

CUP:E97B15000170005 PIANO DEGLI INTERVENTI
DELL'ACQUEDOTTO PUGLIESE S.p.A.
2016 - 2019

PROGETTO DEFINITIVO
ACQUEDOTTO DEL FORTORE, LOCONO ED OFANTO - OPERE DI
INTERCONNESSIONE - II LOTTO: CONDOTTA DALL'OPERA DI
DISCONNESSIONE DI CANOSA AL SERBATOIO DI FOGGIA

Il Responsabile del Procedimento
ing. Massimo Pellegrini

PROGETTAZIONE

Progettisti

ing. Rosario ESPOSITO (Responsabile del progetto)

ing. Tommaso DI LERMA

ing. Michelangelo GUASTAMACCHIA

ing. M. Alessandro SALIOLA

geom. Giuseppe VALENTINO

ing. Roberto LAVOPA

geol. Fernando SBRANDOLINO

Collaborazione alla progettazione

geom. Pietro SIMONE

Il Responsabile Ingegneria di Progettazione

ing. Massimo PELLEGRINI



acquedotto
pugliese
l'acqua, bene comune

Direzione Ingegneria

Il Direttore

ing. Andrea OLPE

Elaborato

D.5.1

**Relazione geologica, idrogeologica
e sismica**

Codice Intervento P1292

Codice SAP: 21/16650

Prot. N. 45215

Data 14/07/2020

Scala: -

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
00	OTT. 2020	Emesso per Progetto definitivo	-	-	-

SOMMARIO

1	RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI	5
2	PREMESSA	6
3	INTERVENTO IN PROGETTO	11
3.1	<i>Obiettivi del progetto</i>	11
3.2	<i>Descrizione sintetica dell'intervento</i>	12
3.3	<i>Principali opere previste</i>	13
4	CENSIMENTO ED IPOTESI DI SOLUZIONE DELLE PRINCIPALI INTERFERENZE	14
4.1	<i>Censimento delle principali interferenze</i>	14
4.2	<i>Attraversamenti</i>	15
4.2.1	Attraversamenti no- dig	15
4.2.2	Attraversamenti reticolo idrografico principale	17
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	18
5.1	<i>Inquadramento geologico della zona del Tavoliere di Puglia</i>	20
5.1.1	Successione stratigrafica generale	25
5.1.1.1	Depositi recenti e attuali	25
5.1.1.2	Supersintema del Tavoliere delle Puglie	26
5.1.1.3	Unita Fossa Bradanica (Argille subappennine)	26
5.1.2	Inquadramento Strutturale e Geomorfologico	26
5.1.3	Inquadramento idrografico e Idrogeologico	27
5.2	<i>Inquadramento geologico della zona pedemurgiana nord-occidentale</i>	29
5.2.1	Successione stratigrafica generale	29
5.2.2	Inquadramento Strutturale e geomorfologico	29
5.2.3	Inquadramento idrografico e idrogeologico	32
6	ANALISI DEI VINCOLI	34
6.1	<i>Inquadramento dell'area rispetto alla vincolistica PAI</i>	34
6.1.1	"Serbatoio di Foggia"	34
6.1.2	"Attraversamento fluviale"	35
6.1.3	"Attraversamento fluviale Cervaro"	36
6.1.4	"Attraversamento fluviale Torrente Carapelle"	37
6.1.5	"Area Cerignola Nord"	38
6.1.6	"Disconnessione di Canosa"	39

6.2	Considerazioni sulla vincolistica	40
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	41
7.1	RISULTATI INDAGINI ZONA 01	50
7.2	RISULTATI INDAGINI ZONA 02	57
7.3	RISULTATI INDAGINI ZONA 03	61
7.4	RISULTATI INDAGINI ZONA 04	69
7.5	RISULTATI INDAGINI ZONA 05	79
7.6	RISULTATI INDAGINI ZONA 06	90
7.7	RISULTATI INDAGINI ZONA 07	98
7.8	RISULTATI INDAGINI ZONA 08	103
7.9	RISULTATI INDAGINI ZONA 09	109
7.10	RISULTATI INDAGINI ZONA 10	117
8	INQUADRAMENTO SISMICO	126
8.1	Inquadramento sismico "Serbatoio di Foggia"	126
8.1.1	Aspetti generali del "Serbatoio di Foggia"	126
8.1.1.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW127	
8.1.2	Caratteristiche sismiche del territorio	127
8.1.2.1	Valutazione dell'azione sismica	131
8.1.2.2	Individuazione della pericolosità del sito	131
8.1.2.3	Strategia di progettazione	135
8.2	Inquadramento sismico "Canale Capitanata"	138
8.2.1	Aspetti generali dell' "Attraversamento fluviale"	138
8.2.1.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW138	
8.2.1.2	Caratteristiche sismiche del territorio	139
8.2.1.3	Valutazione dell'azione sismica	142
8.2.1.4	Individuazione della pericolosità del sito	142
8.2.1.5	Strategia di progettazione	146
8.2.2	Aspetti generali del "Attraversamento Canale Olive"	149
8.2.2.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW149	
8.2.2.2	Caratteristiche sismiche del territorio	150
8.2.2.3	Valutazione dell'azione sismica	153
8.2.2.4	Individuazione della pericolosità del sito	154
8.2.2.5	Strategia di progettazione	157
8.2.3	Aspetti generali del "Attraversamento fluviale torrente Carapelle"	160

8.2.3.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW	160
8.2.3.2	Caratteristiche sismiche del territorio	161
8.2.3.3	Valutazione dell'azione sismica	164
8.2.3.4	Individuazione della pericolosità del sito	165
8.2.3.5	Strategia di progettazione	168
8.2.4	Aspetti generali del "Attraversamento fluviale Fiume Ofanto"	171
8.2.4.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW	171
8.2.4.2	Caratteristiche sismiche del territorio	172
8.2.4.3	Valutazione dell'azione sismica	175
8.2.4.4	Individuazione della pericolosità del sito	175
8.2.4.5	Strategia di progettazione	179
8.2.5	Aspetti generali della "Disconnessione di Canosa"	182
8.2.5.1	Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW	182
8.2.5.2	Caratteristiche sismiche del territorio	183
8.2.5.3	Valutazione dell'azione sismica	186
8.2.5.4	Individuazione della pericolosità del sito	186
8.2.5.5	Strategia di progettazione	190
8.3	Prospezioni Geoelettriche	193
8.3.1	Interpretazione e rappresentazione dei dati	193

9 CARATTERI LITOLOGICI E PARAMETRI MECCANICI DEI TERRENI IN CORRISPONDENZA DEGLI

ATTRAVERSAMENTI

9.1	"Torrino di Foggia" – Sabbie limose	194
9.2	"Canale Capitanata" - Depositi sabbioso-limosi	195
9.3	"Attraversamento Canale Olive" – Sabbie argillose	195
9.4	"Strada Provinciale 105" – Conglomerati in matrice sabbiosa	195
9.5	"Attraversamento fluviale Torrente Carapelle" – Depositi sabbioso-ciottoloso- argillosi	195
9.6	"Strada Provinciale 79" – Sabbie limose	196
9.7	"Strada Statale 16" – Sabbie limose	196
9.8	"Tratturello La Ficora" – Sabbie ciottoloso-argillose	196
9.9	"Attraversamento Fiume Ofanto" – Sabbie	197
9.10	"Serbatoio di Canosa" – Sabbie limose	197
9.11	Attraversamenti con tecnica no-dig	198

10. INDAGINI ELETTRICHE S.E.V. PER PROTEZIONE CATODICA

11 CARATTERIZZAZIONE CHIMICO AMBIENTALE DEI TERRENI

12	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	209
12.1.1	Verifica su BS01-MASW01 (2016)	213
12.1.2	Verifica su BS02-MASW02 (2016)	214
12.1.3	Verifica su BS02-MASW02	216
12.1.4	Verifica su BS06-MASW04 (2016)	217
12.1.5	Verifica su BS08-MASW08	219
12.1.6	Verifica su BS09-MASW09	220
12.1.7	Verifica su BS10-MASW06 (2016)	222
12.1.8	Verifica su BS12-MASW07 (2016)	223
12.1.9	Verifica su BS13-MASW08 (2016)	225
13	CONSIDERAZIONE SUGLI SCAVI	227
14	CONCLUSIONI	228

1 RIFERIMENTI NORMATIVI E BIBLIOGRAFICI

- Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata – Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico – “Carta del Rischio”.
- Boenzi F., Palmentola G., Pieri P., Valduga A. (1971) – “Note illustrative della Carta Geologica D'Italia, scala 1:100000, Foglio 176 “Barletta”.
- Ciaranfi N., Loiacono F., Moretti M. (2011) – “Note illustrative della Carta Geologica D'Italia” alla scala 1:50000, Foglio 408 “Foggia”.
- Ciaranfi N., Gallicchio S., Loiacono F. (2011) – “Note illustrative della Carta Geologica D'Italia” alla scala 1:50000, Foglio 421 “Ascoli Satriano”.
- Caldara M., Capolongo D., Del Gaudio V., De Santis V., Pennetta L., Maiorano P., Simone O., Vitale G.. (2011) – “Note illustrative della Carta Geologica D'Italia” alla scala 1:50000, Foglio 422 “Cerignola”.
- Ciaranfi N. et alii (1983) - “Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari.
- AA.VV (1999) – “Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture”, Società Geologica Italiana.
- Fondazione Centro Studi Consiglio Nazionale dei Geologi "Raccomandazioni per la Redazione della Relazione Geologica ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni" – Roma 2016
- “Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture” del 17 gennaio 2018 (Suppl Ord. G. U. 20.2.2018, n. 42).
- Ordinanza PCM 3519 (28/04/2006) “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone” (G.U. n.108 del 11/05/2006).
- Ordinanza PCM 3274 (20/03/2003) “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” (G.U. n.105 del 08/05/2003).
- Gruppo di Lavoro MPS (2004) – “Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003”. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006 “Progetto S1 Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi”.
- Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 - All. 1b ”Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale”.
- Delibera D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 della Giunta Regionale - Regione Puglia: “Progettazione antisismica anche per progettazioni ricadenti in zona 4 ...Omissis...”.

2 PREMESSA

Ai fini della redazione della “**Progettazione dell’Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto – Opere di Interconnessione - secondo lotto: condotta dalla vasca di Canosa al serbatoio di Foggia – I stralcio funzionale**”, si è dato mandato allo scrivente, geologo dell’Acquedotto Pugliese S.p.A., di fornire ai progettisti incaricati la propria consulenza dal punto di vista geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico.

Lo studio è stato articolato con l’obiettivo di ricostruire le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e litologico-stratigrafiche dell’area in questione e di caratterizzare la stessa dal punto di vista geotecnico.

Pertanto, al fine di ottenere un’adeguata conoscenza stratigrafica del sottosuolo ed una plausibile stima dei parametri caratterizzanti il terreno, è stata eseguita, per la redazione del presente progetto definitivo, una campagna di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto, eseguite dalla società “*Apogeo sr*”, sulle aree che saranno interessate dalla realizzazione della nuova condotta; in particolare, sono state eseguite indagini geognostiche a carotaggio continuo, indagini di laboratorio geotecnico, prove di permeabilità, indagini geofisiche con il metodo della sismica a rifrazione, della sismica MASW (Multichannel Analysis Surface Waves Refraction) per la determinazione della V_{s30} o $V_{s_{eq}}$ e della geoelettrica del tipo dipolo-dipolo assiale e Wenner, prelievo e analisi di campioni sottoposti ad analisi chimica ambientale, nelle seguenti quantità (cfr. – Allegati):

La campagna indagini è consistita nell’esecuzione di:

INDAGINI GEOFISICHE

- n. 12 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P per la costruzione sismostratigrafica dei terreni, per singoli profili di lunghezza complessiva 75 ml e con 24 geofoni distanti 3 m;
- n. 12 prospezioni sismiche in onde S per il calcolo dei moduli dinamici e della $V_{s,eq}$ (NTC 2018), eseguiti con 24 picchetti a spaziatura di 3 m, per una lunghezza complessiva di 69 m;
- n. 24 prospezioni geoelettriche del tipo “Dipolo Dipolo-Assiale” e “Polo-Dipolo” per la ricostruzione elettrostratigrafica di resistività, con profili di lunghezza 69 ml e con 24 elettrodi;
- n. 12 prospezioni geoelettriche con profondità di indagine fino a 100 metri, a 96 elettrodi e secondo le configurazioni “dipolo-dipolo assiale” e “polo-dipolo”.
- N. 20 prove penetrometriche super pesanti per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni sciolti superficiali

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- n. 12 perforazioni ad andamento verticale eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di 15 m dal p.c. e prelievo di n. 1 campione di terreno per ciascun sondaggio a profondità variabili;
- n. 12 prove di permeabilità eseguite in tutti i fori di sondaggio, per la determinazione del coefficiente di permeabilità specifico del sito;
- installazioni di n.6 piezometri entro i fori di sondaggio in cui è stata rinvenuta la falda o in cui sia stata accertata la presenza di una lente;
- compilazione di modulo stratigrafico per ciascun sondaggio contenente i dati di cantiere, le principali caratteristiche dei materiali attraversati e relativa documentazione fotografica;
- prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica su n. 10 campioni indisturbati di terreno contenuti in fustella metallica sigillata ed identificata.

INDAGINI AMBIENTALI

- n. 122 perforazioni ad andamento verticale eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di 5 m dal p.c. e prelievo per ciascun sondaggio di n. 3 campioni di terreno ed un campione di acqua di falda (dove presente);
- compilazione di modulo stratigrafico per ciascun sondaggio contenente i dati di cantiere, le principali caratteristiche dei materiali attraversati e relativa documentazione fotografica;
- analisi chimiche di laboratorio sui campioni di materiale da scavo ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m..i finalizzata alla determinazione del set minimale (come da Allegato 4 del D.P.R. 120/2017);
- test di cessione e analisi dell'eluato su campioni di materiali di riporto e quantificazione dei materiali di origine antropica presenti all'interno del riporto ai sensi dell'Art. 10 del D.P.R. 120/2017.

Nella presente relazione si è considerato anche uno studio geologico precedentemente effettuato, con una campagna indagini che prevedeva: prospezioni geoelettriche 2D, prospezioni sismiche a rifrazione in onde P ed S, prospezioni sismiche MASW per la determinazione delle onde di taglio (S) per stimare il valore delle Vs30 e linee georadar all'interno del serbatoio di Foggia (Torrino 3 e vasca). In tale campagna furono eseguite le seguenti indagini a carattere geofisico:

- n. 14 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P;
- n. 8 prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW;

- n. 14 prospezioni geoelettriche del tipo "Polo-Dipolo" e "Wenner"

Tali indagini risultano ubicate in corrispondenza dei serbatoi di Foggia e di Canosa di Puglia, a ridosso dei fiumi Cervaro, Carapelle Ofanto e del Canale Olive (corso d'acqua episodico).

In allegato sono riportate le ubicazioni delle indagini eseguite, nonché le relative stratigrafie, certificati di laboratorio, elaborazioni di prova di permeabilità, sezioni sismostratigrafiche, elettrostratigrafiche e tomografiche, sulla cui base è stata redatta la presente "*Relazione Geologica*".

Sono altresì presenti i certificati di laboratorio ambientali da cui si evince la classificazione chimica dei terreni e il loro relativo codice CER (classificazione di terre e rocce da scavo)

Le indagini geognostiche sono state distribuite su tutto il tracciato come definito dai progettisti con una frequenza di indagine ogni 500 m per le perforazioni a scopo prelievo campioni ambientali; sono state intensificate con indagini indirette (sismica a rifrazione e geoelettrica) e da prove di permeabilità. Inoltre sono state effettuate perforazioni più approfondite con prelievo di campioni sottoposti ad analisi di laboratorio geotecnico nei punti più significativi, ovvero dieci aree così denominate:

- 1) Serbatoio Foggia;
- 2) Canale Capitanata;
- 3) Canale Olive
- 4) Attraversamento Fiume Cervaro;
- 5) Attraversamento Fiume Carapelle;
- 6) SS.79 – SS80
- 7) Nord Cerignola
- 8) SS16 San Ferdinando di Puglia
- 9) Attraversamento Fiume Ofanto;
- 10) Disconnessione Canosa di Puglia.

Le aree in cui sono state eseguite le indagini geognostiche sono state raggruppate in due subaree geografiche di seguito in elenco, e le cui caratteristiche geologiche sono state esplicitate con maggior dettaglio dopo un inquadramento generale:

- **Area del Tavoliere:** dove sono presenti le prime 4 zone di indagine ricadenti nei fogli 408, 421 e 422 della Cartografia Geologica di Italia in scala 1:50000;
- **Area pedemurgiana nord-occidentale:** dove sono presenti le ultime 2 zone di indagine ricadenti del foglio n.176 "*Barletta*" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000

Gli approfondimenti geologici sono stati eseguiti sulla base sia della biblio-cartografia esistente che delle indagini eseguite nell'ambito dello studio effettuato in occasione del progetto di fattibilità tecnico economico, dal presente studio, nonché dalle evidenze emerse dai sopralluoghi eseguiti sulle zone in esame.

Ortofoto con litologia e percorso della nuova condotta in progetto



- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
- Unità a prevalente componente arenitica
- Unità a prevalente componente ruditica
- Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
- Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

3 INTERVENTO IN PROGETTO

3.1 *Obiettivi del progetto*

La realizzazione del progetto in argomento consentirà l'attuazione dell'interconnessione idraulica fra lo schema idrico potabile Fortore e quello del Locone-Ofanto, di cui l'intervento in argomento è un lotto funzionale.

