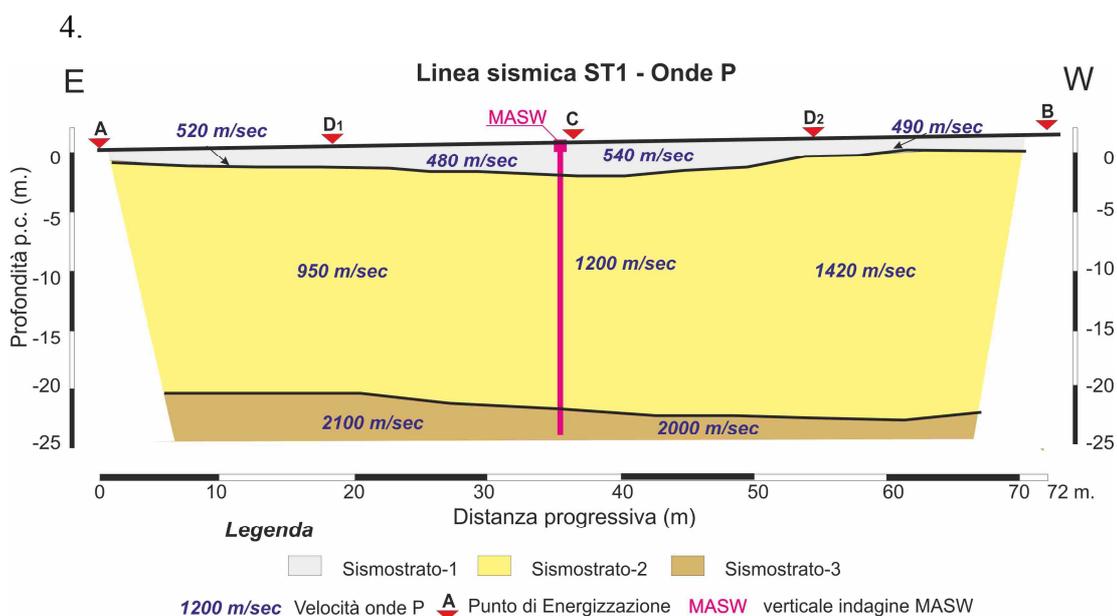


BASE SISMICA A RIFRAZIONE ST1P (TAV. 2)

1. Il sismostrato-1 è caratterizzato da velocità delle onde P di comprese tra 480 m/sec e 540 m/sec; lo spessore di questo sismostrato è variabile: circa 1 m. (scoppio A), circa 1.5 m. in corrispondenza dello scoppio D1,D2 e B, e circa 2.5 m. (scoppio C); questo sismostrato può essere attribuito a depositi di riporto;
2. Il sismostrato-2 mostra velocità delle onde P comprese tra 950 m/sec e 1420 m/sec; lo spessore compreso è di circa 20 m.; queste velocità possono essere attribuite a depositi incoerenti;
3. Il sismostrato-3 mostra velocità delle onde di compressione di circa 2000 m/sec; questo sismostrato può essere attribuito a depositi del substrato geologico.



TAV. 2: sezione sismica a rifrazione in onde P

La sismica a rifrazione in onde P ha permesso di individuare due sismostrati: il primo mostra una geometria irregolare con un approfondimento nella parte centrale dello stendimento, mentre il secondo evidenzia una morfologia tabulare con una leggera immersione nella parte W dello stendimento. I sismostrati individuati mettono in evidenza velocità delle onde P che indicano condizioni di non saturazione dei sismostrati. La Variazione laterale di velocità individuata nel Sismostrato2 può essere attribuita ad una variazione dello stato di addensamento dei materiali e/o a una variazione laterale di litologia. Si sottolinea il fatto che la metodologia sismica a rifrazione può dare un errore nell'individuazione della profondità dei rifrattori dell'ordine del 15-20%. Di seguito la descrizione dettagliata dei sismostrati individuati.

In fig. 18 è riportato il profilo di velocità dell'onda di taglio del sottosuolo investigato, ottenuto attraverso un processo d'inversione. Come si può notare dal grafico il profilo delle Vs è caratterizzato da un aumento progressivo della velocità con la profondità. Questo profilo di velocità è associabile ad una sequenza stratigrafica caratterizzata da una copertura di depositi detritici e da calcari marnosi fratturati poggianti su una formazione calcareo marnosa più compatta. In particolare questo passaggio stratigrafico si può individuare a circa 21m. dal p.c. In tab. 3 è riportata una schematizzazione del profilo di velocità ottenuto.

