



Comune di
STORNARA

BANDO PUBBLICO

APQ “Benessere e Salute” - FSC 2007 – 2013 (Del. CIPE n. 72 – 92/2012)
Piano di Investimenti per infrastrutture sociali e sociosanitarie.



PROGETTO ESECUTIVO

"L'ALBERO DELLA VITA".
REALIZZAZIONE DI UNA RESIDENZA
SOCIO-SANITARIA ASSISTENZIALE E DI UN CENTRO DIURNO INTEGRATO PER IL
SUPPORTO COGNITIVO E COMPORTAMENTALE AI SOGGETTI AFFETTI DA
DEMENTIA (ART. 66 E ART. 60 TER REG. R. N. 4/2007)

TAVOLA:

R10

TITOLO ELABORATO

Relazione Geologica

SCALA:

Rev.	Data	Note	

PROGETTISTA U.T.C.: Arch. Michele De Cotiis

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO: Ing. Salvatore Pizzi

INDICE

1. PREMESSE.....	2
• GENERALITÀ	2
• DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA.....	3
• RIFERIMENTI NORMATIVI	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO	4
3. MODELLO GEOLOGICO	6
• ELEMENTI DI GEOLOGIA REGIONALE	6
• GEOLOGIA DI DETTAGLIO.....	7
• LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI	9
4. MODELLO GEOTECNICO	12
• INDAGINI GEOGNOSTICHE	12
• LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
• UBICAZIONE INDAGINI CONSULTATE.....	16
• RISULTANZE INDAGINI CONSULTATE	17
5. SISMICITA' DELL'AREA.....	19
• SISMICITÀ REGIONALE.....	19
• RISPOSTA SISMICA LOCALE	20
• AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	21
• AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA	22
• PARAMETRI SISMICI.....	23
6. VERIFICA DELLA SICUREZZA	24
7. CONCLUSIONI	26

ALLEGATI:

1. CARTA DELLE PERIMETRAZIONI PAI
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE
 - POZZETTI GEOGNOSTICI
 - PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

1. PREMESSE

- GENERALITÀ

Per incarico dell'Amministrazione Comunale di Stornara, il sottoscritto Dott. Geol. Emilio Quinto ha eseguito uno studio geologico relativo alla *"Realizzazione di una residenza socio-sanitaria assistenziale e di un centro diurno integrato per il supporto cognitivo e comportamentale ai soggetti affetti da demenza (artt. 60 ter e 66 del R. Reg. n. 4/2007)"*, da realizzarsi nel centro abitato del Comune di Stornara (FG).

Il progetto prevede la realizzazione di una palazzina composta da tre piani fuori terra con annessi volumi tecnici da adibire a residenza socio-sanitaria, tuttavia, per un miglior riferimento architettonico dell'opera, si rimanda agli elaborati tecnici predisposti dal progettista incaricato.

Il presente lavoro ha avuto lo scopo di evidenziare gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici del sito interessato dai lavori, fornendo, in particolare, una descrizione dei principali caratteri della successione litostratigrafica della zona e una caratterizzazione litotecnica del sottosuolo di interesse progettuale (*volume significativo*-profondità del terreno entro il quale si esercita l'influenza dell'intervento).

Tutto ciò, a indispensabile supporto della progettazione esecutiva, al fine di fornire conoscenze e dati che risultino di riferimento per un corretto dimensionamento e/o inserimento delle opere previste, oltre ad accertarne la fattibilità del progetto, in relazione ad aspetti e eventuali problematiche connesse con le condizioni geomorfologiche della zona. A tale scopo lo studio si conclude proponendo un modello litotecnico che, sulla base delle indagini geognostiche eseguite e/o reperite, si ritiene essere quello che meglio approssimi le reali caratteristiche fisico-meccaniche del sottosuolo di interesse progettuale.

Lo studio, svolto in conformità alle normative tecniche vigenti, è stato articolato nelle seguenti fasi operative:

- a) sopralluoghi, rilevamento geologico e geomorfologico superficiale esteso anche al di fuori dell'area di immediato interesse (con analisi dei fronti di scavo e dei pozzetti geognostici eseguiti in zona);
- b) caratterizzazione litostratigrafica, geotecnica e geofisica dei terreni, eseguita tenendo conto dell'insieme di dati derivanti dalla bibliografia geologica disponibile, dalla analisi degli affioramenti naturali e fronti di scavo della zona (analisi macroscopica dei terreni basata sulle più diffuse norme di riferimento (AGI, ASTM D-2488-69 e successive modifiche), analisi di studi geologici preesistenti¹, e, a livello locale, delle risultanze di indagini geognostiche appositamente eseguite e consistite in n. 2 pozzetti geognostici spinti fino alla profondità di 3.00 metri dal piano campagna, n. 1 prova penetrometrica dinamica continua del tipo DPSH e n.1 prospezione sismica a rifrazione con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).
- c) relazione illustrativa ed elaborazione dei dati emersi.

Le indagini geognostiche eseguite hanno quindi concorso in maniera fondamentale alla suddivisione del sottofondo di interesse in unità litotecniche differenti.

Nelle pagine che seguono sono riportati i risultati emersi dagli esami e dagli studi effettuati e le conseguenti considerazioni relative ai lavori previsti dal progetto.

¹ PRG Comune di Stornara (FG), Relazione Geologica, Studio Associato di Geologia Tecnica Fatigato & Raspatelli (1992).

Lavori di recupero area ex Campo sportivo, Finanziamento fondi PIRP, Relazione Geologica e Indagini geognostiche, Dott. Geol. Emilio Quinto, Settembre 2010.

Progetto per la costruzione della nuova Scuola Primaria-1 °Stralcio funzionale, Relazione Geologica, Dott. Emilio Quinto, Ottobre 2010.

- **DATI IDENTIFICATIVI DELL'AREA**

Il lotto di terreni in esame possiede i seguenti riferimenti amministrativi, geografici, catastali e geologici:

Riferimenti amministrativi:

- ❖ Provincia: Foggia
- ❖ Comune: Stornara

Riferimenti geografici e cartografici:

- ❖ Latitudine: 41,291392[°]
- ❖ Longitudine: 15,768906[°]
(Le coordinate geografiche sono espresse in ED50).
- ❖ Carta d'Italia dell'Istituto Geografico Militare Italiano: Foglio 175, Tavoletta / NO "Ortanova".
- ❖ Carta Tecnica Regionale: elemento n. 422104 in scala 1:5.000 (*Stralcio all'interno della relazione*).
- ❖ Ortofotocarta in scala 1:10.000 (Voli 2000 e 2006 - *Stralcio all'interno della relazione*).

Riferimenti catastali:

Agro di Stornara - Foglio n. 11 - Particella n. 692.

Riferimenti geologici:

- ❖ Foglio n. 175 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.
- ❖ Foglio n. 422 "Cerignola" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG - *Stralcio all'interno della relazione*)
- ❖ Cartografia dedotta dal Progetto di Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino della Puglia (*Stralcio all'interno degli allegati*).

- **RIFERIMENTI NORMATIVI**

Legge del 2 febbraio 1974, n. 64

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture

Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali. - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze NTA del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO

La porzione di territorio comunale di Stornara interessata dal progetto ricade nella Tav.^{ta} in scala 1:25.000 “Ortanova” (I-NO) del Foglio n. 175 della Carta d'Italia ed è altresì inquadrabile nell'elemento cartografico n. 422104 della Carta Tecnica della Regione Puglia in scala 1:5.000 (*vedi figg. 1 e 2*).

Più nel dettaglio, il sito oggetto di indagine è contraddistinto in catasto alla Particella n. 692 del Foglio di mappa n. 11 del Comune di Stornara ed è prospiciente l'area ex Campo Sportivo, al limite settentrionale del centro abitato (*cfr. Fig.1 “stralcio di Ortofotocarta Provinciale”*).

La quota media dell'area oggetto di studio si aggira intorno ai 102 m s.l.m.; localmente la zona presenta leggere pendenze in direzione ovest ed assume le caratteristiche di una superficie terrazzata disposta con asse circa SW-NE e interrotta solo a WNW da una marcata rottura di pendio in prossimità dell'incisione della *Marana La Pidocchiosa*.



Figura 1 - Stralcio di ortofotocarta provinciale, sezione 422100 in scala 1:5.000 relativo all'area oggetto di studio (Tratto da www.pcn.minambiente.it, modificata)

L'assetto morfologico riproduce grossomodo quello tipico del *Tavoliere delle Puglie*, contraddistinto da una serie di superfici pianeggianti, più o meno estese, interrotte dai principali corsi d'acqua (*Torrente Cervaro*, *Torrente Candellaro*, *Torrente Carapelle*, *Torrente Celone*) e da locali canali e/o marane a deflusso spiccatamente stagionale, e degradanti con deboli pendenze verso la linea di costa adriatica.

In tali aree l'evoluzione dei caratteri morfologici è stata evidentemente condizionata dalla natura del substrato geologico presente; gli affioramenti topograficamente più elevati, in corrispondenza dei quali spesso sorgono i centri urbani, sono caratterizzati dalla presenza di una litologia più resistente all'azione modellatrice degli agenti esogeni, al contrario le aree più depresse sono la testimonianza di una litologia meno competente e quindi più facilmente modellabile.

Nel complesso l'area di progetto non è interessata dalla presenza di fenomeni erosivi in senso lato né è soggetta a rapida evoluzione e rimodellamento morfologico (inteso esclusivamente in termini di agenti esogeni naturali), in quanto questo si esercita in forma marginale ed attenuata e del tutto trascurabile ai fini degli interventi previsti; inoltre gli edifici che sorgono sulle aree limitrofe non denotano anomalie riferibili ai terreni di fondazione.

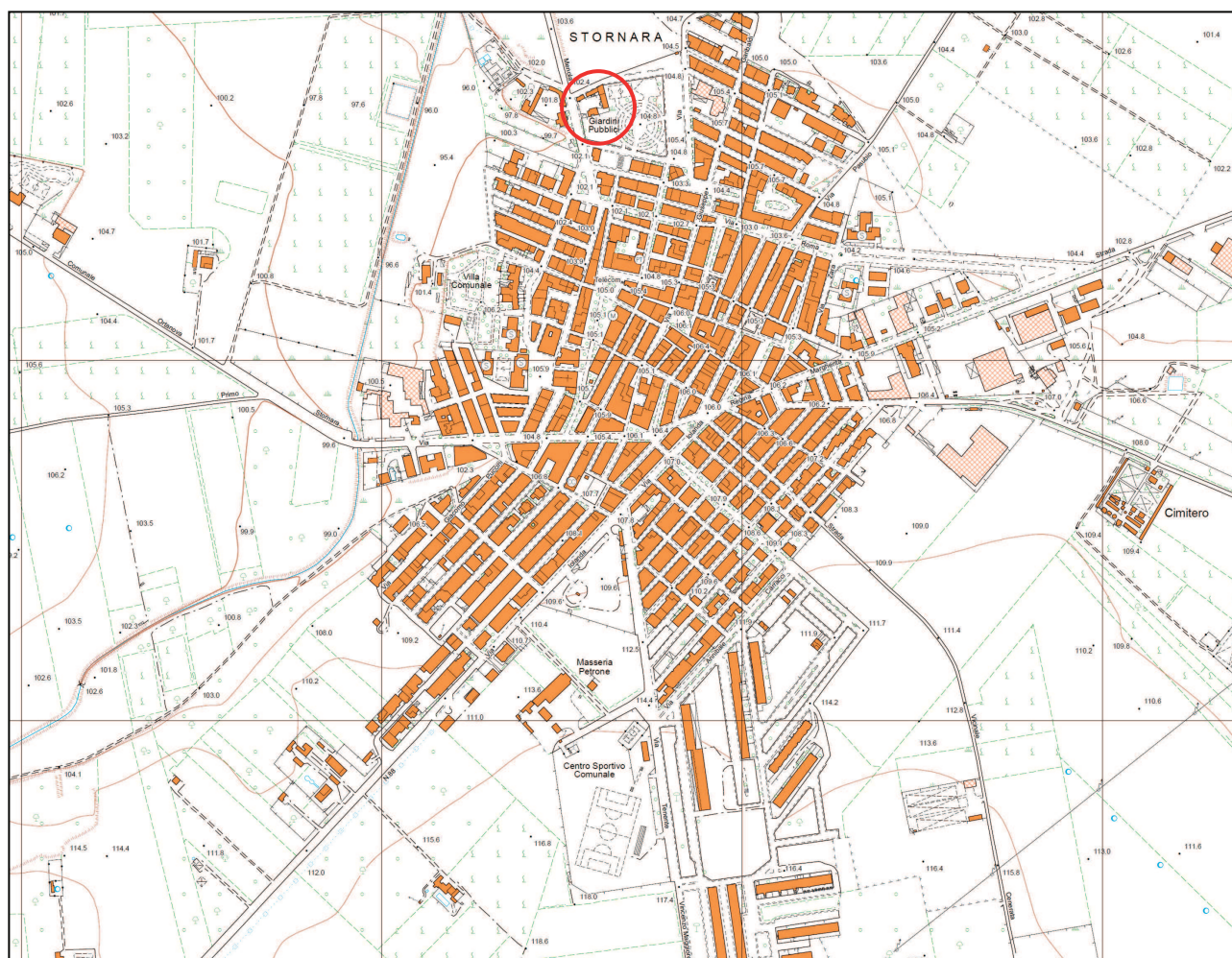


Figura 2 - Stralcio topografico in scala 1:10.000 con in evidenza l'area oggetto di studio, cerchio rosso (Tratto da CTR Regione Puglia, elemento n. 422104, modificata).

3. MODELLO GEOLOGICO

La situazione geomorfologica, stratigrafico-strutturale, idrogeologica e tettonica dell'area è stata ricostruita utilizzando principalmente i dati contenuti nel Foglio n. 175 della Carta Geologica d'Italia (Serv. Geologico d'Italia, 1967) e, di recente pubblicazione, nel Progetto CARG (Foglio n. 422 "*Cerignola*"), unitamente ai dati del sottosuolo derivanti da precedenti indagini e da quanto accertato con l'esame di fotografie aeree e con specifici studi diretti e sopralluoghi.