Attraverso l'interconnessione tra i due schemi idrici si potrà:

- rendere possibile l'alimentazione integrativa della Capitanata con le acque dello schema Ofanto-Locone in corrispondenza del nodo idraulico di Foggia, sia a regime (circa 200 l/s) che in emergenza (circa 900 l/s, una volta completato l'intervento identificato con il codice P1064 – I lotto Interconnessione), in modo da sopperire agli eventuali futuri deficit idrici del lago artificiale di Occhito cui è demandato il compito primario dell'alimentazione idrica della Capitanata che, allo stato, presenta una vulnerabilità qualitativa molto elevata. Si rammenta in proposito il fenomeno del bloom algale della tipologia *Plantotrix Rubenscens* (alga rossa), accaduto nell'inverno 2009, responsabile della contaminazione da microcistina delle acque dell'invaso; tale rischio, cui è esposto il lago artificiale del Fortore, è tuttora vigente in quanto la presenza di alga rossa, in uno con altre specie algali, sono ormai endemiche nel predetto bacino. Si evidenzia che il bacino del Fortore rappresenta l'unica fonte di approvvigionamento idrico-potabile di diversi abitati della Provincia di Foggia e che più dell'85% dell'approvvigionamento idropotabile della intera Provincia viene garantito dalla risorsa proveniente dall'invaso citato;
- garantire l'alimentazione dei popolosi comuni della fascia costiera sino a Bari (capoluogo compreso), con le acque dell'Acquedotto del Fortore (qualora disponibili), sia a regime sia in caso di riduzione della disponibilità idrica degli schemi Ofanto - Locone e Sele - Calore riducendo così l'aliquota di portata proveniente dallo schema Sinni-Pertusillo (le cui acque possono alimentare la Puglia Centrale attraverso le condotte denominate "Gioia-Bari" e "Casamassima - Canosa"). Questo funzionamento comporterebbe sia un beneficio economico poiché le acque provenienti dagli schemi meridionali risultano più costose di quelle dello schema Fortore, sia perché garantirebbero una maggiore disponibilità idrica a favore della Puglia Meridionale alimentata quasi esclusivamente dallo schema Sinni-Pertusillo. Tale obiettivo si potrà raggiungere, attraverso il collegamento del vettore idrico in progetto con il Torrino n. 3 dell'Acquedotto del Fortore (ubicato nell'area del nodo di Foggia), la cui quota piezometrica consentirebbe il funzionamento inverso della condotta di progetto;

- possibilità di gestire, con minori impatti sul servizio, i “fermo-impianto” dei potabilizzatori o le interruzioni programmate e non programmate sulle linee acquedottistiche;
- possibilità non trascurabile, infine, che tale collegamento possa rendere tecnicamente disponibili, verso le aree centro meridionali della Puglia, anche eventuali ulteriori apporti idrici che in futuro potrebbero definirsi attraverso scenari di trasferimenti della risorsa primaria dalla regione Molise.

3.2 Descrizione sintetica dell'intervento

Il presente intervento avrà origine dall'esistente vasca di disconnessione di Canosa, ubicato a quota di circa 135 metri s.l.m., facente parte dello schema Locone a gravità, e terminerà nella vasca di arrivo dell'Acquedotto del Fortore posizionata all'interno dell'esistente nuovo serbatoio di Foggia.

La condotta in progetto del DN 900 in acciaio, subito a valle dell'area di pertinenza della vasca di Canosa, verrà posata in sede propria per quasi tutta la sua lunghezza, ad esclusione del tratto ricadente all'interno del perimetro del nodo idrico di Foggia.

Lungo il suo percorso la condotta interesserà i territori dei comuni di Canosa, di San Ferdinando di Puglia, di Cerignola, di Orta Nova, di Carapelle e di Foggia e avrà una lunghezza complessiva di circa km 63.

Nel suo funzionamento diretto, verso Canosa - Foggia, la condotta potrà derivare una portata di circa 200 l/s, con una punta massima di 220 l/s, dagli schemi di competenza della Puglia Centrale verso la Capitanata.

Prima dell'arrivo nel serbatoio di Foggia, nel piazzale antistante il manufatto, la suddetta condotta s'innesterà con quella di collegamento con lo schema Fortore, facente parte anch'essa del presente intervento.

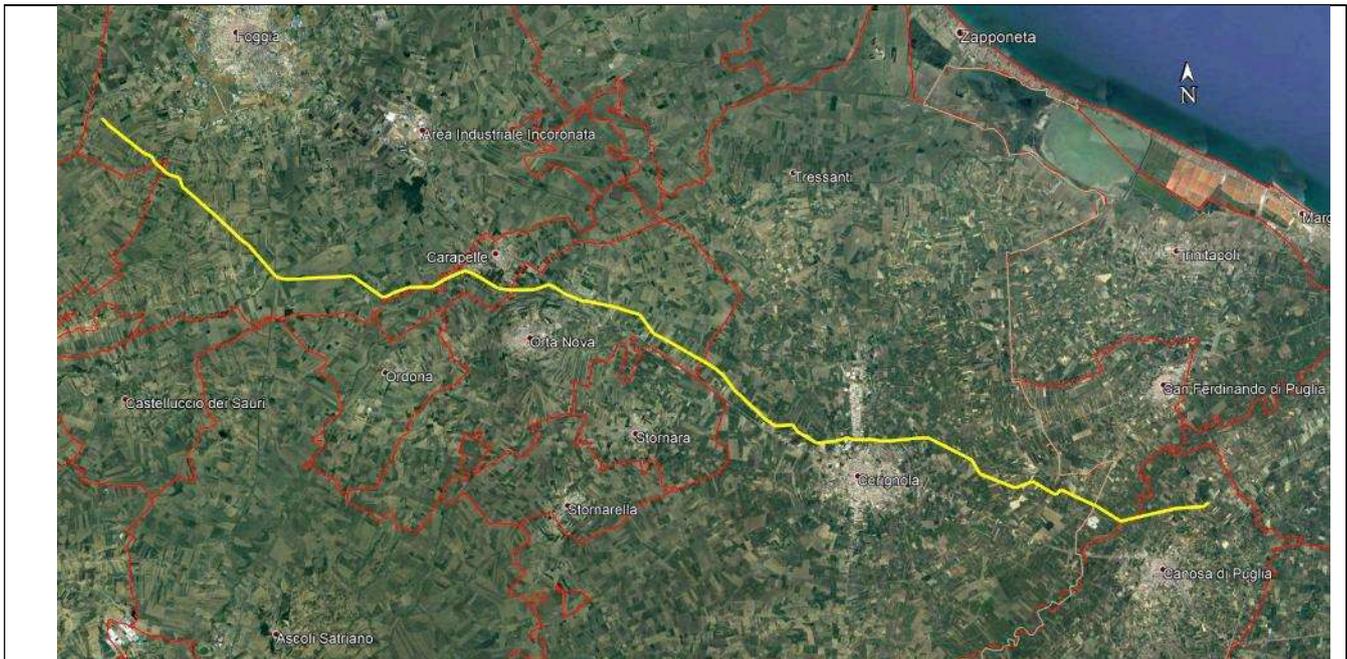
Tutte le opere relative al collegamento con l'Acquedotto del Fortore ricadranno all'interno delle aree di pertinenza del nodo idrico di Foggia.

Il suddetto collegamento, consentirà il funzionamento inverso, verso Canosa - Foggia, della condotta di progetto permettendo di derivare una portata minima di 200 l/s dallo schema Fortore verso la Puglia Centrale, con un valore massimo derivabile di circa 220 l/s.

3.3 *Principali opere previste*

Nel presente intervento sono previste le seguenti opere principali:

- Realizzazione di una condotta in acciaio del DN 900 con origine dalla disconnessione idraulica di Canosa e termine nel nuovo serbatoio di Foggia per una lunghezza pari a circa 63 km.
- Costruzione all'interno dell'area di competenza dell'opera di disconnessione di Canosa del pozzetto di alloggiamento delle apparecchiature idrauliche di intercettazione e di regolazione da valle, nel caso di funzionamento inverso (Foggia- Canosa);
- Costruzione nelle vicinanze dell'opera di disconnessione di Canosa del pozzetto di misura della portata.
- Realizzazione, all'interno dell'area di pertinenza del nodo idrico di Foggia, del collegamento idraulico del DN 900 (in acciaio) tra la suddetta condotta e la 2^a canna del Fortore in prossimità del Torrino 3.
- Costruzione, all'interno dell'area di competenza del nodo idrico di Foggia di n. 3 manufatti per l'innesto del collegamento con l'acquedotto del Fortore, per l'alloggiamento delle apparecchiature idrauliche, per consentire la regolazione della portata da valle (nel caso di funzionamento Canosa - Foggia) e per consentire il passaggio dal funzionamento diretto a quello inverso, nonché per l'installazione del misuratore di portata.
- Realizzazione di una stazione di clorazione intermedia.
- Realizzazione dell' impianto di protezione catodica a corrente impressa.
- Realizzazione del sistema di telecontrollo di tutte le nuove camere di manovra a realizzarsi.
- Realizzazione di pozzetti di scarico e di sfiato per il regolare funzionamento della nuova adduttrice DN 900.
- Esecuzione delle principali interferenze con tecnologia no-dig.



Ubicazione su ortofoto dell'area in esame

4 CENSIMENTO ED IPOTESI DI SOLUZIONE DELLE PRINCIPALI INTERFERENZE

4.1 Censimento delle principali interferenze

Le interferenze riscontrabili nella realizzazione di una opera idraulica come quella di progetto possono essere ricondotte a tre tipologie principali:

- *interferenze aeree*: fanno parte di questo gruppo tutte le linee elettriche ad alta tensione, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione, l'illuminazione pubblica e parte delle linee telefoniche;
- *interferenze superficiali*: appartengono a questo gruppo le linee ferroviarie, le infrastrutture stradali, i fiumi, i canali naturali ed artificiali ed i fossi irrigui a cielo aperto;
- *interferenze interrato*: fanno parte di questo gruppo le fognature, gli acquedotti, le condotte irrigue in pressione, i gasdotti, parte delle linee elettriche a media e bassa tensione e parte delle linee telefoniche.

Nello specifico caso in esame, durante la fase di studio e rilievo del tracciato sono state individuate diverse interferenze rientranti nelle tre suddette tipologie.

Tra le principali interferenze aeree: ci sono linee elettriche gestite dalla Terna e da Enel e linee minori di servizi, nonché linee telefoniche.

Tra quelle superficiali, oltre a diverse infrastrutture stradali (SC, SP, SS, e autostrade) e ferroviarie, la condotta intercetta i fiumi Ofanto, Cervaro e Carapelle, oltre ad ulteriori canali facenti parte del reticolo idrografico della Puglia.

In merito alle interferenze interraste, ad esclusione dell'attraversamento del metanodotto SNAM, le principali avvengono con infrastrutture idriche e fognarie gestite da Acquedotto Pugliese.

In merito a queste ultime, ulteriori informazioni sono state ricavate sulla base della documentazione disponibile.

Le informazioni documentali e di rilievo relative alle interferenze interraste sono state infine integrate con i risultati di una apposita campagna georadar volta all'individuazione della effettiva posizione e profondità delle condotte più significative.

Oltre alle suddette interferenze principali ne sono state rilevate ulteriori di natura secondaria, come ad esempio: recinzioni, muretti a secco, ecc.

4.2 Attraversamenti

4.2.1 Attraversamenti no-dig

Per la posa della condotta di progetto in corrispondenza degli attraversamenti delle linee ferroviarie, della rete viaria principale (autostrade, strade statali e strade provinciali), dei corsi d'acqua e delle principali incisioni del reticolo idrografico pugliese si è previsto l'utilizzo di *tecnologie trenchless*.

Tra le varie tecnologie no-dig (per nuove installazioni) disponibili, la scelta è ricaduta sulla tecnica di *presso-trivellazione* con trivella spingitubo che è risultata la più performante con riferimento ai diametri della condotta in progetto (controtubo DN 1200), alle caratteristiche geologiche dei terreni, alle lunghezze di attraversamento (< 100 m), ai costi di installazione ed alla velocità di esecuzione delle opere.

Infatti, per lunghezze inferiori a 100 metri, le tubazioni di grosso diametro non si prestano all'utilizzo di tecnica *Horizontal Directional Drilling* (T.O.C.), in quanto dovrebbero essere impiegate macchine molto sovradimensionate rispetto alla mole di lavoro, e con molta probabilità si riscontrerebbero problemi per il lavoro in terreni di natura alluvionale. I costi non sarebbero sicuramente proporzionati all'opera.

In ordine alla tecnica *microtunnelling slurry system* (smarino idraulico), si ritiene le condizioni di utilizzo assai difficili per la esiguità della copertura (ca. 2 m) rispetto al diametro della tubazione da installare (si tenga presente che le condizioni minime di sicurezza si hanno con copertura > di 2,0 diametri, e questo per evitare che i fanghi di perforazione rivengano in superficie, creando problemi

alle sovrastrutture, perché le vibrazioni della macchina non siano trasmesse in superficie, e perché la macchina stessa, in fase di spinta, non tenda a sollevare la testa).

La tecnica con macchina spingi tubo a presso-trivella consiste essenzialmente nell'infissione nel terreno, da parte della macchina, di tronchi di tubazioni (nel caso specifico in acciaio di lunghezza 6 m), che vengono man mano saldati tra loro per garantirne la continuità meccanica, con la contemporanea trivellazione ed asportazione del detrito prodotto.

La trivellazione è effettuata da una testa di rotazione collegata ad una serie di elementi elicoidali (coclee), installati all'interno dei tronchi di tubazioni e azionati dal motore della macchina che hanno la funzione di trasmettere il movimento alla presso-trivella e di trasportare il materiale di risulta all'esterno del fronte di scavo (il cosiddetto smarino).

Alla fine della trivellazione la testa di perforazione e gli elementi elicoidali vengono recuperati

Questa tecnologia evita vibrazioni al terreno e deformazioni sia al sottosuolo che in superficie.

I tubi in acciaio costituenti il contro-tubo devono essere idoneamente progettati per le installazioni no-dig dovendo essere in grado di resistere alla forza di spinta assiale applicata durante la messa in opera, al carico del terreno ricoprente ed agli altri eventuali carichi esterni applicati in superficie.

Operativamente verranno inizialmente realizzati due pozzi ai lati della trivellazione da realizzare, uno di spinta e l'altro di arrivo, posti a distanza idonea dal ciglio dell'incisione.

La buca di spinta deve avere dimensioni 6,50 metri (nel senso della perforazione) x 4,00 metri (trasversale all'asse di perforazione).

La profondità della buca è data dalla quota dell'asse del tubo -105 cm.

La buca dovrà avere alla base una platea in cls magro dello spessore di circa 10 cm.

Si dovrà realizzare anche un muro reggispinga con cls. Rck 25, armato per ripartire una spinta pari a ca. 100 ton, largo m. 2,50, spessore m. 0,50, h = 2,0 metri.

Le principali fasi esecutive consistono in:

- realizzazione dei pozzi di spinta e di arrivo;
- posizionamento della presso-trivella nel pozzo di spinta e collegamento della stessa ad una centralina oliodinamica che consente sia l'avanzamento dei martinetti idraulici posti a bordo della macchina e sia la rotazione delle coclee;
- posa del primo tubo a fronte aperto e posa delle coclee all'interno dello stesso;
- collegamento delle coclee al corpo macchina ed inizio della rotazione;
- spinta del tubo successivamente e progressivamente all'avanzamento delle coclee;
- smontaggio attrezzature a fine spinta.

4.2.2 Attraversamenti reticolo idrografico principale

Lungo il tracciato, la condotta di progetto intersecherà diversi fiumi ed incisioni naturali, i principali sono i seguenti:

- Fiume Ofanto.
- Fiume Carapelle.
- Fiume Cervaro.

A causa dell'andamento planimetrico dei suddetti fiumi e sopradette incisioni, non è stato possibile individuare un tracciato, idraulicamente coerente con le finalità progettuali, che evitasse tali interferenze.

Sia i fiumi che le "Lame", sono aree individuate dal Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia come Componenti idrologiche, cioè sottoposte ad una specifica disciplina di salvaguardia.

Pertanto, al fine di ridurre l'impatto paesaggistico dell'opera in argomento, è stata accantonata la soluzione di attraversamento aereo delle incisioni, preferendo a questa, quella di attraversamento nel sottosuolo.

Per limitare ulteriormente l'impatto nei confronti del paesaggio, si è valutata la possibilità di utilizzare tecnologie di posa no-dig o trenchless (senza scavo) alternative alla posa tradizionale con scavo in trincea.

Stessa tecnologia verrà impiegata per l'attraversamento del Canale Lamapopoli, al fine di evitare danneggiamento del rivestimento dell'alveo, essendo in calcestruzzo.

Tra le varie tecnologie no-dig (per nuove installazioni) disponibili, la scelta è ricaduta sulla tecnica di pressotrivellazione con trivella spingitubo che è risultata la più performante con riferimento ai diametri delle condotte (DN 1200), alle caratteristiche geologiche dei terreni, alle lunghezze di attraversamento (< 100 m) e ai costi di installazione.

La condotta in acciaio in progetto, sarà contenuta in un tubo di protezione anch'esso in acciaio, rivestito esternamente con vernici protettive idonee.

Relativamente, poi, agli attraversamenti delle altre incisioni idrografiche, essi saranno eseguiti con scavo in trincea, con opere di protezione dallo scalzamento, costituite dall'inglobamento della condotta adduttrice in un blocco in calcestruzzo magro e da posa in superficie di massi calcarei riempiti con cotico erboso, al fine di attuare una mitigazione ambientale.

5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Tutte le aree oggetto di indagine ricadono su zone molto eterogenee dal punto di vista litologico, in quanto la nuova condotta in progetto interessa una porzione di territorio molto ampia, partendo dal Tavoliere delle Puglie arrivando fino ai piedi delle Murge nord-occidentali.

