

Studio Geologico e Geotecnico
Dr.ssa Geol. **Annamaria Paris**

Via San Bonifacio, 28
67056 Luco dei Marsi (AQ)
Tel. e Fax 0863 520003 - Cell. 3397023696
C.F. PRSNMR64M67A515L
P. Iva 00204898886

RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

RELATIVA AL PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DI UNO STABILIMENTO INDUSTRIALE

- NUCLEO INDUSTRIALE, COMUNE DI AVEZZANO (AQ), VIA EINSTEIN 31/35 -

Committente: **GALLESE MECCANICA INDUSTRIALE S.R.L.**

Il Geologo
Dr.ssa Annamaria Paris

INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Ubicazione e Geomorfologia dell'Area**
- 3. Inquadramento Geologico**
- 4. Aspetti Idrogeologici**
- 5. Descrizione delle Prove in Sito e Caratterizzazione Geotecnica**
- 6. Conclusioni**

ALLEGATI:

Allegato 1 - Stralcio Planimetrico Sc. 1:2000

Allegato 2 - Rapporto Indagini Geotecniche e Geofisiche

1. Introduzione

La scrivente, Dr. ssa Geol. ANNAMARIA PARIS, iscritta all'Albo Regionale dei Geologi della Regione Abruzzo al n° 229, con studio a Luco Dei Marsi (AQ) in Via San Bonifacio n° 28, è stata incaricata di eseguire un'indagine geologica e sismica relativa al progetto per i lavori di *“ampliamento di uno stabilimento industriale”*; di proprietà della società Gallese Meccanica Industriale S.R.L.

Scopo di questo lavoro è di definire il contesto geologico, geomorfologico ed idrogeologico del sito che ospiterà i lavori di cui sopra, per verificare la compatibilità dell'intervento in progetto con le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione, come previsto dalle nuove norme tecniche per le costruzioni contemplate nel D.M. 14/01/2008 e Circolare Applicativa del 02/02/2009 n. 617.

Il sito che ospita lo stabilimento in oggetto, di proprietà della società committente, è ubicato nel territorio comunale di Avezzano (AQ), località Nucleo Industriale, via Einstein 31/35, ed è distinto in catasto al foglio N. 61, particella n° 1608.

I dati riportati nella presente relazione sono il risultato del rilevamento geologico dell'area e della campagna di indagini geognostiche appositamente programmata per il progetto di cui sopra.

Tali indagini, finalizzate alla definizione della stratigrafia e alla caratterizzazione fisico – meccanica dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame, nonché all'individuazione della falda acquifera, sono consistite nell'esecuzione di:

- n. 1 Prova Penetrometrica Dinamica in modalità continua, effettuata con l'ausilio di un penetrometro dinamico superpesante DPSH TG 63;
- n. 1 Indagine Sismica per la determinazione delle Vs30, consistente in uno stendimento di geofoni eseguito con tecnica M.A.S.V.

Le indagini in situ sono state effettuate il giorno 11 aprile 2011 nel terreno adiacente lo stabilimento in questione.

2. Ubicazione e Geomorfologia dell'Area

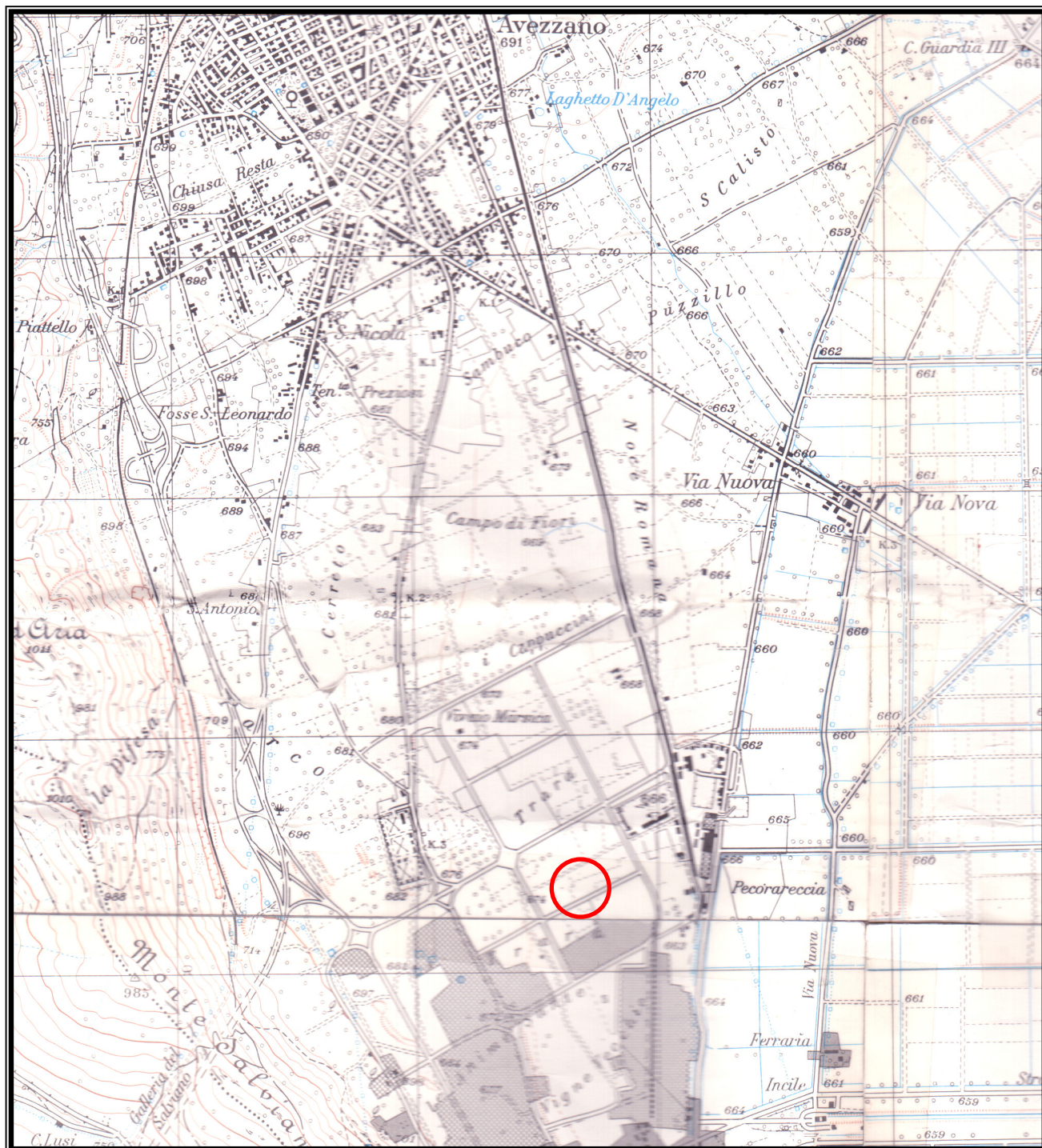
L'area rilevata, comprendente il sito oggetto di studio, è situata relativamente al settore meridionale del territorio comunale di Avezzano, località che, dal punto di vista geografico, appartiene al margine nord – occidentale della Piana del Fucino. Nella produzione cartografica nazionale, questo territorio è compreso nel Foglio 145 “AVEZZANO” della Carta d'Italia, Il Quadrante, Tavoletta SE “Avezzano”; lo stralcio allegato è tratto dall'aggiornamento redatto dalla Regione Abruzzo.

L'area, posta alla quota media di circa 674 m s.l.m., è caratterizzata da morfologia pianeggiante e risulta stabile dal punto di vista geomorfologico, non presentando dissesti potenziali o in atto.

L'orografia è costituita, ad ovest, dalla piccola dorsale di M. Salviano – M. d'Aria – M. Cimarani (che rappresenta le estreme propaggini settentrionali di un sistema orografico maggiore, allineato secondo la direzione appenninica NW – SE, costituito dalla struttura di M. Cornacchia – M. Longagna), mentre più a nord sono presenti una serie di rilievi collinari posti alle falde meridionali del Massiccio del Velino (sui quali sorgono i piccoli abitati di Antrosano e Albe).

Carta Topografica

Scala 1 : 25.000



Ubicazione dell'Area

3. Inquadramento Geologico

Geologia

I terreni affioranti nell'area in studio appartengono ad una successione carbonatica nota in letteratura come serie Laziale – Abruzzese. Questa si individua nel Trias superiore con la formazione di una vasta piattaforma lagunare, tidale ed evaporitica. Durante il Lias inferiore l'evoluzione marina si accentua e passa a una sedimentazione carbonatica di piattaforma che dura per tutto il Mesozoico compensando il lento movimento di subsidenza dello *shelf*.

Nell'area in esame, i terreni mesozoici carbonatici costituiscono l'ossatura dei due sistemi orografici posti ad ovest e a nord, anche se i calcari della dorsale di M. Salviano sono prevalentemente del Cretaceo superiore, mentre il Massiccio del Velino è costituito, per la maggior parte, da calcari del Cretaceo inferiore.

Nel Cretacico superiore il ritmo della subsidenza si fa più irregolare e incostante, deboli movimenti tettonici e fluttuazioni eustatiche del livello marino sono la causa di una diversificazione dell'ambiente sedimentario. Questo fenomeno nel Cenomaniano porta all'emersione della piattaforma e alla formazione dei sedimenti bauxitici. Alla fine del Cretacico lo *shelf* emerge quasi completamente, determinando una lacuna di sedimentazione che dura fino al Miocene, quando con l'accentuazione della subsidenza tettonica il mare avanza quasi ovunque. Si instaura un ambiente neritico costiero con acque calde e ossigenate che favoriscono lo sviluppo di costruzioni algali a litotamni. Dopo una breve interruzione durante l'Elveziano, la

sedimentazione marina carbonatica viene sostituita da un apporto terrigeno sempre più abbondante, con calcari marnosi cui seguono le marne argillose molto ricche in microfaune planctoniche.