- *ELEMENTI DI GEOLOGIA REGIONALE*

L'area oggetto del presente studio è situata nella porzione meridionale del *Tavoliere delle Puglie* e coincide con il tratto dell'*Avanfossa adriatica* delimitato dalla *Catena appenninica* e dall'*Avampaese Apulo*; più precisamente corrisponde a quella porzione di territorio che borda a nord-ovest l'*Altopiano delle Murge*.

Sulla base dei caratteri litostratigrafici e strutturali è contraddistinto in affioramento da formazioni geologiche riferibili al Complesso delle Unità del Tavoliere.

Questa unità è costituita dai depositi di riempimento dell'avanfossa appenninica, di età pliocenica e infrapleistocenica, e dai depositi marini e alluvionali delle coperture medio-suprapleistoceniche e oloceniche della piana.

I depositi della fase di riempimento della Fossa bradanica, costituiti da alternanze sequenziali di sabbie e argille, indicate con il generico termine di "*Argille Subappenniniche*", affiorano principalmente lungo una larga fascia che borda i fianchi orientali dell'Appennino, lungo la bassa valle del *Fiume Ofanto*, tra Barletta e Canosa e lungo il *Fiume Fortore*. Nella parte medio-bassa della piana, le Argille Subappenniniche sottostanno alla copertura alluvionale e lo spessore dell'unità si riduce in corrispondenza della fascia costiera.

La serie, che assume carattere regressivo, si chiude con i terreni sabbiosi e sabbioso-conglomeratici del Pleistocene inf. che affiorano in un'estesa zona compresa tra Ascoli Satriano e Lavello ed in una sottile fascia lungo il *Fiume Fortore* e nei pressi di Serracapriola.

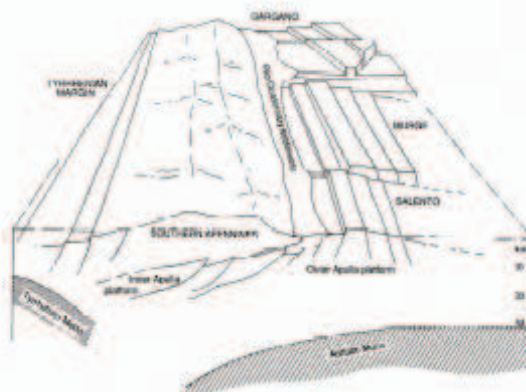
Lungo il bordo occidentale del Tavoliere, s'individuano, inoltre, i depositi terrazzati alluvionali e deltizi del Pleistocene sup. che formano strutture prevalentemente allungate in direzione W-E ed interrotte dalle numerose incisioni prodotte dagli attuali corsi d'acqua.

In tutta l'area, specialmente quella orientale, prendono particolare sviluppo i sedimenti della pianura alluvionale, anch'essi del Pleistocene sup.- Olocene che, a partire dalle quote di circa 170-175 m, si spingono fin nei pressi della costa conferendo un aspetto pianeggiante all'intera regione; gli spessori, variabili, tendono ad aumentare procedendo da W verso E raggiungendo valori massimi nella zona rivierasca. Tali depositi, rappresentati da un'alternanza lenticolare di sedimenti alluvionali ghiaiosi, sabbiosi e argillosi, di facies continentale, rappresentano il risultato dei numerosi episodi deposizionali che hanno interessato il Tavoliere.

Il modello geodinamico di questa porzione di territorio può essere di contro schematizzato con la seguente evoluzione paleogeografico-strutturale:

- formazione della piattaforma carbonatica mesozoico-paleogenica;
- frammentazione della *piastra Apula* con relativa individuazione dell'*Avanfossa* a partire dal Miocene;
- riempimento di questo bacino subsidente durante il Plio-Pleistocene;
- sollevamento regionale concomitante con oscillazioni glacio-eustatiche del livello del mare e conseguente importante fase di terrazzamento mesopleistocenico-olocenica.

Figura 3 - Modello strutturale del sistema geodinamico
appennino-avampaese apulo (da Funicello et al., 1991)



- **GEOLOGIA DI DETTAGLIO**

Nell'area in esame nel dettaglio affiorano estesamente i termini più recenti della potente successione di margine appenninico Plio-Pleistocenica, appartenenti per l'appunto al Complesso delle Unità del Tavoliere.

Si tratta di formazioni geologiche riferibili sia ad ambienti continentali sia marini, ognuna delle quali legata ad un'originaria e ben definita condizione paleogeografica.

I rapporti stratigrafici e l'attuale geometria delle formazioni affioranti in questo settore della Puglia settentrionale sono la testimonianza dell'ultima fase del modello geodinamico citato in precedenza, rappresentata da un intero sollevamento del sistema catena-avanfossa-avanpaese, iniziato alla fine del Pleistocene inferiore (0,8 Ma), e accompagnato dal progressivo ritiro del mare verso l'attuale linea di costa.

Il rilevamento geologico di superficie dell'area in studio ha messo in evidenza, in accordo con la cartografia geologica ufficiale, la presenza di litologie databili Pleistocene medio-superiore e depositi di età recente e/o attuale, di seguito descritte come:

- **Sabbie e ciottoli con intercalazioni sabbiose (Q_{m2} e Q_{c2}):**

Si tratta di sabbie fittamente stratificate di colore giallo-oro, localmente polverulente con rari livelli argillosi e ciottolosi; a volte sono ricoperte da un crostone calcareo evaporitico; si presentano da sciolte a mediamente costipate e lo spessore risulta significativo (dell'ordine anche di 35-40 metri); per eteropia latero-verticale passano al termine Q_{c2} , costituito da depositi ciottolosi incoerenti con elementi di modeste dimensioni e frammisti a sabbie finissime di colore giallo-oro, a volte con tonalità rossastre per evidenti fenomeni di ossidazione. Il limite col ciottolame Q_{c2} segue una direttrice NO-SE e precisamente dal paese di Ordona, attraverso Stornara, giunge sino a Madonna di Ripalta sul *F. Ofanto*.

- **Depositi d'alveo attuali e recenti:**

Litologicamente trattasi di sedimenti a grana medio-fine e fine, ricchi di concrezioni calcaree evaporitiche e subordinatamente di ghiaia poligenica a grana media e grossa, con matrice ora limosa ora sabbioso-limosa, localizzati estesamente lungo il fondovalle del *F. Ofanto* e del *Torrente Carapelle* ed in corrispondenza di locali marane e/o canali.

In profondità questi termini passano, in continuità di sedimentazione, dapprima a sabbie argillose di colore giallastro (PQ_s) e successivamente, intorno ai 55-60 m dal piano campagna, al tetto del complesso delle argille e argille marnose grigio-azzurrognole, note in letteratura col nome di "*Argille Subappenniniche*" (PQ_a) e che costituiscono la parte basale della citata serie Plio-Pleistocenica; la presenza di questi termini è stata messa in evidenza attraverso le numerose perforazioni per la ricerca di acque sotterranee.

I due membri sopra descritti (Q_{m2} e Q_{c2}) sono correlabili rispettivamente alle *Sabbie di Torre Quarto* e ai *Conglomerati di Ordona* del sistema di Cerignola nel recente Progetto CARG (Foglio n. 422 della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – vedi fig.4)

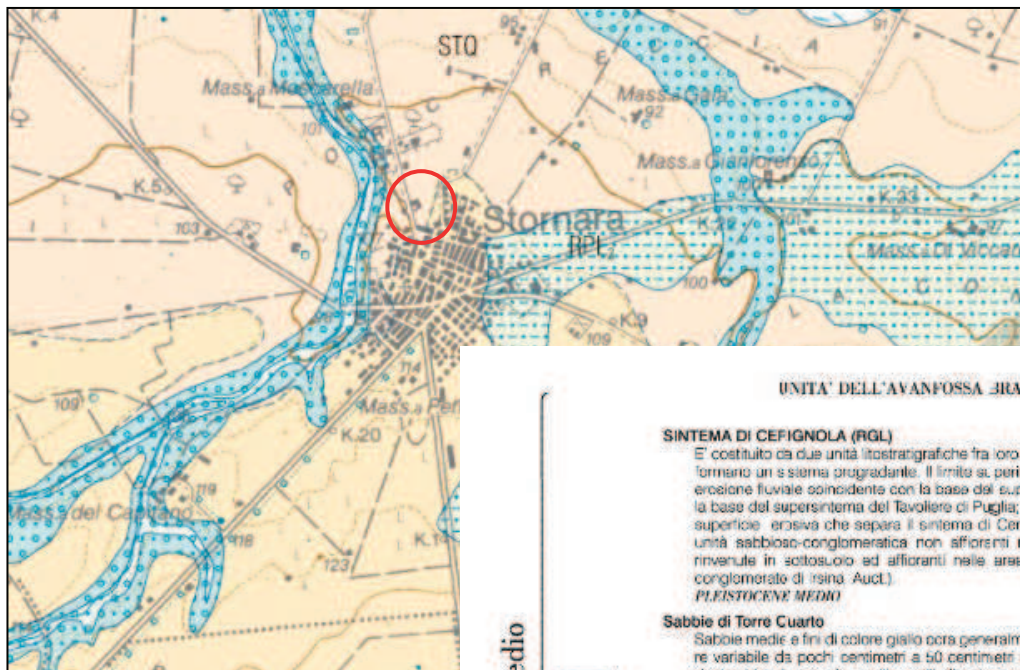
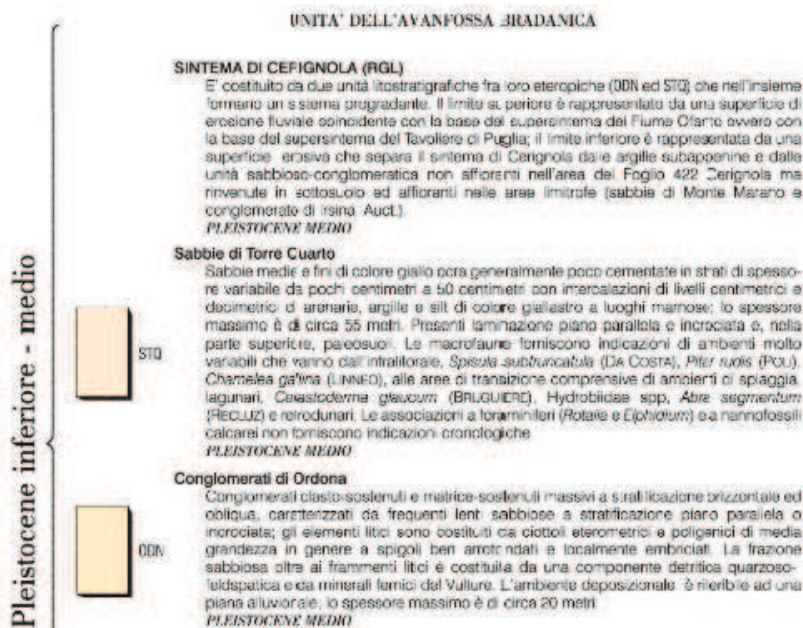


Figura 4 – Stralcio del Foglio n.422 “Cerignola” della Carta geologica d'Italia, con in evidenza, cerchio rosso, l'area oggetto di studio (Tratto da Progetto GARG, 2010, modificata)



Dal punto di vista tettonico gli indizi di superficie sono difficilmente osservabili, sia per le caratteristiche litologiche sia per la copertura del terreno adibito a coltura agraria, che raggiunge mediamente il metro di spessore; ciononostante sulla base della morfologia della superficie piezometrica, ricavata dal censimento dei dati dei pozzi realizzati nell' area oggetto di studio, è possibile interpretare alcuni dislivelli piezometrici con la presenza di lineamenti tettonici (limiti a flusso imposto) che probabilmente dislocano a varie altezze il substrato intrapliocenico.

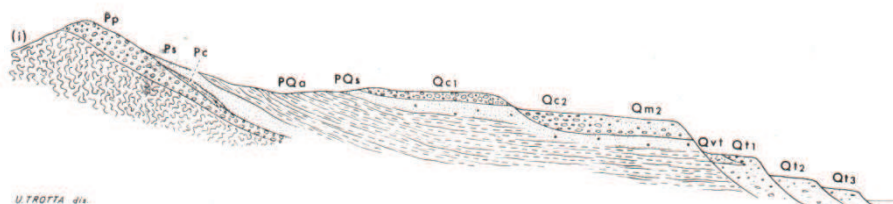


Figura 5 - Schema dei rapporti stratigrafici (Tratto da Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 175-Cerignola, 1967)

• LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI

Dal punto di vista geomorfologico l'area di progetto, come già detto, si colloca all'interno dell'agro del comune di Stornara (FG), lungo una superficie terrazzata allungata in direzione all'incirca sudovest-nordest (*vedi fig. 6*), con quota media del piano campagna di 105 m s.l.m. Le pendenze dello stesso risultano perlopiù impercettibili (qualche frazione di grado in direzione WNW) e tendono ad aumentare drasticamente in prossimità dei locali canali e/o marane che la delimitano lateralmente; il ruscellamento idrico è regolato da canali di bonifica (di origine antropica) che convogliano i loro apporti idrici nella *Marana La Pidocchiosa*, a ovest/nordovest, e nella *Marana Castello Sup.^{re}*, a est/sudest, entrambi affluenti in destra idrografica del *Torrente Carapelle*.