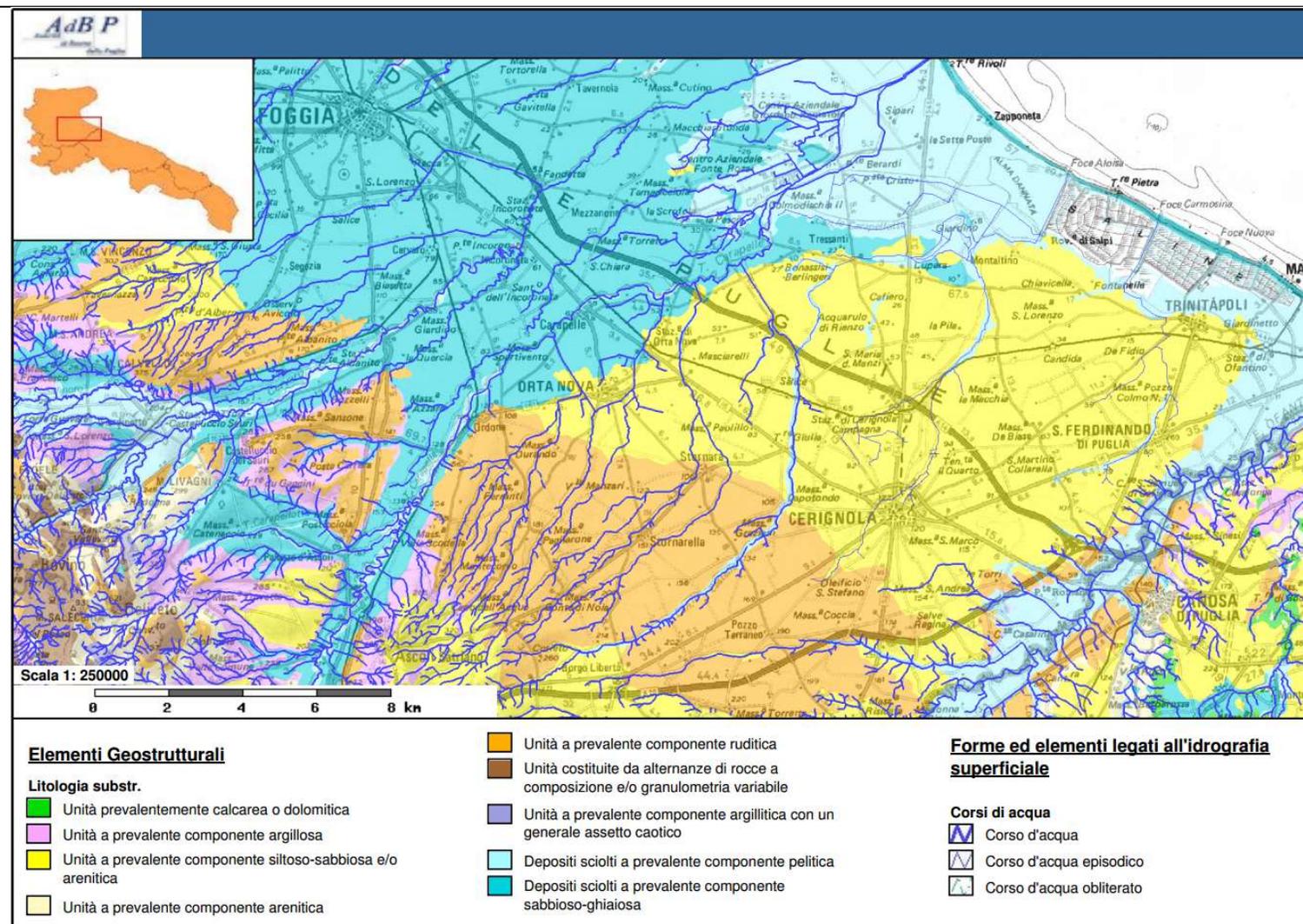
Pertanto, si è caratterizzato dal punto di vista geologico ogni zona sottoposta ad indagini geognostiche dirette ed indirette con dettaglio tale da poter assumere che ognuna sia rappresentativa delle aree adiacenti.

I fogli della cartografia ufficiale della carta geologica italiana interessati dallo studio di progettazione di fattibilità sono:

- Foglio 408 "*Foggia*" della Cartografia Geologica Italiana in scala 1:50.000.
- Foglio 421 "*Ascoli Satriano*" della Cartografia Geologica Italiana in scala 1:50.000.
- Foglio 422 "*Cerignola*" della Cartografia Geologica Italiana in scala 1:50.000.
- Foglio 176 "*Barletta*" della Cartografia Geologica Italiana in scala 1:100.000.

Di seguito si riporta lo stralcio della carta idrogeomorfologica dell'AdB Puglia in cui sono descritti i principali litotipi affioranti nelle aree che saranno attraversate dalla nuova condotta in progetto.

Stralcio della carta idrogeomorfologica dell'Autorità di Bacino della Puglia di tutta l'area oggetto di indagine



Dal punto di vista geologico-strutturale Puglia, Basilicata e Campania rappresentano i tre domini strutturali coinvolti nella deformazione orogenetica che ha portato alla formazione della catena appenninica; dei tre domini strutturali (di Catena appenninica, di Avanfossa appenninica e di Avampaese apulo), il territorio in esame è posto in corrispondenza del settore centro-settentrionale della fossa Bradanica (Avanfossa appenninica) partendo dalla zona di Foggia sino ad arrivare ai piedi dell'altopiano delle Murge, a nord dell'abitato di Canosa di Puglia.

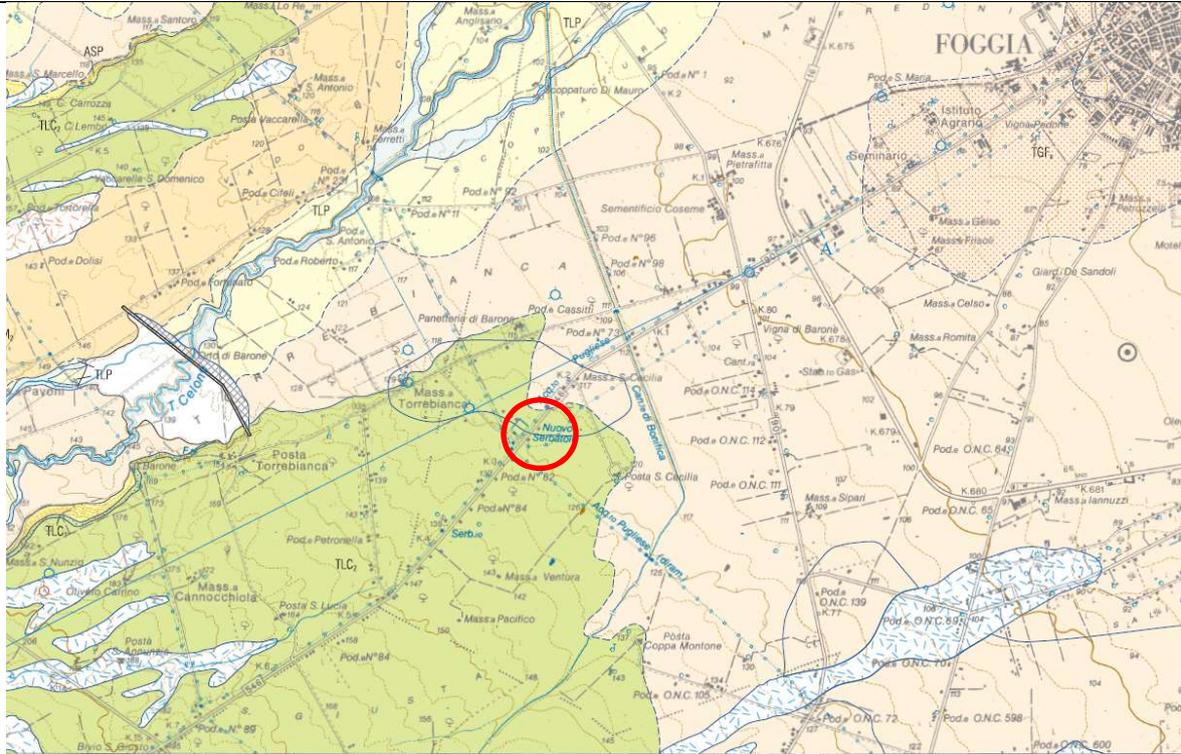
I terreni affioranti, pertanto, comprendono principalmente le formazioni della Fossa Bradanica di epoca Plio-pleistocenica e depositi alluvionali quaternari. Tali unità poggiano sul substrato calcareo rappresentato dai calcari cretacei delle Murge e dai calcari giurassici e cretacei del Gargano associati ad un ambiente di piattaforma carbonatica, e comprendono diverse formazioni che nel complesso costituiscono la porzione dell'avampaese che ancora non ha subito grandi deformazioni. Questi formano una potente successione carbonatica spessa oltre i 3000 metri. Tra le diverse formazioni sono presenti discontinuità stratigrafiche marcate da depositi argillosi e/o bauxitici testimoni di periodi di emersione della piattaforma apula e garganica.

Ai bordi della piattaforma Apula sono presenti depositi clastici quaternari in trasgressione sui calcari. Tra questi si trovano i sedimenti calcarenitici, che rappresentano i sedimenti di apertura del ciclo deposizionale plio-pleistocenico della Fossa Bradanica a cui seguono verso l'alto, in continuità stratigrafica, argille subappennine, sabbie e conglomerati sedimentati in relazione alle variazioni eustatiche del livello del mare che ne ha regolato le energie di deposizione.

5.1 Inquadramento geologico della zona del Tavoliere di Puglia

Le aree di interesse, dal punto di vista geologico, ricadono nel Foglio n. 408 "Foggia" della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000, dove esattamente a sud ovest della Città di Foggia, ad una quota di circa 128 metri s.l.m. è presente il Serbatoio di Foggia; invece, nel foglio n. 421 della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 "Ascoli Satriano" sono presenti le zone di attraversamento fluviale, posto a quote variabili ed "Attraversamento fiume Cervaro", posto ad una quota di circa 104 metri s.l.m.; mentre, nel foglio n. 422 della Carta Geologica – scala 1:50.000 "Cerignola" ricade il sito "Attraversamento fluviale Carapelle" ad una quota di circa 66 metri s.l.m..

Stralcio del Foglio n. 408 della Carta Geologica – scala 1:50.000 "Foggia"



Legenda

**UNITA' QUATERNARIE DEL TAVOLIERE DI PUGLIA
SUPERSISTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA (TP)**

Sistema di Foggia

Depositi alluvionali terrazzati del V ordine costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie silteose gradate e laminare (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastri laminati che contengono a luoghi ciottoli isolati e gasteropodi continentali (TGF). In corrispondenza dell'abitato di Foggia i conglomerati affiorano in una estesa area (TGF₁). Depositi di traccimazione e/o di piena calante e piano di esondazione. Poggia in erosione sulle argille subappennine e sui sistemi più antichi. Lo spessore complessivo dell'unità, ricavato dall'analisi di numerosi pozzi per la ricerca di acqua, varia da 10-15 m a 40 m.
PLEISTOCENE MEDIO-PLEISTOCENE SUPERIORE



SISTEMA DI LUCERA

Depositi appartenenti a due subsistemi affioranti sui rilievi più elevati del settore occidentale del foglio. Il limite inferiore è discordante ed erosivo, mentre quello superiore corrisponde alla superficie di inizio del modellamento delle attuali valli alluvionali.
PLEISTOCENE INFERIORE E MEDIO

Subsistema di Monte Castellaccio

Depositi alluvionali con caratteri sedimentologici variabili lateralmente, da ovest verso est, e verticalmente. Nella parte occidentale del foglio il subsistema è costituito da conglomerati massivi matrice-sostenuti poco cementati alternati a conglomerati clasto-sostenuti a stratificazione planare obliqua riferibili a barre laterali ghiaiose. Negli affioramenti orientali le ghiaie ben organizzate, clasto-sostenute e con chiara embriocitura, sono alternate a lenti decimetriche di sabbie a laminazione incrociata. Nelle aree orientali verso Falto sono presenti banchi amalgamati di ghiaie scarsamente selezionate, con matrice sabbiosa. L'intera successione può essere attribuita a un sistema alluvionale caratterizzato da progredazione verso i quadranti orientali. Spessore massimo circa 10-15 m.
PLEISTOCENE INFERIORE ? E MEDIO



Subsistema di Masseria Sant'Annunzia

Sabbie silteose biancastre ben stratificate, a luoghi laminare e bioturbate, con rari frammenti di fossili marini. Nella parte superiore le sabbie, a lamine oblique, sono associate a ghiaie a stratificazione piano-parallela e obliqua, a luoghi con ciottoli embriocitati, e a livelli millimetrici di fanghi. Gli strati ghiaiosi sono caratterizzati da spessori crescenti verso Falto, da pochi cm a 30-40 cm. I caratteri di facies indicano un ambiente di shoreface. Al tetto della successione marina sono presenti, per alcuni metri, silt argillosi di probabile ambiente palustre. L'unità è in contatto erosivo sulle argille subappennine e presenta uno spessore massimo di circa 10 m.
PLEISTOCENE INFERIORE ? - PLEISTOCENE MEDIO



UNITA' PLEISTOCENICHE DELLA FOSSA BRADANICA

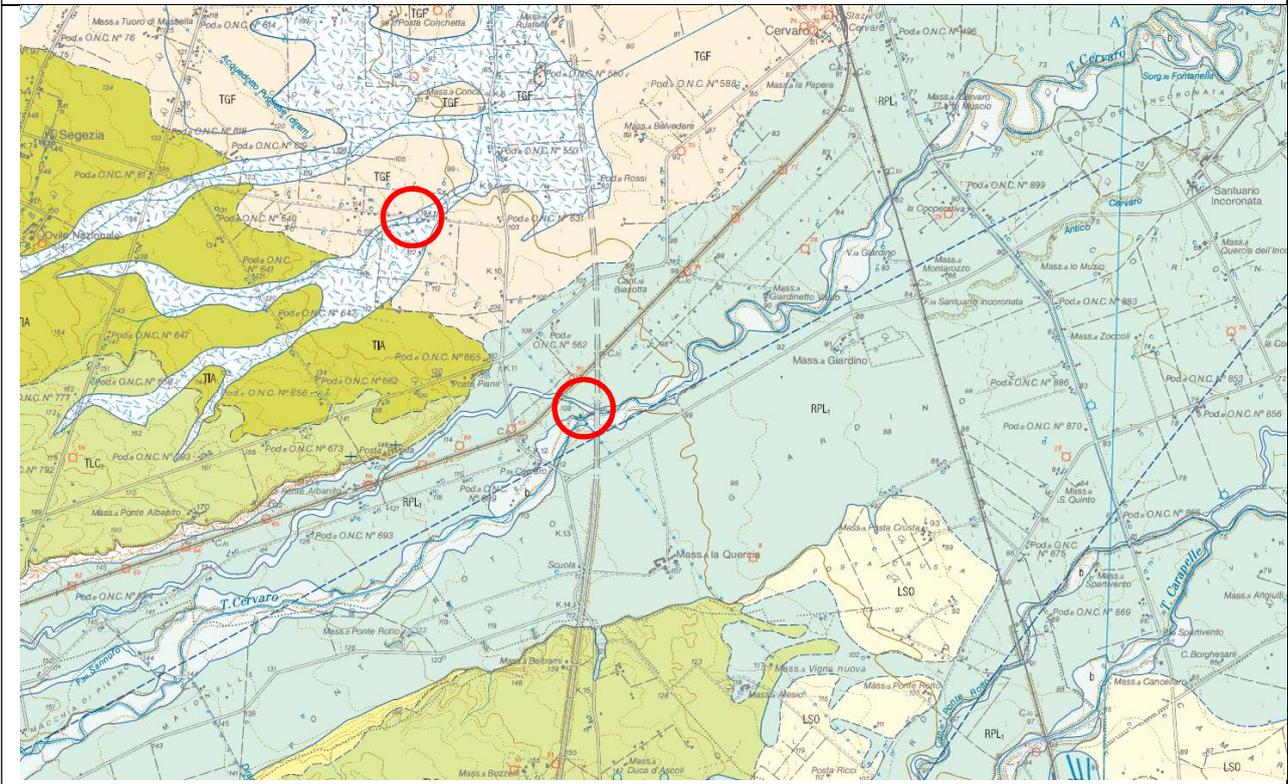
ARGILLE SUBAPPENNINE

Silt argillosi e marne silteose grigie a stratificazione poco evidente, con intercalazioni di argille silteose e, verso Falto, di sottili strati di sabbia medio-fine. Gli spessori osservabili variano da alcuni metri a circa 50 m nei fronti di cava. Per la porzione medio bassa della successione, l'ambiente deposizionale indicato dalle macrofaune è la scarpata superiore; per la parte sommitale, è la piattaforma. Il contenuto micropaleontologico, generalmente abbondante e diversificato con numerose forme rimaneggiate, indica il Pleistocene inferiore basale. Le macrofaune a foraminiferi sono riferibili alla Zona a Bulimina elegans marginata; quelle a nannofossili calcarei rappresentate da "small" Gephyrocapsa indicano la Zona MN1/19a.
PLEISTOCENE INFERIORE

- direzione, immersione e inclinazione degli strati:
- stratificazione a polarità sconosciuta
- stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
- contatto stratigrafico
- orlo di terrazzo
- conoide alluvionale
- calcrite
- cava attiva e inattiva

- sondaggio stratigrafico
- pozzo per ricerca idrocarburi
- pozzo per acqua
- discarica
- deposito antropico e/o discarica
- traccia di sezione geologica

Stralcio del Foglio n. 421 della Carta Geologica – scala 1:50.000 “ASCOLI SATRIANO”



Legenda

**UNITA' QUATERNARIE DEL TAVOLIERE DI PUGLIA
SUPERSISTEMA DEL TAVOLIERE DI PUGLIA (TP)**

- Subsistema dell'Incoronata**
RPL
Silt argillosi, silt, sabbie silteose e lenti di ghiaie poligeniche; a luoghi livelli di limi nerastri con coperture decimetriche di sabbie con gradazione diretta, laminate e con al tetto sottili livelli argillosi.
PLEISTOCENE SUPERIORE ? – OLOCENE
- SISTEMA DE LA SEDIA DI ORLANDO**
LSO
E' corrispondente come posizione stratigrafica al Sistema di Foggia che affiora nell'area a Nord del T. Cervaro Sabbie silteose intercalate ad argille silteose; a luoghi lenti di ghiaia con clasti poligenici fino a 10 cm., scarsamente cementate.
PLEISTOCENE SUPERIORE
- SISTEMA DI FOGGIA**
TGF
Depositi alluvionali terrazzati costituiti da silt argillosi sottilmente laminati con intercalazioni di sabbie silteose gradate e laminate (depositi di piana di inondazione). Nel sottosuolo a diverse profondità si rinvencono conglomerati poligenici ed eterometrici in corpi di spessore variabile da circa un metro a circa 5-6 m intercalati a silt argillosi nerastri laminati che contengono a luoghi ciottoli isolati e gasteropodi continentali. Lo spessore complessivo dell'unità, ricavato dall'analisi di numerosi pozzi per la ricerca di acqua, varia da 10-15 m a 40 m.
PLEISTOCENE MEDIO ? – SUPERIORE
- SISTEMA DI TROIA**
TIA
Depositi di conoide alluvionale costituiti da ghiaie in unità metriche con basso grado di cementazione grossolanamente gradate; la parte inferiore è disorganizzata ed embriciata. Localmente la stratificazione è accennata da unità a diversa granulometria e da lenti di sabbia fine e silt, a luoghi livelli ciottolosi. Spessore varia da pochi a 15 m.
PLEISTOCENE MEDIO
- SISTEMA DI LUCERA**
Depositi appartenenti a due subsistemi affioranti sui rilievi più elevati del settore occidentale del foglio. Il limite inferiore è discordante ed erosivo, mentre quello superiore corrisponde alla superficie di inizio del modellamento delle attuali valli alluvionali.
PLEISTOCENE INFERIORE E MEDIO
- Subsistema di Monte Castellaccio**
TLC₂
Depositi alluvionali con caratteri sedimentologici variabili lateralmente, da ovest verso est, e verticalmente. Nella parte occidentale del foglio il subsistema è costituito da conglomerati massivi matrice-sostenuti poco cementati alternati a conglomerati clasto-sostenuti a stratificazione planare obliqua riferibili a barre laterali ghiaiose. Negli affioramenti orientali le ghiaie ben organizzate, clasto-sostenute e con chiara embriciatura, sono alternate a lenti decimetriche di sabbie a laminazione incrociata. Nelle aree orientali verso l'alto sono presenti banchi amalgamati di ghiaie scarsamente selezionate, con matrice sabbiosa. L'intera successione può essere attribuita a un sistema alluvionale caratterizzato da progadazione verso i quadranti orientali. Spessore massimo circa 10-15 m.
PLEISTOCENE INFERIORE ? E MEDIO