Durante il Tortoniano la piattaforma subisce un graduale processo di smembramento in larghi blocchi separati da profonde depressioni principalmente a direzione appenninica, in cui si incanalano, provenienti da Nord, notevoli spessori di sedimenti terrigeni, a cui si mescolano gli accumuli di materiale carbonatico detritico proveniente dalle aree più rilevate; queste coltri terrigene in facies di torbida (flysch) hanno dato origine a morfologie collinari più dolci rispetto ai rilievi di natura calcarea. I piccoli rilievi di Albe e Antrosano sono costituiti in parte da questi sedimenti.

Nel Messiniano l'attività compressiva determina un generale processo di raccorciamento, i lembi della piattaforma subiscono una traslazione verso nord e nord – est con conseguente accavallamento delle masse carbonatiche sui depositi che colmano i solchi e con la definitiva emersione dell'area.

Nel Pleistocene l'azione erosiva modella il nuovo lembo continentale; le acque superficiali trascinano una grande quantità di materiale determinando l'accumulo di depositi fluviali e fluvio – lacustri. Attualmente, tali alluvioni si presentano terrazzate a causa delle oscillazioni del livello di base. Ai piedi dei versanti vallivi si depositano ampie fasce di brecce di pendio e si costituiscono vasti complessi di coni di deiezione.

Anche l'attività glaciale contribuisce decisamente a modellare quest'area, dove si sono accumulati sedimenti appartenenti al ramo settentrionale della conoide di Valle Majelama, una struttura morfologica che, dal versante meridionale del Massiccio del Velino, si allarga a ventaglio, dividendosi in due rami: uno procede verso sud giungendo fino nei pressi della Piana del Fucino; l'altro continua verso ovest raggiungendo l'abitato di Magliano dei Marsi. La conoide risulta in realtà costituita dalla sovrapposizione di una serie di conoidi fluvio – glaciali e fluviali incassate le une nelle altre, di età compresa fra il Pleistocene superiore e l'Olocene. Dal punto di vista litologico, la conoide è formata, per lo più, da estesi accumuli di ghiaie in matrice sabbiosa (numerosi cave per inertì sono presenti lungo il corpo della conoide) che verso il Fucino si interdigitano con i depositi di origine lacustre, mentre sulla sua superficie sono spesso presenti coltri detritico – colluviali.

Cenni di Tettonica

L'evoluzione geologica della zona si sviluppa dal Miocene medio (15 M.a.), quando le grandi piattaforme mesozoiche, costituite da sedimenti marini carbonatici, vennero dapprima smembrate e poi sollevate, compresse orizzontalmente fra il margine di placca europeo e quello africano, costituendo un edificio strutturale a falde impilate con vergenza E – NE e direzione NW – SE.

Dal Pliocene (2 – 4 M.a.) in poi, a tergo dell'onda compressiva che ha interessato gli Appennini, comincia una fase tettonica caratterizzata da movimenti

distensivi che comportano il disseccamento ulteriore della catena e l'impostazione di nuove faglie dirette: alcune riprendevano i vecchi lineamenti tettonici mesozoici (soprattutto quelli a direzione appenninica), altre invece di nuova generazione. Questa dinamica tettonica dominata da movimenti estensionali, probabilmente legata all'apertura del Tirreno, ha comportato l'instaurarsi, all'interno della catena montuosa già strutturata, di una serie di conche intramontane di cui il Fucino è una delle maggiori.

Nell'area in studio la dorsale carbonatica di Monte Salviano – Monte Cimarani è delimitata, lungo il versante orientale, da un sistema di faglie dirette orientate NW – SE, che ha ribassato il substrato geologico della Piana del Fucino, costituito in gran parte da formazioni torbiditiche; il contatto tettonico è mascherato dalla deposizione dei sedimenti più recenti.

Sismicità Storica

La zona interessata dalle indagini è compresa in un settore a sismicità molto elevata; infatti, il territorio comunale di Avezzano, ai sensi dell'ordinanza del 20/03/2003 inerente la classificazione sismica dei comuni italiani, ricade in **Zona 1**.

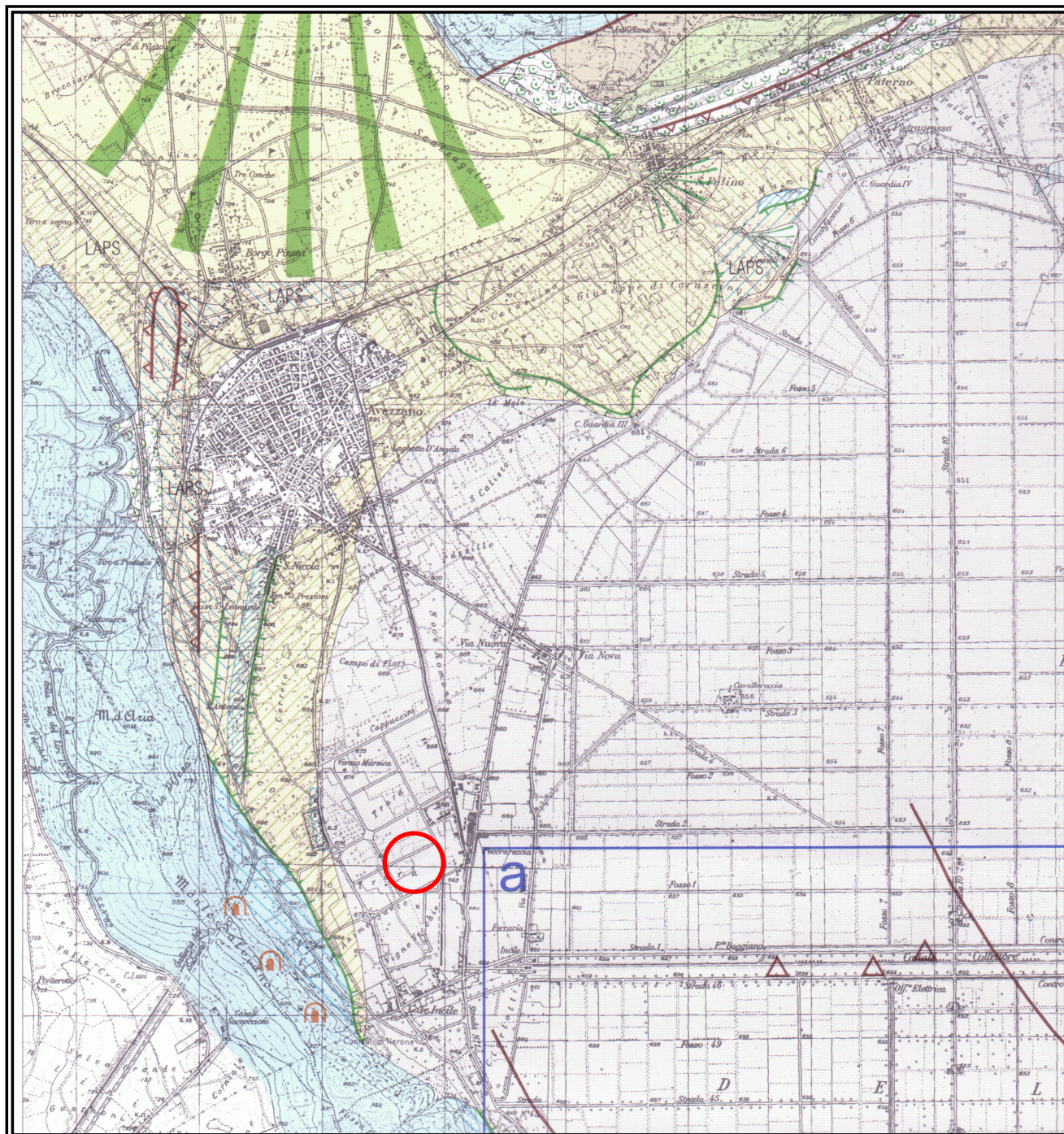
Prima del terremoto del 13/01/1915, il Fucino era considerato un settore caratterizzato da sismicità poco significativa, per il fatto che le informazioni storiche non indicavano l'occorrenza di terremoti di rilievo di origine locale. Tuttavia già allora era nota una cosiddetta "linea sismica", situata lungo la catena appenninica centro –

meridionale e definita sulla base dell'allineamento delle aree mesosismiche dei più forti terremoti, che risultava interrotta in alcuni tratti, compresa l'area del Fucino.

In realtà l'evoluzione tettonica del Fucino è ancora in atto, come testimoniato dall'attività delle faglie dei settori settentrionale e orientale. Le ricerche eseguite sugli effetti di superficie provocati da forti terremoti hanno permesso di individuare, in un intervallo cronologico compreso fra 32.000 anni fa ed oggi, dieci eventi sismici di elevata magnitudo; tra questi almeno sette avvenuti nell'Olocene con tempi di ritorno medi di circa 1.500 anni.