In relazione all'inserimento del progetto nelle aree a vincolo PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico), approvato dall'Autorità di Bacino della Puglia con Delibera n. 39 del 30/11/2005, queste ultime non risultano interessate da perimetrazioni afferenti sia la pericolosità idraulica che geomorfologica; difatti, in virtù soprattutto delle modestissime e costanti pendenze, e di un substrato geologico dalle caratteristiche fisico-meccaniche affidabili, **la zona in perizia presenta un aspetto discretamente stabile e non risulta affetta da fenomeni gravitativi potenziali o in atto.**

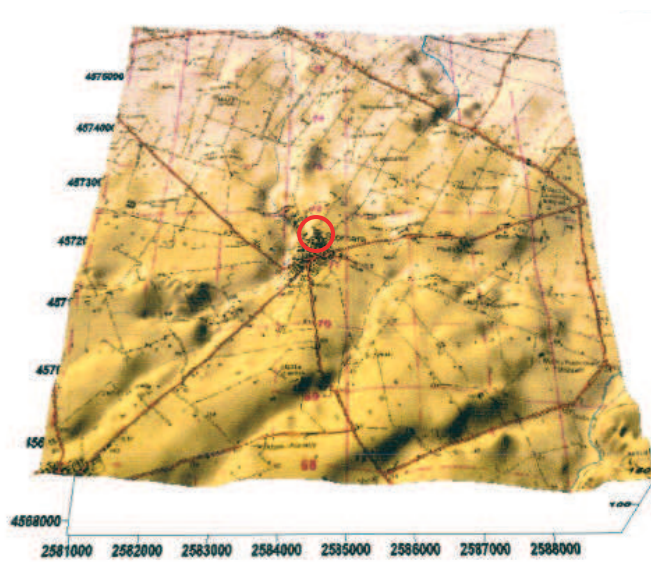


Figura 6 – Elaborazione 3D: in evidenza la superficie terrazzata su cui sorge il centro abitato di Stornara e l'area oggetto di studio, cerchio rosso, delimitata a ovest/nordovest dalla Marana La Pidocchiosa e ad est/sudest dalla Marana Castello Sup.^e.

Tutte queste considerazioni sono confermate sia dalle analisi di superficie effettuate che dai dati di letteratura desumibili da diversi studi di carattere geomorfologico, come ad esempio il Progetto IFFI della Regione Puglia (*vedi fig. 7*), che ragionevolmente escludono fenomeni legati alla pericolosità geomorfologica.

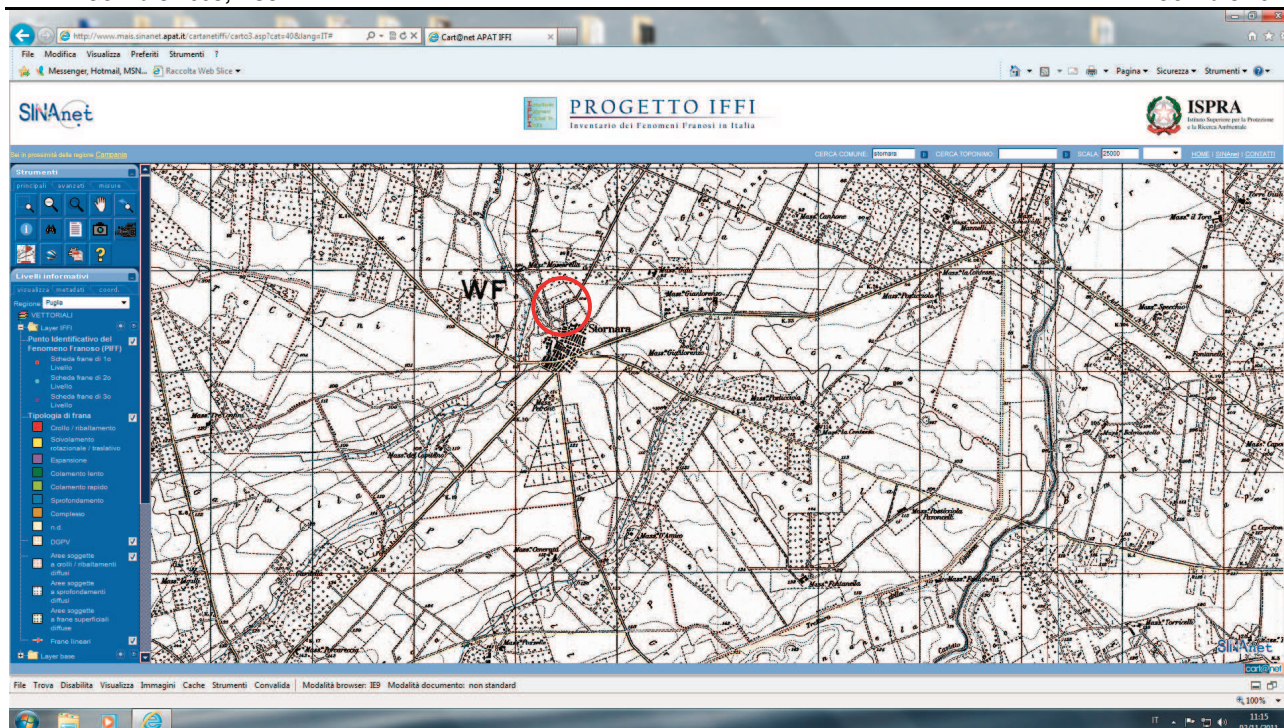


Figura 7 - Stralcio del progetto IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) con in evidenza, in rosso, il settore in studio (fonte: sito internet www.sinanet.apat.it/progettoiffi)

La *Marana La Pidocchiosa*, che scorre in direzione WNW rispetto all'area oggetto di studio, secondo la generale pendenza del territorio, rappresenta la naturale linea di impluvio delle acque meteoriche; la natura del terreno e la sua morfologia conferiscono al reticolo un andamento subparallelo, mentre la portata è strettamente collegata al valore delle precipitazioni efficaci; l'idrografia superficiale si presenta comunque assai modesta, condizionata notevolmente sia dal carattere stagionale delle precipitazioni che dalla natura litologica dei terreni affioranti, che favoriscono notevolmente l'infiltrazione delle acque rispetto al ruscellamento.

La zona di immediato interesse progettuale rispetta a pieno la disciplina delle fasce di pertinenza fluviale (art.10 delle NTA del PAI), in quanto risulta posta ad una distanza di circa 200 metri dall'alveo della sopraccitata marana.

Dal piano campagna, situato ad una quota di circa 102 m s.l.m., sino alla profondità di 60 m si distinguono due sistemi acquiferi sostanzialmente a diversa portata (*vedi fig. 8*):

- acquifero superficiale poroso, costituito dai depositi clastici sabbioso-ghiaiosi disposti con una tipica giacitura lenticolare e caratterizzati da una permeabilità per porosità medio-alta; la superficie piezometrica ripercorre grossomodo l'andamento del substrato argilloso, con una pendenza verso ESE; la falda circola prevalentemente a pelo libero con il livello statico quantificabile intorno ai 30-35 m di profondità al di sotto del piano campagna;
- acquifero multifalda poroso, presente negli orizzonti permeabili sabbiosi intercalati ai termini argillosi grigio-azzurrognoli della formazione delle *Argille Subappenniniche*; le falde, in questo caso, sono in pressione e originano portate modeste.

È comunque possibile che le diverse falde possano essere ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea sia per la struttura lenticolare dei sedimenti che per i possibili interscambi a seguito di fenomeni di drenanza (*Maggiore et al., 2004*).

La permeabilità dei litotipi affioranti è poco variabile e si può stimare compresa tra:

$$1 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec} \leq K \leq 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/sec}$$

La presenza di sottili lenti e/o livelli siltosi-argillosi, talvolta contenuti nel complesso ghiaioso-sabbioso, può limitare la capacità degli acquiferi circoscrivendo la permeabilità dei complessi idrogeologici a grande scala e condizionare le portate dei pozzi che risultano, in genere, comprese entro:

$$0.2 \text{ l/sec} \leq Q \leq 1 \text{ l/sec}$$

Bisogna inoltre ricordare come tra i fattori che maggiormente condizionano questa circolazione idrica sotterranea ci sia il carattere tipicamente stagionale delle precipitazioni; infatti a seguito di lunghi periodi di magra si riscontra una notevole diminuzione delle portate.

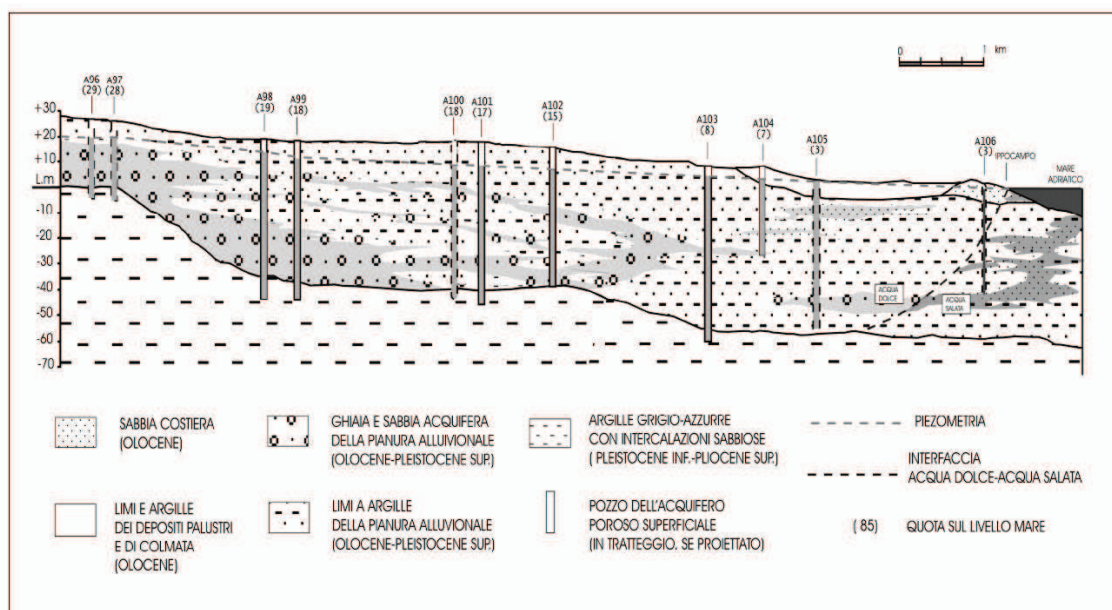


Figura 8 - Sezione idrogeologica schematica di una porzione del Tavoliere delle Puglie prossima all'area oggetto di studio (da Maggiore et al., 2004)

4. **MODELLO GEOTECNICO**

- *INDAGINI GEOGNOSTICHE*

Al fine di giungere a un modello schematico che ben rappresenti i caratteri litostratigrafici e litotecnici del sottosuolo di interesse progettuale, alle risultanze di indagini geognostiche preesistenti², realizzate nelle immediate vicinanze al sito in perizia, si sono aggiunte quelle scaturite dall'esecuzione, lungo il settore di immediato interesse progettuale, e consistenti in n. 2 pozzetti geognostici spinti fino alla profondità di 3 metri dal piano campagna, n.1 prove penetrometriche dinamiche continue del tipo DPSH e n.1 prospezione sismica a rifrazione con tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves

Queste ultime, riportate in allegato, hanno integrato i dati raccolti a livello comunale (di affioramento e di indagini in situ) ed hanno concorso in maniera rilevante alla definizione del locale assetto litostratigrafico e geotecnico.

I parametri geotecnici riferiti ai terreni di fondazione sono difatti scaturiti dal confronto tra i dati desunti dalla perforazione presa a riferimento (sondaggio geognostico, di seguito riportato) basate sulle più diffuse norme di riferimento (AGI, ASTM D-2488-69 e successive modifiche) con l'interpretazione dei risultati della prova penetrometrica dinamica appositamente realizzata lungo la sagoma di ingombro dell'edificando manufatto.

Di seguito viene riportato un paragrafo esplicativo sul significato e sulle modalità esecutive delle indagini geognostiche eseguite.

Per l'ubicazione, i risultati completi e le modalità esecutive delle indagini geognostiche eseguite si rimanda all'Allegato della presente relazione.

POZZETTI GEOGNOSTICI

Per la ricostruzione della situazione litostratigrafica e fisico-meccanica dei terreni di fondazione delle strutture di progetto, è stato eseguito, lungo la sagoma d'ingombro dell'edificio, n. 2 pozzetti geognostici, spinto fino alla profondità rispettivamente di 1.50 m in P2 e di 3.00 m in P1 dal piano campagna.

L'escavazione non ha presentato alcun problema per quanto riguarda cedimenti e decompressioni del terreno.

Il pozzetto realizzato ha sostanzialmente confermato quanto il rilevamento di superficie portava ad ipotizzare e cioè, al disotto di un primo orizzonte associabile al materiale di risulta di origine antropica e del sottostante terreno agrario, la cui natura è in prevalenza argillosa-limosa con abbondante presenza di sostanza organica e dello spessore massimo di circa 2.80 m (*cfr P1*), è presente una litologia rappresentata da ciottoli e ghiaia immersi in abbondante matrice limoso-sabbiosa di colore giallo-ocra e talvolta rossastra per evidenti fenomeni di ossidazione, ascrivibile ai primi termini della Formazione del Ciottolame incoerente.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA

La prova penetrometrica dinamica continua è stata eseguita utilizzando come attrezzatura un penetrometro semovente auto-ancorante super pesante della PAGANI (mod. TG 63-100) le cui caratteristiche meccaniche sono menzionate in appositi modulo dell'allegato "prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH)". Qui i risultati scaturiti sono stati diagrammati prendendo in considerazione come parametro il numero di colpi

² PRG Comune di Stornara (FG), Relazione Geologica, Studio Associato di Geologia Tecnica Fatigato & Raspatelli (1992).

Lavori di recupero area ex Campo sportivo, Finanziamento fondi PIRP, Relazione Geologica e Indagini geognostiche, Dott. Geol. Emilio Quinto, Settembre 2010.

Progetto per la costruzione della nuova Scuola Primaria-1 °Stralcio funzionale, Relazione Geologica, Dott. Emilio Quinto, Ottobre 2010.

(N_{20}), registrato per infissioni successive di 20 cm. Il quadro completo ha fornito indicazioni quantitative sulla resistenza dei terreni investigati, valutate mediante correlazioni con lo Standard Penetration Test (NSPT) e la resistenza dinamica alla punta (Rpd), tramite la cosiddetta "formula degli Olandesi", sulla base delle caratteristiche meccaniche dell'attrezzatura e in assenza di attrito laterale. Mediante il valore N_{SPT} elaborato a partire da N_{20} , è stato poi possibile ricavare, in particolare, i seguenti parametri geotecnici del terreno (*si ricorda che le correlazioni sono maggiormente affidabili per determinazioni su terreni di tipo granulare*):

peso di volume naturale; peso di volume saturo; coesione drenata; coesione non drenata; angolo di resistenza al taglio; modulo edometrico.

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON TECNICA MASW

La campagna indagini è stata completata da n. 1 prospezione sismica per l'analisi delle velocità delle onde di taglio (V_s), rilevata con tecnica MASW ed ubicata nell'area di indagine come da planimetria allegata.