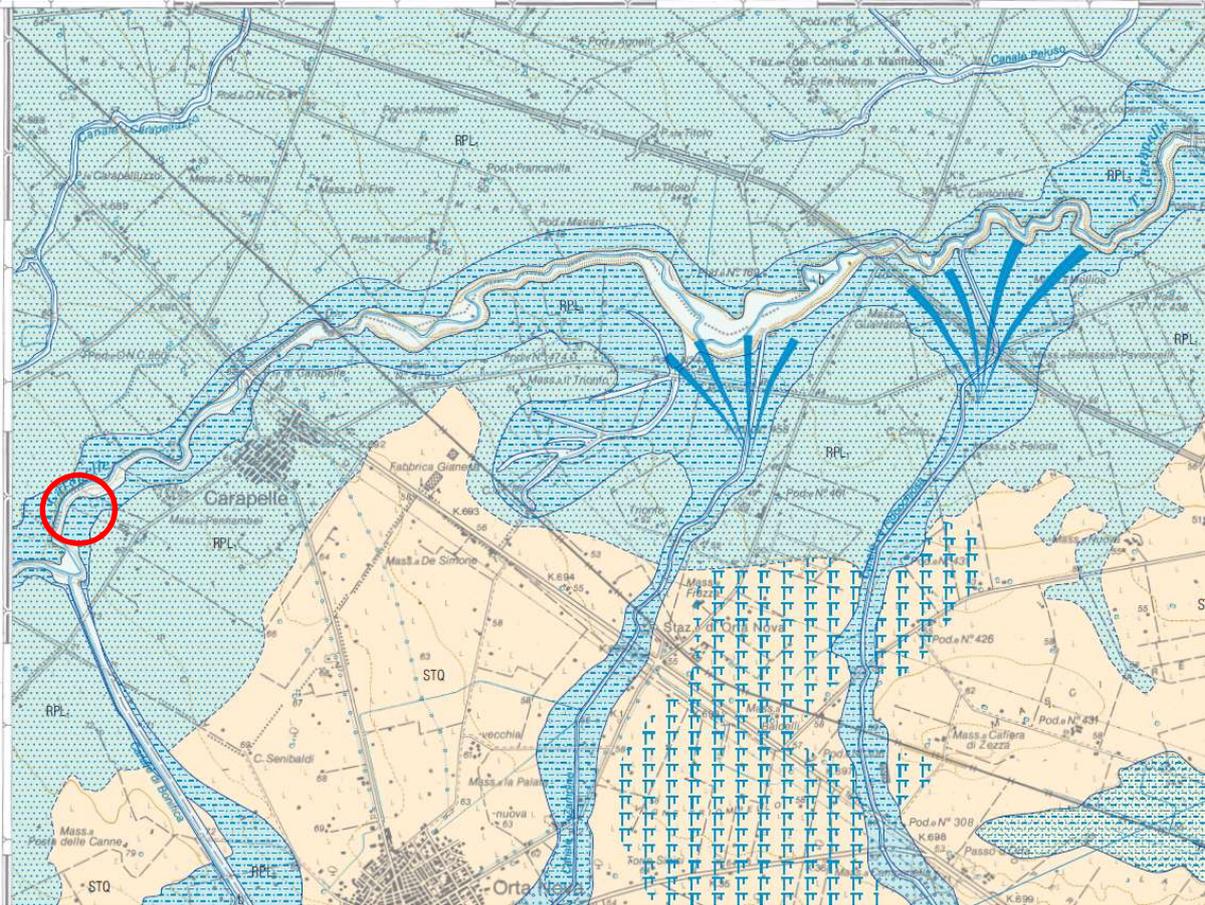
UNITA' PLEISTOCENICHE DELLA FOSSA BRADANICA

ARGILLE SUBAPPENNINE

Silt argillosi e marne silteose grigie a stratificazione poco evidente, con intercalazioni di argille silteose e, verso l'alto, di sottili strati di sabbia medio-fine. Gli spessori osservabili variano da alcuni metri a circa 50 m nei fronti di cava. Per la porzione medio bassa della successione, l'ambiente deposizionale indicato dalle macrofaune è la scarpata superiore; per la parte sommitale, è la piattaforma. Il contenuto micropaleontologico, generalmente abbondante e diversificato con numerose forme rimiraggiate, indica il Pleistocene inferiore basale. Le microfossili a foraminiferi sono riferibili alla Zona a Bulimina elegans marginata; quelle a nannofossili calcarei rappresentate da "small" Gephyrocapsa indicano la Zona MNN19a.
PLEISTOCENE INFERIORE

- direzione, immersione e inclinazione degli strati:
stratificazione a polarità sconosciuta
stratificazione orizzontale a polarità sconosciuta
- contatto stratigrafico
- orlo di terrazzo
- conoide alluvionale
- calcrete
- cava attiva e inattiva
- sondaggio stratigrafico
- pozzo per ricerca idrocarburi
- pozzo per acqua
- discarica
- deposito antropico e/o discarica
- traccia di sezione geologica

Stralcio del Foglio n. 422 della Carta Geologica – scala 1:50.000 "CERIGNOLA"



Legenda



Tutte le zone di indagine rientrano nella porzione pedemontana del Tavoliere di Puglia. In questo settore affiorano i sedimenti continentali quaternari che poggiano in discordanza sui terreni più antichi dell'Unità Bradanica di età Pliocene-Pleistocene.

5.1.1 Successione stratigrafica generale

La successione stratigrafica che caratterizza il territorio in esame è data da unità oloceniche, prevalentemente di origine alluvionale, che colmano depressioni presenti su sedimenti pleistocenici prevalentemente incoerenti, che a loro volta poggiano su sedimenti Plioceni di Fossa Bradanica rappresentati dalle argille subappennine.

Di seguito sono elencate le unità presenti dalla più recente alla più antica:

- **Depositi alluvionali, eluviali e colluviali, recenti e attuali;**
- **Supersintema del Tavoliere di Puglia**
 - ✓ Subsintema delle Marane La Pidocchisa-Castello (RPL₃)
 - ✓ Subsintema di Masseria Torricelli (RPL₂)
 - ✓ Subsintema dell'Incoronata (RPL₁)
 - ✓ Sintema de la Sedia di Orlando (LSO)
 - ✓ Sintema di Foggia (Pleistocene) (TGF);
 - ✓ Sintema di Troia (TIA)
 - ✓ Sintema di Lucera (Pleistocene inferiore-medio);
 - Subsintema di Monte Castelluccio (TLC₂)
 - Subsintema di Masseria Sant'Annunziata (TLC₁)
 - ✓ Sabbie di Torre Quarto (STQ)
- **Unità della Fossa Bradanica (Pleistocene inferiore)**
 - ✓ Argille Subappennine (ASP)

5.1.1.1 *Depositi recenti e attuali*

A più altezze sui versanti si rinvengono depositi ciottolosi delle alluvioni terrazzate, legati alle oscillazioni del livello di base dei fiumi in seguito alla generale emersione dell'area alla fine del Pleistocene. Sedimenti limo-sabbiosi con livelli argillosi affiorano lungo gli alvei dei corsi d'acqua che solcano l'area. I depositi eluviali e colluviali sono costituiti in prevalenza da ciottoli immersi in abbondante matrice sabbiosa.

5.1.1.2 *Supersintema del Tavoliere delle Puglie*

Tale supersintema del Tavoliere delle Puglie racchiude diversi sintemi e subsintemi caratterizzati da terreni incoerenti di origine continentale a granulometria variabile di spessore massimo fino a qualche decina di metri con superfici di sedimentazione immergenti verso E-NE. Le unità che fanno parte di questo supersintema poggiano in discordanza angolare (a volte in paraconcordanza) sulle argille subappennine.

5.1.1.3 *Unità Fossa Bradanica (Argille subappennine)*

Le Argille subappennine sono costituite da limi argillosi e argille sabbiose, a luoghi limose, di colore grigio-azzurro passante al giallastro per alterazione delle porzioni più superficiali. Sono caratterizzate da una composizione mineralogica abbastanza definita a prescindere dalla zona di provenienza e dal ciclo sedimentario di appartenenza.

I costituenti mineralogici principali della formazione pelitica, sono l'illite, la montmorillonite, la caolinite, la clorite, il quarzo, i feldspati e i carbonati. La colorazione prevalentemente grigio-azzurra è dovuta alla presenza di ioni cromatofori quali Al^{3+} e Fe^{2+} . L'ambiente di sedimentazione è neritico, anche se variazioni verso facies relativamente più grossolane (limi e sabbie) con presenza di faune di ambiente litorale, testimoniano oscillazioni del livello marino con l'instaurarsi temporaneo di condizioni di mare poco profondo.

5.1.2 *Inquadramento Strutturale e Geomorfologico*

Dal punto di vista tettonico, rilievo particolare costituiscono il Gargano, la cui struttura è rappresentata da un Horst carbonatico, riferibile alla successione mesozoica della Piattaforma Apula, allungato in senso NE-SW e le Murge che rappresentano un altopiano carbonatico che si estende in direzione NO-SE, tali rilievi confinano lateralmente la struttura del Tavoliere. Al disotto del tavoliere i calcari si presentano ribassati da una gradinata di faglie; in particolare la faglia del Torrente Candelaro, che delimita la struttura sul bordo sud occidentale e la faglia dell'Ofanto che delimita la struttura sul lato sud orientale. Il Tavoliere della Puglia, che può ritenersi la naturale continuazione verso nord - est della Fossa Bradanica coincidente con il tratto dell'Avanfossa Adriatica delimitato dalla Catena Appenninica e dall'Avanpaese Apulo, è una vasta pianura plio-pleistocenica, dolcemente degradante verso il Mare Adriatico, delimitata a Sud-Est dal Fiume Ofanto, a Nord-Ovest dal Fiume Fortore, ad Ovest dai rilievi del Subappennino Dauno e a Nord – Nord Est dal Torrente Candelaro, che rappresenta il confine con il promontorio garganico.

Si evidenzia la presenza di sedimenti plio-quadernari che hanno colmato la parte orientale dell'avanfossa appenninica fino al promontorio del Gargano ed a Nord-Nord Est, limitati dal torrente Candelaro, affiorano i calcari mesozoici che costituiscono la porzione più meridionale del sollevamento del Gargano, nel quale sono presenti terreni Triassici, i termini più antichi dell'area pugliese.

5.1.3 Inquadramento idrografico e Idrogeologico

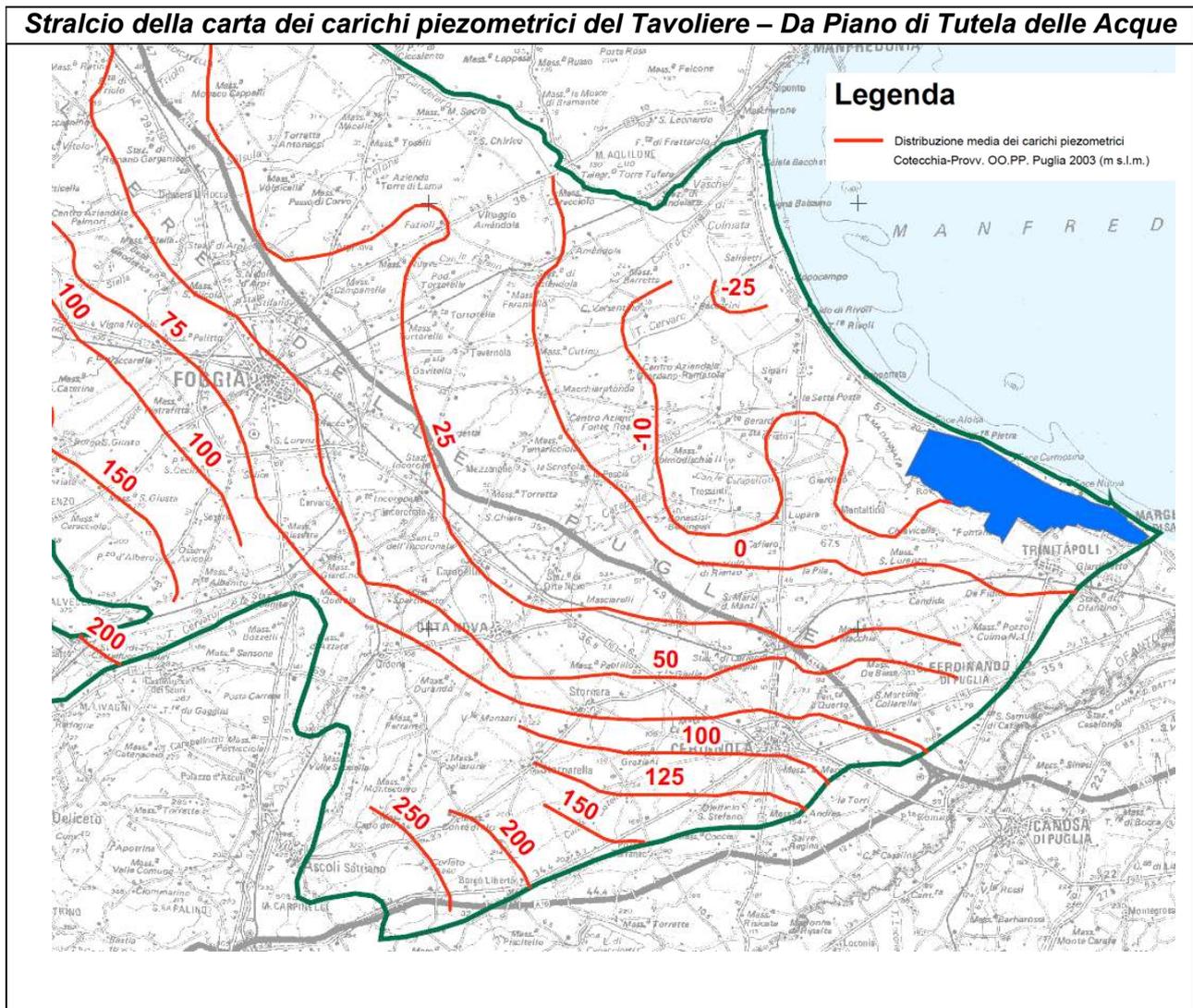
L'idrografia superficiale dell'intero Territorio, è collegata ai due fiumi principali, il Fortore e l'Ofanto, che scorrono alle due estremità del Tavoliere e nascono dall'Appennino, sfociando entrambi nel Mare Adriatico, così come il Candelaro, il Cervaro ed il Carapelle, anch'essi provenienti dall'Appennino e attraversano il Tavoliere, ma con regimi tipicamente torrentizi e deflussi stagionali, caratterizzati da alvei poco profondi e generalmente regolarizzati con opere di regimentazione. In generale tutta l'area si mostra sub-pianeggiante solcata in direzione NE-SO da diverse valli fluviali.

Per quanto riguarda l'idrologia del sottosuolo della provincia di Foggia, sono stati evidenziati diversi settori, costituenti complessi idrogeologici differenti, caratterizzati da terreni con un ampio fuso granulometrico, ma con prevalenza dei termini ghiaiosi e sabbiosi; differenti granulometrie coesistono, in relazione alla variabile energia del trasporto, che ne ha determinato la deposizione; essi costituiscono acquiferi porosi, eterogenei ed anisotropi e sono sede di falde idriche sotterranee, localmente autonome, ma nel complesso a deflusso unitario, che possono avere interscambi con corpi idrici superficiali e/o sotterranei; la permeabilità è molto variabile, perché condizionata dalla porosità; il Grado di Permeabilità è caratterizzabile come tendenzialmente medio-basso (da 10^{-4} a 10^{-5} cm/s), con picchi di 10^{-7} cm/s dove localmente aumenta la frazione argillosa. La potenza complessiva dell'acquifero risulta variabile tra 25 e 50 metri, invece, verso l'Appennino la potenza supera i 50 metri. Il relativo basamento è rappresentato dalla formazione delle argille calcaree grigio-azzurre Plio-pleistoceniche impermeabili di base, che condizionano fortemente la morfologia della superficie piezometrica nel territorio; infatti, la falda, suddivisa in più livelli, circola nel Tavoliere a pelo libero ed a quote mediamente comprese tra 10 e 20 metri al di sotto del piano campagna, diminuendo in prossimità di aste torrentizie ed in direzione della costa.

In relazione alla quantità di precipitazioni ed all'utilizzo per uso irriguo, il livello piezometrico subisce sensibili escursioni nell'arco dell'anno, ma solo localmente ed in aree intensamente coltivate, di svariati metri ed a seguito di costante emungimento.

Nel Tavoliere, sono altresì presenti falde artesiane profonde (200–400 metri), confinate all'interno della potente formazione delle argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche, le cui acque sono raramente dolci e prevalentemente da salmastre a salate, per antichi fenomeni di contaminazione marina ed assenza di alimentazione.

Di seguito si mostra uno stralcio della carta dei carichi piezometrici del PTA nell'area del tavoliere.



5.2 Inquadramento geologico della zona pedemurgiana nord-occidentale

L'area posta a nord-ovest dell'altopiano delle Murge ricade nel Foglio n.176 "Barletta" della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000; in questo foglio ricadono le zone di indagine "Attraversamento fiume Ofanto" che si attesta ad una quota di 45 metri s.l.m.m., e "Disconnessione Canosa di Puglia" che si attesta ad una quota di 135 metri s.l.m.m..