Stralcio della Carta Geomorfologica del Fucino

di C. Giraudi, P. Messina, L. Piccini, E. Burri, A. Del Bon & D. Di Sabatino



Ubicazione dell'area di intervento

LEGENDA

LITOLOGIA DEI DEPOSITI FLUVIO-LACUSTRI E DEL SUBSTRATO BEDROCK AND FLUVIAL-LACUSTRINE LITOLOGY

DLO	Depositi lacustri attuali e recenti: argille, limi, sabbie e ghiaie (Olocene). <i>Present and recent lacustrine deposits: clay, mud, sand and gravel (Holocene).</i>
LAPS	Depositi lacustri litoranei e deltizi limoso-argillosi, a volte con intercalazioni ghiaioso-sabbiose (Pleistocene Superiore). <i>Littoral lacustrine bars and deltaic facies: mud, clay with lenses of gravel (Late Pleistocene).</i>
PesPM	Depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi e fluviali prevalentemente ghiaioso-sabbiosi (Pleistocene Medio). <i>Lacustrine clay, mud and sand; fluvial sand and gravel (Middle Pleistocene).</i>
CupPI	Depositi fluviali generalmente ghiaioso-sabbiosi (Pleistocene Inferiore). <i>Fluvial deposits: mainly sand and gravel (Early Pleistocene).</i>
BBPI	Brecce calcaree stratificate e ben cementate, con matrice calcarea rosata, localmente coperte da esigui spessori di brecce più recenti (Pleistocene Inferiore). <i>Stratified and well cemented limestone breccias, with pinkish calcareous matrix, locally covered by slight mantle of more recent breccias (Early Pleistocene).</i>
AiePL	Depositi lacustri argilloso-limosi e sabbiosi passanti verso l'alto a ghiaie e sabbie con lenti di brecce calcaree a tessitura caotica, contenenti blocchi di dimensioni fino a migliaia di metri cubi (Pliocene). <i>Lacustrine clay, mud and sand, passing upward to sand and gravel with lenses of chaotic breccias, including blocks up to thousands of cubic meters (Pliocene).</i>
F	Areniti alternate a argilliti marnose: Flysch della Val Roveto (Miocene Superiore). <i>Arenites with interbedded shales and marls: Val Roveto Flysch (Upper Miocene).</i>
C	Calcari e calcari dolomitici ben stratificati (Miocene Medio-Giurassico Superiore). <i>Well bedded limestone and dolomitic limestone (Middle Miocene – Upper Jurassic).</i>

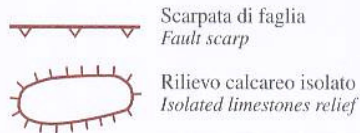
ELEMENTI TETTONICI

TECTONIC ELEMENTS



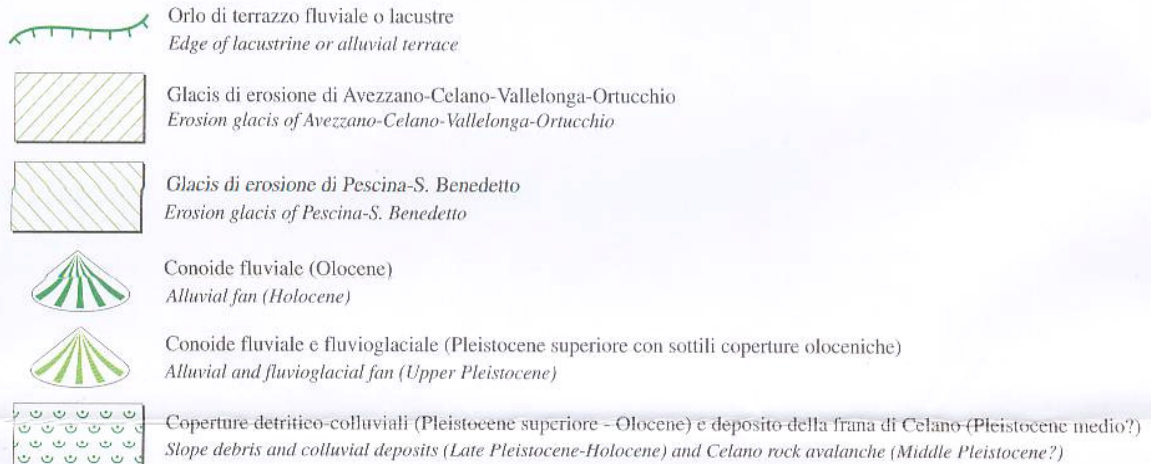
FORME STRUTTURALI

STRUCTURAL LANDFORMS



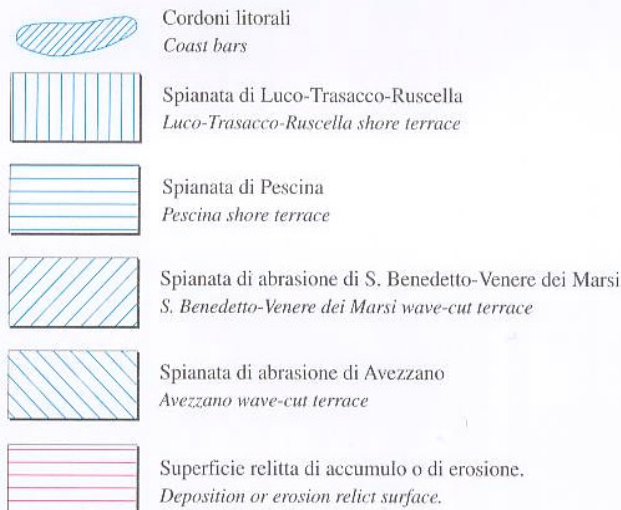
FORME E DEPOSITI FLUVIALI, FLUVIOGLACIALI E DI RUSCELLAMENTO

FLUVIAL, FLUVIAL-GLACIAL AND RILL, LANDFORMS DEPOSITS



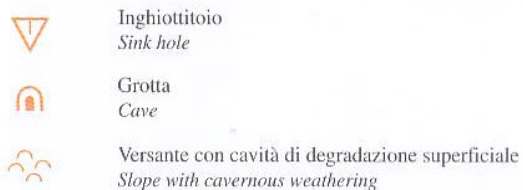
FORME DI ORIGINE LACUSTRE

LACUSTRINE LANDFORMS



FORME CARSICHE E PSEUDOCARSICHE

KARST AND PSEUDOKARST LANDFORMS



4. Aspetti Idrogeologici

La successione Laziale – Abruzzese presenta caratteristiche idrogeologiche sostanzialmente omogenee. Essa si è depositata su un substrato dolomitico del Trias – Lias inferiore, dapprima con una potente successione monotona di calcari dolomitici e calcari, povera di intercalazioni terrigene e silicee, quindi, separata da una lacuna di sedimentazione che copre il periodo Cretacico sup. – Miocene inf., da depositi argilloso – arenacei sinorogenetici. Al tetto della successione si sono depositati i sedimenti continentali plio – pleistocenici ospitati nelle grandi depressioni intramontane.

La circolazione idrica sotterranea è condizionata dalla strutturazione dei thrust che costituiscono l'Appennino, in particolare profondi solchi, orientati per lo più in direzione NO – SE, separano le varie idrostrutture andando a identificare grandi unità idrogeologiche, idraulicamente isolate, a scala regionale, sede di importanti acquiferi.

L'altro elemento che governa l'idrogeologia della zona è l'alternanza fra depositi a notevole permeabilità e depositi a più limitata permeabilità; nei primi trovano il recapito le acque meteoriche che vanno ad alimentare gli acquiferi, mentre i secondi assumono il ruolo di acquicludes costituendo limiti a flusso nullo. Alla prima categoria appartengono i depositi carbonatici, molto permeabili, facenti parte del dominio di piattaforma che ha acquisito in seguito alla fratturazione una notevole permeabilità secondaria.

L'acquifero contenuto nei carbonati è sostenuto alla base dai depositi evaporitici delle successioni triassiche, e costituendo il recapito delle acque di infiltrazione meteoriche, alimenta numerose e grandi sorgenti di tipo puntuale che presentano regimi di portata ingenti e molto regolari: essi si localizzano, in massima parte alla periferia dei massicci carbonatici.

Un ruolo del tutto peculiare assumono i depositi plio – pleistocenici continentali che si trovano depositi in discordanza stratigrafica sulla successione Laziale – Abruzzese. In questi depositi la permeabilità è variabile in funzione della granulometria; essi possono assumere localmente il ruolo di acquiferi, ma più spesso costituiscono una barriera a bassa permeabilità per le acque meteoriche contribuendo, soprattutto laddove la componente argillosa è notevole, allo sviluppo di un ruscellamento diffuso.

L'interazione fra la falda basale, contenuta nelle rocce del substrato, e quelle minori, contenute nei depositi clastici di riempimento, rende particolarmente complesso il quadro idrogeologico regionale. Tali depositi, pur presentando valori di permeabilità inferiori rispetto ai massicci carbonatici, costituiscono spesso il recapito dei principali flussi idrici sotterranei provenienti dal substrato disarticolato presente al di sotto delle coperture quaternarie.

La strutturazione dell'edificio tettonico appenninico ha comportato lo smembramento delle varie porzioni della catena, andando a costituire grandi unità idrogeologiche che possono essere considerate alla stregua di enormi serbatoi

contenenti milioni di m³ di acqua. Queste unità hanno la caratteristica di essere chiuse idraulicamente al contorno da contatti tettonici o stratigrafici che garantiscono la quasi totale assenza di scambi idrici fra le idrostrutture ad eccezione di modesti flussi idrici, comunque poco rilevanti. Le singole idrostrutture trovano il loro naturale deflusso in grandi sorgenti puntuali caratterizzate da portate medie molto regolari.

La Piana del Fucino separa, all'interno della grande unità idrogeologica denominata M. Velino – M. Cornacchia – Monti delle Meta, due unità secondarie a loro volta suddivisibili in porzioni più piccole, che sono:

Monte Velino – Monte Giano – Monte Nuria a nord del Bacino;

