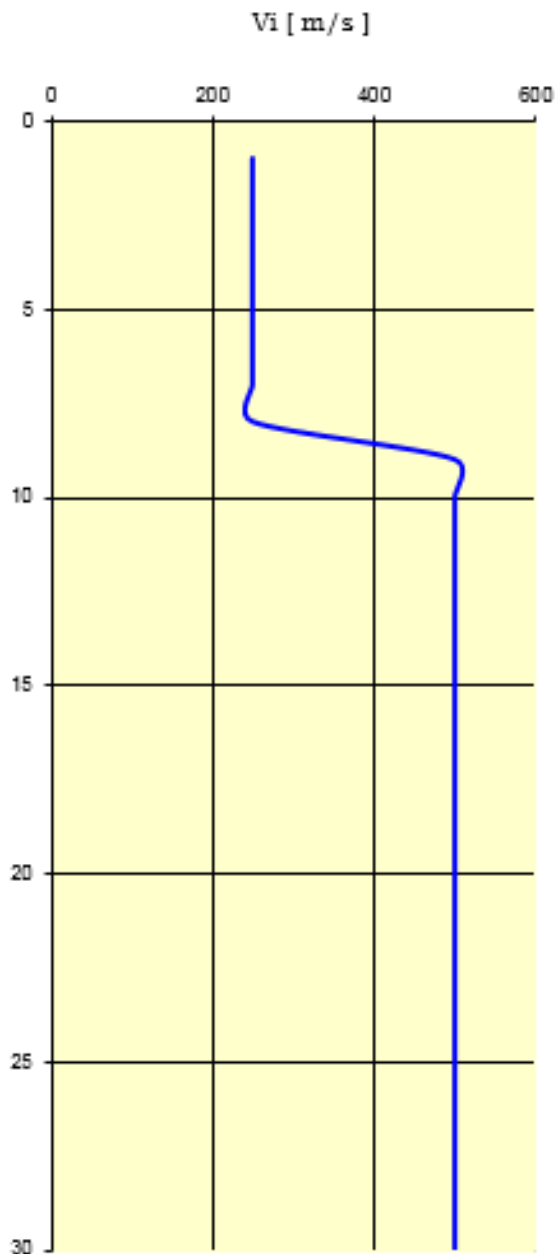
V_{S30} = 400,00 m/s

Mops 2003

La Mops 2003 ha restituito valori di Vs30 pari a 394,74 m/s, che fanno rientrare tale MOPS in suoli di tipo "B", come di seguito elencato:

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI SECONDO OPCM 3274 del 2003

Profondità [m]	N° Strati	Vi [m/s]
1,00	1	250,00
2,00	1	250,00
3,00	1	250,00
4,00	1	250,00
5,00	1	250,00
6,00	1	250,00
7,00	1	250,00
8,00	1	250,00
9,00	2	500,00
10,00	2	500,00
11,00	2	500,00
12,00	2	500,00
13,00	2	500,00
14,00	2	500,00
15,00	2	500,00
16,00	2	500,00
17,00	2	500,00
18,00	2	500,00
19,00	2	500,00
20,00	2	500,00
21,00	2	500,00
22,00	2	500,00
23,00	2	500,00
24,00	2	500,00
25,00	2	500,00
26,00	2	500,00
27,00	2	500,00
28,00	2	500,00
29,00	2	500,00
30,00	2	500,00



Spessore da 5 a 20 m
giacente su sub-strato
roccioso

NO

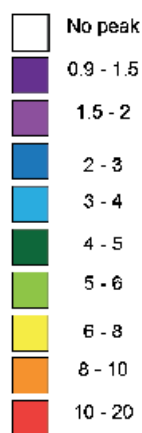
NO

V_{S30} = 394,74 m/s

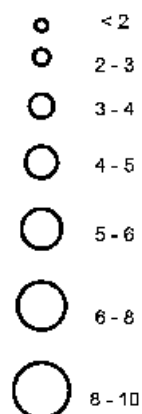
Carta delle frequenze naturali del terreno

Grazie all'archiviazione su apposito shp delle frequenze proprie dei terreni e delle loro ampiezze, ottenute dalle prove HVSR, è stata predisposta una carta delle frequenze naturali dei terreni, i cui risultati sono chiaramente visibili mediante la consultazione dalla carta n°4, allegata al presente studio.

Frequenza f (Hz)



Ampiezza A_0

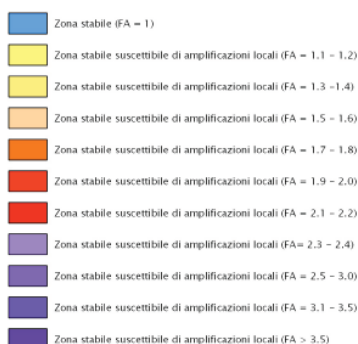


Carta della microzonazione sismica di livello 3 per intervalli di periodo 0.1-0.5, 0.4-0.8, 0.7-1.1 s

I dati ottenuti dalle modellazioni 1d sono stati inseriti all'interno di un SHP file in modo da poter essere assegnati e visualizzati sulle singole MOPS. In tal modo sono state prodotte 3 distinte carte per diversi periodi 0.1-0.5, 0.4-0.8, 0.7-1.1 s di vibrazione, i cui risultati sono chiaramente visibili mediante la consultazione dalle carte n°5°, 5b e 5c, allegate al presente studio.

Microzonazione sismica di livello 3

Zone stabili e stabili suscettibili di amplificazioni locali



Limite aree microzonazione sismica di livello 3