Le zone oggetto di indagine sono caratterizzate da depositi quaternari della Formazione della Fossa Bradanica.

Considerando la porzione del foglio a ovest dell'abitato di Canosa di Puglia si osserva il passaggio dai depositi marini sabbiosi, prevalentemente sciolti, agli affioramenti di "Calcareniti di Gravina".

Il substrato della zona è invece dato dalla formazione dei "Calcari di Bari" in contatto trasgressivo con le calcareniti di Gravina e definiti come calcari generalmente in strati e talora in banchi, o lastriformi e dolomitizzati.

La valle dell'Ofanto è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali in più ordini di terrazzi dei quali quelli appartenenti ai depositi più recenti costituiscono un'estesa fascia pianeggiante lungo il corso del fiume.

5.2.1 Successione stratigrafica generale

La successione stratigrafica che caratterizza il territorio in esame è data da unità oloceniche prevalentemente di origine alluvionale che colmano depressioni presenti in corrispondenza dell'incisione del fiume Ofanto, e da sedimenti pleistocenici prevalentemente incoerenti che a loro volta poggiano su sedimenti Pliocenici di Fossa Bradanica rappresentati dalle argille subappennine, dal lato sinistro dell'Ofanto e dalle Calcareniti di Gravina nella zona a Nord di Canosa.

Di seguito sono elencate le unità presenti dalla più recente alla più antica:

- **Depositi alluvionali, eluviali e colluviali, recenti e attuali;**
- **Unità della Fossa Bradanica (Plio-Pleistocene)**
 - ✓ Depositi marini.
 - ✓ Argille Subappennine.
 - ✓ Calcareniti di Gravina.

5.2.2 Inquadramento Strutturale e geomorfologico

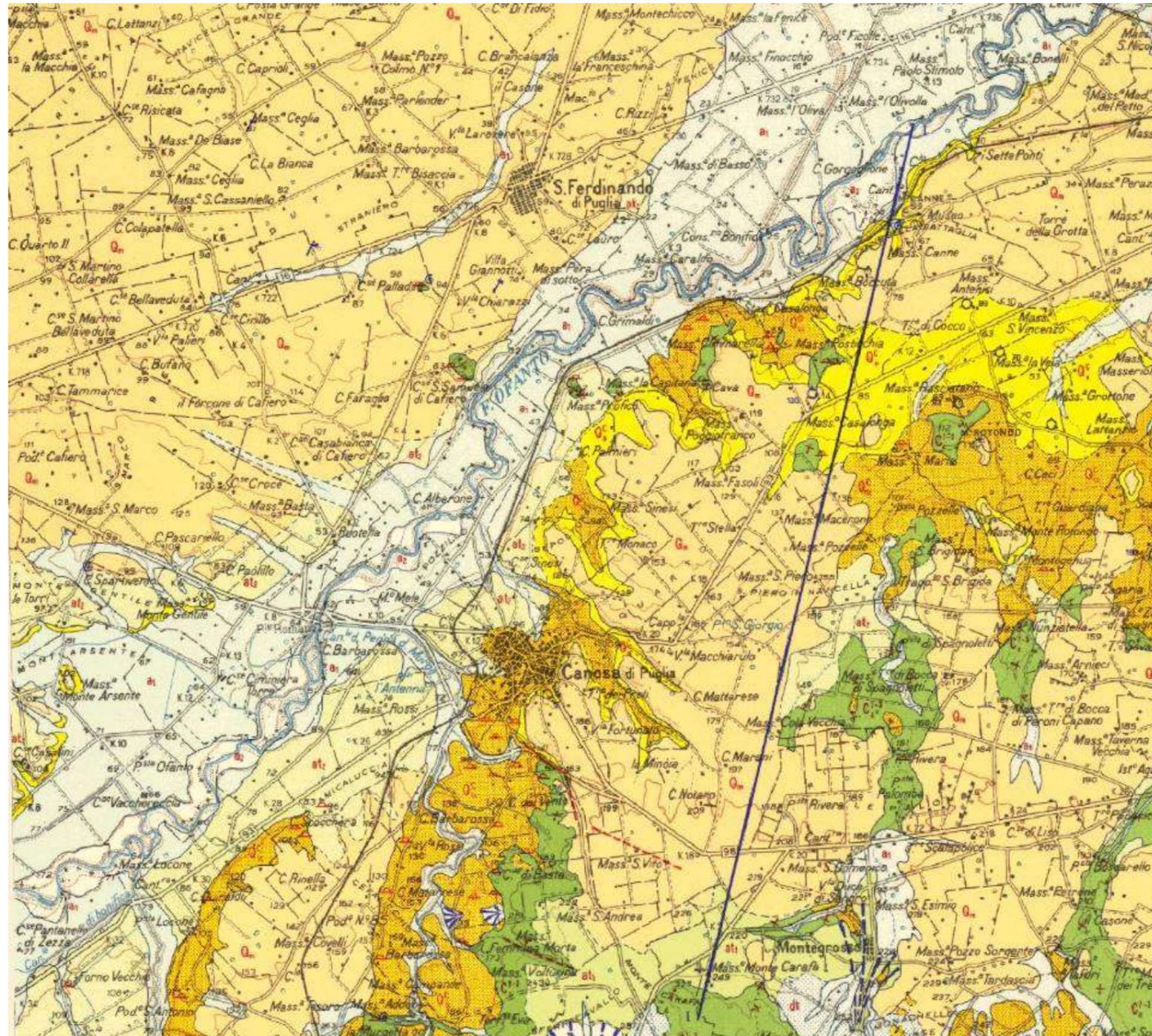
Da un punto di vista strutturale l'area in esame ricade lungo il margine nord-est dell'altopiano delle Murge che a sua volta rappresenta uno dei settori più rialzati dell'Avampese Apulo.

L'area di stretto interesse ricade in una zona interessata da deformazioni tettoniche tipo faglie che dislocano la roccia influenzando, così, l'andamento della morfologia dell'area e dei reticoli fluviali.

Probabilmente, in corrispondenza del fiume Ofanto, è presente una faglia che disloca il settore delle Murge leggermente rialzato, dal tavoliere, che risulta ribassato e pianeggiante. È infatti evidente l'incisione del fiume Ofanto che delinea l'andamento dei depositi alluvionali recenti trasportati dallo stesso fiume costeggiando il territorio occidentale del comune di Canosa di Puglia.

La morfologia è influenzata anche dalla litologia; infatti, sul versante occidentale della collina canosina la pendenza del versante varia repentinamente al passaggio tra le calcareniti e i depositi alluvionali relativi al materiale di trasporto del Fiume Ofanto che sfocia verso nord nel mare Adriatico.

Stralcio del Foglio n. 176 della Carta Geologica – scala 1:100.000 "Barletta"



<p>Olocene</p> <ul style="list-style-type: none"> Depositi alluvionali attuali, prevalentemente ciottolosi. OLOCENE. Depositi alluvionali recenti, sabbiosi e ciottolosi terrazzi bassi del f. Ofanto e dei suoi affluenti; depositi alluvionali terrosi e ciottolosi nei solchi erosi ("lame") delle Murge. OLOCENE - PLEISTOCENE. Depositi alluvionali terrazzati, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi medi del f. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi ciottolosi e terrosi sui fianchi delle "lame" ed Ovest di Andria. PLEISTOCENE. Depositi alluvionali in prevalenza ciottolosi terrazzi alti del f. Ofanto e dei suoi affluenti. PLEISTOCENE. <p>Pliocene superiore? e Pleistocene</p> <ul style="list-style-type: none"> Depositi marini postcalabrieri, a luoghi in terrazzi, costituiti da sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle o rossastre, con straterelli cementati, nonché da calcareniti grossolane con Lamellibranchi di facies litorale; "Crosta" in superficie. PLEISTOCENE. CONGLOMERATO DI IRSINA. Conglomerati poligenici rossastri e giallastri in cemento prevalentemente arenaceo, con un orizzonte intercalato di argille siliose e sabbiose giallastre. CALABRIANO. SABBIE DI MONTE MARANO. Sabbie calcareo-quarzose gialle con livelli cementati di color marroncino e, in alto, con sottili lenti ciottolose; nidi di macrofossili (Ostra, Pecten, Venus, ecc.) generalmente verso la base. CALABRIANO. ARGILLE SUBAPPENNINICHE. Argille marnose, più o meno siliose grigio-azzurre o giallastre per alterazione con resti di Echini e Lamellibranchi (Fanus, Cardium, Pecten); Microfossili con Ammonia beccarii (LINNEO), Cassidulina laevigata D'ORB., Glyceris auriculata RICHTER e MOLL., Renssella spinulosa (REUSS) Planorbis mediterranea D'ORB., Spheroidium bulbosus D'ORB., Elphidium spp., ecc.; argille sabbiose al passaggio con le sovrastanti G. CALABRIANO - PLEISTOCENE SUP.? CALCARENITE DI GRAVINA. Calcareniti ("tuji") bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di Coralli, Echini, Ostreidi e Pectinidi; Microfossili con Ammonia beccarii (LINNEO), Glyceris auriculata, RICHTER e MOLL., Astigerina planorbis (D'ORB.), Durothia gibbosa (D'ORB.), Discorbis orbicularis TROUENET, Elphidium spp., Cibicides spp., ecc.; trasgressive su C". CALABRIANO - PLEISTOCENE SUP.? CALCARE DI BARI. Calcarei detritici a grana fine, di colore bianco o nocciola, generalmente in strati e in banchi, a luoghi lastriiformi. Calcarei dolomitici e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico. Calcarei massicci o in banchi con: Sauvagesia sharpei (BAYLE), Durania araucaii (CHOFF.), Nerinea cf. pseudonobilis CHOFF., Cuneolina pavonia parva HENSON, ecc.; Turoniano - Cenomaniano livello "Toritto"; Eoredolites davidsoni (HILL), Cerithium lysimum DE FRANCHIIS, Gubbiolina susulianensis HAYAS, C. subina BARKER ecc.; Albano livello "Pelese"; Tausasia cf. coronata (MATH.), T. traversa FAQUIER, Agria sp., Caprina sp., Orbicolina sp., Cuneolina composuuri SARTI e CRESC., C. laurentii SARTI e CRESC., Bacinella irregularis RAD., Pisanella dinarica RAD., Apteno - Barremiano (livello "Corato"). TURONIANO - BARREMIANO. 	<p>Formazioni marine</p> <p>Formazioni continentali</p>	<ul style="list-style-type: none"> Suborizzontale da 1° a 10° superiore a 10° Asse di anticlinale. Asse di sinclinale. Faglia. Faglia presunta. Contatti stratigrafici. Contatti stratigrafici incerti. Località fossilifera. Località fossilifera del livello "Toritto". Località fossilifera del livello "Pelese". Località fossilifera del livello "Corato". Livello di breccia. Stazione preistorica. Orlo di terrazzo. Dolina. Cono antico di deiezione. Cono recente di deiezione. Frana. Pozzo per acque e sua profondità in metri. Cava. Traccia di sezione.
--	---	--

5.2.3 Inquadramento idrografico e idrogeologico

Nell'area di stretto interesse, a nord-ovest dell'abitato di Canosa, è presente la bassa valle dell'Ofanto; le diverse lame che attraversano il territorio murgiano, in caso di piogge eccezionali le acque che vi scorrono all'interno confluiscono nello stesso fiume Ofanto.

Nell'area in esame si possono distinguere due tipi di permeabilità: per porosità e per fessurazione.

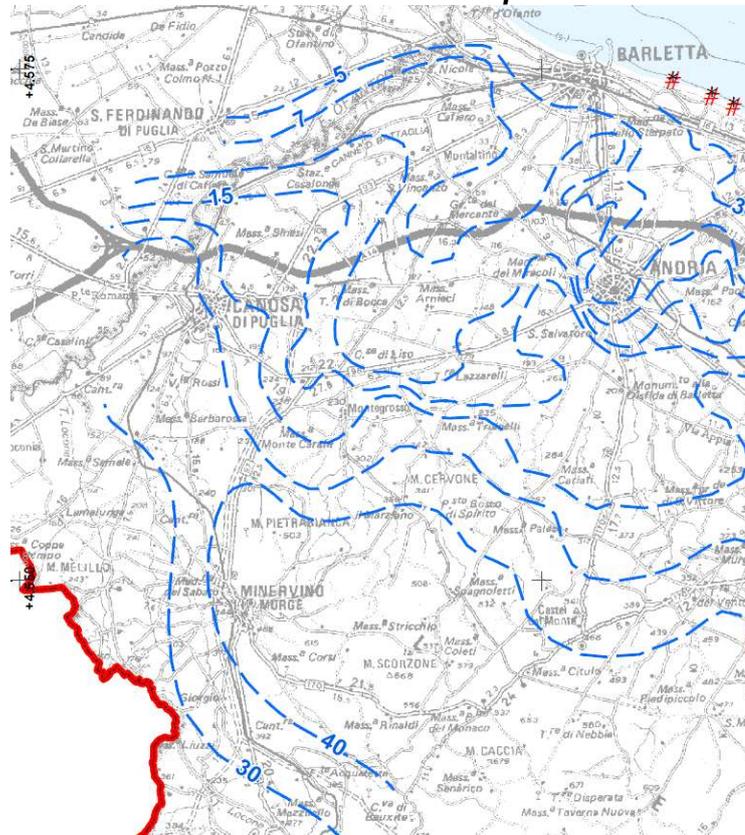
La permeabilità per porosità è tipica delle rocce porose le quali contengono numerosi piccoli vuoti inter-granulari tra loro comunicanti. Questo tipo di permeabilità è tipica dell'area nord-ovest del foglio, mentre, la permeabilità per fessurazione è tipica delle rocce fessurate le quali contengono generalmente pochi vuoti costituiti da fessure grandi e piccole che caratterizzano le calcareniti presenti nei pressi della disconnessione di Canosa.

A titolo indicativo, per le calcareniti e/o depositi sabbiosi affioranti sull'area, naturalmente permeabili per porosità e fessurazione è possibile associare una permeabilità medio-bassa.

Localmente, la presenza di depositi sabbioso-ciottoloso posti sopra delle argille permette a questi materiali porosi e permeabili di contenere dell'acqua nei pori inter granulari dando luogo a falde superficiali sostenuta dal letto argilloso sottostante; diversi sono i pozzi e le sorgenti cartografate nelle campagne canosine.

La superficie piezometrica della falda profonda invece si attesta alla profondità di circa 115 metri ossia a circa 15-20 metri di altitudine rispetto al livello del mare.

**Stralcio della carta dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della murgia
Da Piano di Tutela delle Acque**



Legenda

— isoplezica (m s.l.m.)

6 ANALISI DEI VINCOLI

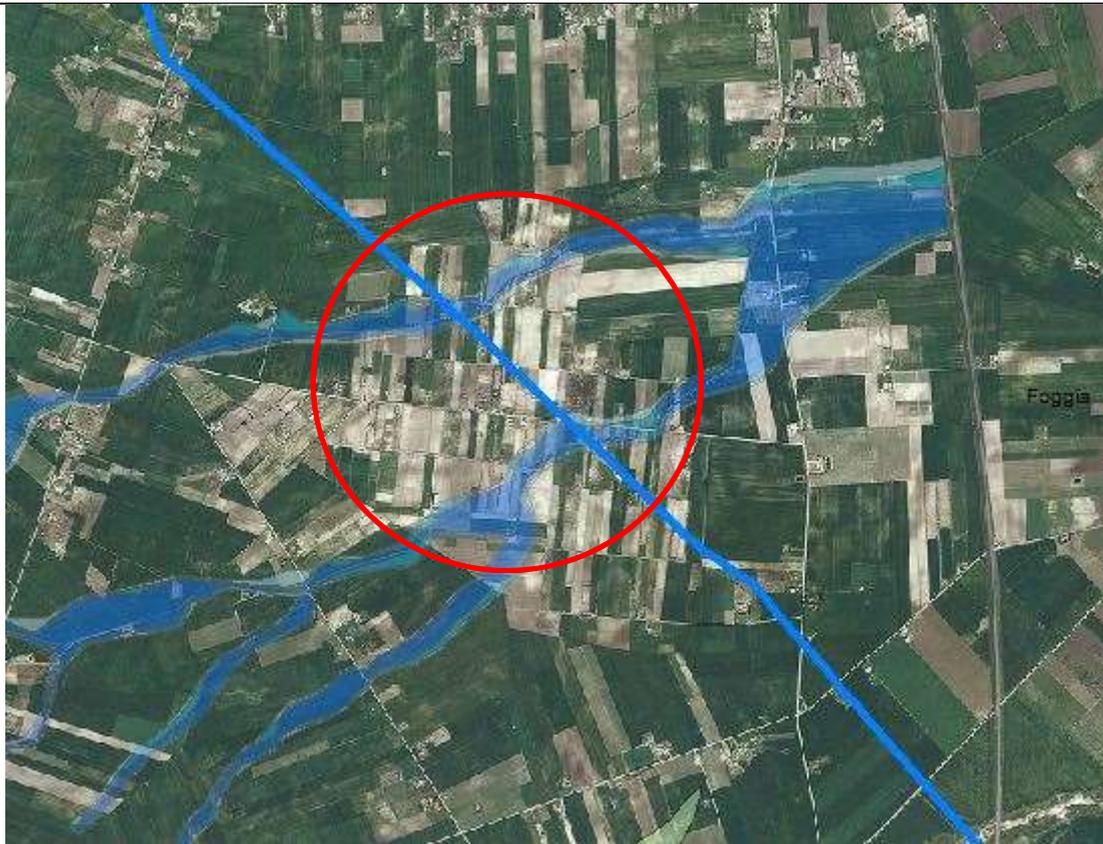
Ai fini della verifica della sussistenza di eventuali prescrizioni o di vincoli sulle aree oggetto dell'intervento, si è proceduto all'analisi comparata con la pianificazione tematica a livello regionale. Dalla consultazione del web-gis disponibile sul sito dell'Autorità di Bacino della Puglia, relativo al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), approvato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.39 del 30.11.2009, è stata verificata per l'area in esame l'assenza di perimetrazioni rispetto alle aree a rischio Idraulico e Geomorfologico.