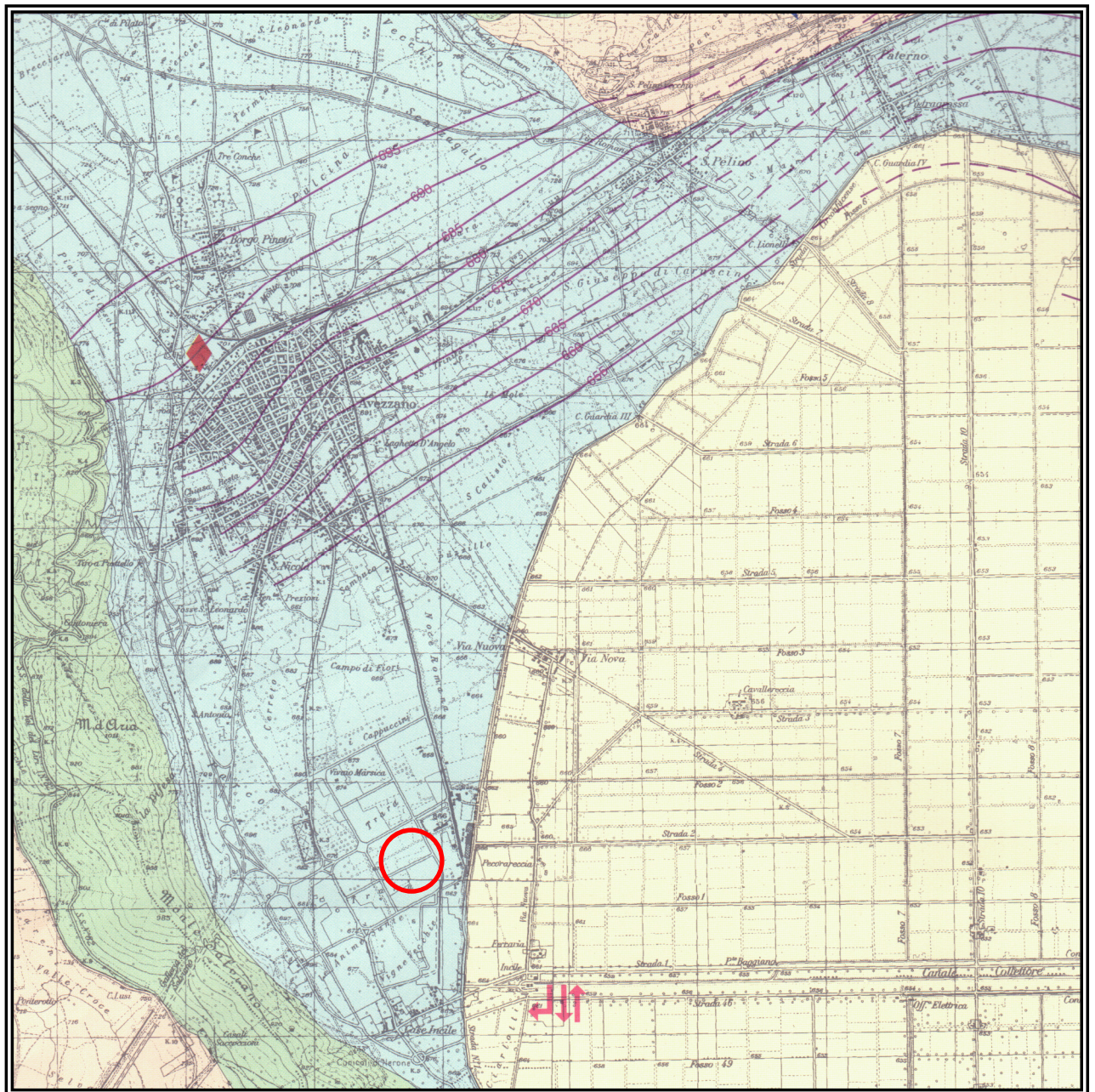
Monte Cornacchia – Monti delle Meta a sud e sud – est.

La prima è suddivisa in sub – strutture minori, di cui una è rappresentata dal Massiccio del Velino che drena le sue falde verso nord, cioè verso le sorgenti del Velino.

L'unità di Monte Cornacchia – Monti delle Meta risulta suddivisibile in tre sub – strutture idraulicamente indipendenti; la dorsale di M. Cimarani appartiene alla sub – struttura di Monte Cornacchia, che drena le sue acque di falda verso sud est, andando ad alimentare le sorgenti del Fibreno.

Dalle indagini eseguite alla data del mese di aprile 2011, il sito oggetto di studio è risultato essere sede di falda idrica superficiale, il cui livello si è attestato alla profondità di 4 m dal p.c.

di M. Petitta, E. Burri, A. Del Bon & A. Marchetti



Ubicazione dell'area in oggetto

LEGENDA

COMPLESSI IDROGEOLOGICI - HYDROGEOLOGICAL COMPLEX

Complesso dei depositi lacustri attuali

Lacustrine deposit complex



Depositi lacustri limosi e argillosi depositi dal Lago Fucino fino al suo prosciugamento (Pleistocene superiore - Olocene). In profondità sono interdigitati con i depositi del complesso detritico-alluvionale recente. Permeabilità per porosità estremamente bassa. Costituiscono l'aquiclude della circolazione idrica sotterranea nella Piana. Confinano superiormente la falda in pressione della Piana del Fucino. Limitano l'infiltrazione efficace in profondità, sia delle acque superficiali sia dei potenziali inquinanti di origine agricola.

Silt and clay lacustrine deposits of Fucino Lake before reclamation (Upper Pleistocene - Holocene). Below the surface these deposits are interbedded with the alluvial and detrital deposits. Porosity permeability is extremely low. It is the aquiclude of groundwater circulation of the Plain, bounding basal groundwater of the Fucino Plain. Infiltration of surface waters and agricultural pollutants into groundwater is limited by this complex.

Complesso dei depositi detritico-alluvionali recenti

Recent alluvial and detrital deposit complex



Depositi alluvionali fluvio-lacustri, conoidi di deiezione, depositi detritici di versante scarsamente o non cementati, depositi detritico-colluviali e terre rosse (Pleistocene superiore - Olocene). In profondità sono intercalati con i depositi lacustri attuali. Nelle facies di versante possono essere attualmente in fase di deposizione.

L'ampia gamma granulometrica, dalle ghiaie ai limi argillosi, determina una permeabilità variabile per porosità, generalmente medio-alta. In qualità di acquifero secondario, è sede di falde freatiche di limitata estensione e potenzialità, a luoghi sospese. Spesso costituisce zona di raccordo tra l'acquifero carbonatico e il fondovalle lacustre, determinando un travaso sotterraneo alimentante sorgenti poste al limite con il complesso dei depositi lacustri attuali. Localmente l'infiltrazione diretta può essere elevata e, in area agricola, può determinare il veicolamento di potenziali inquinanti verso la falda.

Alluvial and lacustrine deposits, alluvial fans, detrital fans, colluvium and red earths (Upper Pleistocene - Holocene). They are interbedded with the lacustrine complex. Along the slopes they are sedimenting. The porosity permeability shows a large range of variability, with predominant medium-high permeability, containing small perched aquifers. Frequently, groundwater seepages from carbonate aquifers to alluvial-lacustrine aquifers are observed, fed by springs located at the boundary of the lacustrine complex. High infiltration values could facilitate ingestion of potential pollutants to the groundwater.

Complesso dei depositi detritico-alluvionali antichi

Ancient alluvial and detrital deposit complex



Successione eterometrica caratterizzata da depositi lacustri argilloso-limoso-sabbiosi, depositi fluviali terrazzati ghiaioso-sabbiosi, breccie carbonatiche di versante anche ben cementate, depositi caotici contenenti blocchi di grandi dimensioni, affioranti esclusivamente nel settore settentrionale (Pliocene superiore - Pleistocene superiore).

Permeabilità variabile in funzione della granulometria, generalmente medio-bassa.

Costituisce un aquitard che, localmente, può contenere falde di limitata estensione e potenzialità. Non impedisce il travaso dagli acquiferi carbonatici verso il fondovalle, ma il contrasto di permeabilità con il complesso dei depositi detritico-alluvionali recenti, generalmente più permeabile, determina la presenza di sorgenti di portata limitata (pochi litri al secondo). L'infiltrazione efficace è limitata e concentrata nelle frazioni a granulometria grossolana.

Eterometric deposits (with lacustrine sand-silt-clay, terraced gravel-sand, slope breccia, chaotic deposits) outcropping on the northern border of the Plain (Upper Pliocene - Upper Pleistocene). The medium-low permeability depends on the granulometry. This aquitard could contain only poor groundwater. It allows groundwater seepage to the Plain and it is fed only by spring with very low discharge (few liters per second). Infiltration is very low and concentrated into the gravel and the breccia.

Complesso dei depositi arenaceo-marnosi

Arenaceous-marly deposit complex



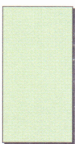
Depositi terrigeni sinorogenici, caratterizzati da arenarie in banchi alternate a sequenze marnoso-argillose in strati (Miocene superiore). La permeabilità per porosità e fratturazione, estremamente bassa, aumenta in corrispondenza delle zone fratturate.

Può ospitare soltanto falde localizzate in corrispondenza delle zone ad elevata densità di fratturazione. Separa diverse strutture idrogeologiche dei rilievi circostanti la Piana. Essendo scarsamente affiorante, non rappresenta un elemento determinante nella circolazione idrica sotterranea della Piana. Costituisce il substrato impermeabile al di sotto del settore centrale della Piana. L'infiltrazione efficace può essere considerata trascurabile.

Arenaceous and marly-clayed deposits (Upper Miocene). The low permeability increases only in the fractured zones. It hosts only poor groundwater in the high fractured zones. Scarcely outcropping, this is not so influent on groundwater circulation into the Plain, representing the impermeable bedrock below the Plain. Infiltration is close to zero.