Tale analisi è stata effettuata registrando onde di superficie (sorgente attiva-massa battente) registrando i dati sismici (*common-shot gathers*) mediante array lineare di 24 geofoni (bassa frequenza: 4.5 Hz) su n.3 tracce da 1 sec/cad, con geofoni distanziati con passo 1.0 m e offset variabile 2-5-10 m. Si sono registrate su n. 24 canali, onde con range di frequenza 2-30 Hz, che in condizioni ottimali offrono dettagliate informazioni sulla ricostruzione del profilo V_s in profondità. Dopo aver caricato il *dataset* di campo, si è determinato tramite software dedicato lo spettro di velocità (diagramma Velocità/Frequenza). Nello spettro di velocità $v-f$ sono visualizzati gli andamenti con evidente coerenza di fase e potenza significativa che consentono di riconoscere in modo "visivo" le onde di Rayleigh che hanno carattere dispersivo (Modo Fondamentale), rispetto a quelle (onde Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente) che hanno altri Modi e tipi di onde (Modo superiore – *Aliasing spaziale*). Si è eseguito il picking (Modo Fondamentale) della curva di dispersione; tali valori sono stati poi plottati su un diagramma *velocità-frequenza*, per l'analisi della curva di dispersione ed ottimizzazione del modello diretto monodimensionale di V_s .

Negli elaborati prodotti sono stati riportati oltre al sismogramma prescelto per l'inversione, i seguenti spettri:

- **Spettro FX**: proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.
La figura viene mostrata in un sistema distanza -frequenza. Analizzando lo spettro è possibile comprendere a quali frequenze è situato l'impulso di energia e se al segnale è sovrapposto del *noise*.
- **Spettro FK** : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma medio, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.
La figura viene mostrata in un sistema numero d'onda-frequenza. Da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.
- **Spettro FV** : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.
La figura viene mostrata in un sistema frequenza-velocità. Anche da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

Nella procedura è stato assunto un numero adeguato di strati (n.5) per effettuare un *fitting* migliore della curva di dispersione; le velocità delle onde di taglio lette lungo la verticale considerata, sono risultate crescenti con la profondità con incremento evidente dopo i 1.30 m circa (*vedi tabella che segue*); il parametro V_{s30} calcolato è pari a **$V_{s30}=395$ m/sec.**

I parametri ottenuti nella interpretazione sono sintetizzati nella tabella che segue:

Profilo Verticale Vs				Masw
SPESSORE (m)	PROFONDITÀ (da m a m)		Vs (m/sec)	TIPO DI ANALISI: ONDE DI RAYLEIGH
1.69	0.00	1.69	147	Vs30 (m/sec) = 395
2.67	1.69	4.36	208	Tipo Suolo: B
5.37	4.36	9.73	327	
20.27	9.73	30.00	577	

• LITOSTRATIGRAFIA E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

I dati raccolti, suffragati anche da una buona conoscenza geologica dei luoghi derivante dalla presa visione di diversi scavi realizzati per altri lavori, oltre ad accertare gli spessori che contraddistinguono i termini di copertura di origine secondaria, confermano la presenza di un substrato sub-affiorante attribuibile alla *Formazione del ciottolame incoerente* (Q_{c2}) e costituito da depositi ciottolosi da incoerenti a leggermente cementati con elementi eterometrici arrotondati e frammisti a sabbie finissime di colore giallo-oro, a volte con tonalità rossastre per evidenti fenomeni di ossidazione. Relativamente ai termini interessati dal progetto i dati raccolti consentono di suddividere il volume significativo in due unità litotecniche, differenziate in unità di copertura ed unità di substrato, funzione del litotipo prevalente e/o del relativo comportamento geotecnico medio.

UNITÀ LITOTECNICA 1 (TERRENO DI COPERTURA)

Tali termini sono rappresentati da materiale a granulometria prevalentemente fine (limi argillosi e argille limoso-sabbiose), sciolti o poco costipati, con rari inclusi litici rappresentati da clasti marnosi e/o calcareo-marnosi eterometrici a forma generalmente sub-arrotondata. Trattasi di litologie di copertura legate essenzialmente all'accumulo di suolo in posto e ricoperto da materiale di risulta, costituito da scarti di edilizia pubblica e/o privata, usato in passato come terreno di riporto per raccordare l'originario dislivello tra Via La Menola e la zona dell'ex Campo Sportivo.

Nella zona di interesse il litotipo rappresentativo mostra un colore di fondo marrone o brunoastro nei primi orizzonti, mentre negli orizzonti inferiori tende ad assumere tonalità avana-giallastre della parte alterata del substrato.

Dal punto di vista geotecnico le capacità portanti, complessivamente scadenti e passibili di sensibili disomogeneità latero-verticali, sono riferibili ad una risposta meccanica di tipo essenzialmente coesiva, determinata dalla prevalente matrice fine a grado di consistenza perlopiù poco consistente (AGI, 1977).

L'unità nel suo complesso, quindi, a meno di opere minori, risulta assolutamente non indicata come terreno di imposta per le strutture di fondazione, sia per le scadenti, quanto disomogenee, caratteristiche fisico-meccaniche che, da un punto di vista dinamico, per la bassa rigidità sismica; questa, infatti, unitamente alla scadente risposta meccanica, potrebbe ingenerare, in caso di sollecitazione sismica, fenomeni di amplificazione locale a detrimento di opere edilizie fondate superficialmente.

Nella zona di progetto, come confermato dalla indagini appositamente eseguite, gli spessori si attestano da un minimo di 1.30 metri del prospetto esposto su Via La Menola (Prova D1) ai 2.80 metri della zona posta in direzione dell'area ex Campo Sportivo.

L'unità può essere qualificata con i seguenti parametri fisico-meccanici:

peso di volume naturale γ_n (t/m³):	1.70-1.80
angolo di attrito ϕ' (°):	17-18
coesione drenata c' (kg/cm²):	0.00-0.05
coesione non drenata C_u (kg/cm²):	0.30-0.40

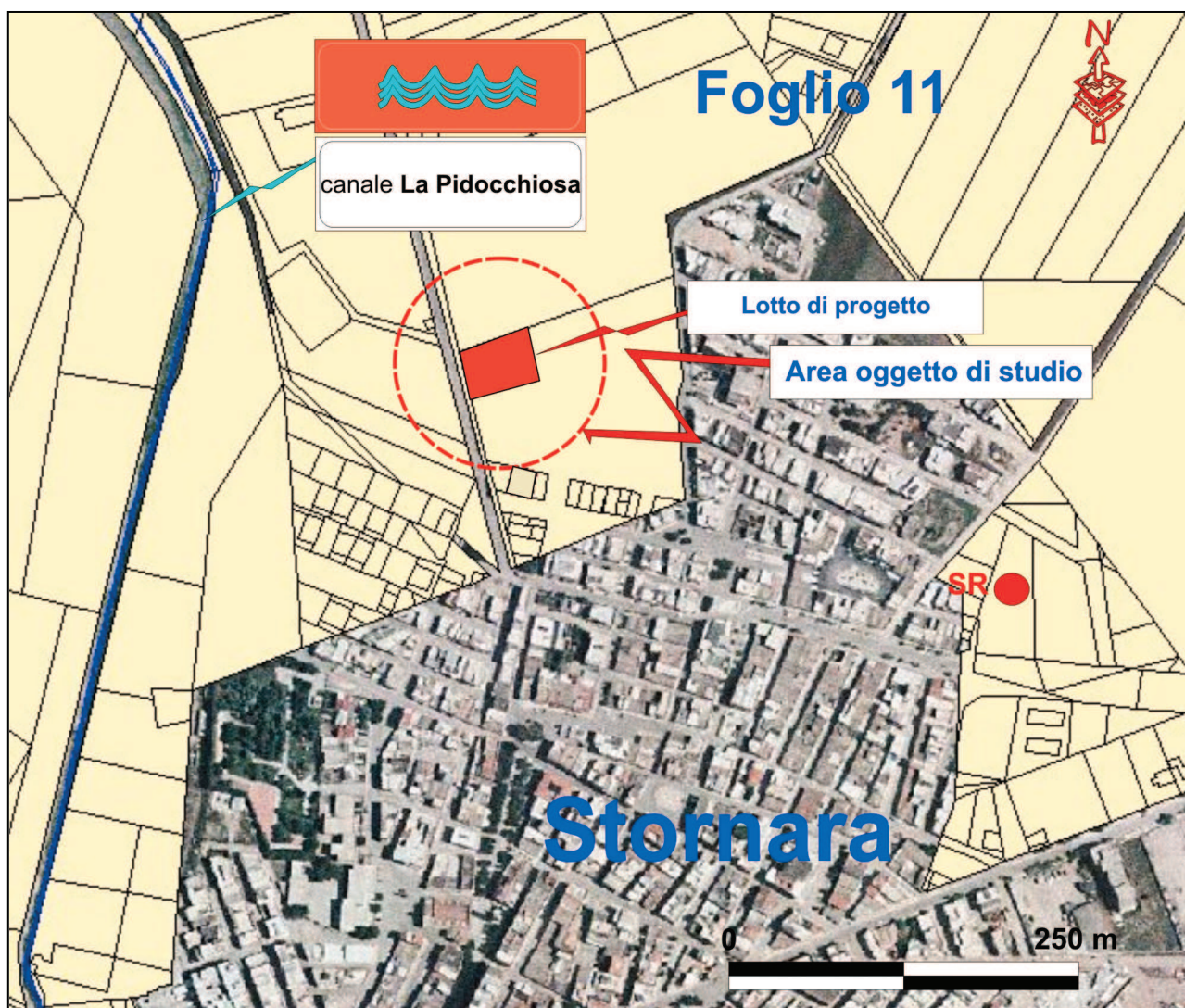
UNITA' LITOTECNICA 2 (SUBSTRATO SABBIOSO-GHIAIOSO)

Tale unità posta al di sotto dei termini di copertura, costituisce il substrato geologico dell'area di interesse progettuale (*Formazione del ciottolame incoerente*), ed è distinta da caratteristiche fisico-meccaniche di buona affidabilità; la sua presenza è stata riscontrata, ad eccezione dei termini di copertura, fino al rifiuto strumentale della prova penetrometrica dinamica appositamente eseguita, ma è sicuramente parte di una successione potente alcune decine di metri (dati di rilevamento e/o bibliografici), costituita essenzialmente da ciottoli e ghiaia immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa generalmente avana-giallastra, e a tratti rossiccia per evidenti fenomeni di ossidazione; la frazione sabbiosa tende a divenire più significativa nella parte sommitale mentre sulla scorta dei dati delle SPT consultati si ottengono valori di densità relativa nel complesso medio-alti (*cfr. Sondaggio geognostico di riferimento*).

Il comportamento geotecnico può essere considerato di tipo misto, attritivo-coesivo, con un sensibile miglioramento delle caratteristiche fisico-meccaniche con la profondità:

peso di volume naturale γ_n (t/m³):	1.90-2.00
angolo di attrito ϕ' (°):	30-32
coesione drenata c' (kg/cm²):	0.00-0.05
coesione non drenata C_u (kg/cm²):	>1.00
modulo edometrico E_{ed} (kg/cm²):	250-300

- *UBICAZIONE INDAGINI CONSULTATE*



LEGENDA

- **SR Sondaggio di riferimento** (*Progetto per la costruzione della nuova Scuola Primaria-1 Stralcio funzionale, Relazione Geologica, Dott. Emilio Quinto, Ottobre 2010*)

• **RISULTANZE INDAGINI CONSULTATE**
SR Sondaggio di riferimento

Stratigrafia

SCALA 1 : 125 Pagina 1/1

Riferimento: Progetto per la costruzione della nuova Scuola Primaria										Sondaggio:				
Località: Comune di Stornara (Fg)										Quota: 106				
Impresa esecutrice: F.lli D'Amico srl										Data: 07/09/2010				
Coordinate:										Redattore: Dott.Geol. Emilio Quinto				
Perforazione: A rotazione														
Ø mm	R N	A F. S	Pz	metri bu	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	SPT S.P.T.	N	RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
													0.5	Terreno vegetale a matrice limoso-argillosa inglobante ciottoli di piccole dimensioni e diffuse tracce di materiale organico.
				1									0.7	Crostone evaporitico
				2										Ciottoli e ghiaia (max 5 cm) immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa giallo-avana con evidenti fenomeni di ossidazione fino a quota -1.40.
				3									2.9	Sabbia limosa giallo-ocra a media granulometria e buon grado di addensamento.
				4									4.0	Ciottoli e ghiaia (max 8 cm) immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa giallo-avana, con un buon grado di levigatura ed arrotondamento.
				5										
				6										
				7										
				8										
				9									8.9	
				10									9.4	Sabbia limosa giallo-ocra a media granulometria e buon grado di addensamento.
				11									10.8	Argilla limosa giallo-verdolina a struttura eterogenea con venature siltose e buona consistenza.
				12									11.7	Sabbia limoso-argillosa e a tratti argilla con sabbia di colore verde-giallognolo mediamente addensata
				13									13.1	Argilla limosa giallo-verdolina a struttura eterogenea con venature siltose e buona consistenza
				14									14.6	Sabbia limoso-argillosa di colore verde-giallognolo mediamente addensata
				15										Argilla limosa giallo-verdolina a struttura eterogenea con venature siltose e buona consistenza; a partire da quota -16,70 sono presenti le prime lenti di argilla bluastrea.
				16										
				17									18.7	
				18									19.6	Argilla limosa grigio-azzurra a struttura omogenea e buona consistenza ed alto grado di plasticità.
				19									20.8	Sabbia limoso-argillosa e a tratti argilla con sabbia di colore verde-giallognolo mediamente addensata
				20									21.7	Argilla limosa grigio-azzurra a struttura omogenea e buona consistenza ed alto grado di plasticità.
				21										Argilla limosa giallo-verdolina con venature bluastre a struttura laminata e buona consistenza tendente con la profondità ad una sabbia con argilla di colore giallognolo.
				22									23.9	
				23									24.8	Sabbia limosa giallo-ocra a media granulometria e buon grado di addensamento.
				24										Ciottoli e ghiaia immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa giallo-avana.
				25										
				26										
				27										
				28										
				29										
101				30									30.0	

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



POSTAZIONE SONDAGGIO GEOGNOSTICO

5. SISMICITA' DELL'AREA

- SISMICITÀ REGIONALE

L'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più severe dell'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza di terremoti. Le zone sismogenetiche sono caratterizzate da un'elevata pericolosità potenziale sia per il livello di sismicità che per l'elevata attività neotettonica.

