

Studio di geologia

Dott. GAUDENZIO LEONARDIS
S. DEMETRIO NE' VESTINI (AQ) – cell. 347-1827394



COMUNE DELL'AQUILA

committenza

VENICIO LIBERATO CORTI

oggetto

SENTENZA T.A.R. N. 307/2010
ADEGUAMENTO DEL P.R.G.



RELAZIONE GEOLOGICA

art. 89 del D.P.R. 380/2001 (ex-art 13 L.n.64/1974)

Settembre 2010

Dott. Geol. Gaudenzio Leonardis – via Nazionale, 37 – S. Demetrio né Vestini (Aq)

Gaudenzio Leonardis

Dott. GAUDENZIO LEONARDIS
GEOLOGO
VIA NAZIONALE,37-CEL.347-1827394
67028 S.DEMETRIO NE' VESTINI (AQ)
Cod.Fisc. LNRGNZ41H14H819F
Part. IVA 00217490663



COMUNE DELL'AQUILA

SENTENZA T.A.R. N. 307/2010
ADEGUAMENTO DEL P.R.G.

RELAZIONE GEOLOGICA
art. 89 del D.P.R. 380/2001 (ex-art 13 L.n.64/1974)

Premessa

In accoglimento del ricorso n.75/2010 proposto dal sig. VENICIO LIBERATO CORTI, il Tribunale Amministrativo Regionale, con sentenza n. 307/2010, ha notificato al Comune di L'Aquila l'obbligo a provvedere all'adeguamento del P.R.G. relativamente alla destinazione urbanistica dell'area di proprietà del ricorrente individuata in Catasto al Fg. 1 mappale n° 1258/1260.

In tal senso, il Servizio RiPianificazione – Politiche del Territorio e Ambientali del Comune di L'Aquila ha richiesto al sig. Corti, nel rispetto della normativa vigente ed in particolare dell'art. 89 del D.P.R. 380/01 (ex art. 13 della L.64/74), di fornire un studio preliminare teso a valutare l'*idoneità geologica* in merito alle previsioni di sviluppo urbanistico del sito in oggetto.

In questo elaborato, pertanto, sono stati definiti i lineamenti geologici generali dell'area presa in esame e della zona circostante, con particolare riguardo alle condizioni geomorfologiche, alla presenza di falde idriche sotterranee, al decorso di acque superficiali ed al rischio sismico.

Lo studio geologico preliminare è stato articolato nelle fasi seguenti:

- 1) Raccolta dati geologici pregressi relativi a zone limitrofe l'area di studio ed analisi della cartografia esistente;
- 2) Rilevamento geologico-geomorfologico di superficie;
- 3) Stima della risposta sismica locale dei terreni che costituiscono il sottosuolo del sito in esame attraverso l'esecuzione di una prospezione geofisica.

Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico

L'area in esame si sviluppa, con andamento lievemente declive, al piede di un modesto rilievo collinare, nelle vicinanze dell'abitato di Sassa (frazione del Comune di L'Aquila).

Tale area si trova a margine di un'ampia spianata, indicata con il toponimo di *piana di Sassa-Scoppito*, che occupa una incisione valliva solcata, in direzione Ovest-Est, dal *torrente Raio*, tributario del *fiume Aterno*.

Questa *piana*, caratterizzata morfologicamente da numerose e blande ondulazioni, costituisce la propaggine occidentale della *conca aquilana* che rappresenta una estesa depressione di origine tettonica racchiusa tra alti rilievi costituiti da rocce carbonatiche di età meso-cenozoica, riferibili a vari paleoambienti sedimentari (*facies*) dalla *piattaforma carbonatica laziale-abruzzese* al *bacino prossimale*, e da rocce terrigene arenaceo-pelitiche dei *solchi miocenici*.



Nel settore settentrionale, il perimetro della *conca* è delimitato dalla dorsale *la Torretta-M.te Soffiavento*, allungata in direzione E-O, che la divide in due rami: il primo, piuttosto ampio, segue il corso del *torrente Raio* e comprende le zone di Sassa e Scoppito; il secondo, segue il corso del *fiume Aterno* verso la zona di Pizzoli-Barete. La dorsale è formata da calcari micritici e calcari marnosi cenozoici suddivisi in strati immergenti verso ENE, cioè verso il ramo della *conca* che segue il corso dell'Aterno.

Ad occidente la *conca* è chiusa dalle pendici dei rilievi di Sella di Corno, dove affiorano i calcari marnosi miocenici.

Anche lungo il bordo sud-occidentale, affiorano le formazioni mioceniche costituite, però, da potenti strati di arenaria, tra Colle di Sassa e Pagliare, e da calcari, calcareniti e calcari marnosi, tra Genzano e M.te Luco, disposte con giacitura immergente principalmente verso il centro della *conca*. Talvolta i calcari marnosi miocenici emergono dai sedimenti continentali della *piana* dando origine a modesti rilievi collinari (*Palombaia di Sassa*).

A sud-est, il settore occidentale della *conca aquilana* trova il suo naturale sbarramento nel *terrazzo* morfologico formato da uno spesso corpo tabulare di breccie calcaree, di ambiente continentale sul quale è stato edificato il centro storico del Capoluogo.

Infine, l'imponente massa rocciosa di *M.te Pettino-M.te Castelvecchio* costituisce il fianco orientale della *conca*. Va evidenziato che questa dorsale risulta fortemente dislocata, per effetto di una importante faglia *bordiera* ("faglia di Pettino") a direzione appenninica NO-SE, che ha interessato tutta la successione meso-cenozoica, e notevolmente sollevata rispetto alla corrispondente formazione geologica del basamento¹ della *conca*, posto al di sotto della copertura formata dai sedimenti continentali quaternari di ambiente lacustre, fluvio-lacustre e fluviale.

Il modellamento morfologico attuale deriva dai fenomeni tettonogenetici mio-pliocenici, proseguiti nel Quaternario.

Infatti, dopo una fase tettonica estensionale giurassica, legata al *rifting tetideo*, che aveva provocato lo smembramento della *piattaforma carbonatica*, soggetta fino ad allora a costanti fenomeni di subsidenza, i blocchi calcarei (determinati e differenziati da variabili gradi di subsidenza)

¹ Queste masse rocciose, a loro volta, dovrebbero essere suddivise da altre faglie dirette ad andamento appenninico NW-SE così da costituire una struttura geologica caratterizzata da una specie di "gradinata" che va ribassandosi dai rilievi montuosi verso il fondovalle dell'Aterno.

che erano stati *tiltati* e fratturati, si sono accavallati gli uni su gli altri in seguito ad una spinta tettonica compressiva in direzione adriatica attivatasi alla fine del Miocene superiore.

Nelle depressioni, ad andamento appenninico (NW-SE), che separano i blocchi calcarei si riversarono i *flysch* messiniani.

L'assetto acquisito dal territorio manifesta uno stile tettonico decisamente rigido contraddistinto da un reticolo di faglie organizzate in un *set* principale, disposto con direzione NO-SE, e da linee di discontinuità minori orientate secondo le direzioni O-E e OSO-ENE.

L'andamento differenziato della subsidenza, coniugato alla fase tettonica estensionale, costituisce uno dei fattori fondamentali dell'evoluzione dell'area in esame: essa è caratterizzata infatti dal progressivo delinarsi di una depressione in corrispondenza della *valle dell'Aterno (conca aquilana)* cui si contrappone il progressivo sollevamento della dorsale del Gran Sasso.

Dopo il Miocene superiore l'entità dei movimenti tettonici ha subito un netto salto qualitativo con movimenti positivi a velocità notevolmente più elevate che hanno determinato, attraverso alterne e complesse vicende, l'attuale assetto orografico dell'intera zona.