Complesso dei depositi carbonatici

Carbonate deposit complex

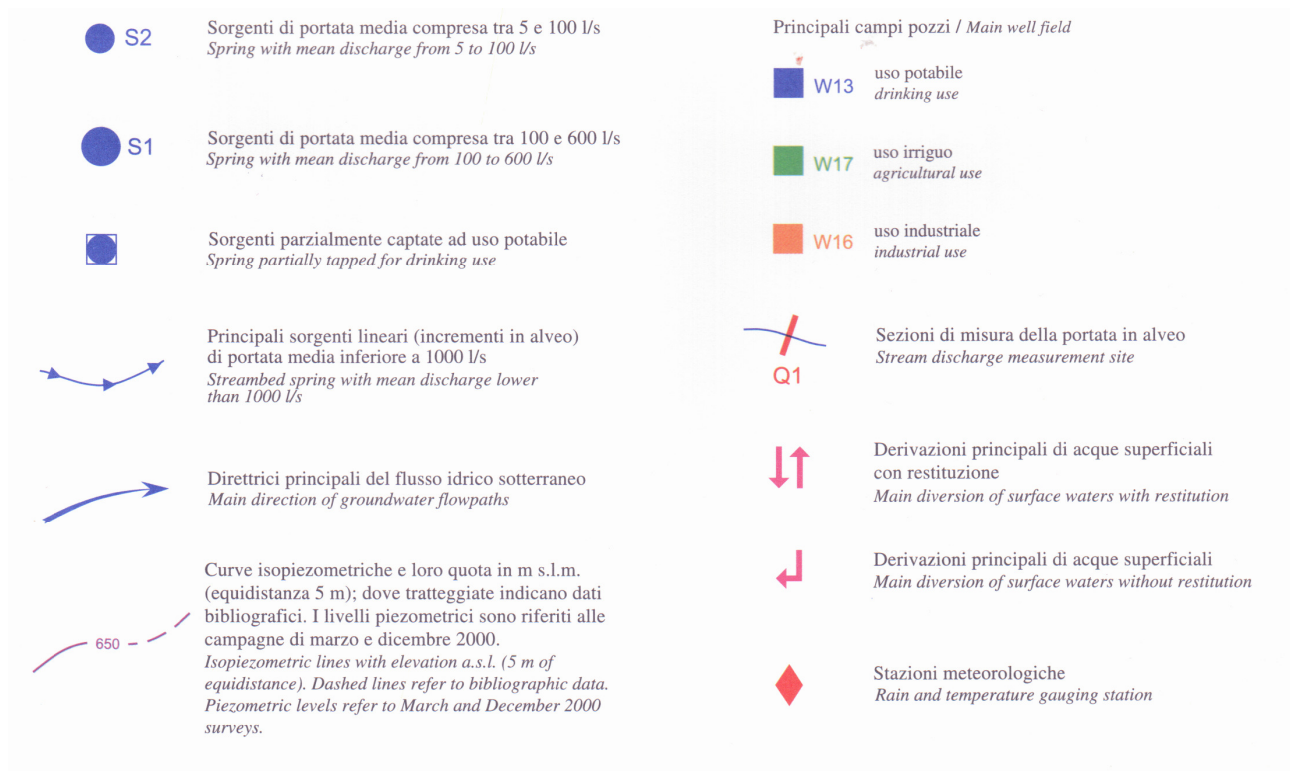


Calcarei, calcari dolomitici e, subordinatamente, dolomie, fortemente fratturati e localmente tettonizzati (Lias superiore - Miocene medio), di ambiente di piattaforma e transizione.

Permeabilità elevatissima per fratturazione e, localmente, anche per carsismo nella zona non satura (epikarst).

E' l'acquifero principale che alimenta le sorgenti poste alla base dei rilievi. Nella zona di Trasacco alimenta tutte le sorgenti localizzate e lineari presenti anche all'interno della Piana. Nel settore settentrionale è origine del travaso verso acquiferi e aquitard detritico-alluvionali. I principali campi pozzi si attestano in tale complesso, determinando, con i pompaggi, la riduzione della portata erogata dalle sorgenti e/o ceduta agli acquiferi detritico-alluvionali. L'infiltrazione efficace è molto elevata (800-900 mm/anno).

Limestones, dolomitic limestones and, locally, dolomites, with cataclastic zones, high fractured (shelf and slope facies). Very high permeability due to fractures, with epikarst diffusion. It is the main aquifer, fed by high discharge piedmont springs. On the southern Plain border (Trasacco) it is fed by all the springs and streambed springs. On the northern Plain border (Celano) it origins groundwater seepage to the alluvial-detrital aquifers and aquitards. Main well fields are located into this complex, causing discharge lowering of springs and groundwater seepages. Infiltration is very high (800-900 mm/y).



5. Descrizione delle prove in Sito e Caratterizzazione Geotecnica

L'area di edificazione del fabbricato in oggetto, localizzata circa 3 km a sud del centro abitato di Avezzano, degrada dolcemente verso est. Il territorio indagato è ubicato in corrispondenza del settore della piana alluvionale; la successione stratigrafica è caratterizzata prevalentemente da sedimenti fini limoso – argillosi – sabbiosi tipicamente fluvio – lacustri.

Stratigrafia e caratteristiche geotecniche dei terreni di sottofondazione del sito in esame, di seguito illustrate, sono state ricostruite sulla base dei dati emersi dal rilevamento geologico dell'area e delle informazioni ottenute da una campagna di indagini geognostiche, effettuata nel mese di aprile 2011, consistita nell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica e di una indagine sismica di tipo MASW.

Prova Penetrometrica

La prova penetrometrica, eseguita in modalità continua con l'ausilio di un penetrometro dinamico superpesante DPSH TG 63, ha raggiunto la profondità massima di 10 m dal p.c.

Come si può evincere dall'esame della stratigrafia ottenuta dall'interpretazione della suddetta prova (vedi allegati), il sottosuolo del sito in studio risulta caratterizzato, al di sotto di un livello di “**riporto stradale**” dello spessore di 60 cm, dalla presenza di sedimenti terrigeni di origine fluvio – lacustre costituiti da un primo strato di “**limo sabbioso**” dello spessore di 2.4 m che è stato classificato, in base al

numero di colpi medio (Nspt), come poco addensato. Sottostante il limo sabbioso è presente uno strato di “**ghiaia sabbiosa**” dello spessore di 1.4 m classificata, sempre in base al numero di colpi medio (Nspt), come addensata; da 4.4 m di profondità e fino al termine del sondaggio, si trova un banco di “**limo argilloso con sabbia**” classificato, in base al numero di colpi medio della prova penetrometrica, come un terreno poco addensato.

Il sondaggio ha anche messo in luce la presenza di un primo livello acquifero abbastanza superficiale, attualmente posto alla profondità di 4 m rispetto al piano campagna.

Per questi terreni di fondazione si può fare riferimento ai seguenti parametri fisico – meccanici, desunti dall’elaborato della prova penetrometrica e qui riassunti:

	γ (t/m ³)	γ_{sat} (t/m ³)	c (kg/cm ²)	ϕ°	Ey (kg/cm ²)	Ed (kg/cm ²)
Limo sabbioso	1,70	1,91	0,21	23°	73,12	78,76
Ghiaia sabbiosa	2,17	2,50	0	30°	271,60	189,42
Limo argilloso	1,60	1,90	0,13	22°	51,60	66,77

Prova Sismica

Il sondaggio sismico ha permesso di investigare i terreni del sottosuolo a profondità sensibilmente maggiori rispetto alla prova penetrometrica.

Con la tecnica **MASW** si è potuto ricavare la categoria di suolo di fondazione come previsto dalla normativa OPCM 3274 del 2003 – NTC 2008 D.M. 14/01/2008; la classificazione dei terreni compresi fra il piano d'imposta delle fondazioni dell'opera ed un substrato rigido di riferimento viene basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio **Vs30** che, nel sito in oggetto, presentano valori di **354 m/s** (vedi relazione indagine sismica).

In base al profilo verticale dei valori medi di velocità delle onde S, si è potuto, quindi, ascrivere i terreni sottostanti la fondazione alla **categoria C**: *depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*

Parametri Sismici

Tipo di elaborazione: Fondazioni superficiali

Sito in esame.

latitudine: 42,0033463112126

longitudine: 13,4393314581126

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 28082 Lat: 41,9849Lon: 13,4229 Distanza: 2454,823

Sito 2 ID: 28083 Lat: 41,9850Lon: 13,4902 Distanza: 4677,609

Sito 3 ID: 27861 Lat: 42,0350Lon: 13,4902 Distanza: 5479,293

Sito 4 ID: 27860 Lat: 42,0349Lon: 13,4229 Distanza: 3765,138

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,074 g

Fo: 2,409

Tc*: 0,273 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,097 g

Fo: 2,342

Tc*: 0,283 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,246 g

Fo: 2,354

Tc*: 0,339 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,316 g

Fo: 2,391

Tc*: 0,356 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,610

St: 1,000

Kh: 0,022

Kv: 0,011

Amax: 1,093

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500

Cc: 1,590

St: 1,000

Kh: 0,029

Kv: 0,015

Amax: 1,430

Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,350

Cc: 1,500

St: 1,000

Kh: 0,093

Kv: 0,047

Amax: 3,263

Beta: 0,280

SLC:

Ss: 1,250

Cc: 1,480

St: 1,000

Kh: 0,111

Kv: 0,055

Amax: 3,880

Beta: 0,280

6. Conclusioni

Alla luce di quanto detto finora si conclude quanto segue:

- la presente indagine geologica e sismica condotta dalla scrivente è relativa al progetto per l'ampliamento di uno stabilimento industriale ubicato in un terreno sito nel territorio comunale di Avezzano (AQ), località Nucleo Industriale, in Via Einstein n° 31/35;
- la campagna di indagini geognostiche finalizzate alla definizione della stratigrafia e alla caratterizzazione fisico – meccanica dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame, è consistita nell'esecuzione di una prova penetrometrica dinamica superpesante e di una indagine sismica di tipo MASW;
- il sottosuolo del sito in studio risulta costituito da un complesso detritico di origine fluvio – lacustre rappresentato da depositi a granulometria sottile, essenzialmente alternanze di strati di limo sabbioso, ghiaia sabbiosa e limo argilloso;
- da un punto di vista geomorfologico l'area è caratterizzata da morfologia pianeggiante e non presenta dissesti in atto;

- idrogeologicamente la formazione sedimentaria suddetta è risultata essere sede di falda acquifera superficiale, il cui livello, nel mese di aprile 2011, si è attestato alla profondità di 4 m dal piano campagna;
- come previsto dalle norme tecniche per le costruzioni contemplate nel D.M. 14/01/2008 e Circolare Applicativa del 02/02/2009 n. 617, in base alle indagini effettuate si è potuto ascrivere il suolo di fondazione alla categoria C.

Luco dei Marsi, 07 maggio 2011

IL GEOLOGO
Dr.ssa Annamaria Paris

COMUNE DI AVEZZANO

(Provincia di L'AQUILA)

Via Albert Einstein

Geol. Anna Maria Paris

Rapporto indagini geotecniche e geofisiche



AURELI SOIL s.n.c.
Via Lamarmora, 77
67055 Gioia dei Marsi
P.I.e C.F. 01700060666
Tel/Fax: 0863.88464 info@aurelisoil.it

SOMMARIO

1. PREMESSA
2. RELAZIONE GEOFISICA - MASW
3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI - DPSH
4. COLONNE STRATIGRAFICHE CORRELATE CON GRAFICI PENETROMETRIE
5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. PREMESSA

Il presente lavoro è stato redatto dietro incarico del Dott. Geol. Anna Maria Paris.