Nell'area dell'Appennino meridionale, nella quale è compreso il territorio indagato, le zone maggiormente interessate nel tempo da eventi sismici con magnitudo ≥ 3.5 sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del *Subappennino Dauno* e del *Promontorio del Gargano* (vedi fig. 10).



Figura 10 - Carta della zonazione sismogenetica del territorio italiano, sviluppata dal Gruppo di lavoro CPTI (2004).

L'allineamento degli epicentri di questi eventi sismici è chiaramente collegato con la struttura geologica della regione, in particolare gli epicentri si concentrano prevalentemente a ridosso del confine tra i complessi della *Catena Appenninica* e del *Promontorio del Gargano* con l'*Avanfossa Bradanica*, mentre il loro numero decresce nei settori interni della catena (prossimi al Mar Tirreno) e nel settore adriatico.

Con l'ausilio del catalogo sismico realizzato nel Progetto Finalizzato Geodinamica sono noti tutti i terremoti dell'ultimo millennio fino a tutto il 1992; si passa da eventi basati su notizie storiche (generalmente con intensità \geq VIII della MCS) a sismi più recenti e documentati strumentalmente (con magnitudo $M \geq 3.5$).

Dalla carta della distribuzione epicentrale dei terremoti redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica si evince come ad una scarsa sismicità del Tavoliere delle Puglie, localizzata soprattutto in corrispondenza dell'allineamento del *Fiume Ofanto* fa da contrasto un'intensa attività storica concentrata nell'area del *Promontorio del Gargano* e del *Subappennino Dauno*.

A seguito del potenziamento della rete sismica nazionale ed il miglioramento della fase di acquisizione dati si è potuto inoltre constatare come l'attività sismica della fascia costiera molisano-garganica è del tutto paragonabile a quella dell'Appennino meridionale con un valore di magnitudo media $M_b = 5$; inoltre attraverso le informazioni sui meccanismi focali dei terremoti è possibile risalire alle orientazioni dei piani di faglia e agli spostamenti che avvengono su di essi; così che la sismicità dell'area garganica viene collegata agli effetti per sbloccamento lungo faglie trascorrenti note in letteratura coi nomi di Faglia delle Tremiti e di Faglia di S.Marco in Lamis-Mattinata.

A questa porzione di territorio è legato uno degli eventi più distruttivi, precisamente del Luglio 1627, che raggiunse un'intensità massima di X MCS (con magnitudo valutata $M = 6$) su un'area di circa 900 Km².

La zona del Tavoliere oltretutto presenta, secondo meccanismi ancora non del tutto definiti, fenomeni cosiddetti di intraplacca con eventi a volte devastanti come quello del 1361 localizzato ad Ascoli Satriano e quello di Foggia nel 1731.

Ben differente è la sismicità della zona del *Monte Vulture* la cui attività principale si è verificata durante il Pleistocene medio e che solo di recente sembra essersi esaurita, con un ultimo evento datato 1851 di intensità pari al X della MCS.

- *RISPOSTA SISMICA LOCALE*

L'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" ha introdotto nuove disposizioni in materia di classificazione sismica e di normative tecniche.

Il numero di zone sismiche è stato fissato pari a 4, corrispondenti ai quattro valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Il comune di Stornara (FG) ricade nella zona sismica 2 (DGR Puglia 2 marzo 2004, n. 153) cui corrisponde una accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0,175 ag/g (*vedi fig. 11*).

Successivamente con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica, utilizzando i parametri disponibili nel reticolo di riferimento (tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14.01.08 – Parametri che definiscono l'azione sismica - Valori di ag, Fo e T*c per 10751 punti del reticolo di riferimento).

Più nel dettaglio, i parametri di pericolosità sismica, potranno essere calcolati in relazione alle coordinate geografiche del sito, alla classe d'uso e vita nominale dell'opera nonché allo stato limite relativo. Per la definizione degli spettri di risposta elastica, invece, l'accelerazione spettrale massima dipenderà dal coefficiente $S = S_s \times S_T$ che comprende gli effetti delle amplificazioni stratigrafica (S_s) e topografica (S_T).

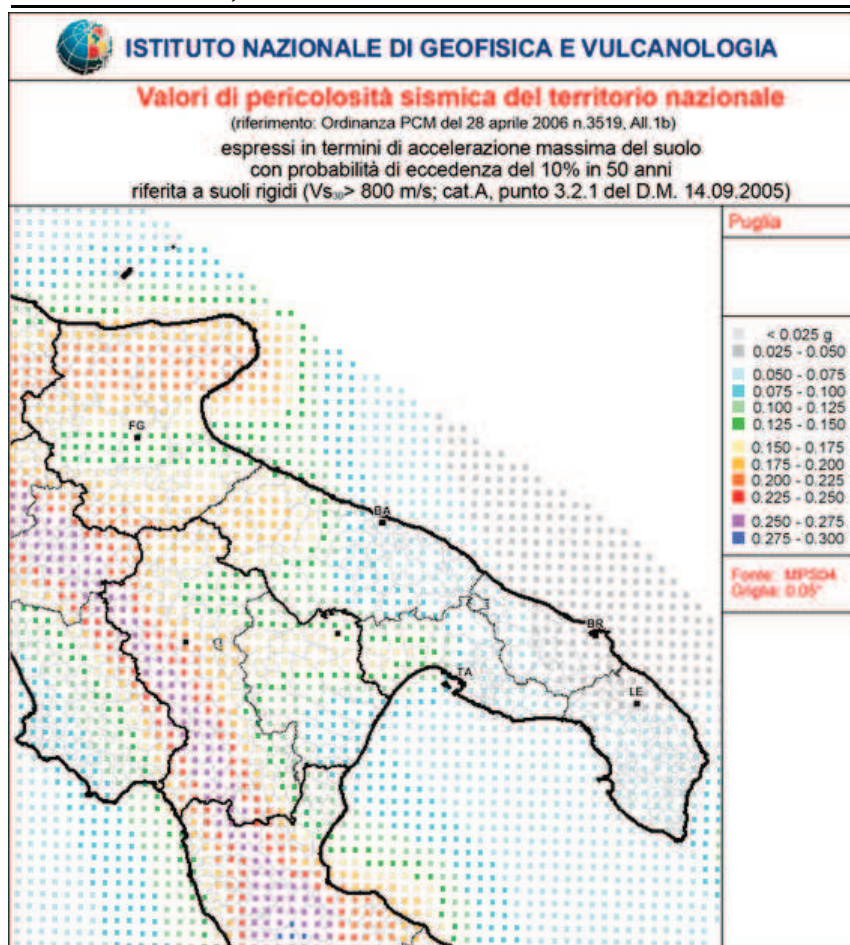


Figura 11- Mappa della pericolosità sismica del territorio pugliese (Tratto da INGV)

• AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

In assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale per tener conto delle condizioni topografiche si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.VI delle N.T.C. del 14.01.2008, in funzione delle categorie topografiche definite nella Tab. 3.2.IV e all'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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 $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

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

L'area oggetto della presente relazione presenta una morfologia sub pianeggiante, riferibile alla categoria topografica T1. Pertanto nel calcolo dell'azione sismica di progetto è possibile considerare un coefficiente di amplificazione topografica $S_T=1,0$.

• AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

L'influenza del profilo stratigrafico sulla Risposta Sismica Locale (RSL) può essere valutato in prima approssimazione con riferimento alle seguenti categorie di sottosuolo:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo	
Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Nelle descrizioni di cui sopra $V_{s,30}$ rappresenta la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio. Il sito può essere classificato sulla base di tale valore o, in alternativa, in base al valore di $N_{SPT,30}$ (per terreni prevalentemente granulari) ovvero di $c_{u,30}$ (per terreni prevalentemente coesivi).

Il sito in esame, a meno di ridotti spessori di termini di copertura, risulta impostato su una porzione prevalentemente sabbioso-limosa della Formazione del ciottolame incoerente che, sulla base delle risultanze delle indagini sismiche appositamente eseguite, può essere assimilato alla categoria di sottosuolo di tipo B. Pertanto per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s si potrà utilizzare la formula di seguito evidenziata e i valori dei parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) relativi allo stato limite considerato.

Categorie di sottosuolo	S_s
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Tutto ciò premesso, a titolo indicativo e salvo successive verifiche nella redazione della relazione geotecnica, di seguito verrà effettuato il calcolo dei parametri sismici relativi al sito/progetto in esame (nel calcolo è stata considerata una vita nominale della struttura pari a 50 anni)).

• **PARAMETRI SISMICI**

[Determinati con **GeoStru PS** <http://www.geostru.com/geoapp>]

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni



Sito in esame

latitudine: 41,291392[°]

longitudine: 15,768906[°]

Le coordinate geografiche sono espresse in ED50

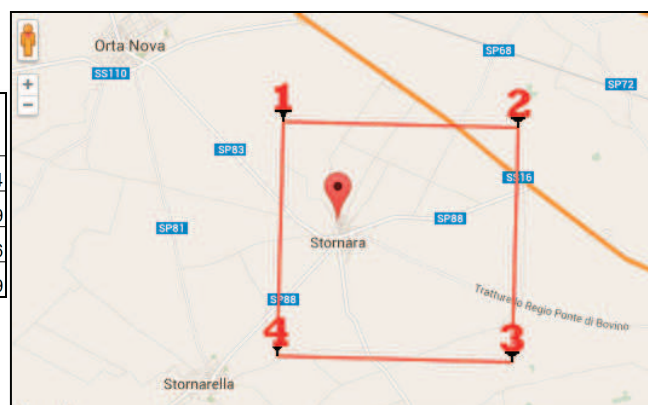
Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso. Scuole. Teatri, Musei, Tribune, sale con affollamenti significativi, etc.

Vita nominale: 50 [anni]

Vita di riferimento: 75 [anni]

Siti di riferimento

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	31003	41,312550	15,753530	2680,4
Sito 2	31004	41,311210	15,820060	4807,9
Sito 3	31226	41,261220	15,818260	5316,6
Sito 4	31225	41,262570	15,751780	3509,9



(1)* Coordinate WGS84 (°)
 Latitudine: 41.291076 Longitudine: 15.767822

(1)* Coordinate ED50 (°)
 Latitudine: 41.292054 Longitudine: 15.768666

Classe dell'edificio
 III. Affollamento significativo...

Cu = 1.5

Vita nominale (Opere provvisorie <= 10, Opere ordinarie >= 50, Grandi opere >= 100)
 Interpolazione: Media ponderata

Calcola

Stato Limite	Tr [anni]	α_0 [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,053	2,550	0,304
Danno (SLD)	75	0,069	2,519	0,336
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,193	2,492	0,422
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,265	2,432	0,431
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

☐ Muri di sostegno ☒ Stabilità dei pendii e fondazioni ☐ Paratie

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1
 us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1

Ss *	1,20	1,20	1,20	1,14
Amplificazione stratigrafica				
Cc *	1,40	1,37	1,31	1,30
Coeff. funz. categoria				
St *	1,00	1,00	1,00	1,00
Amplificazione topografica				

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,013	0,017	0,055	0,085
kv	0,006	0,008	0,028	0,042
Amass [m/s²]	0,623	0,814	2,267	2,968
Beta	0,200	0,200	0,240	0,280

* I valori di Ss, Cc ed St possono essere variati.

Calcola

6. VERIFICA DELLA SICUREZZA

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo (SLU), sia a breve che a lungo termine.

Le verifiche devono essere effettuate seguendo almeno uno dei due approcci:

Approccio 1  $A_1 + M_1 + R_1$

$A_2 + M_2 + R_2$

Approccio 2  $A_1 + M_1 + R_3$

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1- Combinazione 2 ($A_2 + M_2 + R_2$), tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle **Tabella 1 e 2** per le azioni e i parametri geotecnici e nella **Tabella 3** per le resistenze globali, mentre le rimanenti verifiche devono essere effettuate seguendo uno dei due approcci precedentemente richiamati.

Tabella 1-Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE γ_F	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_G	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_Q	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Tabella 2-Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO GEOTECNICO	VALORI CARATTERISTICI DEL TERRENO DI FONDAZIONE	PARAMETRO AL QUALE APPLICARE IL COEF. PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_m	
			M1	M2
Peso dell'unità di volume	1.90 t/m ³	γ	1	1
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	30°	$\tan \varphi'$	1	1.25
Coesione	0.20 t/m ²	c'	1	1.25

Tabella 3-Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE R1	COEFFICIENTE PARZIALE R2	COEFFICIENTE PARZIALE R3
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione:

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

e R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right].$$

Quindi dovrà essere:

$$\text{App1: } A_1 + M_1 + R_1$$

$$A_2 + M_2 + R_2$$

$$\text{App2: } A_1 + M_1 + R_3$$

$$R_d = Q_{lim} / (G \cdot 1.3 + Q \cdot 1.5) > 1$$

$$R_d = Q_{lim} / 1.8 / (G \cdot 1.0 + Q \cdot 1.3) > 1$$

$$R_d = Q_{lim} / 2.3 / (G \cdot 1.3 + Q \cdot 1.5) > 1$$

posto:

$$Q_{lim} = c' \cdot N_c + \gamma_n \cdot D \cdot N_q + 0.5 \gamma_n \cdot B \cdot N_y$$

dove:

γ_n = peso di volume

D = profondità di incastro della fondazione

B = larghezza della fondazione

N_q ; N_c ; N_y fattori di capacità portante in funzione di ϕ'

Pertanto il progettista, calcolatore della struttura, nella progettazione esecutiva, facendo riferimento ai valori dei parametri fisici e meccanici espressi nella presente relazione, dovranno eseguire tutte le verifiche geotecniche richieste dalla normativa vigente, adeguando le fondazioni ai valori dei parametri caratteristici del terreno calcolati.