I movimenti distensivi, che seguirono alla fase tettonica compressiva-traslattiva dell'orogenesi appenninica, hanno approfondito la depressione strutturale dell'Aterno, già delineata, che nel Pleistocene inferiore venne occupata dalle acque di un grande lago.

Sulla base delle conoscenze acquisite, risulta evidente che la formazione di questo lago sia dovuta al concomitante sbarramento di solchi di erosione, per sollevamento di alcune dorsali, ed abbassamento di altre aree.

Tale bacino lacustre, esteso da Barete alla "*conca subequana*", è stato interessato da una intensa e diffusa sedimentazione quaternaria.

Questi depositi, quindi, rappresentano i più antichi materiali di riempimento della *conca* e, pur variando sensibilmente da zona a zona in

relazione alla distanza dal bordo della *conca* e alle rocce affioranti nei rilievi circostanti, sono riconducibili a formazioni tipicamente continentali di ambiente lacustre (costituite essenzialmente da sovrapposizioni ripetute di limi, argille e sabbie che appoggiano direttamente sulle rocce del basamento) e fluvio-lacustre (costituite da strati di ghiaie, sabbie, limi sabbiosi e argillosi, variamente associati e compenetrati).

Questo complesso sedimentario quaternario, di ragguardevole spessore (così come accertato dai numerosi sondaggi effettuati nella *conca aquilana*), attualmente affiora su ampie spianate che si elevano rispetto alle zone più depresse del fondovalle e che corrispondono a quanto rimane dell'antica superficie di colmatazione del bacino lacustre (DISAT 92/7).

Successivi movimenti sismo-tettonici demolirono la *soglia* di sbarramento situata al limite sud-est del bacino (Campana) provocando lo svuotamento del lago residuo.

Per effetto del progressivo abbassamento del reticolo fluviale, iniziò un nuovo ciclo erosivo e deposizionale ad opera, in questo settore della *conca aquilana*, del *torrente Raio*, tributario del *fiume Aterno* che rappresentava e rappresenta l'asta fondamentale, che ha intaccato più o meno profondamente le formazioni geologiche preesistenti solo parzialmente sostituite dalle alluvioni recenti ed attuali rilasciate dai corsi d'acqua.

Per quanto riguarda l'aspetto geomorfologico di questa parte del territorio, esso è stato studiato attraverso sopralluoghi e consultazione di cartografie, la cui analisi interpretativa ha consentito di individuare immediatamente gli agenti modellatori, i processi morfogenetici attivati e le forme da essi prodotte.

La configurazione del paesaggio risulta definita a grande scala dalla complessa evoluzione geologico-strutturale dell'Appennino centrale ma risente anche del modellamento imposto dallo scorrimento delle acque superficiali.

La morfologia dei versanti montuosi, ove affiorano le rocce carbonatiche (*la Torretta; M.te Soffiavento; M.te Pettino*) è caratterizzata da forme pronunciate, con una notevole acclività dei pendii, con tratti, talvolta, rupestri.

Le aree di fondovalle, costituite essenzialmente da depositi continentali quaternari, presentano caratteri morfologici improntati a forme molto blande e tali, quindi, da non generare condizioni di disequilibrio. Si tratta di estese superfici sub-pianeggianti incise da un reticolo idrografico le cui aste principali sono il *torrente Raio* ed il *fiume Aterno*. I toni morfologici si accentuano solo in corrispondenza degli affioramenti rocciosi del substrato della *conca* e dei sedimenti meno erodibili (brecce calcaree di Coppito).

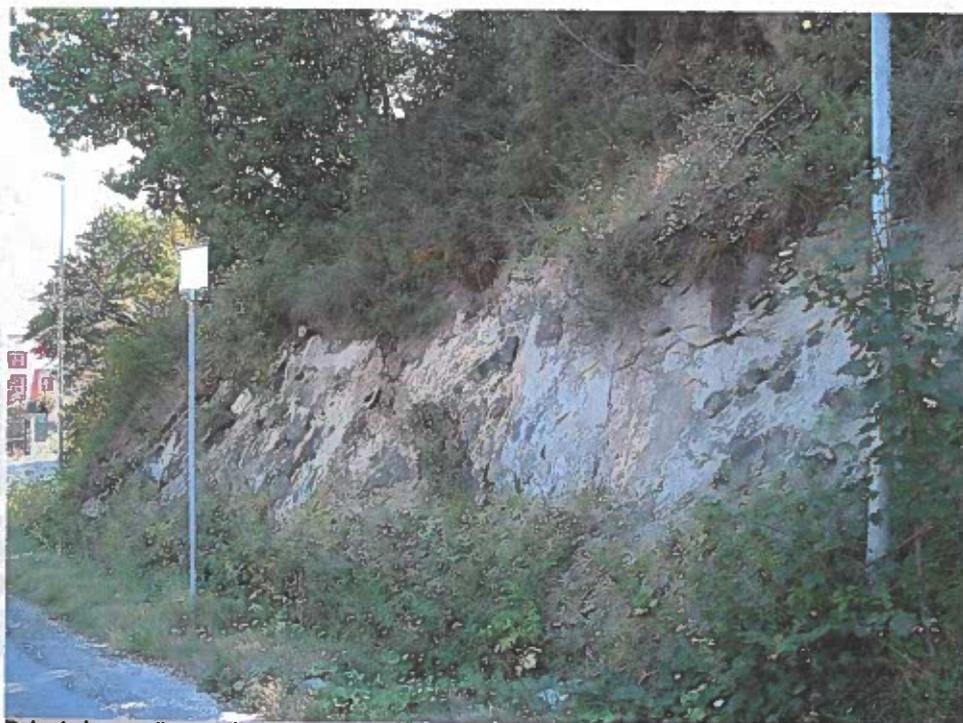
Nella zona in esame, l'agente modellatore morfologico fondamentale, comunque, è costituito dallo scorrimento delle acque di ruscellamento superficiale che, a causa della scarsa permeabilità della formazione marnoso-arenacea, hanno dato origine ad un reticolo idrografico piuttosto diffuso. Queste acque si raccolgono in una serie di *fossi* per essere assorbite dalla coltre sedimentaria fluvio-lacustre della piana sottostante, senza poter raggiungere, nella maggior parte dei casi, il *torrente Raio*, tributario del *fiume Aterno*.

Il processo di erosione degli impluvi è condizionato dalla frequenza delle precipitazioni nel corso dell'anno, dall'inclinazione del pendio e dalla litologia affiorante.

Considerando questi fattori, l'iter evolutivo della morfologia esistente appare lento e, comunque, tale da non generare processi dissestanti sull'area in esame che è caratterizzata da perfetta stabilità. Durante il sopralluogo nell'area oggetto di questa relazione, non sono state rilevate forme associabili a movimenti gravitativi avvenuti né indizi morfologici significativi che indichino processi dissestanti in atto o in preparazione come riscontrato anche dall'esame delle cartografie disponibili,.