Le indagini sono state condotte al fine di definire i caratteri geotecnici e sismici del terreno interessato dall'opera in progetto in Via Einstein, nel Comune di Avezzano (AQ).

Di seguito vengono elencate le indagini eseguite:

TIPOLOGIA DI INDAGINE	OBIETTIVO	DATA	QUANTITA'	PROFONDITA' / DURATA
Sismica di superficie tipo MASW	Caratterizzazione del parametro Vs30 per la categoria di suolo (D.M. 14-01-08) e individuazione contatti stratigrafici	11/04/11	N°1	M1 – 24 m
Indagini geotecniche in situ tipo Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH (63,5 kg)	Caratterizzazione geomeccanica dei litotipi presenti e individuazione contatti stratigrafici	11/04/11	N°1	DPSH1 – 10,00 m

2. RELAZIONE GEOFISICA MASW

2.1 MODALITÀ D'ACQUISIZIONE

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

Sismografo:

il sismografo utilizzato per l'esecuzione delle basi di sismica di superficie è un sismografo ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT a 24 canali (Foto 1) caratterizzato dai seguenti parametri di acquisizione:

PARAMETRI DI ACQUISIZIONE:

Sismografo: ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT

Numero canali utilizzati: 24

Numero geofoni per canale: 1

Impedenza geofoni: 430 Ω

Frequenza naturale: 4,5 Hz (verticali)

Lungh. di registrazione: 1000ms

GEOMETRIA DELLO STENDIMENTO:

Offset: 1,0 m

Distanza intergeofonica: 1,0 m



Foto 1: Sismografo Echo 24/2002

b) Sistema energizzante:

Come sorgente energizzante è stato utilizzato una mazza del peso di 8 Kg, battente su una apposita piastra di alluminio, in grado di generare onde elastiche ad alta frequenza ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione.

Tale metodologia ha consentito di ottenere ovunque registrazioni di buona qualità.

Per questa linea sismica sono state effettuate più energizzazioni in modo tale da poter avere più possibilità di analizzare una buona registrazione.



Foto 2: sistema di energizzazione: mazza da 8 kg; Trigger.

c) trigger:

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter nell'istante in cui il sistema energizzante (cannoncino, maglio, mazza etc.) colpisce la base di battuta determinando l'inizio della registrazione.

d) apparecchiatura di ricezione:

Per la ricezione del segnale sono stati utilizzati Geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz.

2.2 Dati Sperimentali

Numero di ricevitori.....	24
Numero di campioni temporali.....	7651
Passo temporale di acquisizione.....	0.1307ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi.....	24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a.....	0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a	1000ms

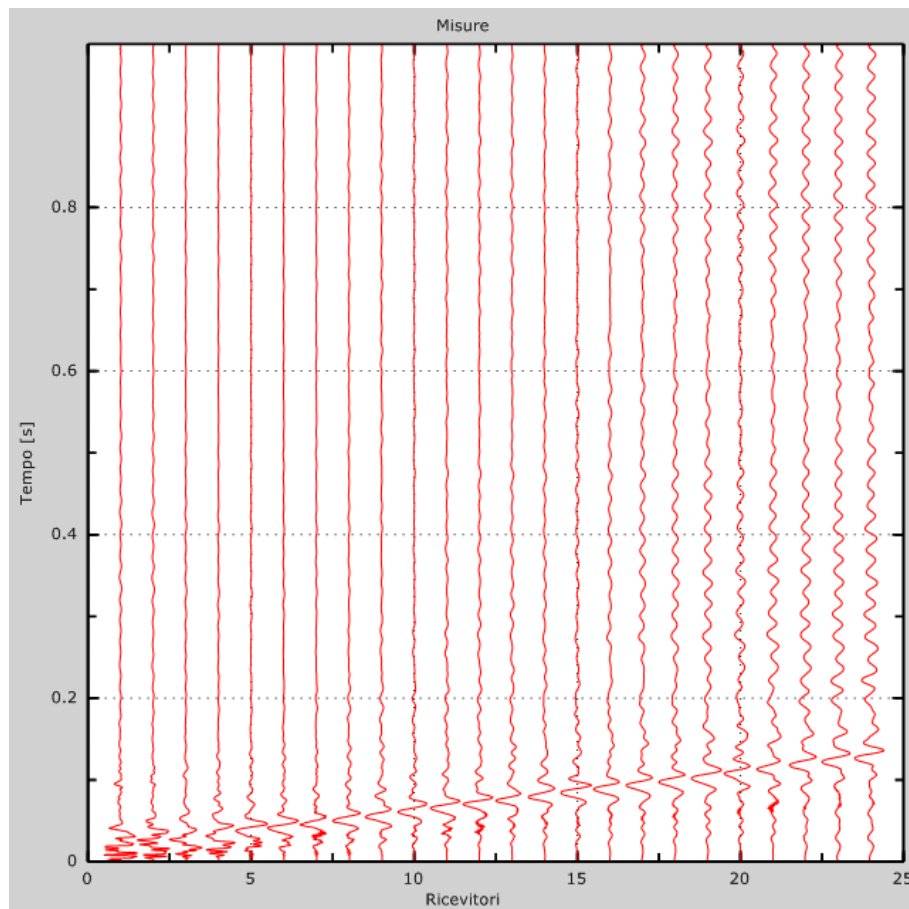


Figura 1: Tracce sperimentali

2.3 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 55Hz

Frequenza iniziale..... 10Hz

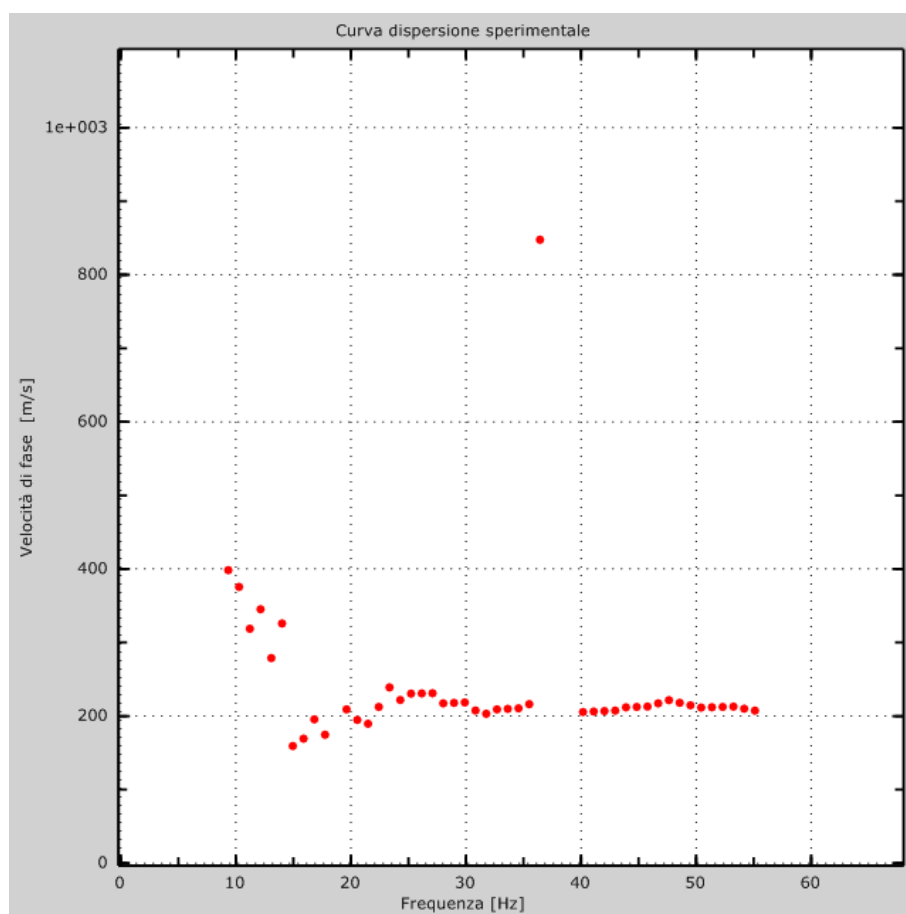


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

2.4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
11.1016	317.41	272.065	362.754
13.5861	278.783	255.271	302.295
18.1786	225.042	204.889	245.195
22.2441	226.721	211.606	241.836
27.74	221.683	211.606	231.759
31.8808	208.247	199.85	216.644
42.7974	208.247	198.171	218.324
51.1543	208.247	199.85	216.644

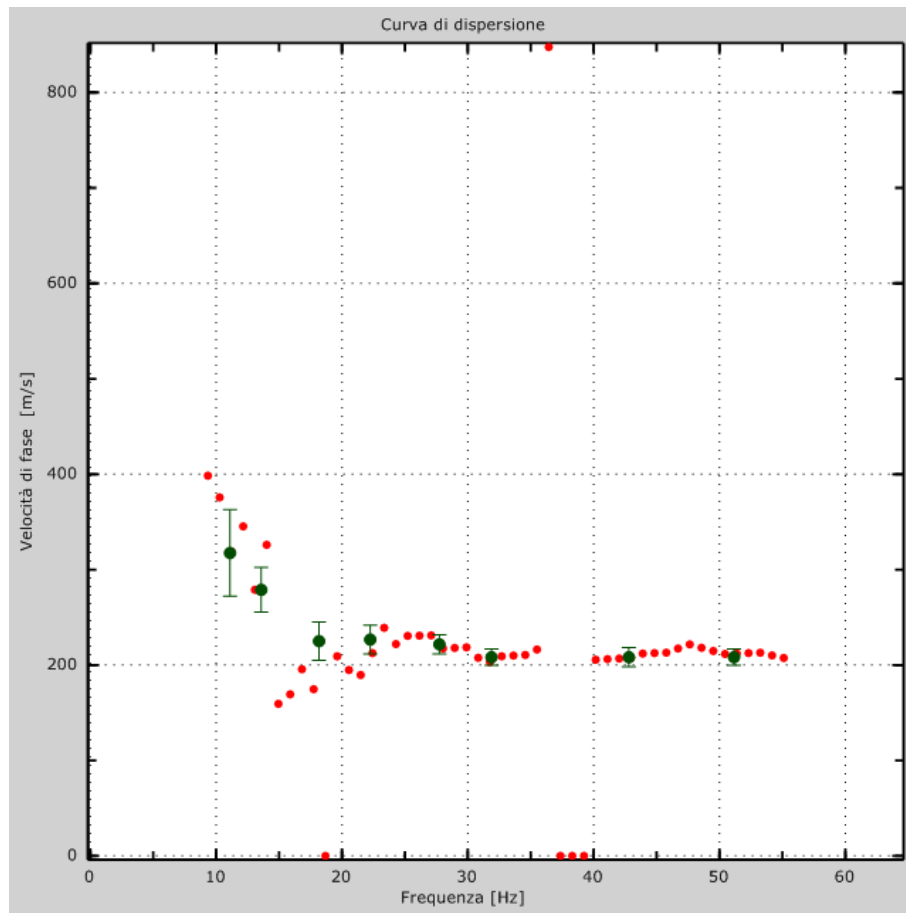


Figura 3: Curva di dispersione

2.5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio).....	3
Spaziatura ricevitori [m].....	1m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi.....	1
Numero iterazioni.....	20