7. CONCLUSIONI

Nell'ambito del progetto esecutivo per la "Realizzazione di una residenza socio-sanitaria assistenziale e di un centro diurno integrato per il supporto cognitivo e comportamentale ai soggetti affetti da demenza (artt. 60 ter e 66 del R. Reg. n 4/2007)" da realizzarsi nel centro abitato del comune di Stornara (FG), il sottoscritto ha redatto la presente relazione geologica con lo scopo di delineare le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litotecniche del sito e di acquisire le conoscenze utili per il corretto inserimento dell'opera alla luce del contesto morfodinamico della porzione di territorio da essa interessata.

Tale progetto, in cui si prevede la realizzazione di una palazzina composta da tre piani fuori terra con annessi volumi tecnici da adibire a residenza socio-sanitaria, andrà ad impegnare una fascia di terreno posta in area in cui le condizioni di generale stabilità sono garantite da un assetto morfologico complessivamente sub pianeggiante e da un substrato geologico dalle caratteristiche fisico-meccaniche contraddistinte da notevole omogeneità sia orizzontale che verticale e nel complesso piuttosto affidabili, come per altro confermato dal Progetto IFFI (Inventario fenomeni franosi italiani) della Regione Puglia e dagli elaborati del PAI dell'AdBPuglia.

Il modello geologico è stato orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici. Il modello geologico è stato orientato alla ricostruzione dei caratteri stratigrafici dell'area inquadrando le problematiche geologiche a diversi livelli; a tal proposito nell'area in progetto è stata riconosciuta la presenza, al di sotto di spessori relativamente contenuti di terreno agrario, di termini riferibili alla potente successione di margine appenninico Plio-Pleistocenica, appartenenti al Complesso delle Unità del Tavoliere, localmente caratterizzati da ciottoli e ghiaia, incoerenti e/o debolmente cementati, con elementi di dimensioni eterometriche e di forma generalmente arrotondata, immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa di colore avana-giallastro.

A tale settore, in base alle risultanze della prospezione sismica appositamente eseguita, è stata assegnata la categoria **suolo di fondazione B- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina). Per lo stesso, si deve considerare anche un fattore di **amplificazione topografica $ST=1.0$** -categoria topografica T1, superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Sulla base della natura litologica dei terreni impegnati e delle attuali condizioni morfologiche dell'area, per il dimensionamento delle strutture e per l'individuazione del piano fondale più idoneo, il progettista strutturista dovrà fare riferimento al modello geotecnico precedentemente descritto, che segnala la presenza, al di sopra del substrato geologico dell'unità litotecnica 1, la quale presenta localmente spessore variabile da 1.30 metri in prossimità della strada comunale di Via La Menola ad un massimo accertato di 2.80 metri sul lato prospiciente l'area dell'ex Campo Sportivo, e che, dai dati della prospezione sismica eseguita, risulta caratterizzata da proprietà fisico-meccaniche mediocri, tali da sconsigliarne assolutamente l'utilizzo come substrato fondale; a tal proposito, in relazione alle caratteristiche geotecniche dei terreni che costituiscono il substrato fondale (unità litotecnica 2) si consigliano strutture fondali continue (nastriformi o a platea) opportunamente collegate tra loro al fine di ottenere una più ampia ripartizione dei carichi sul terreno di fondazione e, al contempo, la realizzazione di un corpo unico meglio rispondente ad eventuali sollecitazioni sismiche; è consigliabile per le stesse provvedere ad un'adeguata regimazione delle acque di deflusso superficiale e/o emisuperficiali ed eseguire un vespaio costituito da materiale drenante arido avente

spessore confrontabile con quello delle fondazioni o di eventuali parti di strutture controterra, rivestito con teli di TNT (tessuto non tessuto) per evitare l'intasamento del dreno e garantire una prolungata efficienza.

Per l'esecuzione di eventuali sbancamenti o scavi non protetti di altezza superiore a 1.50 metri, l'angolo di scarpa non dovrà essere superiore a quello di natural declivio del materiale interessato (tranne nei casi di ulteriore e specifica verifica di stabilità). In alternativa gli scavi dovranno essere eseguiti per setti ed opportunamente corredati da opere di contenimento.

In conclusione, quindi, si esprime parere favorevole sulla fattibilità geologica del progetto, fatte salve le opportune verifiche, nella fase di progettazione e il calcolo delle strutture, sulla compatibilità tensionale delle strutture da realizzare, in relazione alla parametrizzazione geotecnica delle litologie rilevate (*cfr. Modello geotecnico*) e del grado di sismicità del sito (*cfr. Sismicità dell'area*).

Stornarella, Gennaio 2017

IL GEOLOGO:
DOTT. EMILIO QUINTO

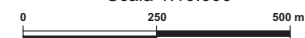


ALLEGATI:

1. CARTA DELLE PERIMETRAZIONI PAI
2. INDAGINI GEOGNOSTICHE
 - POZZETTI GEOGNOSTICI
 - PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
 - PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE



Scala 1:10.000



Legenda



Agro di Stornara_Foglio 11



Lotto di progetto



PG1: aree a pericolosità geomorfologica media e moderata



Fascia di pertinenza fluviale (art.10 delle NTA del PAI dell'AdBPuglia)



Marana La Pidocchiosa

ALLEGATO 1:
Carta delle Perimetrazioni PAI, mod.

INDICE

INTRODUZIONE	pag.	2
LAVORI ESEGUITI	“	2
STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE INDAGINI		3
POZZETTI GEOGNOSTICI	“	3
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	“	4
PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE	“	12

INTRODUZIONE

Il presente elaborato costituisce parte integrante della relazione geologica redatta per la *“Realizzazione di una residenza socio-sanitaria assistenziale e di un centro diurno integrato per il supporto cognitivo e comportamentale ai soggetti affetti da demenza (artt. 60 ter e 66 del R. Reg. n 4/2007)”* da realizzarsi nel territorio comunale di Stornara (FG), commissionata dall'Amministrazione comunale di Stornara (FG).

LAVORI ESEGUITI

La campagna geognostica effettuata è stata finalizzata all'accertamento della natura e delle caratteristiche dei terreni costituenti il sito in esame.

In particolare sono state realizzate:

Indagini dirette

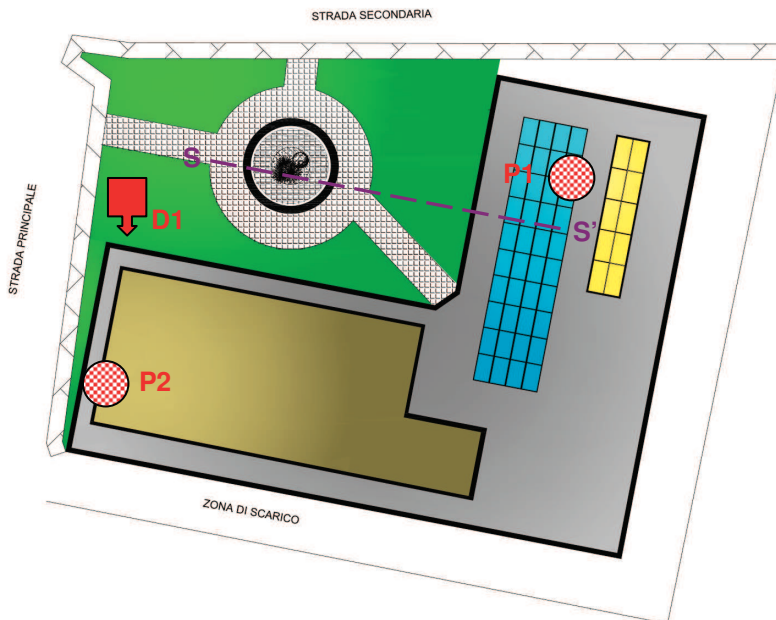
- esecuzione di n. 1 prova penetrometrica dinamica continua del tipo DPSH;
- esecuzione di n. 2 pozzetti geognostici;

Indagini indirette

- esecuzione di n. 1 stendimento per prospezione sismica a rifrazione con tecnica MASW.

Di seguito si riportano le risultanze delle indagini e le modalità operative in fase esecutiva e altresì fornisce i dati tecnici sui mezzi d'opera impiegati.

STRALCIO PLANIMETRICO CON UBICAZIONE INDAGINI SCALA 1:500



Legenda



Prova penetrometrica dinamica continua



Pozzetto geognostico



Stendimento sismico

POZZETTI GEOGNOSTICI



Sezione in P2



Postazione in P1

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

COMMITTENTE: COMUNE DI STORNARA (FG)
CANTIERE: STORNARA (FG)
LOCALITÀ: VIA LA MENOLA

RAPPORTO TECNICO SULLA CAMPAGNA DI PROVE PENETROMETRICHE

Nelle pagine che seguono sono schematizzati i risultati di n. 1 prova penetrometrica dinamica continue (denominate D1) effettuata, per conto del Comune di Stornara (FG), nell'ambito del progetto per la "Realizzazione di una residenza socio-sanitaria assistenziale e di un centro diurno integrato per il supporto cognitivo e comportamentale ai soggetti affetti da demenza (artt. 60 ter e 66 del R. Reg. n 4/2007)". L'attrezzatura impiegata per l'esecuzione delle indagini è stata un penetrometro dinamico auto-semovente ed auto-ancorante prodotto dalla Ditta Pagani e contraddistinto dalla sigla 63/100.

L'impianto consente la realizzazione di prove dinamiche continue secondo lo standard ISSMFE, cioè con la seguente configurazione:

CARATTERISTICHE TECNICHE-STRUMENTALI SONDA: DPSH (DINAMIC PROBING SUPER HEAVY)

RIF. NORME	DIN 4094
PESO MASSA BATTENTE	63,5 KG
ALTEZZA DI CADUTA LIBERA	0,75 M
PESO SISTEMA DI BATTUTA	8 KG
DIAMETRO PUNTA CONICA	50,46 MM
AREA DI BASE PUNTA	20 CM ²
LUNGHEZZA DELLE ASTE	1 M
PESO ASTE A METRO	6,3 KG/M
PROFONDITÀ GIUNZIONE PRIMA ASTA	0,80 M
AVANZAMENTO PUNTA	0,20 M
NUMERO COLPI PER PUNTA	N(20)
COEFF. CORRELAZIONE	1,491
RIVESTIMENTO/FANGHI	No
ANGOLO DI APERTURA PUNTA	90 °

Di seguito vengono esposti i risultati delle prove schematizzati secondo il seguente ordine:

-Stralcio planimetrico, in scala 1:500 (da Arch.De Cotiis, mod.), con ubicazione delle indagini geognostiche;

-Tabulato della prova, contenente i valori, misurati direttamente in campagna, del numero di colpi necessario all'avanzamento standard di 20 cm e la resistenza dinamica e la pressione ammissibile ad essi relativi (ricavati tramite la cosiddetta "formula degli Olandesi");

-Diagramma numero di colpi - Resistenza dinamica – Interpretazione stratigrafica, con quest'ultima derivante dall'analisi del residuo terrigeno lungo le aste e da conoscenze geologiche della zona ovvero da correlazioni empiriche con stratigrafie simili;

-Stima dei parametri geotecnici, ricavati per ogni singolo strato individuato in ciascuna prova, sulla base del diverso tipo di comportamento meccanico (granulare o coesivo) dei terreni e della correlazione bibliografica più idonea alla natura degli stessi;

N.B. In relazione alle tabelle di seguito riportate si vuol ricordare quanto segue:

- gli schemi "Tabulato della prova" e "Diagramma numero di colpi - Rpd" si riferiscono a valori misurati direttamente o, da essi, matematicamente calcolati;

Gennaio 2017

- in merito allo schema "Diagramma numero di colpi - Resistenza dinamica – Interpretazione stratigrafica" si consiglia di porre attenzione alle scale, soprattutto nel confronto tra grafici differenti, infatti esse sono variabili in funzione dell'intervallo di valori misurati in campagna;
- lo schema "Interpretazione stratigrafica" si basa su una discretizzazione, soggetta ad interpretazione, di tutte le letture effettuate ed il metodo di classificazione degli strati così suddivisi, nel caso di prove penetrometriche dinamiche continue, deriva da correlazioni empiriche con stratigrafie simili;
- nello schema "Stima dei parametri geotecnici" sono riportate le correlazioni utilizzate per il calcolo di ciascun parametro (vedasi anche appendice);
- la presenza di falda, se indicata nei tabulati, deriva da misurazioni effettuate a fine foro e mai da valutazioni sull'umidità delle aste che, eventualmente, vengono riportate in nota nella sezione dedicata alla interpretazione stratigrafica.