Il sito (fg 1 map. nn1258/1260) di proprietà CORTI

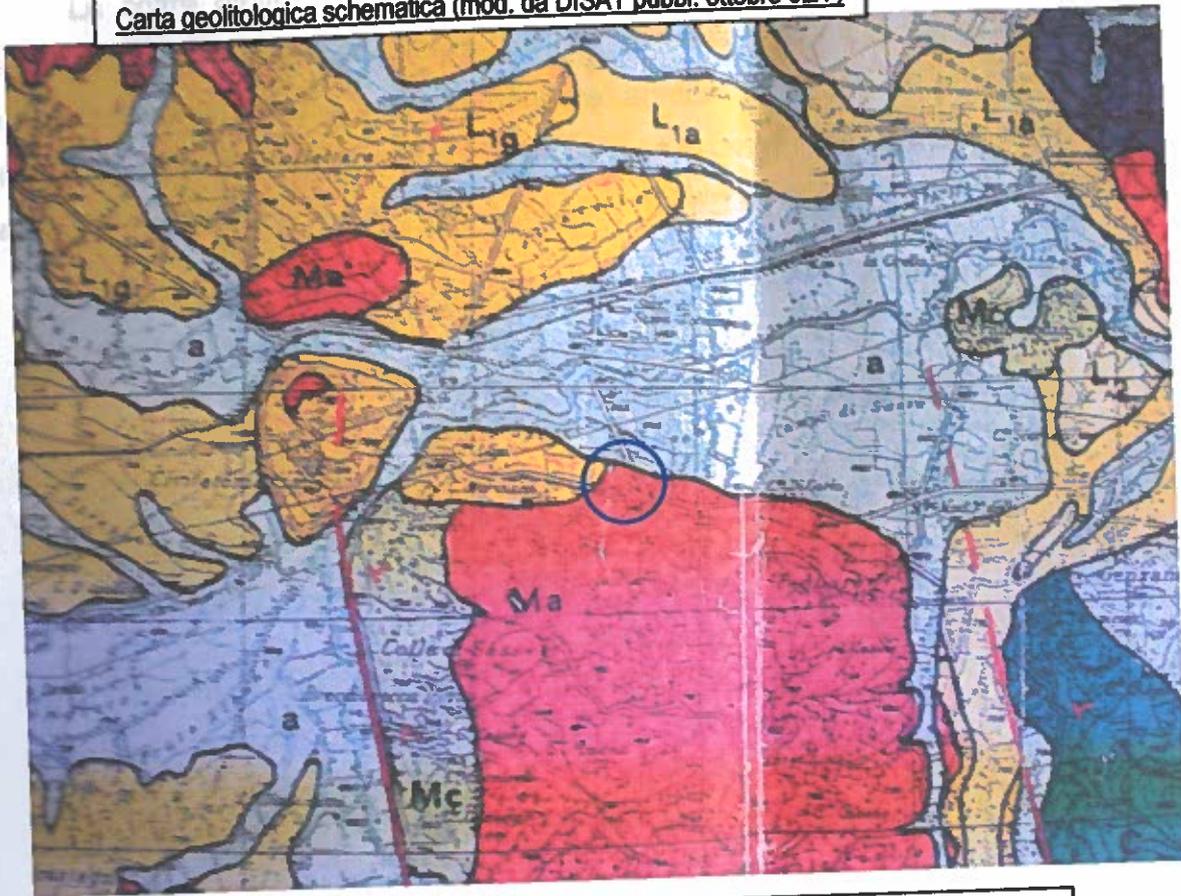
L'area oggetto di questa relazione geologica, che si sviluppa con andamento lievemente declive tra quota 680 e quota 685 m. s.l.m., si trova in una zona di accumulo di materiali alluvionali di natura limoso-sabbiosa posti in copertura del basamento costituito dalla formazione arenaceo-pelitica miocenica che affiora estesamente al margine della la strada che porta a Colle di Sassa e attraverso la quale si accede al sito.



Potente banco di arenaria affiorante al bivio per Colle di Sassa, in prossimità del sito preso in esame

Questa situazione stratigrafica è confermata dalla cartografia geologica allegata alla pubblicazione del DISAT (Dipartimento di Ingegneria della Strutture, delle Acque e del Terreno) "Caratterizzazione geologica e geotecnica dei sedimenti quaternari del settore occidentale della conca aquilana" (ottobre 1992), di cui si riporta uno stralcio.

Carta geolitologica schematica (mod. da DISAT pubbl. ottobre 92/7)



Substrato meso-cenozoico: Ma: Unità Arenaceo-Pelitica (Miocene m-s); Mc: Unità Calcareo-Mamosa (Miocene inf); C: depositi carbonatici (Giura-Cret)
Coperture Quaternarie: L1a-L1g: sedimenti lacustri (Pleist.inf); Bc: breccie e conglomerati;
a: alluvioni recenti; dt: detrito di falda

— faglia —/— giacitura

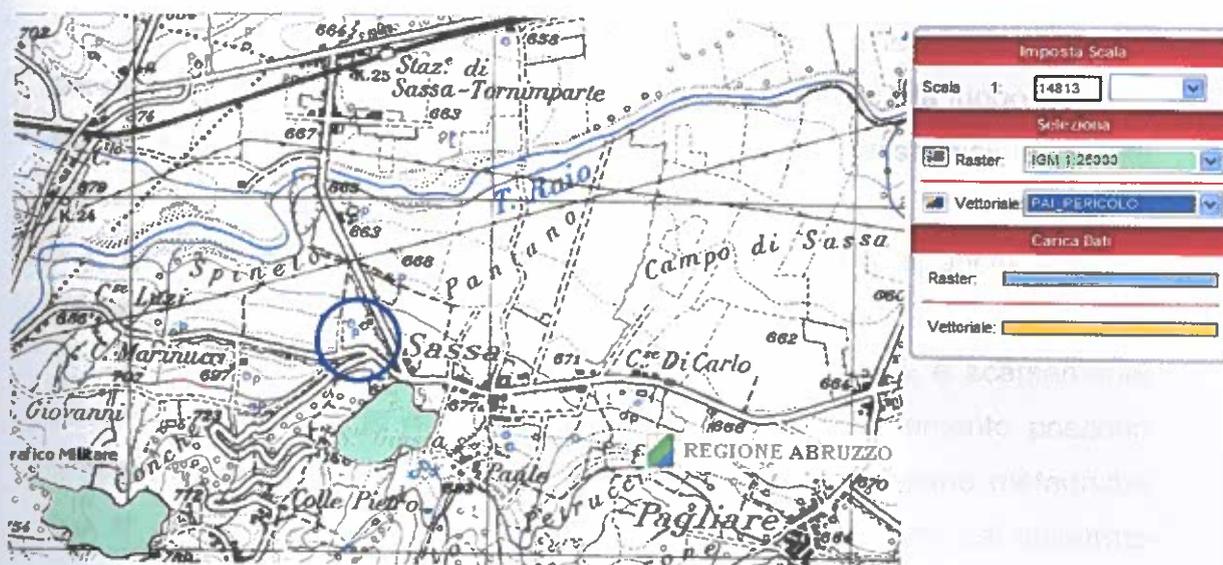
Il substrato del sito, dunque, è rappresentato da rocce sedimentarie appartenenti alla successione torbiditica miocenica, indicata in letteratura con il termine di *flysch di Tornimparte*, che forma i rilievi collinari su cui sono stati edificati i centri abitati del Comune di Tornimparte, di Lucoli e del Comune censuario di Sassa, compreso quello di Colle di Sassa posto a breve distanza dal sito in esame.

La coltre eluvio-colluviale di copertura, formata da sedimenti limoso-sabbiosi per uno spessore dell'ordine della mezza dozzina di metri, mostra un addensamento che va notevolmente aumentando con la profondità,, come si è potuto accertare con la prova penetrometrica dinamica (DPSH) eseguita nell'area confinante (Fg. 1 mappali 1259-1261).