6.1 Inquadramento dell'area rispetto alla vincolistica PAI

6.1.1 "Serbatoio di Foggia"

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio idrogeologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

Zona di Foggia



Pericolosità e Rischio

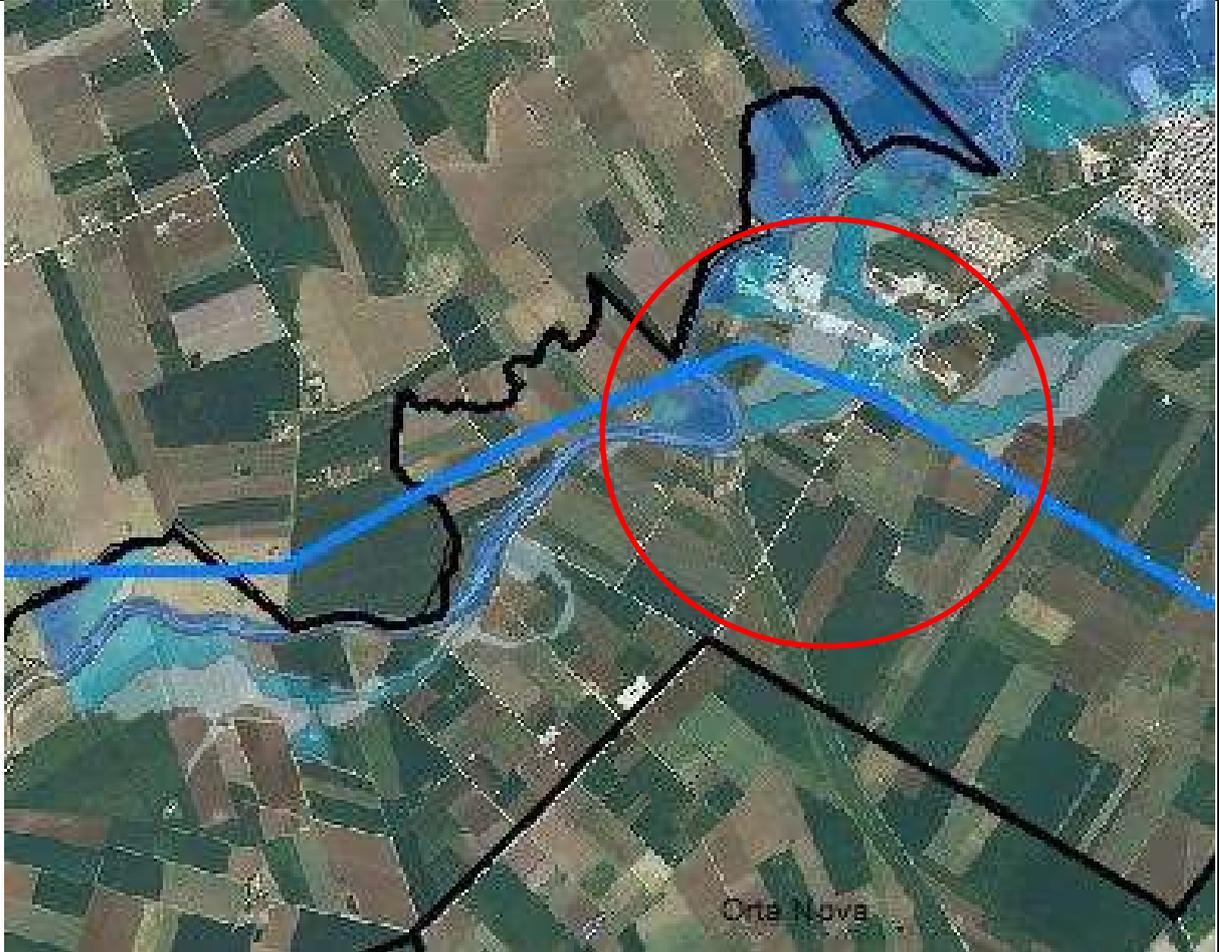
Peric. Idraulica

- bassa (BP)
- media (MP)
- alta (AP)

6.1.2 "Attraversamento fluviale"

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio idrogeologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

Zona "Attraversamento fluviale t.Carapelle"



Pericolosità e Rischio

Peric. Idraulica

-  bassa (BP)
-  media (MP)
-  alta (AP)

6.1.3 "Attraversamento fluviale Cervaro"

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio idrogeologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

Zona agro di Ortanova



Pericolosità e Rischio

Peric. Idraulica

 bassa (BP)

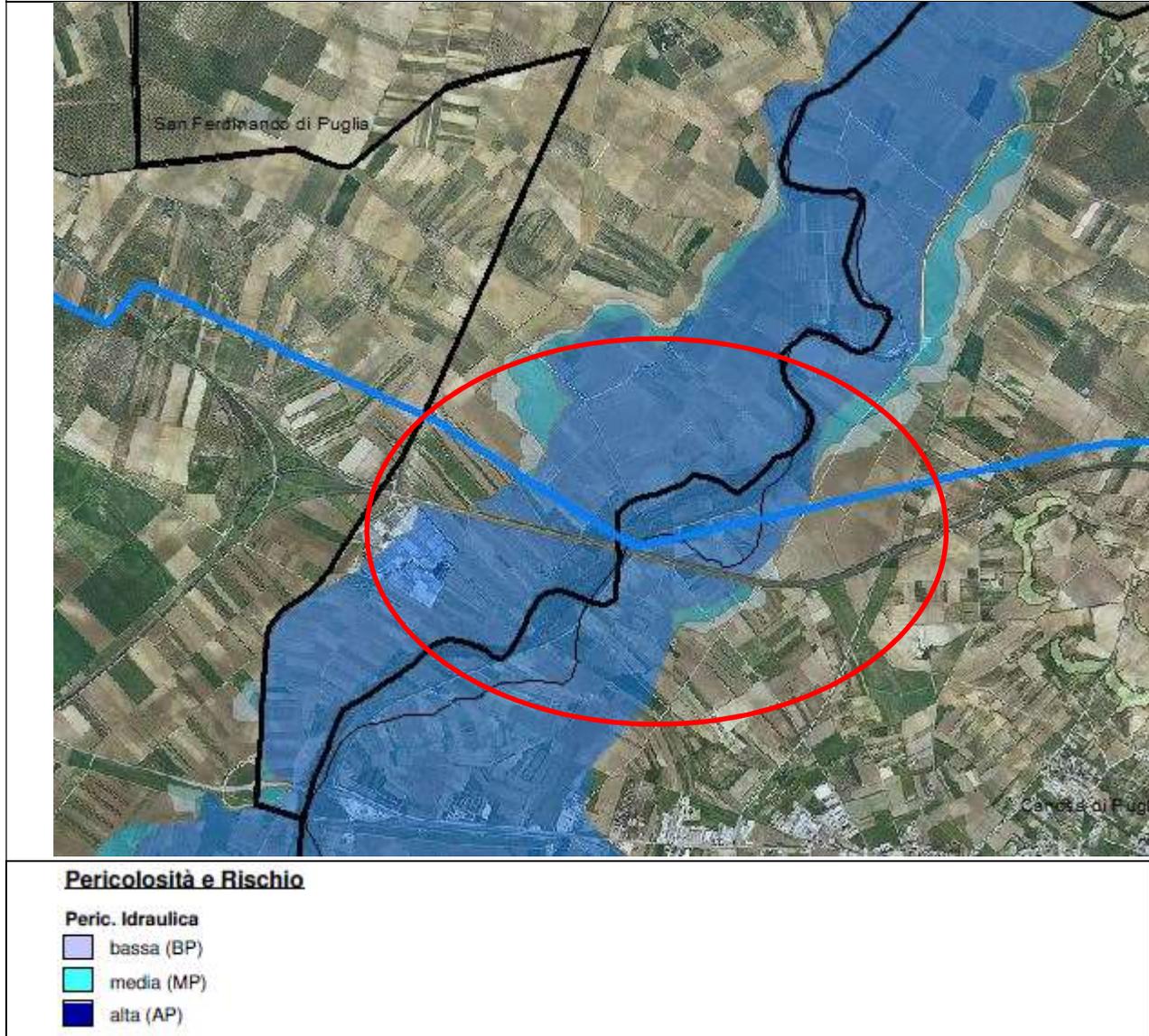
 media (MP)

 alta (AP)

6.1.4 "Attraversamento fluviale Torrente Carapelle"

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio idrogeologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

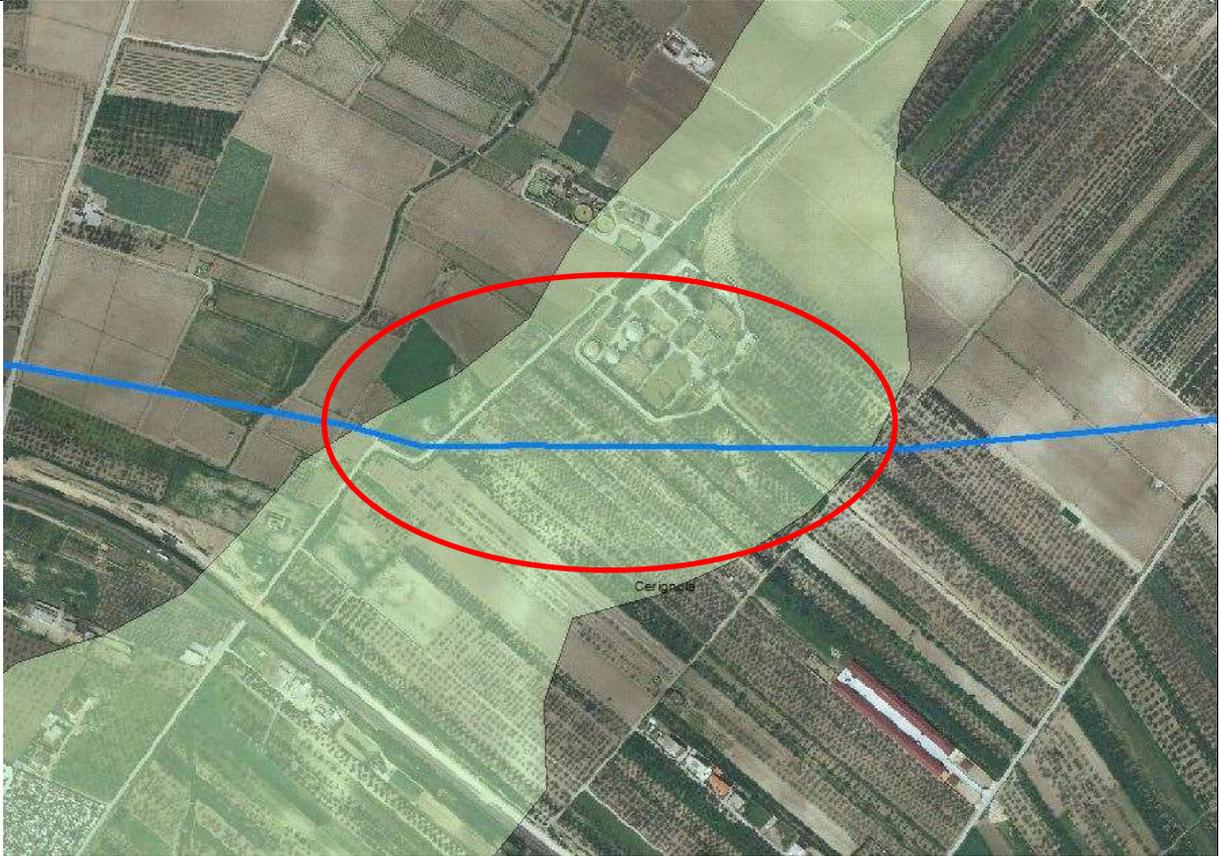
Zona "Attraversamento fluviale Ofanto"



6.1.5 "Area Cerignola Nord"

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio geomorfologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

Zona "Cerignola Nord"



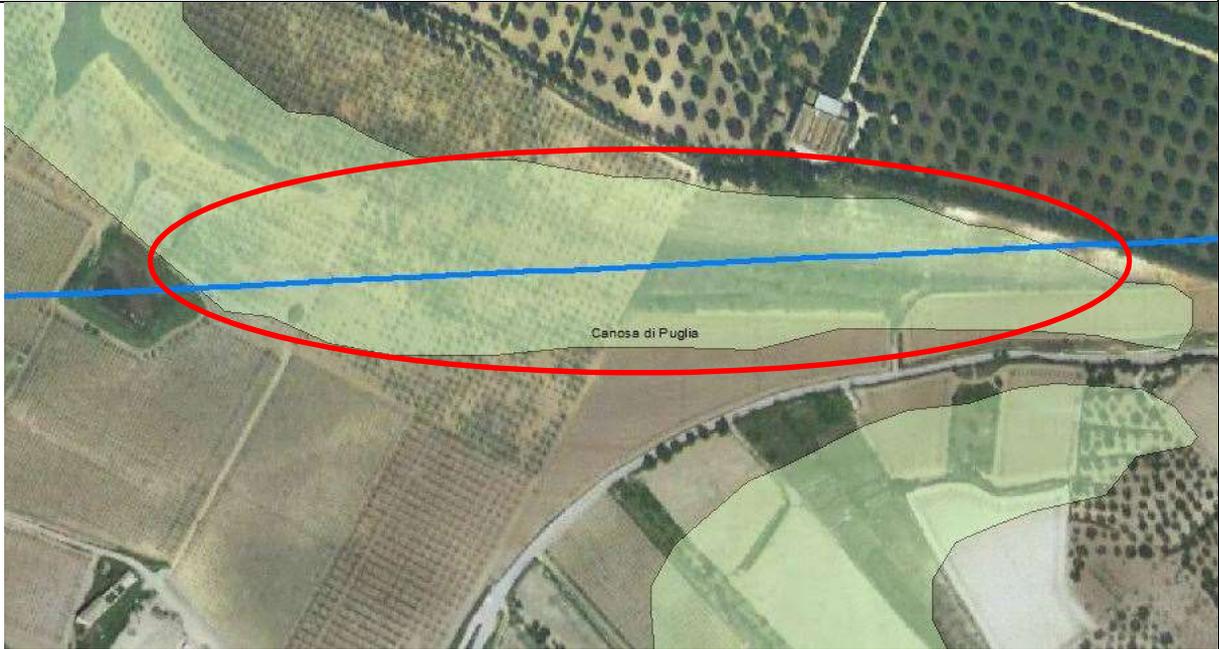
Pericolosità e rischio

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG2)
-  elevata (PG3)

6.1.6 “Disconnessione di Canosa”

Perimetrazioni PAI relative alle aree a rischio geomorfologico Fonte web-gis dell' Autorità di Bacino della Puglia.

Zona “Disconnessione di Canosa”



Pericolosità e rischio

-  media e moderata (PG1)
-  elevata (PG2)
-  elevata (PG3)

6.2 Considerazioni sulla vincolistica

Consultando il Piano Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Puglia le aree in esame sono state diversamente perimetrate.

La presenza dei vari attraversamenti fluviali fa sì che ci siano delle porzioni inondabili subito adiacenti ai corsi d'acqua.

Delle sei zone di indagini, quattro di esse risultano perimetrate all'interno della pericolosità idraulica alta ("Foggia", "Attraversamento fluviale Torrente Carapelle", "Agro Ortanova" e "Attraversamento fluviale Fiume Ofanto") e le altre non risultano perimetrate in nessun grado di pericolosità .

Due aree ("Zona Cerignola Sud" e "Disconnessione Canosa") risultano perimetrate in pericolosità geomorfologica (PG1).

Pertanto, le opere in progetto dovranno attenersi a quanto previsto nelle Norme Tecniche di Attuazione del PAI dell'AdB Puglia. In particolare, per le aree perimetrate in pericolosità geomorfologica PG1, secondo l'articolo 15 del PAI - Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), saranno osservati i seguenti commi:

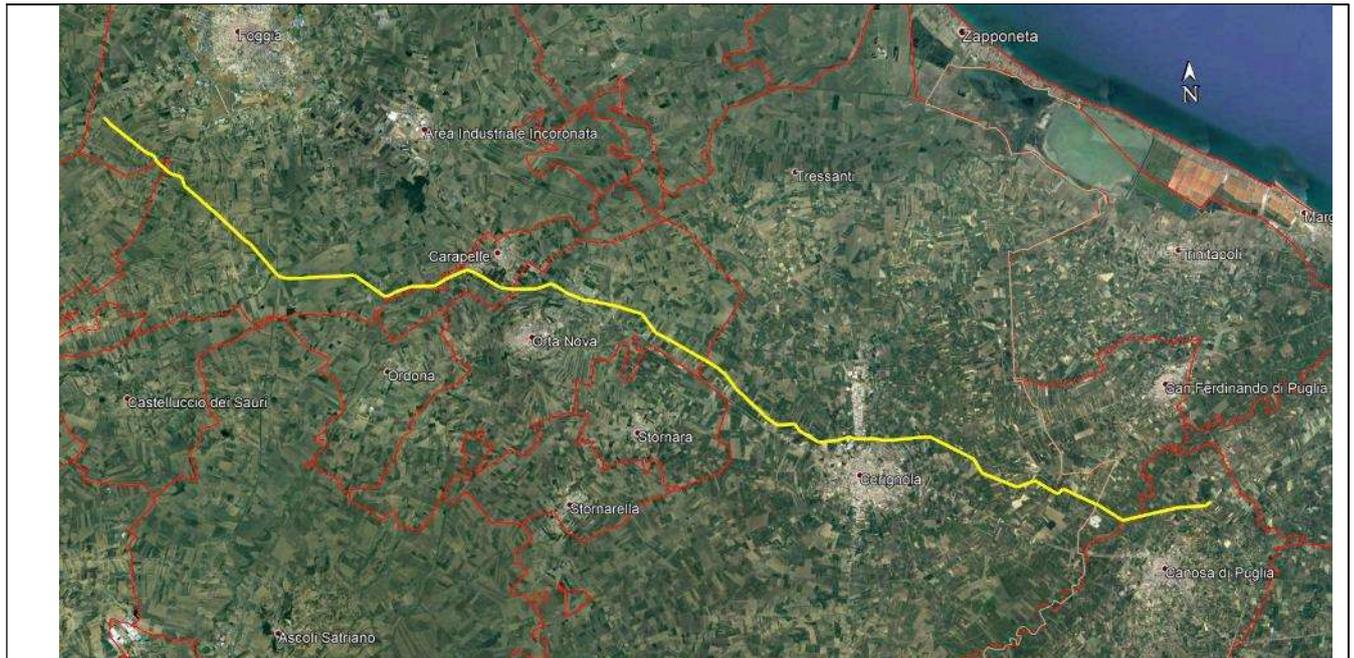
- 1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.*
- 2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1, l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.*
- 3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.*

Per i dettagli riguardanti l'esame della compatibilità geomorfologica dell'opera nei siti di interferenza con la perimetrazione PAI, si rimanda alla "Relazione di Compatibilità Geomorfologica" allegata alla presente relazione.