OPERATORE - RESPONSABILE
DOTT. GEOL. EMILIO QUINTO



PROVA ...D1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data 20/01/2017
Profondità prova 2,20 mt
Falda non rilevata

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	5	0,855	41,53	48,59	2,08	2,43
0,40	4	0,851	33,07	38,87	1,65	1,94
0,60	2	0,847	16,46	19,44	0,82	0,97
0,80	2	0,843	16,39	19,44	0,82	0,97
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	3	0,836	22,55	26,97	1,13	1,35
1,40	11	0,833	82,36	98,89	4,12	4,94
1,60	13	0,780	91,10	116,87	4,56	5,84
1,80	18	0,776	125,62	161,82	6,28	8,09
2,00	22	0,723	133,06	183,99	6,65	9,20
2,20	67	0,620	347,48	560,34	17,37	28,02

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA D1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	Terzaghi & Peck(1948)	0,25-0,50
Strato 2	21,06	1,80	Terzaghi & Peck(1948)	>1,0

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	Robertson (1983)	7,16
Strato 2	21,06	1,80	Robertson (1983)	31,59

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	Stroud e Butler (1975)	21,89
Strato 2	21,06	1,80	Stroud e Butler (1975)	96,62

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	Apollonia	47,70
Strato 2	21,06	1,80	Apollonia	210,60

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato 1	4,77	1,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato 2	21,06	1,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 1	4,77	1,20	Meyerhof ed altri	1,75
Strato 2	21,06	1,80	Meyerhof ed altri	2,10

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 1	4,77	1,20	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	1,88
Strato 2	21,06	1,80	Bowles 1982, Terzaghi- Peck 1948/1967	2,12

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Gibbs & Holtz 1957	51,12
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Gibbs & Holtz 1957	97,7
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Gibbs & Holtz 1957	100

Angolo di resistenza al taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Meyerhof (1956)	17,36
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Mitchell & Katti (1981)	30-32
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Mitchell & Katti (1981)	>38

Modulo di Young

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Bowles (1982)	32,31
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Bowles (1982)	324,72
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Bowles (1982)	875,16

Modulo Edometrico

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Begemann (1974)	37,26
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Begemann (1974)	284,65
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Begemann (1974)	702,06

Classificazione AGI

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Classificazione A.G.I. (1977)	POCO ADDENSATO
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Classificazione A.G.I. (1977)	MODERATAMENT E ADDENSATO
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Classificazione A.G.I. (1977)	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Meyerhof ed altri	1,73
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Meyerhof ed altri	2,01
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Meyerhof ed altri	2,36

Peso unità di volume saturo

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	----
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Terzaghi-Peck 1948-1967	----

Modulo di Poisson

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
Strato 1	4,77	1,20	4,77	A.G.I.	0,34
Strato 2	21,06	1,80	21,06	A.G.I.	0,31
Strato 3	66,93	2,20	66,93	A.G.I.	0,22

Modulo di deformazione a taglio

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Robertson e Campanella (1983)	324,7
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Robertson e Campanella (1983)	804,53
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Robertson e Campanella (1983)	1630,66

Velocità onde

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Velocità onde di taglio	120,12
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Velocità onde di taglio	252,4
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Velocità onde di taglio	449,96

Liquefazione

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Potenziale Liquefazione
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	< 0.04
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	0.04-0.10
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Seed (1979) (Sabbie e ghiaie)	> 0.35

Modulo di reazione Ko

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Navfac (1971-1982)	0,93
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Navfac (1971-1982)	4,23
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Navfac (1971-1982)	11,74

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato 1	4,77	1,20	4,77	Robertson (1983)	14,31
Strato 2	21,06	1,80	21,06	Robertson (1983)	42,12
Strato 3	66,93	2,20	66,93	Robertson (1983)	267,72

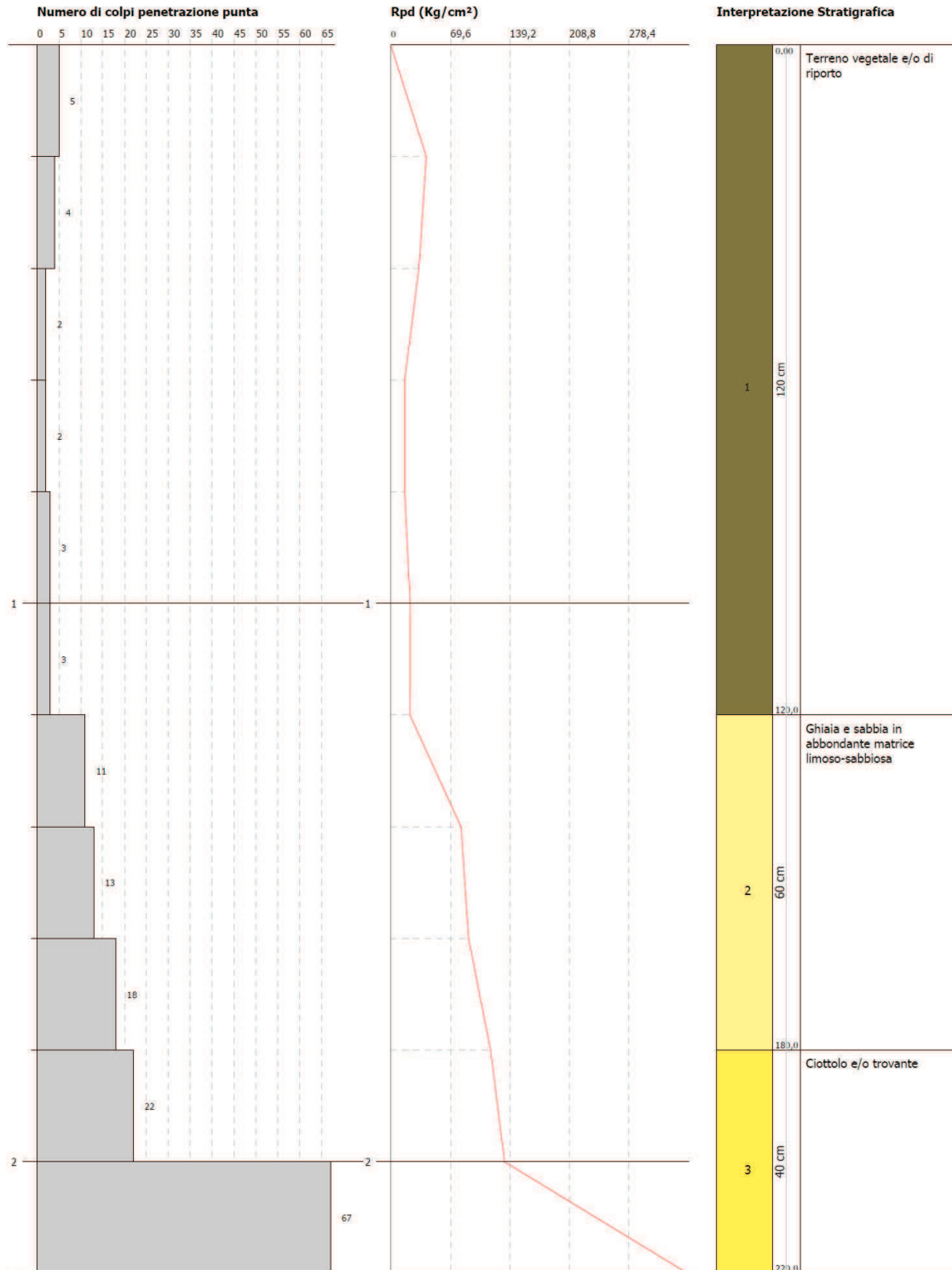
Geostru Software
www.geostru.com
geostru@geostru.com

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA D1
Strumento utilizzato... DPH (Dynamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente : Amministrazione comunale di Stornara
Cantiere : RSSA-Stornara (FG)
Località : Via La Menola

Data :20/01/2017

Scala 1:10



APPENDICE -Correlazioni geotecniche

• terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING* (1982), applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda)

Angolo di Attrito

Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)

Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.

De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°

Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).

Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.

Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.

Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.

Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.

Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Meyerhof (1957).

Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.

Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici.

Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici.

D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia

Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia

Buisman-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.

Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).

Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2,65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 ($N_{spt} = 0$) a 1,99 ($N_{spt} = 95$)

Modulo di poisson

Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.

Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_0)

Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

Robertson 1983 Q_c

- Terreni coesivi**

Coesione non drenata

Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.

Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.

Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.

Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.

Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.

(U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (C_u-N_{spt} -grado di plasticità).

Schmertmann 1975 C_u (Kg/cm²) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.

Schmertmann 1975 C_u (Kg/cm²) (valori minimi), valida per argille NC .

Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata C_u (Kg/cm²), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .

Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.

Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.

Begemann.

De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.

Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP > 20$) - da esperienze su argille glaciali .

Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).

Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cm²)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).

Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_Y)

Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15

D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

PREMESSA

Si sono eseguiti Rilievi Sismici con tecnica MASW, per valutare la risposta sismica locale dei terreni ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2008 - DM 14 gennaio 2008).

Allo scopo l'indagine realizzata in loco è consistita in:

- esecuzione di n. 1 prospezione sismica con tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), per ottenere il profilo verticale delle onde S (V_s) nella posizione baricentrica rispetto all'allineamento citato, con n. 24 geofoni a passo 2m e shots esterni distanziati 2-5-10m.

L'ubicazione del rilievo condotto, e le ubicazioni corrispondenti, sono state indicate dalla DD.LL., in maniera tale da investigare al meglio l'area di interesse compatibilmente con gli spazi fisici a disposizione nell'area.

RIFERIMENTI NORMATIVI

Il NTC 2008, definisce la pericolosità sismica, intesa come "accelerazione massima attesa a_g su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (cat. A - $V_{s30} > 800$ m/s)", in funzione del sito e non più in relazione alla zona sismica del comune cui appartiene l'area oggetto dell'intervento.

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto (allegato A del D.M. 14 gennaio 2008), viene ora effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008.

Tale reticolo è costituito da 10.751 nodi (distanziati di non più di 10 km) e copre l'intero territorio nazionale ad esclusione delle isole (tranne Sicilia, Ischia, Procida e Capri) dove vengono forniti parametri spettrali costanti per tutto il territorio (tabella 2 nell'allegato B del D.M. 14 gennaio 2008). Per ciascuno dei nodi (e per 9 differenti valori del periodo di ritorno - da 30 anni a 2.475 anni) sono forniti i valori dei parametri a_g (espresso in $g/10$), F_0 (adimensionale) e T^*c (espresso in secondi) necessari per la definizione dell'azione sismica.

Una volta individuate le coordinate del sito oggetto d'intervento, il calcolo di ciascuno dei relativi parametri spettrali su indicati può essere effettuato attraverso la media pesata dei corrispondenti valori nei 4 punti della griglia di accelerazioni (Tabella 1 in Allegato B) che circondano il sito in esame secondo la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove :

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Se il tempo di ritorno considerato non coincide con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in tabella, per ricavare il valore del parametro di interesse sarà necessario effettuare un'ulteriore interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

dove

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato
- T_{R1} e T_{R2} sono i valori del tempo di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p_1 e p_2

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

E' possibile determinare l'azione sismica di progetto per un dato sito mediante specifiche analisi indicate nel cap. 7.11.3 del NTC 2008, oppure per la definizione della azione sismica è consentito un approccio semplificato, basato sulle seguenti categorie di sottosuolo di riferimento (A,B,C,D,E) e n.2 categorie aggiuntive (S1-S2):

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

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

Per 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.

La **misura diretta** della **velocità di propagazione delle onde di taglio** è **fortemente raccomandata**.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie **S1** ed **S2** di seguito indicate (Tab. 3.2.III), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 3.2.III – Categorie aggiuntive di sottosuolo

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

Di seguito si riportano i dati derivati dalla campagna specifica, dopo aver esplicitato metodologia, strumentazione e softwares adottati per lo studio geofisico.

METODOLOGIA ADOTTATA (RILEVAZIONE ONDA S CON TECNICA MASW)

La risposta sismica locale dell'area di interesse, ai sensi della normativa sismica vigente (NTC 2008 - DM 14 gennaio 2008), è stata valutata con Tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*); tale tecnica ha consentito di fornire un profilo verticale medio delle V_s al di sotto del rilievo effettuato.

CENNI TEORICI

La tecnica MASW (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), consente di fornire un profilo verticale medio delle V_s relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento operato.

Tale profilo verticale delle V_s viene ricavato per inversione o per modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde di superficie (Rayleigh).

Le onde di Rayleigh costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo ed omogeneo, e sono il risultato dell'interferenza tra onde P ed onde Sv (onde di taglio verticali).

In un mezzo stratificato, tali onde sono di tipo guidato e dispersivo.

La dispersione è una deformazione di un treno d'onde dovuta ad una variazione di propagazione di velocità con la frequenza.

Le componenti con frequenza minore, penetrano più in profondità rispetto a quelle a frequenza maggiore, per un dato modo, e presentano normalmente più elevate velocità di fase.

Il profilo di velocità onde di Rayleigh ($V_{\text{fase}}/\text{frequenza}$), può essere convertito nel profilo $V_s/\text{profondità}$.

Il metodo SASW (Nazarian e Stokoe, 1984) utilizza una sorgente attiva e due sismometri da 1Hz polarizzati verticalmente spazati da 1m sino a 500m; le V_s sono ricavate dallo studio delle velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Tali velocità di fase sono ricavate per confronto diretto degli spettri d'ampiezza e fase di ciascuna coppia di sismometri, ottenuti istantaneamente in sito tramite un oscilloscopio che esegue una trasformata veloce di Fourier; l'interpretazione è svolta nel dominio delle frequenze, e si suppone che gli arrivi più energetici appartengano al treno d'onde di Rayleigh.

In ambienti rumorosi, la metodologia SASW non porta sempre a risultati soddisfacenti per il fatto che, nel dominio delle frequenze non è possibile separare le onde di Rayleigh da quelle di altra natura.

Il metodo MASW (Park et al., 1999) è stato sviluppato in parte per superare le difficoltà del metodo SASW in ambienti rumorosi.

Viene effettuata infatti una registrazione simultanea di 12 o più canali, che fornisce una ridondanza statistica delle misure di velocità di fase e ne avvalorata la veridicità.

In questo caso la interpretazione e salvataggio dati nel dominio temporale, consente di separare le onde di Rayleigh presenti nelle acquisizioni (caratterizzate normalmente da elevata ampiezza di segnale); si stima che circa il 60% dell'energia prodotta dalla sorgente artificiale si tramuta in onde di superficie.

L'analisi spettrale detta "*overtone analysis*", produce un grafico Velocità di fase-frequenza in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie sul quale effettuare il *picking* della curva di dispersione, ed ottenere per successiva inversione il profilo 1-D delle Vs. La tecnica prevede inoltre di eseguire misure ripetute spostandosi nella direzione di allineamento dello stendimento.

ACQUISIZIONE E PROCESSING DATI

L'analisi mediante tecnica MASW, è stata effettuata registrando onde di superficie (sorgente attiva-massa battente) registrando i dati sismici (*common-shot gathers*) mediante array lineare di 24 geofoni (bassa frequenza: 4.5 Hz) su n.3 tracce da 1 sec/cad, con geofono distanziati con passo 2.0m e offset variabile 2-5-10m.

Si sono registrate su n. 24 canali, onde con range di frequenza 2-30Hz, che in condizioni ottimali offrono dettagliate informazioni sulla ricostruzione del profilo Vs in profondità.

Dopo aver caricato il *dataset* di campo, si è determinato tramite software dedicato lo spettro di velocità (diagramma Velocità/Frequenza).

Nello spettro di velocità *v-f* sono visualizzati gli andamenti con evidente coerenza di fase e potenza significativa che consentono di riconoscere in modo "visivo" le onde di Rayleigh che hanno carattere dispersivo (Modo Fondamentale), rispetto a quelle (onde Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente) che hanno altri Modi e tipi di onde (Modo superiore – *Aliasing spaziale*).