Strato 1

h [m].....	4
z [m].....	-4
Vs fin.[m/s].....	213.339

Strato 2

h [m].....	6
z [m].....	-10
Vs fin.[m/s].....	280.000

Strato 3

h [m].....	0
z [m].....	-∞
Vs fin.[m/s].....	450.000

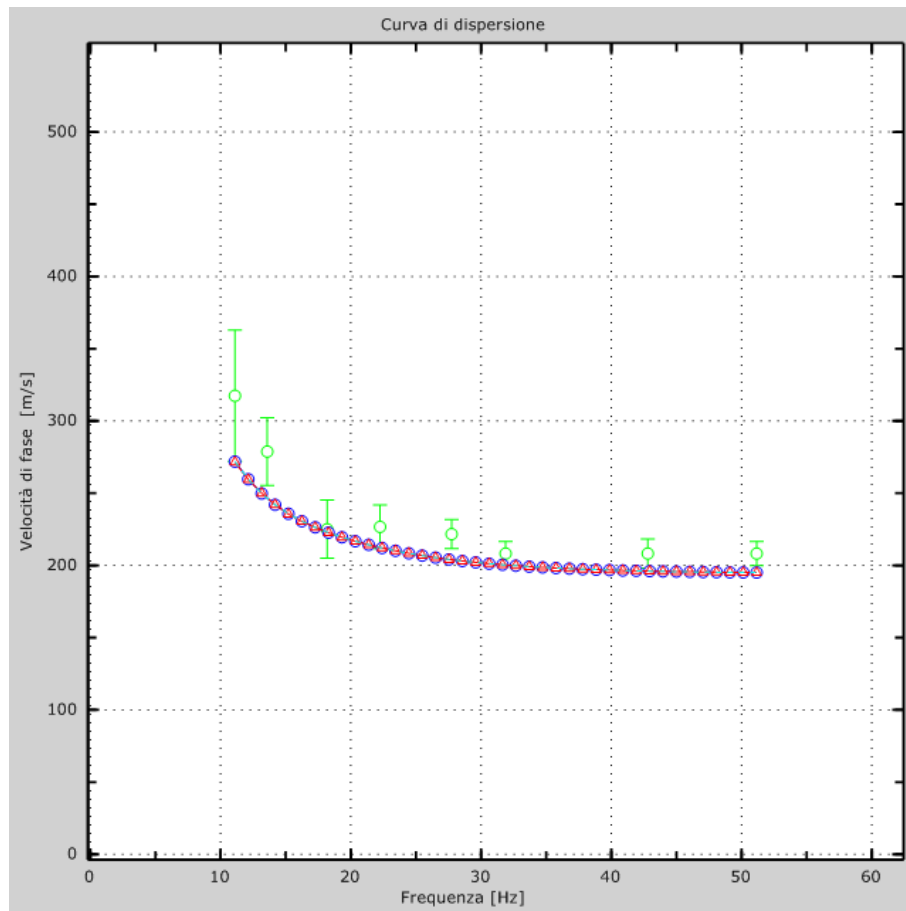


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

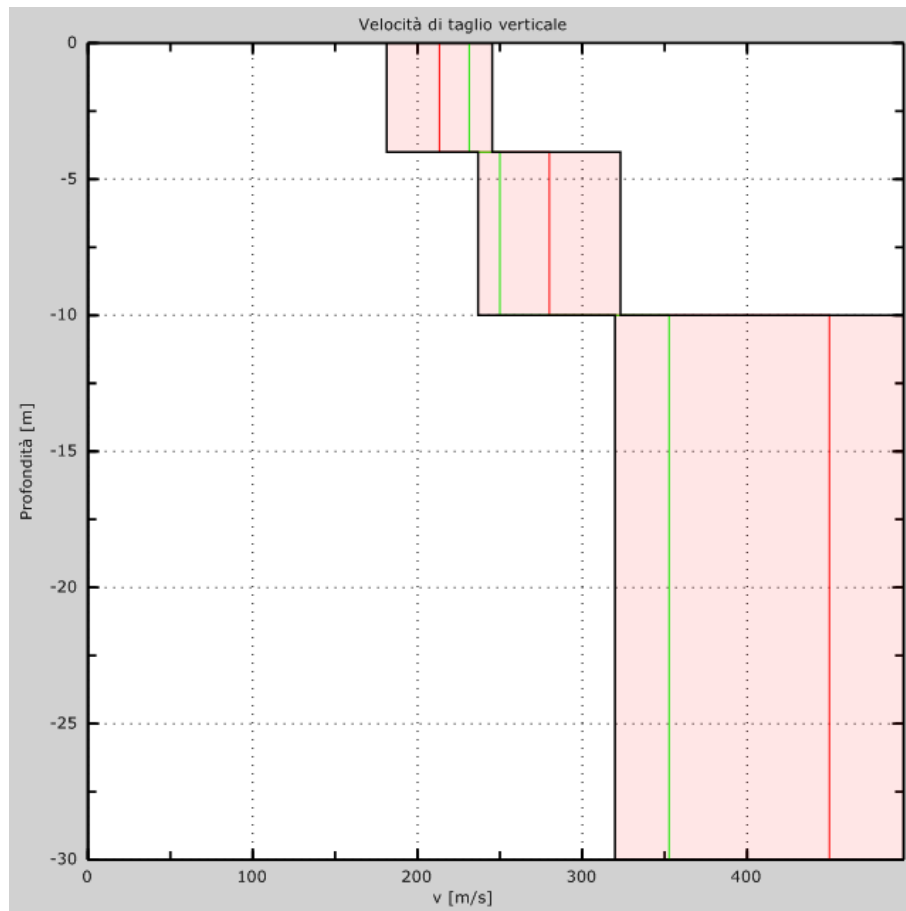


Figura 5: Velocità

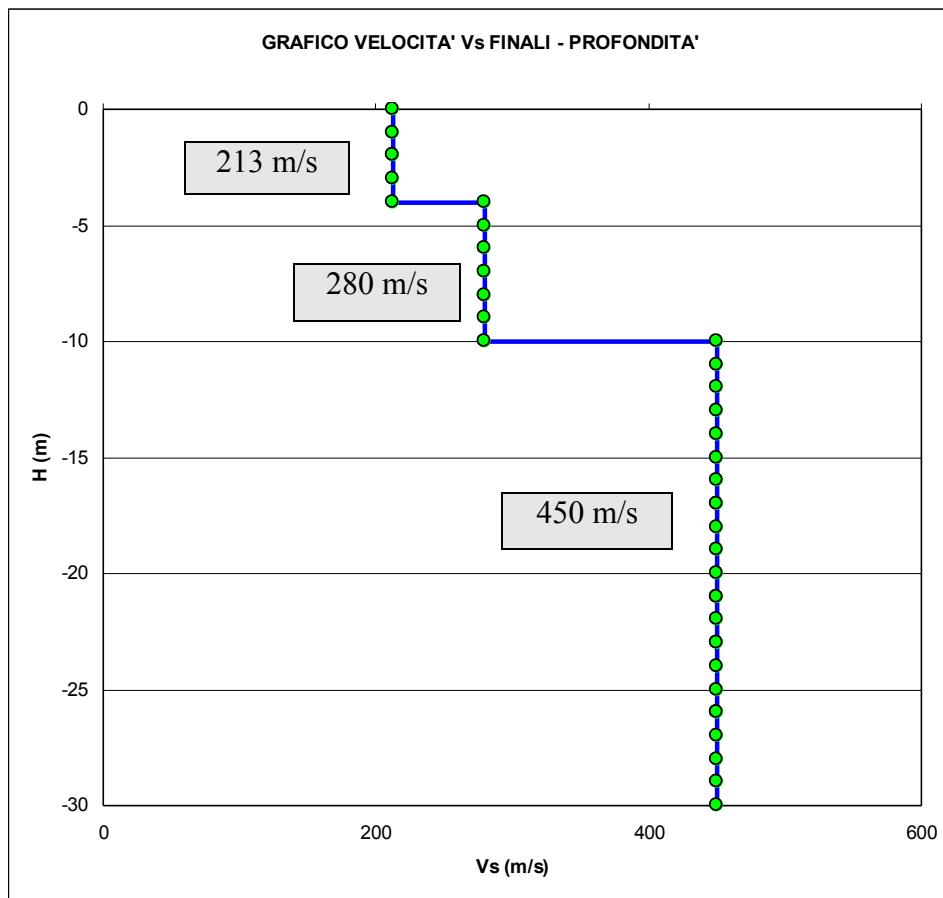


Figura 6 Grafico velocità Vs finali

2.6 - Risultati finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0
Vs30 [m/s].....354

Gioia dei Marsi, Aprile 2011

Il Direttore Tecnico

DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Michele Aureli

Appendice

Tipo di suolo

Tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo 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 $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o di 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_{s30} 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).