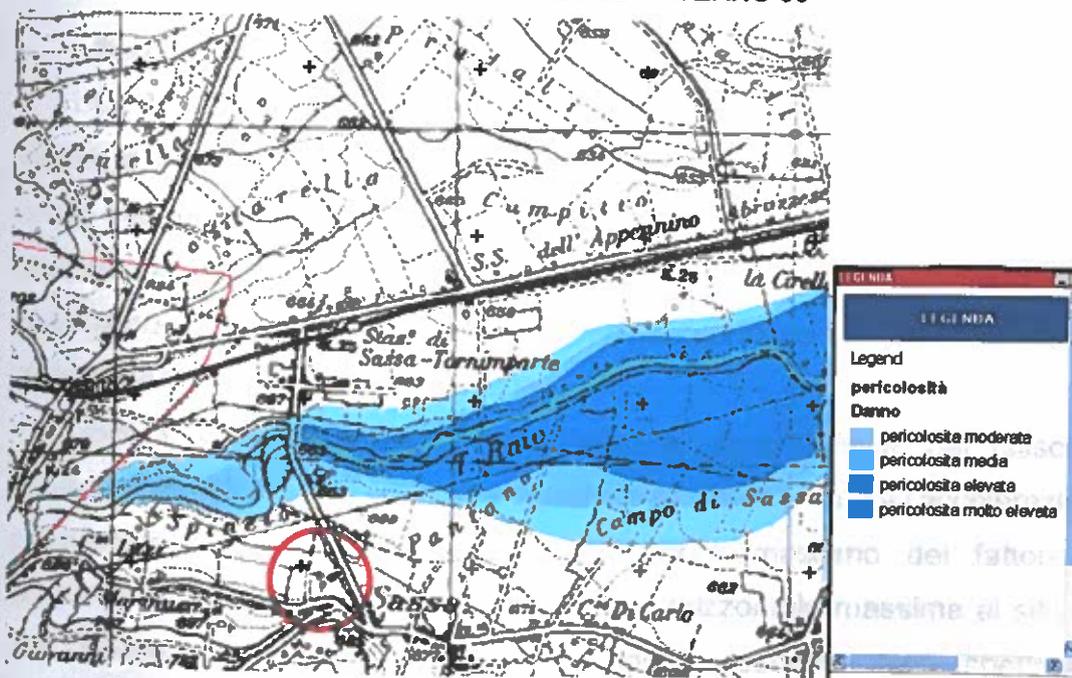
Si è già avuto modo di scrivere che le aree di fondovalle costituite da depositi continentali quaternari, presentano caratteri morfologici improntati a forme molto blande in cui non sono state rilevati indizi che indichino processi dissestanti in atto o in preparazione.

In particolare, il sito oggetto di questa relazione che si sviluppa su una superficie a lieve inclinazione modellata nella coltre detritica, risulta escluso dalla perimetrazione di aree pericolose soggette a rischio geomorfologico e idrogeologico, come evidenziato dalla cartografia PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) della Regione Abruzzo.



Va, infine, aggiunto che la zona non è soggetta ad alluvionamento in quanto il corso del *T. Raio* si trova ad una distanza di oltre 350 metri in un alveo incassato posto a quota inferiore di 20 metri rispetto alla quota del margine meno elevato del sito. (PSDA: Piano Stralcio Difesa Alluvioni).

Stralcio Carta PSDA-ATERNO 08



Dal punto di vista idrogeologico, il materiale alluvionale descritto presenta un valore della permeabilità fortemente variabile, da luogo a luogo, sia in senso verticale che orizzontale, in relazione essenzialmente alla percentuale di componente fina.

La permeabilità (per porosità) è, in generale, mediocre, anche a causa del basso *sorting* del deposito.

Il suolo, per la presenza di sedimenti limoso-argillosi, è scarsamente permeabile; dunque, le acque di precipitazione e di scorrimento possono facilmente ristagnare in superficie. Tuttavia, l'aliquota di acque meteoriche che si infiltra nei sedimenti continentali quaternari, sostenuta dal substrato marnoso-arenaceo impermeabile, attiva una circolazione idrica, molto prossima al piano di campagna, che si muove con direzione di flusso verso il fondovalle drenato dal *torrente Raio*.

Rischio sismico

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), entrate in vigore lo scorso 1 luglio, stabiliscono che *le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primaria per la determinazione delle azioni sismiche.*

Secondo la normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento, dall'accelerazione orizzontale massima al suolo a_g ; dal valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale massima al sito F_0 ; dal periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_0^* .

Ai fini dell'azione sismica di progetto, la normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo definendo le categorie dei terreni in funzione della velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_s).

SUOLO DI FONDAZIONE	VS30	NSPT - CU
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800 m/s	-----
B <i>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.</i>	>360 m/s <800 m/s	NSPT ₃₀ > 50 C _{U30} > 250 kPa
C <i>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.</i>	>180 m/s <360 m/s	15 < NSPT ₃₀ < 50 70 < C _{U30} < 250 kPa
D <i>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.</i>	<180 m/s	NSPT ₃₀ < 15 C _{U30} < 70
E <i>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).</i>	<360 m/s	NSPT ₃₀ < 50 C _{U30} < 250 kPa
S1 <i>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.</i>	<100 m/s	10 < C _{U30} < 20 kPa
S2 <i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>		

Categorie di suolo di fondazione (OPCM 3274/2003)

Un altro parametro da considerare per la valutazione dell'azione sismica, secondo le NTC 08, è la situazione topografica (categoria topografica) e i valori correlati del parametro S_T .

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.IV NTC 08

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tab. 3.2.VI NTC 08

Il moto sismico in superficie è fortemente condizionato rispetto al terremoto di riferimento, determinato considerando la sismicità storica del sito, atteso al substrato rigido. In effetti, per risposta sismica locale (RSL) si intende la modifica in ampiezza, durata e frequenza che il moto sismico relativo al *bedrock* subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie. Il rapporto tra l'accelerazione massima in superficie e quella in corrispondenza del substrato roccioso rappresenta la funzione di amplificazione. Di fatto, quindi, il terreno agisce da "filtro" incrementando l'ampiezza del moto in corrispondenza di alcune frequenze e riducendola per altre. Le amplificazioni maggiori si hanno con il fenomeno della "risonanza" del moto e cioè quando la frequenza fondamentale dello strato ($f=1/T_0$ con $T_0=H/V_s$) coincide o quasi con quella dell'onda sismica.

Il territorio del Comune di L'Aquila attualmente rientra in zona sismica $Z=2$ secondo la OPCM 3274 del 2003 con un valore di accelerazione massima al suolo a_g è pari a 0,25g.

Nel corso del 2006, l'OPCM 3519 ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale ed ha definito i criteri che le regioni

devono seguire per aggiornare le afferenze dei comuni alle 4 zone sismiche. Tuttavia questa ordinanza non obbliga le regioni ad aggiornare tali afferenze.

Secondo la mappa MPS04, tutta la zona colpita dal terremoto del 6 aprile, compreso il territorio del Comune di L'Aquila, ricade nella fascia ad elevata pericolosità sismica e, pertanto potrebbe essere assegnata per intero alla zona sismica 1.

I risultati delle indagini

Ad integrazione delle informazioni desunte dal rilevamento geologico di superficie e dalla bibliografia sugli aspetti geostrutturali e sulla successione litostratigrafia del sottosuolo, nell'area presa in esame è stata effettuata una prospezione geofisica tipo MASW (M1), con stendimento sismico della lunghezza di 54 m. a mezzo di basi da 24 canali e due energizzazioni su basi di alluminio, che ha interessato sia i mappali 1258/1260 di proprietà Corti che i mappali attigui 1259/1261.

Questa tipologia di analisi geofisica consente di determinare il profilo delle velocità delle onde S nel terreno nei primi 30 metri di profondità dal p.c., gli spessori dei sismostrati, così come richiesto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), evidenziando, quando possibile, inversioni di velocità delle onde di taglio.