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Di seguito vengono riportati i risultati ottenuti dalle indagini dirette a carattere ambientale che ampiamente sono illustrate nella “Relazione sulle indagini geognostiche e ambientali” svolte nell’ambito della progettazione geologica e allegata al progetto.

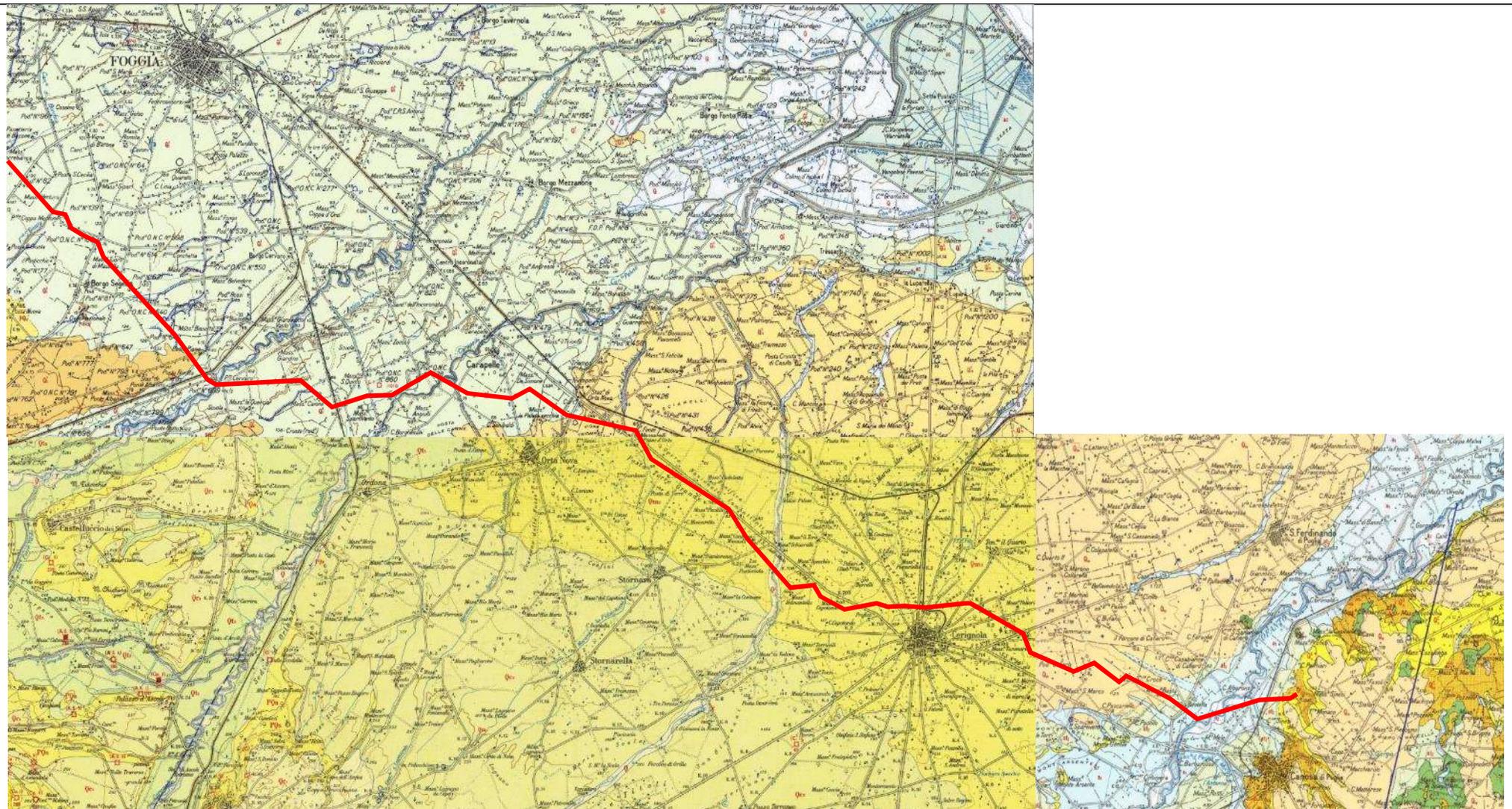
Nell’immagine seguente si riporta uno stralcio ortofoto con indicazione del tracciato di progetto della condotta (linea gialla) ricadente nei comuni citati (confini comunali in rosso).



Ubicazione su ortofoto dell’area in esame

Nel seguito si riportano gli stralci cartografici relativi alla carta Geologica d’Italia 1:100.000 e alla carta idrogeomorfologica della Regione Puglia, con la traccia della condotta di progetto.

Stralcio carta Geologica d'Italia 1:100'000 – Fogli 164 “Foggia”, 175 “Cerignola”, 176 “Barletta” con indicazione del tracciato di progetto





acquedotto
pugliese

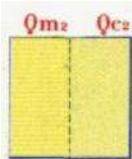
l'acqua, bene comune

LEGENDA

Tracciato della nuova condotta in progetto



Alluvioni terrazzate recenti, poco superiori agli alvei attuali, di ciottoli, sabbie e subordinatamente argille sabbiose. Talora con crostoni calcarei evaporitici.



Sabbie straterellate giallastre a volte pulverulente con intercalazioni argillose, ciottolose e concrezioni calcaree con molluschi litorali (*Pecten*, *Chlamys*) di facies marina (*Qm2*). Ciottolame incoerente, localmente cementato con ciottoli di medie e piccole dimensioni con intercalazioni sabbiose giallastre e con inclinazione costante verso Est (*Qc2*).



Depositi alluvionali attuali, prevalentemente ciottolosi. **OLOCENE.**



Depositi alluvionali recenti, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi bassi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi alluvionali terrosi e ciottolosi nei solchi erosivi ("lame") delle Murge. **OLOCENE - PLEISTOCENE.**



Depositi alluvionali terrazzati, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi medi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi ciottolosi e terrosi sui fianchi delle "lame" ad Ovest di Andria. **PLEISTOCENE.**



Depositi marini postcolebriani, a luoghi in terrazzi, costituiti da sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle o rossastre, con straterelli cementati, nonché da calcareniti grossolane con lamellibranchi di facies litorale; "Crosta" in superficie. **PLEISTOCENE.**



ARGILLE SUBAPPENNINE. Argille marnose, più o meno siltose grigio-azzurre o giallastre per alterazione con resti di Echini e Lamellibranchi (*Venus*, *Cardium*, *Pecten*). Microfauna con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Canceris auriculus* FICHTEL e MOLL., *Reussella spinulosa* (REUSS) *Planorbina mediterraneensis* D'ORB., *Spheroidina bulloides* D'ORB., *Elphidium* spp., ecc.; argille sabbiose al passaggio con le sovrastanti Q1. **CALABRIANO - PLEIOCENE SUP.?**



CALCARENITE DI GRAVINA. Calcareniti ("tufo") bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di Coralli, Echini, Ostreidi e Pettinidi; Microfauna con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Canceris auriculus*; FICHTEL e MOLL., *Astigerina planorbis* (D'ORB.), *Dorothia gibbosa* (D'ORB.), *Discorbis orbicularis* TERQUEM, *Elphidium* spp., *Cibicides* spp., ecc.; trasgressive su Q1. **CALABRIANO - PLEIOCENE SUP.?**

Stralcio cartografico con ubicazione del tracciato di progetto su carta idrogeomorfologica della Regione Puglia



LEGENDA

Tracciato della nuova condotta in progetto

Elementi Geostrutturali

Litologia substr.

-  Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
-  Unità a prevalente componente argillosa
-  Unità a prevalente componente siltoso-sabbiosa e/o arenitica
-  Unità a prevalente componente arenitica
-  Unità a prevalente componente ruditica
-  Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
-  Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
-  Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
-  Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

Tettonica

-  Faglia
-  Faglia presunta
-  Asse di anticlinale certo
-  Asse di anticlinale presunto
-  Asse di sinclinale certo
-  Asse di sinclinale presunto

Tettonica

-  Strati suborizzontali (<10°)
-  Strati poco inclinati (10°-45°)
-  Strati molto inclinati (45°-80°)
-  Strati subverticali (>80°)
-  Strati rovesciati
-  Strati contorti

Forme Carsiche

-  Doline
-  Grotte naturali
-  Orlo di depressione carsica

Forme di versante

Linee

-  Orlo di scarpata delimitante forme semispianate
-  Cresta affilata
-  Cresta smussata
-  Asse di displuvio
-  Nicchia di distacco

Poligoni

-  Corpo di frana
-  Cono di detrito
-  Area interessata da dissesto diffuso
-  Area a calanchi e forme similari

Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale

Corsi di acqua

-  Corso d'acqua
-  Corso d'acqua episodico
-  Corso d'acqua obliterato
-  Corso d'acqua tombato
-  Recapito finale di bacino endoreico
-  Sorgenti
-  Canali lagunari

Bacini Idrici

-  Lago naturale
-  Lago artificiale
-  Laguna costiera
-  Salina
-  Stagno, acquitrino, zona palustre

Forme di modellamento di corso d'acqua

Cigli e ripe

-  Ciglio di sponda
-  Ripa di erosione

Sono state eseguite una serie di indagini dirette e indirette lungo tutto il tracciato di progetto e soprattutto in corrispondenza di attraversamenti (strade, ferrovie, lame, fiumi, ecc...) e in corrispondenza di opere d'arte (pozzetti di derivazione verso i serbatoi da alimentare, pozzetti di scarico e sfiato, camere di misura, sfiati, torrini...).

La campagna indagini è consistita nell'esecuzione di:

INDAGINI GEOFISICHE

- **n. 12 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P** per la costruzione sismostratigrafica dei terreni, per singoli profili di lunghezza complessiva 75 m e con 24 geofoni distanti 3 m;
- **n. 12 prospezioni sismiche in onde S per il calcolo dei moduli dinamici e della $V_{s,eq}$** (NTC 2018), eseguiti con 24 picchetti a spaziatura di 3 m, lunghezza complessiva di 69 m;
- **n. 24 prospezioni geoelettriche** del tipo “**Dipolo Dipolo-Assiale**” e “**Polo-Dipolo**” a 24 elettrodi per la ricostruzione elettrostratigrafica di resistività, profili di lunghezza 69 m;
- **n. 12 prospezioni geoelettriche con profondità di indagine fino a 100 metri**, a 96 elettrodi e secondo le configurazioni “dipolo-dipolo assiale” e “polo-dipolo”.
- **N. 20 prove penetrometriche super pesanti** per la deduzione dei principali parametri geotecnici dei terreni sciolti superficiali

INDAGINI GEOGNOSTICHE

- **n. 12 perforazioni ad andamento verticale** eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di **15 m dal p.c.** e prelievo di n. 1 campione di terreno per ciascun sondaggio a profondità variabili;
- **n. 12 prove di permeabilità** eseguite in tutti i fori di sondaggio, per la determinazione del coefficiente di permeabilità specifico del sito;
- **installazioni di n.6 piezometri** entro i fori di sondaggio in cui è stata rinvenuta la falda o in cui sia stata accertata la presenza di una lente;
- compilazione di modulo stratigrafico per ciascun sondaggio contenente i dati di cantiere, le principali caratteristiche dei materiali attraversati e relativa documentazione fotografica;
- **prove di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica su n. 10 campioni indisturbati di terreno** contenuti in fustella metallica sigillata ed identificata.

INDAGINI AMBIENTALI

- **n. 122 perforazioni ad andamento verticale** eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di **5 m dal p.c.** e prelievo per ciascun sondaggio di n. 3 campioni di terreno ed un campione di acqua di falda (dove presente);
- compilazione di modulo stratigrafico per ciascun sondaggio contenente i dati di cantiere, le principali caratteristiche dei materiali attraversati e relativa documentazione fotografica;
- **analisi chimiche di laboratorio sui campioni di materiale da scavo** ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i finalizzata alla determinazione del set minimale (come da Allegato 4 del D.P.R. 120/2017);
- **test di cessione** e analisi dell'eluato su campioni di materiali di riporto e quantificazione dei materiali di origine antropica presenti all'interno del riporto ai sensi dell'All. 10 del D.P.R. 120/2017.

Inoltre sono stati messi a disposizione i risultati di un'altra campagna di indagine svolta nel 2016 per conto dell'Acquedotto Pugliese, nell'ambito del medesimo appalto come "Indagine di mercato per indagini geognostiche", con affidamento di incarico del 16/11/2016.

In tale appalto furono eseguite le seguenti indagini a carattere geofisico:

- **n. 14 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P;**
- **n. 8 prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW;**
- **n. 14 prospezioni geoelettriche** del tipo "Polo-Dipolo" e "Wenner"

Tali indagini risultano ubicate in corrispondenza dei serbatoi di Foggia e di Canosa di Puglia, a ridosso dei fiumi Cervaro, Carapelle Ofanto e del Canale Olive (corso d'acqua episodico).

Pertanto in questa specifica campagna si è ritenuto opportuno ubicare le ulteriori indagini in aree prossime alle precedenti, anche al fine di investigare nuove zone e individuare eventuali cambiamenti e/o passaggi stratigrafici locali.

Infine, poiché il territorio in esame è caratterizzato da terreni sabbioso-arenacei e sabbioso-limosi e dalla probabile presenza di una falda superficiale è stato sottoposto alla verifica alla liquefazione dei terreni, secondo la metodologia di calcolo di Andrus e Stokoe (1997) per la valutazione del potenziale di liquefazione dalle prove sismiche a rifrazione (cfr. cap.12).

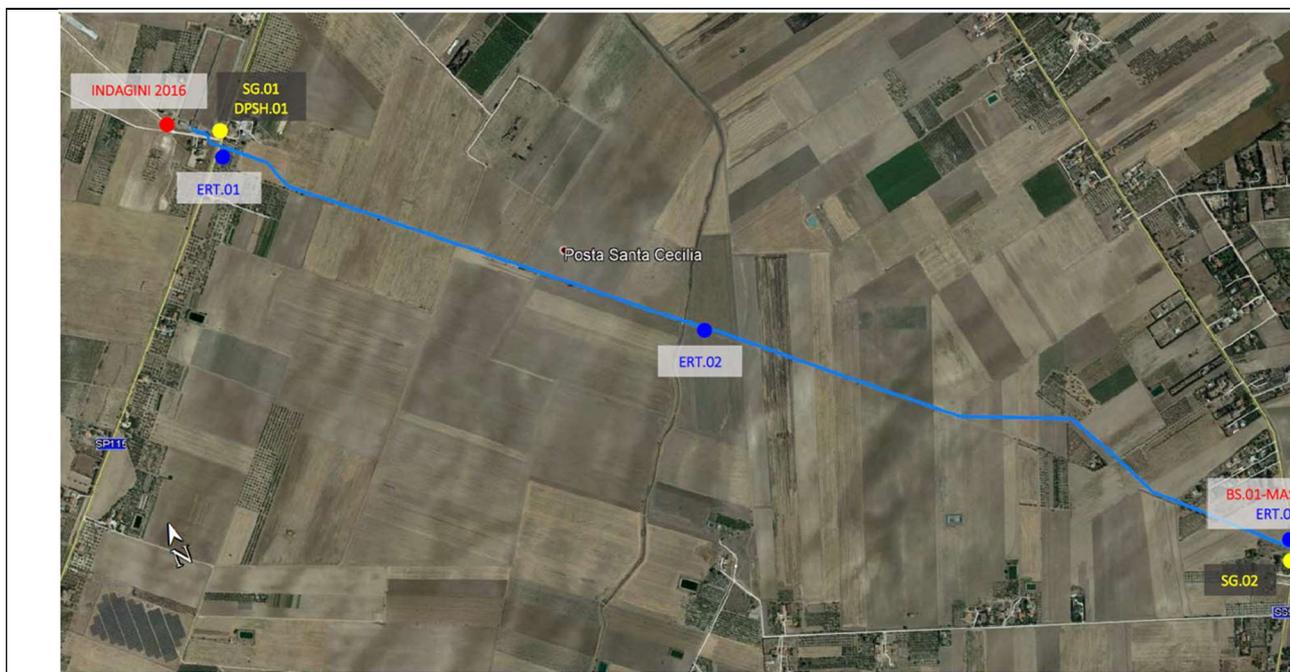
Data la lunghezza dell'area in esame e la complessità delle indagini effettuate, si è ritenuto opportuno suddividere l'intero tracciato (lungo circa 61 km) in n. 10 zone focalizzate nelle aree di indagine, al fine di rendere un modello geologico e geotecnico e al contempo consentire una più facile consultazione dei dati di indagine, così come segue:

ZONA	PUNTI DI RIFERIMENTO	PICCHETTI PROGETTO
ZONA 01	Torrino di Foggia – Strada Statale n. 90	da 1060 a 1025
ZONA 02	Tratturo Castelluccio – Canale Capitanata	da 1015 a 993
ZONA 03	Canale Olive	da 986 a 982
ZONA 04	Strada Provinciale n. 105 – Strada Provinciale n. 86	da 967 a 894
ZONA 05	Fiume Carapelle	da 883 a 852
ZONA 06	Strada Provinciale n. 79 – Strada Statale n. 16 (S.P. 80)	da 844 a 724
ZONA 07	Tratturello la Ficora – Strada Provinciale n. 62	da 709 a 422
ZONA 08	Strada Statale n. 16 – Strada Provinciale n. 64	da 377 a 190
ZONA 09	Fiume Ofanto	da 163 a 127
ZONA 10	Strada Provinciale n. 3 – Serbatoio di Canosa di Puglia	da 105 a 1

Per ogni dettaglio e specifica riguardo la caratterizzazione locale e particolareggiata del modello geologico, si rimanda alla relazione sulle indagini geognostiche allegata al progetto, dalla quale i progettisti, se necessario, possono attingere per valutare scelte puntuali.

7.1 RISULTATI INDAGINI ZONA 01

La zona 01 si estende per 4 km dal Serbatoio di Foggia (Picchetto 1060) alla Strada Statale n. 90 (Picchetto 1025).