Tipo D: 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 e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).

Tipo 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).

Tipo S1: Depositati 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.

Tipo S2: Depositati di terreno liquefacibile o argille sensitive o altri profili di terreno non inclusi nei tipi A, B, C, D, E o S1. Attenzione: la nuova norma classifica come S2 una serie di siti che prima erano classificati come B, C, D, E.

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPERPESANTI – DPSH

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

Operatore
Davide Aureli

Il Direttore Tecnico
Geol. Michele Aureli

DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Michele Aureli

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE
(DYNAMIC PROBING)
DPSH – DPM (... sapt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

Penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha=60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H=0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha= 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A=10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
 massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=30$ cm, punta conica ($\alpha=60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A=20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
 massa battente $M=63.5$ kg, altezza caduta $H=0.75$ m, avanzamento $\delta=20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha=60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta \quad t \quad N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

- Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ/ N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

dove n è il numero di letture.

PROVA DPSH1

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
 Prova eseguita in data 11/04/11
 Profondità prova 10.00 mt
 Falda rilevata
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	38	0.705	260.20	369.28	13.01	18.46
0.40	15	0.801	116.73	145.77	5.84	7.29
0.60	30	0.747	217.78	291.53	10.89	14.58
0.80	4	0.843	32.78	38.87	1.64	1.94
1.00	4	0.840	30.20	35.96	1.51	1.80
1.20	3	0.836	22.55	26.97	1.13	1.35
1.40	5	0.833	37.44	44.95	1.87	2.25
1.60	9	0.830	67.12	80.91	3.36	4.05
1.80	8	0.826	59.43	71.92	2.97	3.60
2.00	7	0.823	48.19	58.54	2.41	2.93
2.20	2	0.820	13.72	16.73	0.69	0.84
2.40	2	0.817	13.67	16.73	0.68	0.84
2.60	10	0.814	68.10	83.63	3.40	4.18
2.80	10	0.811	67.86	83.63	3.39	4.18
3.00	9	0.809	56.90	70.37	2.85	3.52
3.20	18	0.756	106.39	140.73	5.32	7.04
3.40	20	0.753	117.81	156.37	5.89	7.82
3.60	22	0.701	120.55	172.01	6.03	8.60
3.80	26	0.698	141.97	203.28	7.10	10.16
4.00	26	0.696	132.83	190.85	6.64	9.54
4.20	24	0.694	122.21	176.17	6.11	8.81
4.40	22	0.691	111.66	161.49	5.58	8.07
4.60	5	0.789	28.97	36.70	1.45	1.84
4.80	3	0.787	17.33	22.02	0.87	1.10
5.00	4	0.785	21.72	27.67	1.09	1.38
5.20	4	0.783	21.66	27.67	1.08	1.38
5.40	3	0.781	16.21	20.75	0.81	1.04
5.60	3	0.779	16.17	20.75	0.81	1.04
5.80	5	0.777	26.88	34.59	1.34	1.73
6.00	9	0.775	45.65	58.86	2.28	2.94
6.20	4	0.774	20.24	26.16	1.01	1.31
6.40	4	0.772	20.20	26.16	1.01	1.31
6.60	4	0.770	20.15	26.16	1.01	1.31
6.80	4	0.769	20.11	26.16	1.01	1.31
7.00	4	0.767	19.03	24.81	0.95	1.24
7.20	4	0.766	18.99	24.81	0.95	1.24
7.40	4	0.764	18.96	24.81	0.95	1.24
7.60	3	0.763	14.19	18.61	0.71	0.93
7.80	4	0.761	18.89	24.81	0.94	1.24
8.00	3	0.760	13.44	17.69	0.67	0.88
8.20	4	0.759	17.89	23.59	0.89	1.18
8.40	4	0.757	17.86	23.59	0.89	1.18
8.60	8	0.756	35.67	47.18	1.78	2.36
8.80	7	0.755	31.16	41.28	1.56	2.06
9.00	3	0.753	12.71	16.86	0.64	0.84
9.20	4	0.752	16.91	22.48	0.85	1.12
9.40	4	0.751	16.89	22.48	0.84	1.12
9.60	4	0.750	16.86	22.48	0.84	1.12
9.80	4	0.749	16.84	22.48	0.84	1.12
10.00	4	0.748	16.06	21.48	0.80	1.07

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH1

TERRENI COESIVI**Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Terzaghi-Peck	0.62
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Terzaghi-Peck	0.40

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Robertson (1983)	18.28
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Robertson (1983)	12.90

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	95.01
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	67.58

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Apollonia	91.40
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Apollonia	64.50

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Meyerhof ed altri	1.94
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Meyerhof ed altri	1.83

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	Meyerhof ed altri	2.01
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	Meyerhof ed altri	1.89

TERRENI INCOERENTI**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Skempton 1986	31.06
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Skempton 1986	67.27
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Skempton 1986	24.6

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Meyerhof (1956)	22.61
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Meyerhof (1956)	29.7
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Meyerhof (1956)	21.84

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Schmertmann (1978) (Sabbie)	73.12
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Schmertmann (1978) (Sabbie)	271.60
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Schmertmann (1978) (Sabbie)	51.60

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	78.76
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	189.42
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	66.77

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Meyerhof ed altri	1.70
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Meyerhof ed altri	2.17
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Meyerhof ed altri	1.60

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	(A.G.I.)	0.34
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	(A.G.I.)	0.29
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	(A.G.I.)	0.34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

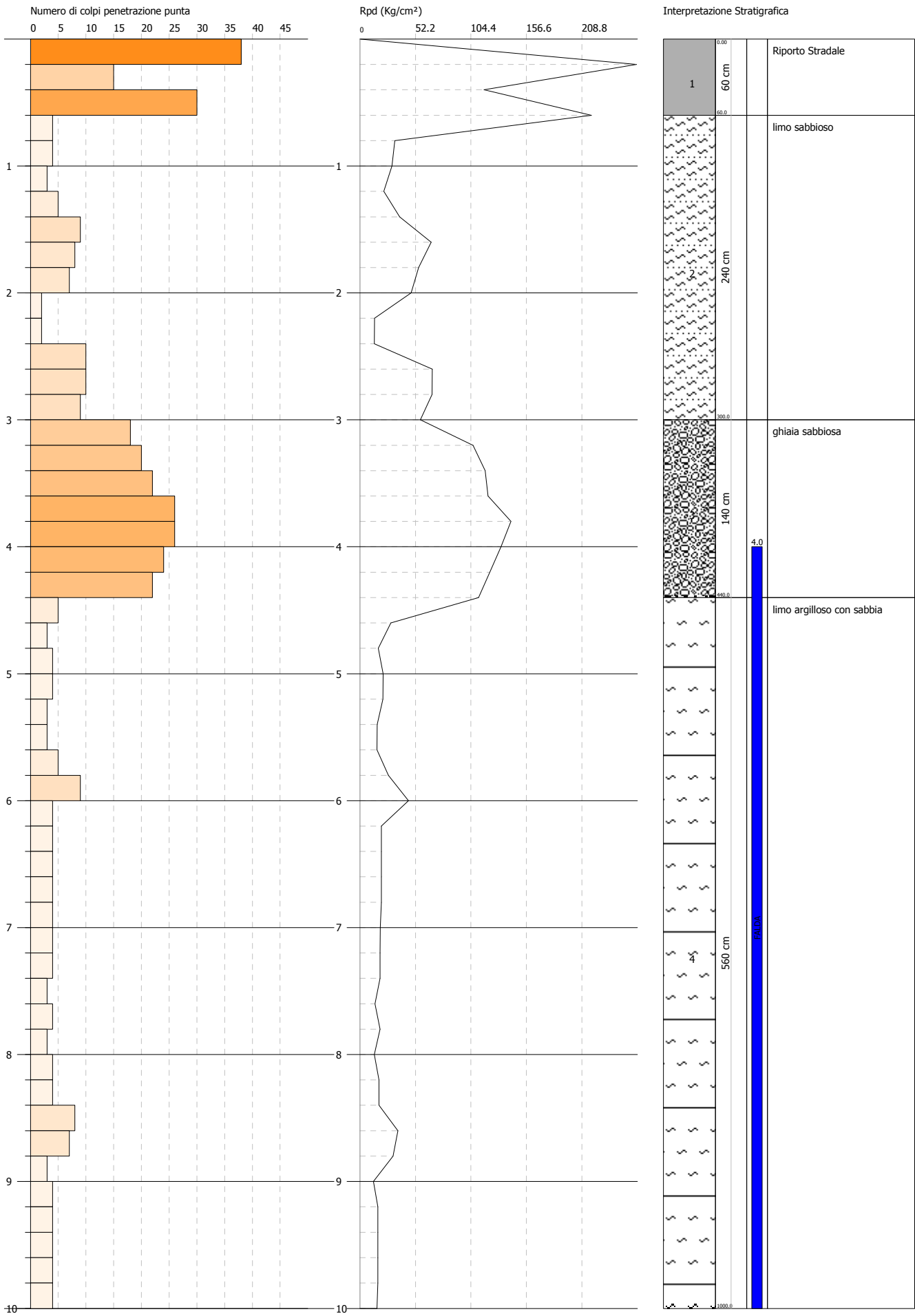
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Robertson e Campanella (1983)	483.11
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Robertson e Campanella (1983)	1077.09
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Robertson e Campanella (1983)	390.44

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Navfac 1971-1982	1.92
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Navfac 1971-1982	6.14
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Navfac 1971-1982	1.32

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[2] - limo sabbioso	9.14	3.00	9.14	Robertson 1983	18.28
[3] - ghiaia sabbiosa	33.95	4.40	33.95	Robertson 1983	67.90
[4] - limo argilloso con sabbia	6.45	10.00	6.45	Robertson 1983	12.90



5. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto Postazione della Prova Geofisica MASW – M1



Foto Prova Penetrometrica dinamica DPSH1