I risultati dell'indagine geofisica eseguita, che si allegano a questa relazione, in analogia con il modello geologico descritto in precedenza, hanno consentito di individuare, sulla base dei valori medi della propagazione delle onde di taglio, 5 sismostrati. Le velocità V_s registrate, escludendo il primo sismostrato, avente uno spessore di circa 1,0 m. correlabile alla presenza di suolo vegetale o terreno rimaneggiato, confermano la presenza, nel sottosuolo, di una coltre, le cui proprietà geomeccaniche tendono a migliorare con la profondità come dimostrato

dall'andamento crescente delle Vs medie, che appoggia su un substrato litoide in cui si raggiungono valori di $V_s > 800$ m/s.

SISMOSTRATI	M1		Vs * (m/s)	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE
	Vs (m/s)	SPessori (m)		
1	172	1.00	305	E
2	296	2.00		
3	423	3.00		
4	819	12.00	SUBSTRATO SISMICO	
5	1208	-----		

In definitiva, dunque, il rilevamento geologico dell'area trova conferma nell'analisi geofisica eseguita: al di sotto dei sedimenti della coltre eluvio-colluviale di modesto spessore (5/6 m.), è presente la formazione arenaceo-pelitica miocenica.

Conclusioni

L'area oggetto di questa relazione geologica di proprietà di VENICIO LIBERATO CORTI, individuata in Catasto al Fg. 1 mappali nn. 1258-1260, ubicata in località Sassa, frazione del Comune di L'Aquila, si sviluppa, con andamento lievemente declive, al piede di un modesto rilievo collinare, a margine di un'ampia spianata, indicata con il toponimo di *piana di Sassa-Scoppito*.

Questa piana, solcata dal *torrente Raio*, tributario del *fiume Aterno*, costituisce la propaggine occidentale della *conca aquilana* che rappresenta una estesa depressione di origine tettonica racchiusa tra alti rilievi costituiti da rocce carbonatiche di età meso-cenozoica.

Il substrato del sito è rappresentato da rocce sedimentarie appartenenti alla successione torbiditica miocenica, indicata in letteratura con il termine di *flysch di Tomimparte*, che forma il rilievo collinare su cui è stato edificato, a breve distanza dal sito in esame, l'abitato di Colle di Sassa.

Per quanto riguarda la configurazione morfologica di questo settore della *conca aquilana*, va rilevato che i caratteri morfologici delle aree di fondovalle sono improntati a forme molto blande e che, nel corso del rilevamento geologico di superficie, non sono state rilevate forme associabili a movimenti gravitativi avvenuti né indizi morfologici significativi che indichino processi dissestanti in atto o in preparazione.

In particolare, il sito oggetto di questa relazione, che si sviluppa su una superficie a lieve inclinazione modellata nella coltre detritica, risulta escluso dalla perimetrazione di aree pericolose soggette a rischio geomorfologico e idrogeologico e da quelle aree soggette ad alluvionamento, come evidenziato dalla cartografia del PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) e del PSDA (Piano Stralcio Difesa Alluvioni) della Regione Abruzzo.

Dall'analisi dei risultati dell'indagine sismica, si ricava che le onde S si trasmettono con una velocità contenuta (172-296 m/s) nei primi 3 metri di spessore dei terreni, mentre la velocità aumenta gradualmente fino a raggiungere valori maggiori di 800 m/s nei sismostrati basali.

I risultati della prospezione geofisica del tipo MASW, dunque, consentono di stimare buone le caratteristiche meccaniche dei terreni del sottosuolo che migliorano con la profondità.

Sebbene il territorio del Comune di L'Aquila rientri nelle Zona 2 secondo la nuova normativa sismica, si potrebbe assumere, alla luce dell'evento sismico del 6 Aprile 2009, un valore di *accelerazione massima al suolo* (a_g) di 0,35g fissato per la Zona 1.

In conclusione, si ritiene di poter esprimere un parere di *idoneità geologica* per il sito identificato al Fg. 1 mappali nn. 1258/ 1260, in località Sassa nel Comune di L'Aquila, in relazione alle condizioni geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche e alle caratteristiche geofisiche dei terreni indagati.

S. Demetrio, settembre 2010



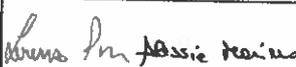
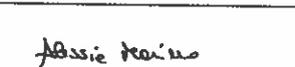
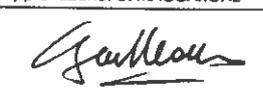
071 070663
071 540073
www.stella.com

**PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE
 TIPO "MASW"
 Multichannel Analysis of Surface Waves**

Committente: **Cicconi Danila Elvira**

Progetto: **Caratterizzazione sismica dei terreni**

Località: **Sassa - L'Aquila (AQ)**

Data acq.: 22.09.2009	Ns rif.: 124.09.09_Sismica_22.09	Vers.: 1.0	N° copie:	N° pag.:	Data di consegna: 05.10.2009
Acquisizione: L. PIZI - M. DI NISIO	Elaborazione: L. PIZI - A. MARINO	Redazione: A. MARINO	Approvazione: G. MACCARONE		
					

A norma di legge il presente elaborato non potrà essere riprodotto né consegnato a terzi né utilizzato per scopi diversi da quello di destinazione senza l'autorizzazione scritta di Soiltest S.a.s. che ne detiene la proprietà.

SOMMARIO

1	PREMESSE	2
2	PROSPEZIONI MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).....	2
3	CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	4
3.1	SISMOGRAFO	4
3.2	SISTEMA ENERGIZZANTE.....	4
3.3	TRIGGER	4
3.4	APPARECCHIATURA DI RICEZIONE	5
4	SCHEMA DI ACQUISIZIONE.....	5
5	RISULTATI - STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE.....	5

ALLEGATI

- ALLEGATO 1: Geometria di acquisizione
- ALLEGATO 2: MASW M1
- ALLEGATO 3: Documentazione Fotografica

1 PREMESSE

Nel mese di settembre 2009, per incarico della Ditta Cicconi Danila Elvira, e su indicazioni del Dott. Geol. Gaudenzio Leonardis, è stata effettuata una prospezione geofisica di superficie tipo MASW, presso un terreno in località Sassa nel comune di L'Aquila (AQ), al fine di definire la velocità delle onde sismiche di taglio (onde S) e gli spessori dei sismostrati, per la valutazione del Vs30, come da normativa O.P.C.M. 3274/2003. È stato eseguito uno stendimento sismico di mt 54,0 a mezzo di basi da 24 canali e 2 energizzazioni su piastra di alluminio. Il presente documento illustra le metodologie delle indagini eseguite ed i risultati ottenuti dalle elaborazioni.

2 PROSPEZIONI MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

In questa metodologia, la perturbazione, generata a mezzo di una sorgente impulsiva, viene rilevata secondo uno schema di acquisizione a più ricevitori con una spaziatura costante, analogamente a quanto avviene con la sismica a rifrazione. Le differenze sono essenzialmente nel tipo di ricevitore impiegato e nella scelta dei parametri di acquisizione. Sono dovute ai diversi domini in cui viene effettuata l'analisi, dato che per le onde superficiali si opera in frequenza, mentre per le onde di corpo in quello del tempo. Data la natura multimodale dell'onda superficiale, l'utilizzo di tecniche basate sull'analisi di più segnali relative ad una stesa di ricevitori (Gabries et al., 1987, McMechan e Tedlin, 1981), permette una stima più rapida e stabile della curva di dispersione, ovviando ad alcuni problemi intrinseci dell'analisi spettrale a due ricevitori.

Inoltre, poiché le onde superficiali sono segnali a bassa frequenza (sempre inferiore a 100 Hz), i ricevitori impiegati dovranno avere frequenze naturali molto basse (tra 1 e 5 Hz). Ciò si traduce nell'aver una frequenza di campionamento bassa e quindi un intervallo temporale ampio (normalmente centrando il segnale nella finestra).

In generale la propagazione come onda piana si ha per un offset minimo maggiore della metà della lunghezza d'onda maggiore desiderata: $x_1 \geq 0,5 \lambda_{\max}$.