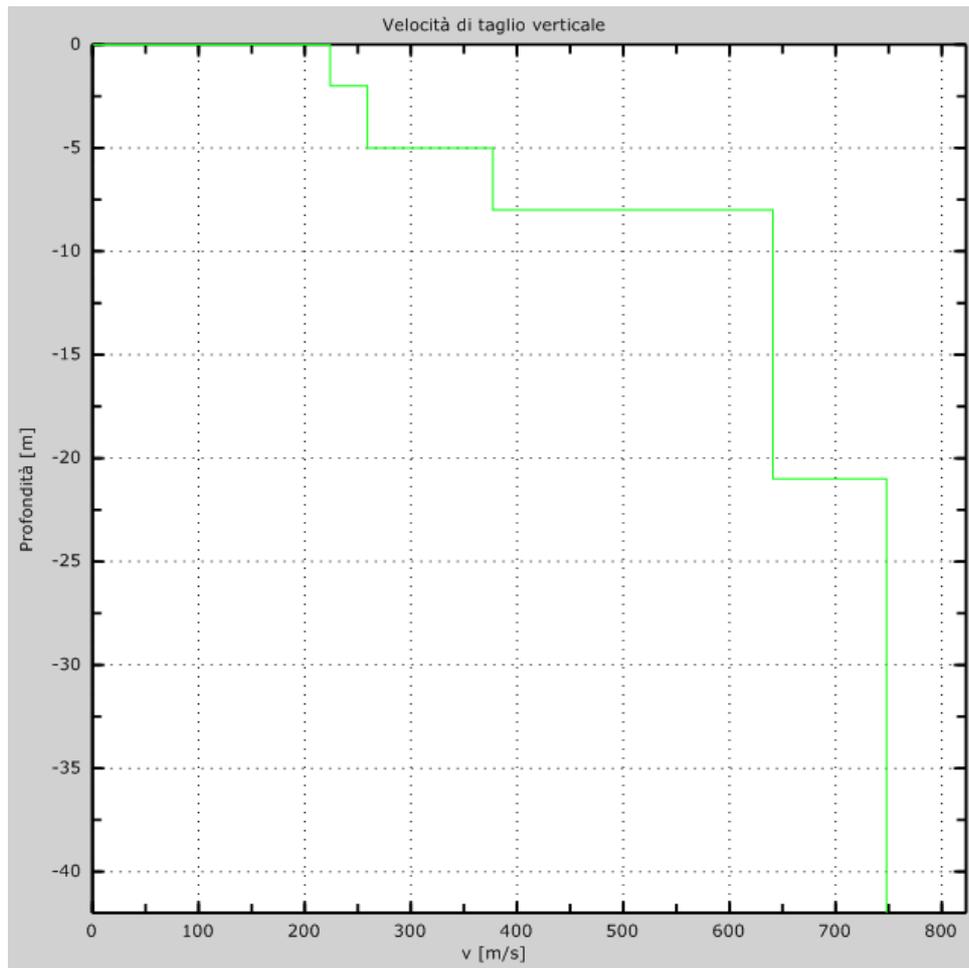


Fig. 18: determinazione del profilo di velocità V_s .

Profondità (m.)	Velocità V_s (m/sec)
0-2	220
2-5	260
5-8	580
8-21	640
21-40	750

Tab. 3: schematizzazione del profilo di velocità V_s .

Di seguito viene riportato lo schema stratigrafico di dettaglio elaborato a seguito dell'esecuzione della trincea geognostica esplorativa.

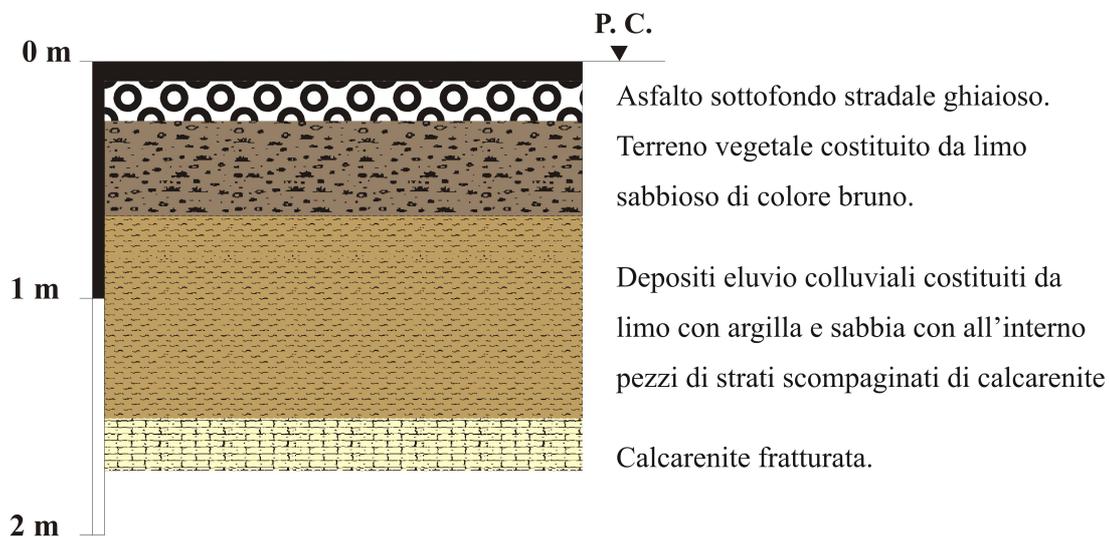


Fig. 19: schema stratigrafico di dettaglio.