Si è eseguito il *picking* (Modo Fondamentale) della curva di dispersione; tali valori sono stati poi plottati su un diagramma *velocità-frequenza*, per l'analisi della curva di dispersione ed ottimizzazione del modello diretto monodimensionale di Vs.

Negli elaborati prodotti sono stati riportati oltre al sismogramma prescelto per l'inversione, i seguenti spettri:

Spettro FX: proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema distanza -frequenza. Analizzando lo spettro è possibile comprendere a quali frequenze è situato l'impulso di energia e se al segnale è sovrapposto del *noise*.

Spettro FK : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma medio, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema numero d'onda-frequenza. Da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

Spettro FV : proviene da una FFT 2D applicata all'intero sismogramma, considerando il valore assoluto delle frequenze positive.

La figura viene mostrata in un sistema frequenza-velocità. Anche da tale spettro è possibile estrarre la curva di dispersione sperimentale.

STRUMENTAZIONE ADOTTATA E TRATTAMENTO DATI

- Tecnica MASW:

-Sismografo Mod. **Geode Geometrics** : acquisizione con risoluzione di 24 bit, con 24 canali con segnale digitale memorizzato direttamente sullo strumento; trasferimento dati su PC;
Geode Ultra-Light Exploration Seismograph



Fig.1) Sismografo GEODE (Geometrics USA)

Caratteristiche Tecniche

Ultra Light-weight: 3.6 kg

Expandable:* Available with 3 to 24 channels per module; connect more modules to build low cost distributed systems up to 1000 channels.

Unmatched Specifications: 24 bit, ultra-high resolution 20 kHz bandwidth (8 to 0.02 ms sampling), low distortion (0.0005%), low noise (0.2uV), stacking accuracy (1/32 of sample interval).

-Apparato di ricezione (per Sismica di Superficie in onda S): 24 geofoni marca OYO-GEOSPACE 4.5 Hz con time break sincrono con la sorgente di energia (starter);

-Sorgente di Energia (per Sismica di Superficie in onda P tipo "Hammer Blow" da 8 Kg che impatta su una piastra in lega d'acciaio (onda P);

-Trattamento dati (per Sismica di Superficie): display sismogrammi, *processing* dei dati SEG-Y, calcolo dello spettro di velocità per ogni traccia acquisita, effettuazione del *picking* della curva di dispersione, plottaggio su un diagramma periodo-velocità di fase, ottimizzazione del modello diretto di velocità delle onde di taglio: softwares:

winMASW 4.0 (Eliosoft); SWAN 1.4 (GeoStudi Astier Srl).

RISULTATI DELLA PARAMETRIZZAZIONE IN ONDA S

Nell'analisi delle velocità delle onde di taglio rilevate con tecnica Masw sul sito interessato dalla realizzazione del Completamento della Piscina Comunale di Stornara (FG), si è considerato un numero di strati (n. 4) adeguato ad effettuare il miglior *fitting* della curva di dispersione.

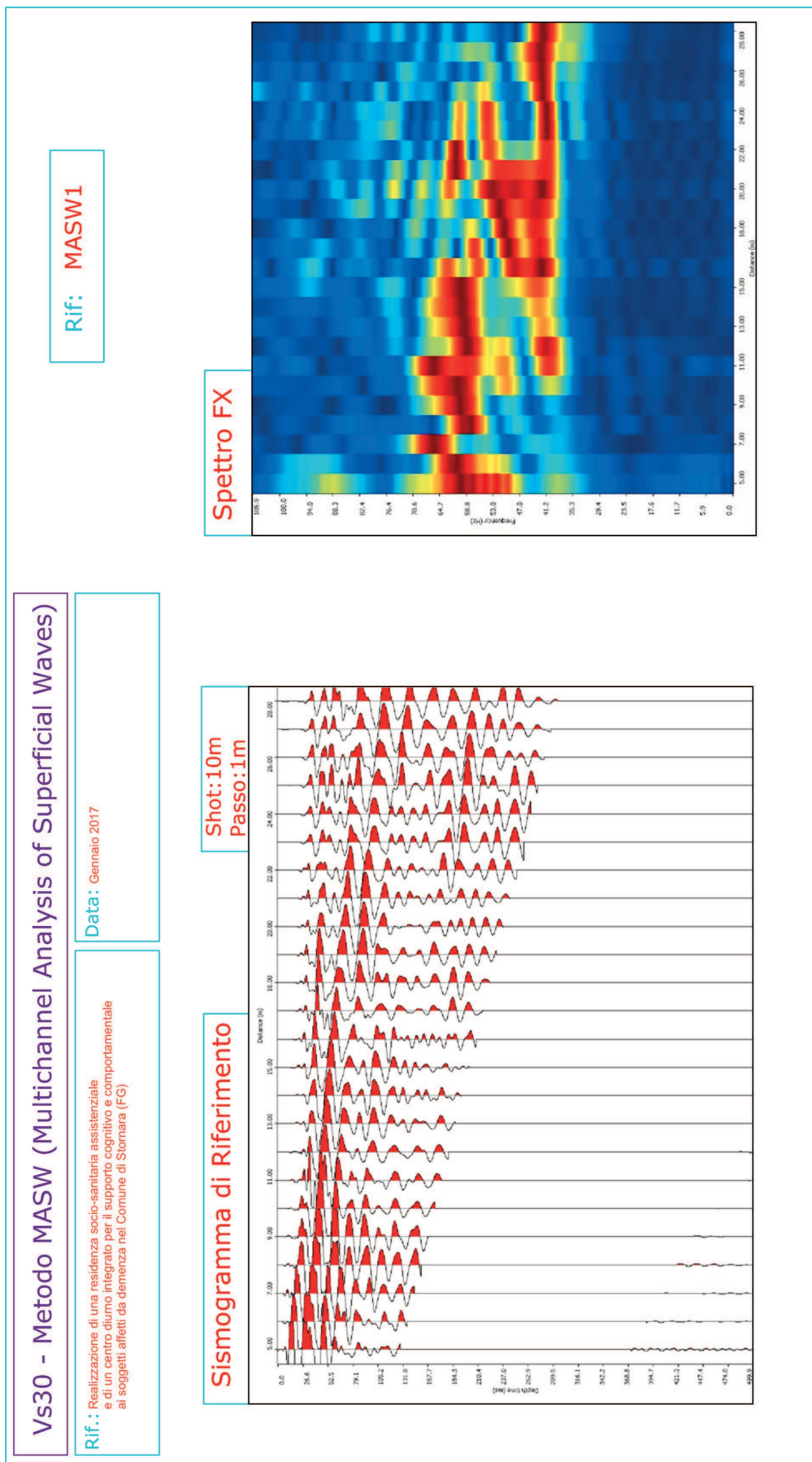
Le velocità delle onde di taglio lette lungo la verticale considerata, sono risultate crescenti con la profondità con incremento evidente dopo i 4.4m circa e 9.7m circa (v. tabella che segue); il parametro Vs30 calcolato è pari a **Vs30=395m/sec**.

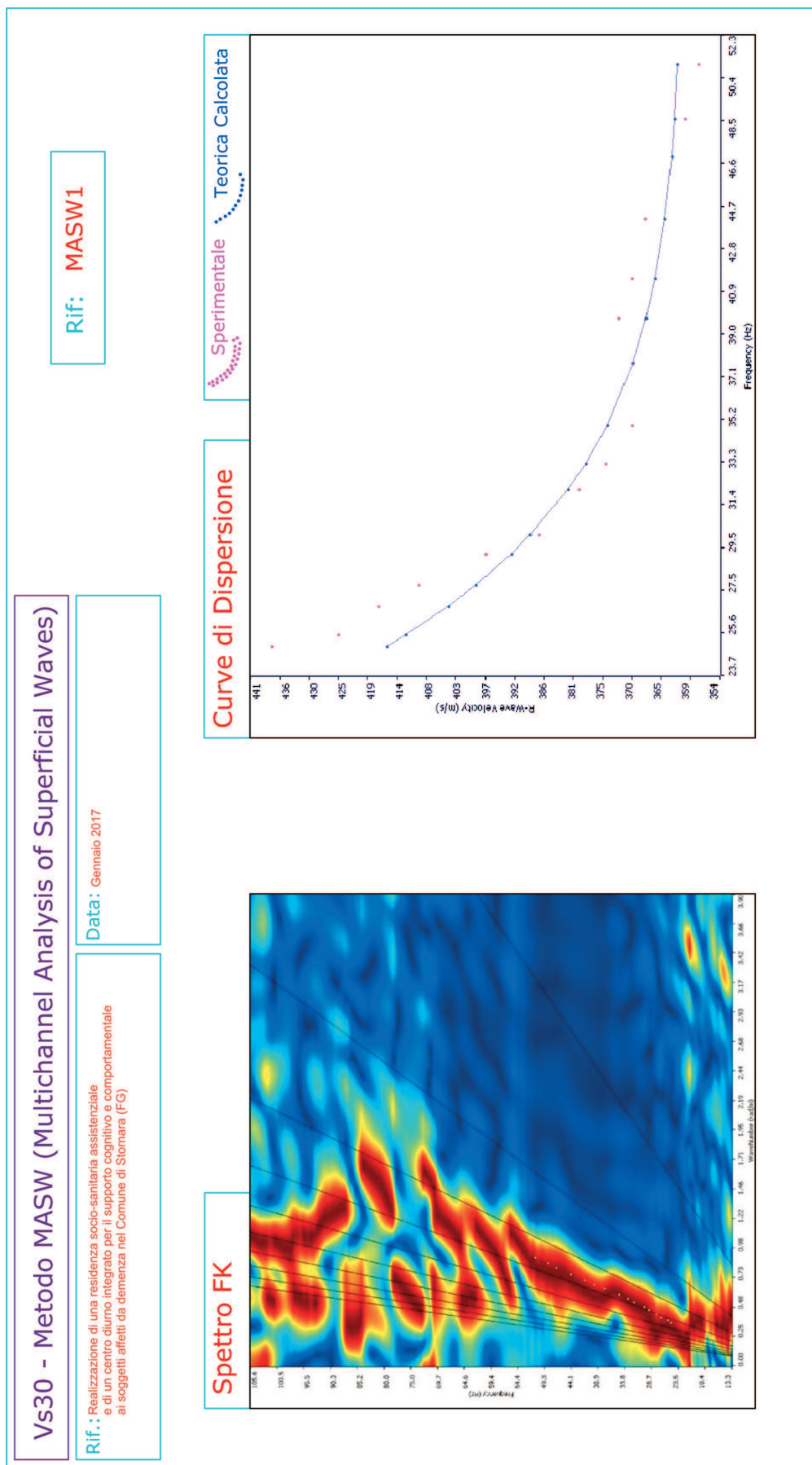
Profilo Verticale Vs				Masw
SPESORE (m)	PROFONDITÀ (da m a m)		Vs (m/sec)	TIPO DI ANALISI: ONDE DI RAYLEIGH
1.69	0.00	1.69	147	Vs30 (m/sec) = 395
2.67	1.69	4.36	208	Tipo Suolo: B
5.37	4.36	9.73	327	
20.27	9.73	30.00	577	

Il sito in esame può pertanto essere classificato come appartenente alla **Categoria 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 Vs,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).

OPERATORE - RESPONSABILE
DOTT. GEOL. EMILIO QUINTO







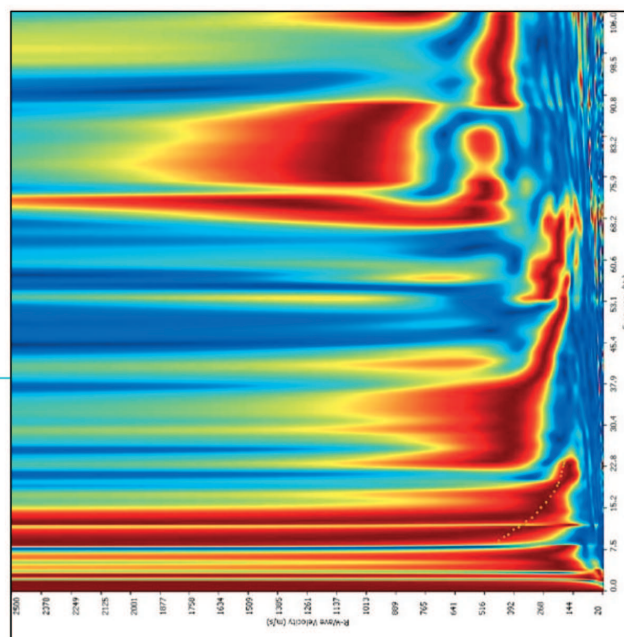
Vs30 - Metodo MASW (Multichannel Analysis of Superficial Waves)

Rif: MASW 1

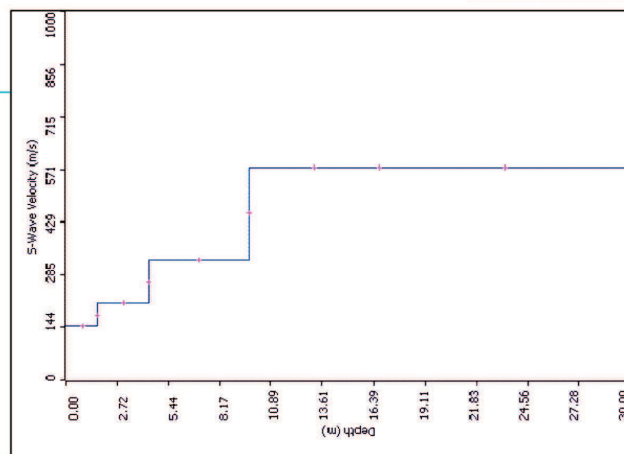
Data: Gennaio 2017

Rif.: Realizzazione di una residenza socio-sanitaria assistenziale e di un centro diurno integrato per il supporto cognitivo e comportamentale ai soggetti affetti da demenza nel Comune di Stornara (FG)

Spettro FV



Profilo verticale Vs



Profilo Verticale Vs			Vs (m/sec)	Tipo di analisi: Onde di Rayleigh	Masw1
Spessore (m)	Profondità (da m)	(a m)			
1.69	0.00	1.69	147	VS30 (m/s): 395	
2.67	1.69	4.36	208		
5.37	4.36	9.73	327		
20.72	9.73	30.00	577	Tipo di Suolo: B	