Appare ovvio come tutto ciò abbia una ricaduta sulla profondità alla quale si riesce ad arrivare. Normalmente è accettato come assioma che la profondità di penetrazione Z è approssimativamente uguale alla lunghezza d'onda λ , mentre la massima profondità Z_{max} alla quale è ragionevole calcolare la velocità dell'onda di taglio associata, è circa $0,5 \lambda$. Da ciò viene fuori che $x_1 \geq 0,5 Z_{\max}$. La determinazione della curva di dispersione del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh, è uno dei due passaggi critici per la corretta applicazione della metodologia MASW e più in generale dell'utilizzo delle onde di superficie.

Da essa infatti viene determinata la relativa velocità dell'onda di taglio e quindi una corretta estrazione è la base su cui costruire un corretto modello. La curva di dispersione non è altro che la relazione che lega velocità di fase alla frequenza, può quindi essere individuata calcolando la suddetta velocità dalla "pendenza lineare" (linear slope) per ogni componente del segnale. In virtù della presenza dei diversi modi di propagazione, le informazioni ottenute dall'analisi spettrale sono variegata a seconda dell'effettiva geometria e rigidità del terreno. Per condizioni stratigrafiche standard (rigidità crescente con la profondità) si ha la predominanza del modo fondamentale e quindi le informazioni ottenute riguardano tale modo. Più in generale si è recentemente visto come l'utilizzo del primo modo superiore possa caratterizzare meglio, in presenza di condizioni stratigrafiche più complesse, il sistema (vedi oltre). Il profilo di velocità delle onde di taglio è calcolato infine attraverso un processo d'inversione iterativa della curva di dispersione estratta, una stima del rapporto di Poisson e la densità. Il modello iniziato funge da punto di partenza per il processo d'inversione iterativo. Esso dovrebbe essere definito in modo che la velocità dell'onda di taglio alla profondità Z (relativa alla specifica lunghezza d'onda) sia circa 1.09 e la velocità della C_f della lunghezza d'onda λf tale che $Z_f = a\lambda f$. Il coefficiente a è funzione soltanto della frequenza. L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando la stessa apparecchiatura utilizzata per la sismica a rifrazione considerando che i 24 geofoni verticali utilizzati hanno frequenza propria di 4,5 Hz. Di seguito si riporta una tabella indicativa dei valori di velocità attribuibili a varie litologie (J.L. Mari, G. Arens, D. Chapellier, P. Gaudiani - 1999).

Natura del terreno	Velocità onde S (m/sec)	Densità (g/cm ³)
Areato	100 - 300	1.7 - 2.4
Sabbia	100 - 500	1.5 - 1.7
Sabbia sature	400 - 600	1.9 - 2.1
Argilla	200 - 800	2.0 - 2.4
Marna	750 - 1500	2.1 - 2.6
Sabbia argillosa satura	500 - 750	2.1 - 2.4
Arenaria porosa satura	800 - 1800	2.1 - 2.4
Argillite	2000 - 3300	2.4 - 2.7
Calcere	1100 - 1300	1.8 - 2.3
Gesso	2500 - 3100	2.1 - 2.3
Anidrite	2200 - 3100	2.9 - 3.0
Acqua	-	1.0

Tabella 1. Valori indicativi di velocità in onde Sh delle litologie (J.L. Mari, G. Arens, D. Chapellier, P. Gaudiani - 1999)

3 CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

L'acquisizione dei dati in campagna è stata eseguita utilizzando un sistema composto dalle seguenti parti:

- sismografo;
- sorgente energizzanti;
- trigger;
- apparecchiatura di ricezione.

3.1 SISMOGRAFO

Lo strumento utilizzato per la presente indagine è un prospettore sismico PASI 16S24 avente le seguenti caratteristiche:

- Registrazione a 12 o 24 canali
- Processore: Pentium 266 Intel
- Trattamento dati: Floating Point 32-bit
- Risoluzione di acquisizione: 24 bit
- Connettore geofoni: 2 standard NK-27-21C
- Intervallo di campionamento: 0.016-2.0 ms
- Durata della registrazione: 32-65536 msec
- Possibilità di registrazione Autostack e Preview
- Possibilità d'inversione della polarità (Stack polarity)
- Visore grafico e memoria tramite computer integrato.

3.2 SISTEMA ENERGIZZANTE

Come sorgente energizzante è stata utilizzata una mazzetta da 8 kg battente su una piastra di alluminio. È stato curato in modo particolare l'accoppiamento della piastra con il terreno: è stato disposto un "allettamento" di materiale a granulometria fine per assicurare in ogni caso il coupling tra terreno e sistema energizzante. Tale metodologia ha consentito di ottenere quasi ovunque registrazioni di buona qualità.

3.3 TRIGGER

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un apparecchio starter (geofono starter, starter a lamelle, piezoelettrico od altro) nell'istante in cui il sistema energizzante (maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e la produzione

di un impulso della durata di qualche secondo che viene inviato al sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

3.4 APPARECCHIATURA DI RICEZIONE

Per la ricezione delle onde P e delle onde superficiali di Rayleigh sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

4 SCHEMA DI ACQUISIZIONE

È stata eseguita una indagine sismica con stendimento di mt 54,0 a mezzo di basi da 24 canali e 2 energizzazioni su piastra di alluminio.

Le prospezioni sismiche sono state organizzate secondo una direttiva, ubicate all'interno dell'area di interesse ed in base agli spazi ed accessi a disposizione.

Lo schema di acquisizione delle prospezioni geofisiche è visibile in Allegato 1.

5 RISULTATI - STIMA DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE

In data 01.07.2009 sono entrate in vigore le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008), che riprendono ed integrano l'O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica". La classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto la normativa definisce le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione:

SUOLO DI FONDAZIONE	V _{s30}	N _{SPT} - C _u
A <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>	> 800 m/s	-----
B <i>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.</i>	>360 m/s <800 m/s	N _{SPT,30} > 50 C _{U30} > 250 kPa
C <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	>180 m/s <360 m/s	15 < N _{SPT30} < 50 70 < C _{U30} < 250 kPa
D <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.</i>	<180 m/s	N _{SPT30} < 15 C _{U30} < 70 kPa
E <i>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).</i>	<360 m/s	N _{SPT30} < 50 C _{U30} < 250 kPa
S1 <i>Depositati 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.</i>	<100 m/s	10 < C _{U30} < 20 kPa
S2 <i>Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>	-----	-----

Tabella 2. Categorie di suolo di fondazione

In base ai valori di V_s, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, in ottemperanza alla normativa vigente è possibile ricavare la categoria di suolo di fondazione, secondo la seguente formula:

$$V_{s30} = 30 / [\sum h_i / V_i]$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Le indagini eseguite hanno permesso una ricostruzione dell'assetto sepolto, sia in termini di spessori dei litotipi oggetto d'indagine, sia per ciò che concerne i valori di propagazione delle onde di taglio. È stato possibile definire, per ogni sismostrato indagato, un valore di V_s.

Utilizzando i valori di velocità e profondità della tabella seguente, sono stati calcolati i seguenti valori di Vs30, per una fondazione al piano campagna:

SISMOSTRATI	M1		Vs * (m/s)	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE
	Vs (m/s)	SPESSORI (m)		
1	172	1.00	305	E
2	296	2.00		
3	423	3.00		
4	819	12.00	SUBSTRATO SISMICO	
5	1208	-----		

Tabella 3. Categorie di suolo di fondazione, velocità e spessori del sismo strati
*Calcolato per i primi tre strati

Dal calcolo del Vs30 i terreni potrebbero essere assimilabili ad una **categoria di suolo di fondazione E** ovvero terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m (Vs < 360 m/s).