7.0 CARATTERIZZAZIONE FISICO MECCANICA

Ai sensi del **Decreto dei Ministeri delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 – Nuove Norme tecniche per le costruzioni** e delle **Istruzioni per l'applicazione del DM 14 gennaio 2008 - Norme tecniche per le costruzioni** i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico. È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e la modellazione geotecnica. Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali (vedi tabella).

Spessore strato (m)	γ (t/m ³)	ϕ' (°)
0-2 (max)	1,7	24-26
2-20	1,8	28
20-30	2,1	35

7.1 CALCOLO DEL PARAMETRO Vs30 (D.M. 14/01/2008)

Il D.M. del 14/01/2008 disciplina le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici soggetti ad azioni sismiche. Lo scopo delle norme è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi di protezione civile.

In particolare, le costruzioni devono essere dotate di un livello di protezione antisismica differenziato in funzione della loro importanza e del loro uso, e quindi delle conseguenze più o meno gravi di un loro danneggiamento per effetto di un evento sismico.

L'azione sismica, con l'entrata in vigore delle nuove NTC, è valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento *ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1)*, in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti.

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. *Quindi, si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in*

frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- effetti stratigrafici, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;

- effetti topografici, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel par. 7.11.3 delle N.T.C. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento.

I metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico di risposta; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante accelerogrammi. Nei metodi semplificati è possibile valutare gli effetti stratigrafici e topografici. In tali metodi si attribuisce il sito ad una delle categorie di sottosuolo definite nella Tabella 3.2.II delle NTC e ad una delle categorie topografiche definite nella Tabella 3.2.IV delle NTC. In questo caso, la valutazione della risposta sismica locale consiste nella modifica dello spettro di risposta in accelerazione del moto sismico di riferimento, relativo all'affioramento della formazione rocciosa (categoria di sottosuolo A) su superficie orizzontale (categoria topografica T1). Specifiche analisi di risposta sismica locale sono fortemente raccomandate per categorie speciali di sottosuolo (Tabella 3.2.III delle NTC), per

determinati sistemi geotecnici, o se si intende aumentare il grado di accuratezza nella previsione del moto sismico in un dato sito.

Si sottolinea che l'utilizzo dell'approccio semplificato non è esaustivo per una corretta valutazione degli "effetti Locali", poiché fenomeni dovuti ad amplificazione stratigrafica e morfologica, ad effetti di bordo e di cresta, che possono verificarsi in caso di sisma, possono essere messi in evidenza solo con analisi numeriche specifiche (modellazioni mono e bi-dimensionali).

Tuttavia, queste analisi specifiche, non sempre possono essere eseguite, poiché si dovrebbero investigare e parametrizzare porzioni di territorio ben più ampie rispetto a quelle investigate per il sito oggetto di studio.

Quindi l'utilizzo dell'approccio semplificato, con la definizione delle Categorie di Sottosuolo, non può in alcun modo sostituirsi ad uno studio di pericolosità sismica per il sito di interesse, ma vuole rappresentare un primo approccio alla definizione delle azioni sismiche di progetto, in mancanza di strumenti urbanistici ed economici che permetterebbero di avere una visione esaustiva della problematica.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, tramite approccio semplificato, si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

A – *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.;

B – *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);

C - *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di

V_{s,30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT_{,30} < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < cu_{,30} < 250 kPa nei terreni a grana fina);

D - *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s,30} inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT_{,30} < 15 nei terreni a grana grossa e cu_{,30} < 70 kPa nei terreni a grana fina);*

E - *Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con V_s > 800 m/sec);*

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al par. 3.2.3 del D.M. 14/01/2008.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie S1 ed S2, di seguito indicate, 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.

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s,30} inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu_{,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.

Nelle definizioni precedenti V_{s30} è la velocità media di propagazione entro trenta metri di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di n strati presenti nei trenta metri superiori.

I risultati riportati in tab. 4, derivanti dal profilo di velocità elaborati dalla prova M.A.S.W. mostrano che i terreni costituenti il sottosuolo investigato appartengono ad una categoria di suolo B. Si specifica che il valore di V_{s30} è stato calcolato dall'attuale piano campagna: nel caso in cui la profondità di imposta delle fondazioni non dovesse coincidere con quella indicata, si raccomanda ai progettisti di ricalcolare il parametro V_{S30} .

Indagine	Profondità di calcolo	V_{s30}	Categoria di suolo
MASW	Attuale piano campagna	516 m/sec	B

Tab. 4 – Verticali di calcolo del parametro V_{s30} .

MODULI ELASTO-DINAMICI ST1								
Sismostrato	δ	V_p	V_s	V_p/V_s	E_0	ν	K_0	
	m.	(kg/m^3)	(m/sec)	(m/sec)	(-)	Mpa	(-)	Mpa
1	0-2	1800	500	220	2.27	261	0.38	334
2	2-5	2000	1200	260	4.62	406	0.48	2700
2A	5-8	2000	1200	580	2.07	2018	0.35	1985
2B	8-21	2000	1200	640	1.88	2458	0.30	1790
3	21-25	2100	2000	750	2.67	3544	0.42	6829

Tab. 5 – Risultati della parametrizzazione elasto-dinamica ottenuti per la linea sismica ST1.