Chieti Scalo, 05 ottobre 2009

Soiltest s.a.s.

SOILTEST s.a.s.
di Gianluca Maccarone
Via Venezia, 17
66023 FRANCAVILLA AL MARE (CH)
Partita IVA -02192910699





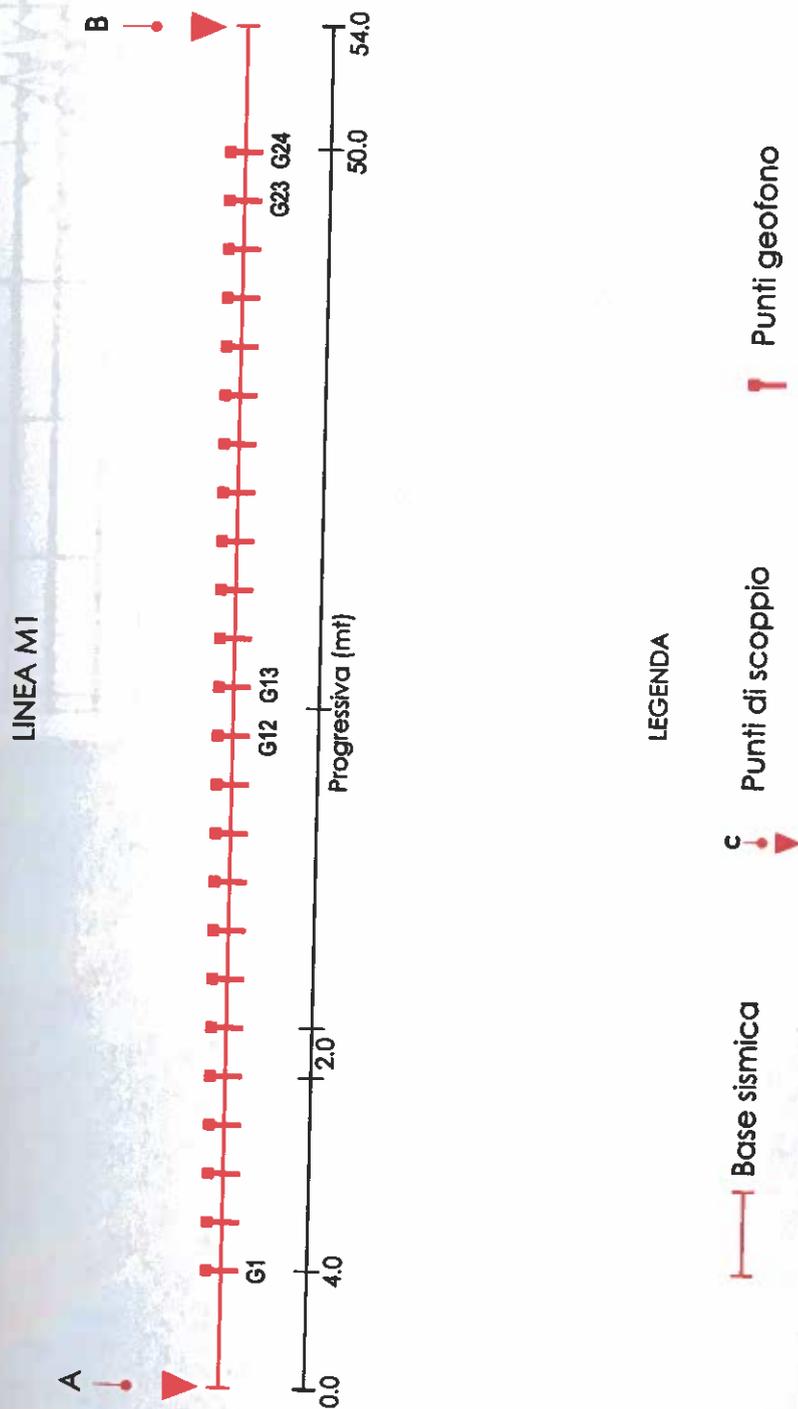
ALLEGATI

STONE

SOILTEST SAS
Via Venezia, 17
I-66023 Francavilla al Mare (CH)
P.I. 02192910699

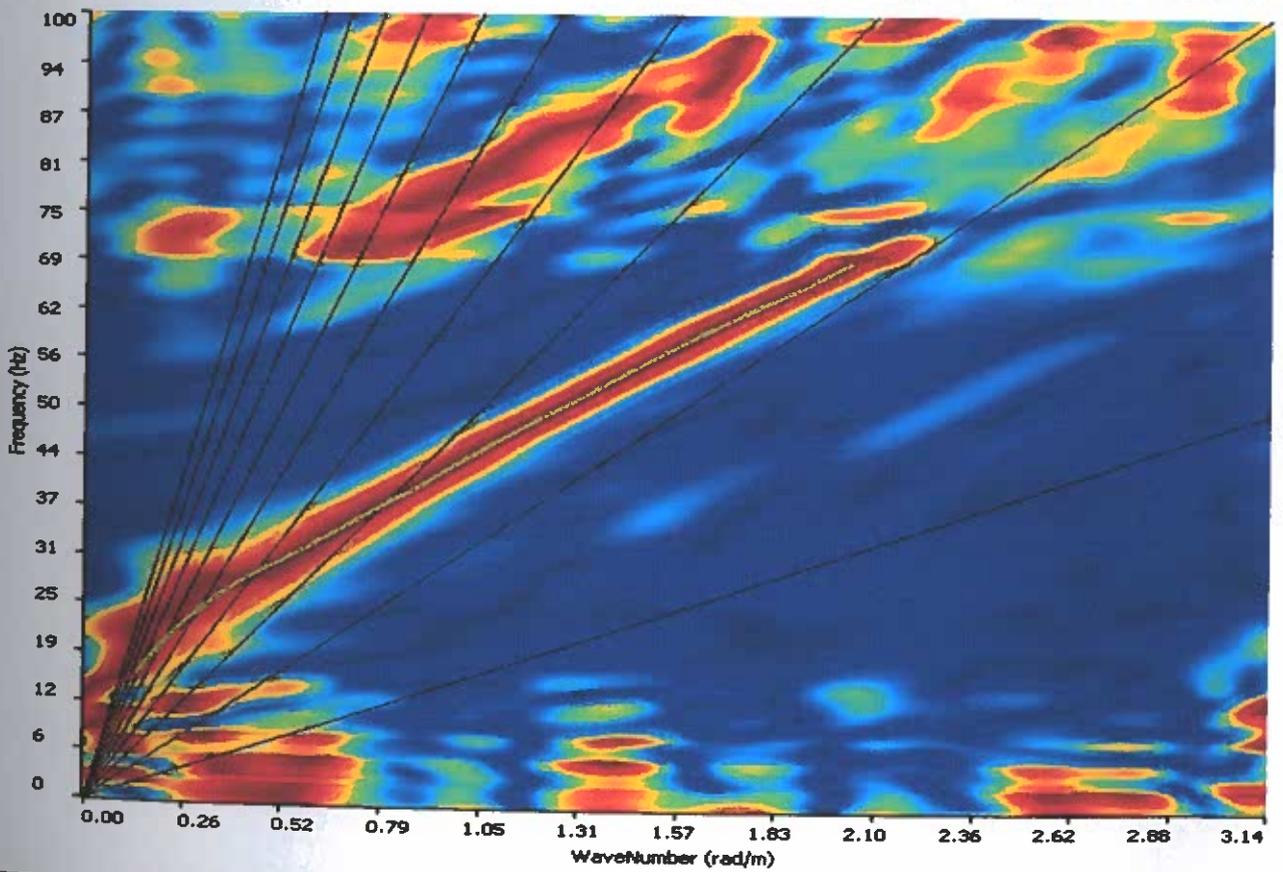
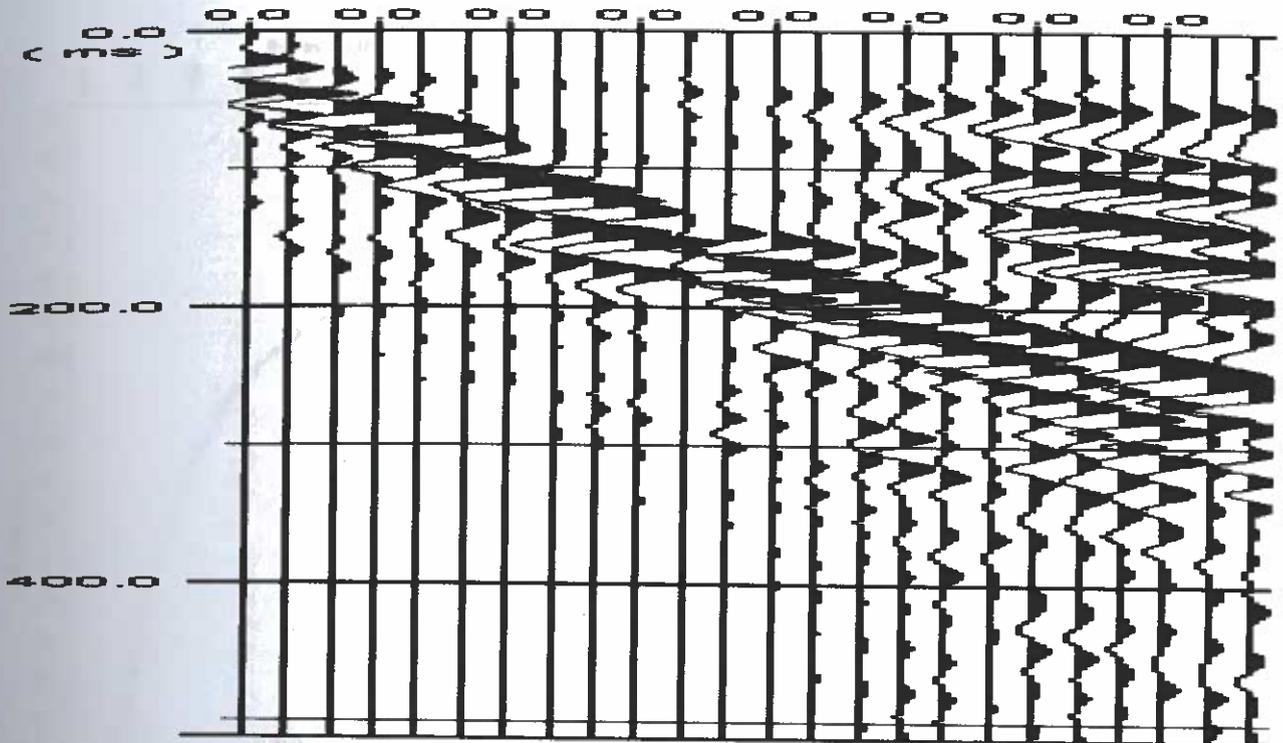
ALLEGATI

GEOMETRIE DI ACQUISIZIONE



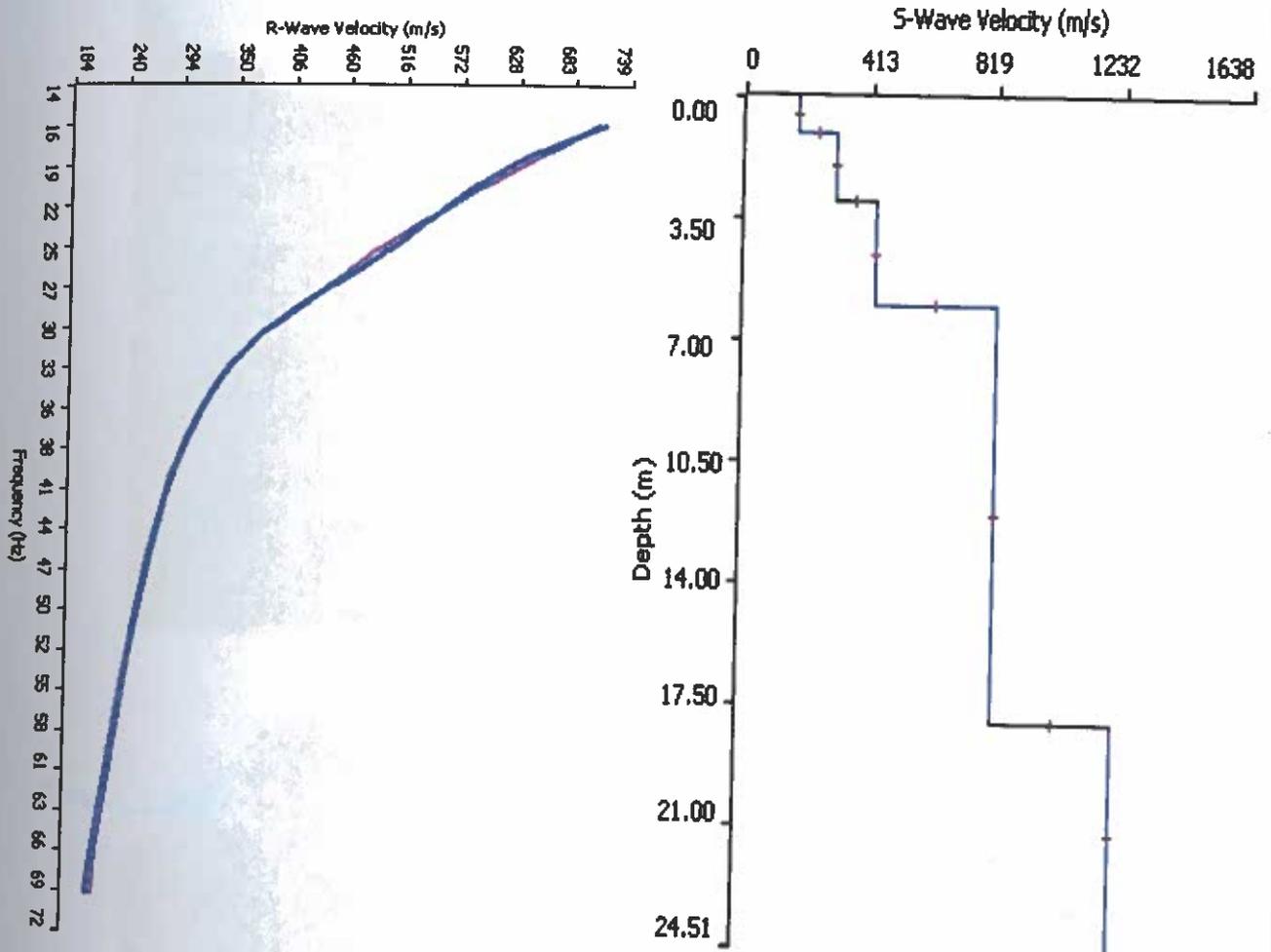
PROSPEZIONE MASW M1

Curva di **Dati di campagna e Spettro f-k**



PROSPEZIONE MASW M1

Curva di dispersione e Profilo di velocità onde di taglio



SISMOSTRATI	M1		Vs * (m/s)	CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE
	Vs (m/s)	SPessori (m)		
1	172	1.00	305	E
2	296	2.00		
3	423	3.00		
4	819	12.00	SUBSTRATO SISMICO	
5	1208	-----		

*Calcolato per i primi tre strati

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione Ln1, dal geofono 1 al geofono 12.



Postazione Ln1, dal geofono 13 al geofono 24.