Stralcio ortofoto della zona 01 con ubicazione delle indagini

Presso il Serbatoio di Foggia è stata eseguita una campagna di indagini consistente in:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc;
- ❖ n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante;
- ❖ n. 3 prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi, secondo le configurazioni “Dipolo □ Dipolo” e “Wenner”, di cui due eseguite nel 2016 ed una nella campagna recente;
- ❖ n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P, eseguite nel 2016;
- ❖ n. 2 prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW, eseguite nel 2016.

Stratigrafia del sondaggio SG01-TRS.001

Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO			Regione:		PUGLIA						
Imprese esecutrici indagini: ApoGeo APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassiriya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE			Comune:		FOGGIA						
			Foglio CTR:		408141						
			Attraversamento:		S.P.115 - Serb. Foggia						
			COORD. (UTM33 WGS84):		X: 539114 E Y: 4596137 N Z: 123 m.s.l.m.						
			Metodo perforaz:		Carotaggio continuo Ø101mm						
			Rivestimento foro: SI		Doppio carotiere: NO						
			Data		01/04/2019						
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANISSE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		1.60	Materiale di riporto	90		MEDIA				 C1 0.1-0.3m	
2		7.90	Conglomerato in matrice sabbiosa di colore marroncino chiaro con ciottoli polimerici. Da 6,40 m di profondità la matrice è sabbioso-limosa	85		BASSA				 C2 2.4-2.6m	
3											
4											
5											
6											
7		2.00	Sabbia limosa di colore marrone	100		BASSA	11.0m	ASCIUTTO	6m		
8											
9											
10											
11		3.50	Sabbia argillosa di colore grigio-marrone	100		BASSA		SATURO UMIDO			 C.I. 10.5-11.0m
12											
13											
14											
15											

FONDO FORO 15 m

NOTE
Rivestimento del foro con 6.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiusino
Prova di assorbimento: 0,9 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	10,5 ÷ 11,0 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 20,87 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 21,06 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,568$
Coesione	$c = 0,57 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 20,29^\circ$
Modulo edometrico	$E = 66,67 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 1,68 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 3,77$

Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.01** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 3,0 m di terreno in funzione del numero di colpi:

- Da 0,0 a 1,6 m: terreno moderatamente addensato
- Da 1,6 a 2,2 m: terreno addensato
- Da 2,2 a 3,0 m: terreno molto addensato

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 01	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.82	2.84	4.29
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	37.67	74.04	94.36
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	23.49	32.03	38.15
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	136.05	285.55	392.70
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	73.26	252.66	381.24
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatamente addensato	Addensato	Molto addensato
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.80	2.21	2.32
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.93	2.12	2.18
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.33	0.27	0.23
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	683.01	2186.93	3219.42
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	2.57	7.15	10.76
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	24.42	84.22	127.08

Dall'elaborazione delle **prospezioni geoelettriche** del 2016 e dalla recente **ERT.01** è emerso un modello di resistività del sottosuolo principalmente resistivo correlabile a depositi sabbiosi ciottolosi, a luoghi argillosi, con zone umide e/o sature a partire dai 15÷20 m di profondità.

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P** del 2016 è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 378\div 412$ m/s e valori $V_s = 140\div 150$ m/s
- Da 1,0 a 5,0 m: deposito sabbioso-ciottoloso poco addensato, valori $V_p = 622\div 765$ m/s e valori $V_s = 244\div 300$ m/s
- Da 5,0 a 18,0 m: deposito sabbioso-ciottoloso ben addensato, valori $V_p = 1964\div 2000$ m/s e valori $V_s = 780\div 792$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW** del 2016 è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 448 e 591 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

In prossimità del Canale Santa Giusta in agro di Foggia, in direzione perpendicolare ad esso, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi (ERT.02)**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da alternanza di strati resistivi correlabili a depositi sabbiosi-ciottolosi mediamente addensati e strati maggiormente conduttivi correlabili a depositi prevalentemente limosi e con probabile presenza di circolazione idrica (tra le profondità 7.0 ÷ 10.0 m).

In prossimità della Strada Statale n. 90, in agro di Troia, sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità;
- ❖ n. 1 prospezione geoelettrica a 24 elettrodi, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”;
- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P;
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW.

Stratigrafia del sondaggio SG02-TRS.009

 Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - II Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Regione:	PUGLIA								
		Comune:	TROIA								
		Foglio CTR:	408153								
		Attraversamento:	S.S. 90								
		COORD. (UTM33 WGS84):	X: 541926 E Y: 4583689 N Z: 125 m.s.l.m.								
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA)		Metodo perforaz:	Carotaggio continuo Ø101mm								
 FiumanoToma Trivellazioni S.r.l.		Rivestimento foro: SI	Doppio carotiere: NO								
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		Data	02/04/2019								
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
		0.40	Terreno vegetale	85							
1		0.60	Sabbia fine e ghiaia di piccole dimensioni	90		MEDIA				C1 0.1-0.3m	
2		3.10	Sabbia limosa di colore dal marroncino al beige	100		BASSA				C2 2.3-2.6m	
3		0.60	Sabbia ciottolosa di colore marroncino	90		MEDIA				C.I. 3.5-4.0m	
4		3.00	Limo sabbioso di colore marroncino	100		BASSA	ASSENTE			C3 4.8-5.0m	
5		0.20	Inclusioni ciottolose in matrice sabbioso-limosa	80		MEDIA					
6		0.50	Limo sabbioso di colore marroncino	100		MEDIA					
7		3.60	Conglomerato in matrice sabbiosa di colore marroncino chiaro con ciottoli polimetrici.	85		MEDIA					
8		2.10	Sabbia limosa di colore marroncino chiaro	100		BASSA					
9		0.90	Sabbia poco addensata di colore ocreo debolmente limosa	85		MEDIA					
10											
11											
12											
13											
14											
15											

FONDO FORO 15 m

NOTE

Rivestimento del foro con 6.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Prova di assorbimento: 1,1 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	3,5 ÷ 4,0 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 20,28 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 21,17 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,520$
Coesione	$c = 0,39 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 26,62^\circ$
Modulo edometrico	$E = 84,04 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 4,01 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 0,62$

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica (ERT.03)** è emerso un modello di resistività del sottosuolo maggiormente resistivo correlabile a depositi sabbiosi limosi addensati e a luoghi ciottolosi, fino a profondità variabili tra 6 e 10 m; seguiti da depositi limoso-sabbiosi consistenti che determinano una maggiore conduttività al sottosuolo.

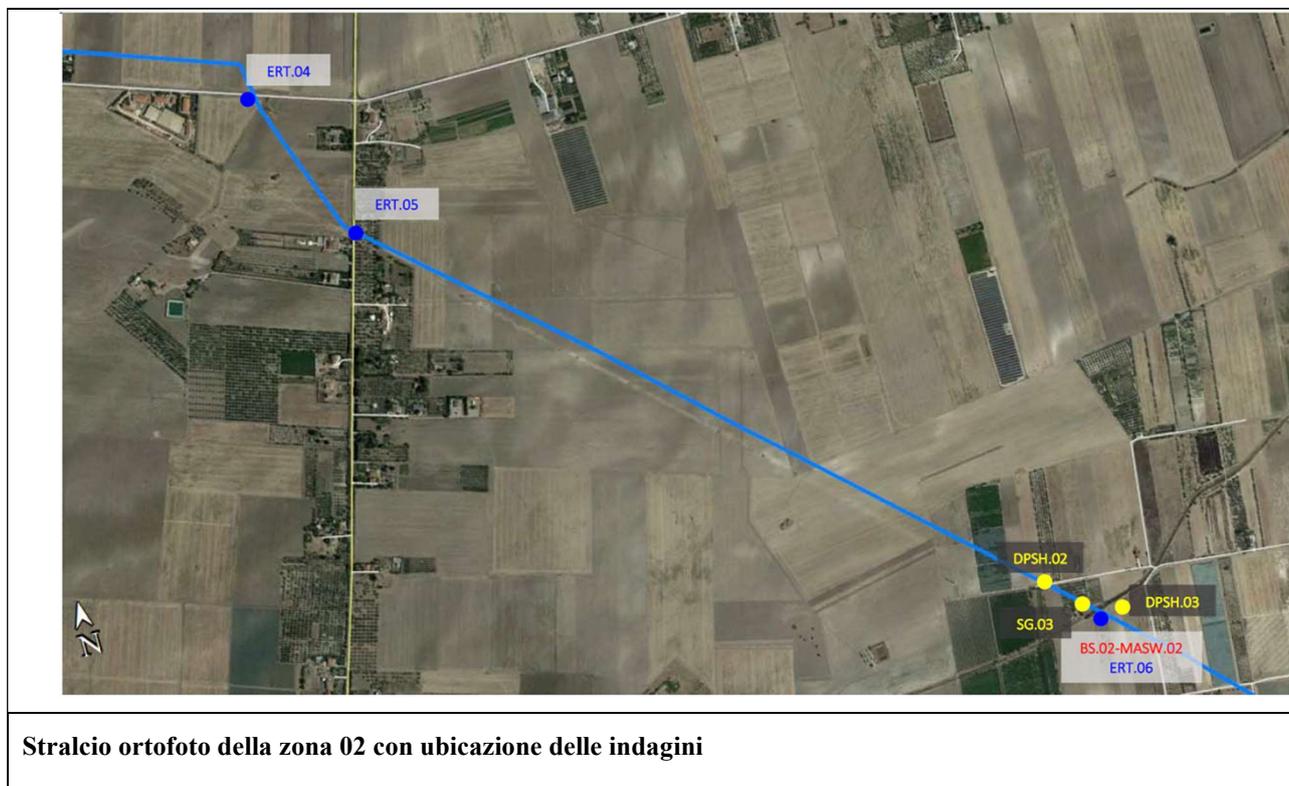
Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde P (BS.01)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,8 m: copertura vegetale a matrice sabbiosa-limosa poco addensata, valori $V_p = 620 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 267 \text{ m/s}$
- Da 1,8 a 3,0 m: deposito sabbioso-limoso addensato, valori $V_p = 1138 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 510 \text{ m/s}$
- Da 3,0 a 12,0 m: deposito limoso sabbioso consistente con inclusioni ciottolose, valori $V_p = 1887 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 630 \text{ m/s}$

Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde S con metodologia MASW (MASW.01)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 603 e 633 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "B" (rif. NTC 2018).

7.2 RISULTATI INDAGINI ZONA 02

La zona 02 si estende per 2,5 km dal Tratturo Castelluccio (Picchetto 1015) al Canale Capitanata (Picchetto 993).



In prossimità del Tratturo Castelluccio in agro di Foggia, in direzione perpendicolare e parallela ad esso, sono state eseguite due **prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi (ERT.04 e ERT.05)**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da alternanza di strati resistivi correlabili a depositi sabbiosi-ciottolosi a luoghi argillosi che ne connotano il carattere più conduttivo; alternati a zone maggiormente resistive correlabili a depositi sabbioso ciottolosi mediamente addensati.

In prossimità del Canale Capitanata in agro di Foggia sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità;
- ❖ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- ❖ n. 1 prospezione geoelettrica a 24 elettrodi, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”;
- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P;
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW.

Stratigrafia del sondaggio SG03-TRS.016

 <p>Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO</p>			<p>Regione: PUGLIA</p> <p>Comune: FOGGIA</p> <p>Foglio CTR: 421034</p> <p>Attraversamento: Canale Capitanata</p> <p>COORD. (UTM33 WGS84): X: 544392 E Y: 4581479 N Z: 112 m.s.l.m.</p>								
<p>Imprese esecutrici indagini:</p>  <p>APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA)</p>  <p>Fiumano Toma Trivellazioni S.r.l.</p>  <p>FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)</p>			<p>Metodo perforaz: Carotaggio continuo ϕ101mm</p> <p>Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO</p> <p>Data: 03/04/2019</p>								
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		0.90	Terreno vegetale compatto	95		BASSA				C1 0.0-0.2m	
2		3.90	Sabbia limosa addensata di colore marrone	100		BASSA		ASCIUTTO		C2 2.5-2.7m	
3											
4											
5		0.70	Sabbia limosa debolmente addensata di colore marrone	85		BASSA	4.7m	UMIDO		C3 4.8-5.0m	C.I. 4.0-4.5m
6		9.50	Limo sabbioso di colore ocreo tendente al giallastro	100		BASSA		SATURO			
7											
8											
9											
10											
11											
12											
13											
14											
15											

FONDO FORO 15 m

NOTE
Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
Prova di assorbimento: 0,8 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	4,0 ÷ 4,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 19,04$ kN/mc
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 19,19$ kN/mc
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,862$
Coesione	$c = 0,56$ kg/cmq
Angolo di attrito	$\phi = 19,19^\circ$
Modulo edometrico	$E = 51,07$ MPa
Coesione non drenata	$c_u = 1,51$ kg/cmq
Rapporto di sovraconsolidazione	OCR = 8,24

Dall'elaborazione delle **prove penetrometriche dinamiche superpesanti** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 5,0 m di terreno in funzione del numero di colpi.

Nel punto di indagine DPSH 02 si è ottenuto:

- Da 0,0 a 0,8 m: terreno moderatamente addensato
- Da 0,8 a 1,6 m: terreno addensato
- Da 1,6 a 5,0 m: terreno moderatamente addensato

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 02	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	1.04	2.39	1.26
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	43.77	68.5	49.19
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	24.41	30.1	25.33
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	152.10	251.70	168.30
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	92.52	212.04	111.9
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Moderatamente addensato</i>	<i>Addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.89	2.18	1.97
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.95	2.08	1.97
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.32	0.28	0.32
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	850.58	1854.74	1017.58
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	3.21	6.31	3.81
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	30.84	70.68	37.32

Nel punto di indagine DPSH 03 si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,8 m: terreno moderatamente consistente
- Da 1,8 a 3,2 m: terreno consistente
- Da 3,2 a 5,0 m: terreno moderatamente consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 03	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.45	0.83	0.29
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	26.44	37.73	19.98
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	22.05	23.5	21.34
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	71.90	122.40	46.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	75.13	126.63	49.53
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatamente consistente	Consistente	Moderatamente consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.87	2.02	1.74
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.90	2.22	1.88
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.34	0.33	0.34
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	415.18	684.59	277.30
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	1.49	2.57	0.91
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	14.38	24.48	9.36

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica ERT.06** è emerso un modello di resistività del sottosuolo principalmente conduttivo correlabile a depositi limoso-sabbiosi poco addensati con circolazione idrica già a partire dai 4 m di profondità.

Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde P (BS.02)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale compatta e dep. Sabbioso limoso poco addensato, valori $V_p = 473$ m/s e valori $V_s = 190$ m/s
- Da 2,0 a 5,5 m: deposito sabbioso limoso da poco a mediamente addensato, valori $V_p = 604$ m/s e valori $V_s = 261$ m/s

- Da 5,5 a 14,0 m: deposito limoso sabbioso mediamente consistente, valori $V_p = 1190$ m/s e valori $V_s = 354$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.02)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 332 e 338 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "**C**" (rif. NTC 2018).

7.3 RISULTATI INDAGINI ZONA 03

La zona 03 si estende a ridosso del Canale Olive in agro di Foggia (Picchetti 986+ 982).



Stralcio ortofoto della zona 03 con ubicazione delle indagini

Nell'area è stata eseguita una campagna di indagini indirette consistente in:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità;
- ❖ n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti **DPSH.04** e **DPSH.05**;
- ❖ n. 2 prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi, secondo le configurazioni "Dipolo □ Dipolo" e "Wenner", eseguite nel 2016;
- ❖ n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P, eseguita nel 2016;
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW, eseguita nel 2016.

Stratigrafia del sondaggio SG04

Acquedotto Pugliese S.p.A.		Regione:		PUGLIA							
"Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - II Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292		Comune:		FOGGIA							
R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI		Foglio CTR:		421034							
GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Attraversamento:		Canale Olive							
Imprese esecutrici indagini:		COORD. (UTM33 WGS84):		X: 545123 E Y: 4580787 N Z: 107 m.s.l.m.							
ApoGeo APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Allamura (BA)		Fiumano Toma TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)		Metodo perforaz: Carotaggio continuo Ø101mm							
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		Rivestimento foro: SI		Doppio carotiere: NO							
		Data		03/04/2019							
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		1.20	Terreno vegetale	95							
2		1.30	Limo sabbioso mediamente consistente	95		BASSA					
3		2.40	Sabbia cementata di colore marroncino chiaro con ciottoli polimerici	95		BASSA					
4											
5											
6							ASSENTE				
7				100				ASCIUTTO			
8									6m		
9											
10		10.10	Sabbia limosa addensata di colore marroncino-ocraceo			BASSA					
11											
12				90							
13											
14				100							
15											

FONDO FORO 15 m

NOTE
Rivestimento del foro con 6.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
Prova di assorbimento: 0,01 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	5,0 ÷ 5,4 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 19,09$ kN/mc
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 20,38$ kN/mc
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,615$
Coesione	$c = 0,02$ kg/cm ^q
Angolo di attrito	$\phi = 42,06^\circ$
Modulo edometrico	$E = 83,33$ MPa
Coesione non drenata	$c_u = 2,12$ kg/cm ^q
Rapporto di sovraconsolidazione	OCR = 11,06

Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.04** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 5,0 m di terreno in funzione del numero di colpi. La divisione in tre strati da 0,0 a 0,8 m, da 0,8 a 2,2 m e da 2,2 a 5,0 m, definisce comunque un terreno moderatamente addensato con piccole oscillazioni nei valori geotecnici ottenuti mediante correlazioni empiriche:

DPSH 04	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm ²)	Terzaghi- Peck	0.99	1.60	1.12
Densità relativa Dr (%)	Skempton 1986	42.4	56.24	45.73
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	24.19	26.75	24.73
Modulo di Young E_y (Kg/cm ²)	Bowles (1982)	148.30	193.15	157.70
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm ²)	Buisman-Sanglera	87.96	141.78	99.24
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatamente addensato	Moderatamente addensato	Moderatamente addensato
Peso unità di volume γ (t/m ³)	Meyerhof ed altri	1.87	2.06	1.92
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m ³)	Meyerhof	1.95	2.00	1.96
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.33	0.31	0.32
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm ²)	Ohsaki	811.11	1270.48	908.52
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	3.06	4.66	3.42
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm ²)	Robertson 1983	29.32	47.26	33.08



Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione Secondo Lotto: condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia" I Stralcio funzionale – Progetto definitivo

Relazione Geologica

Pagina 64 di 230

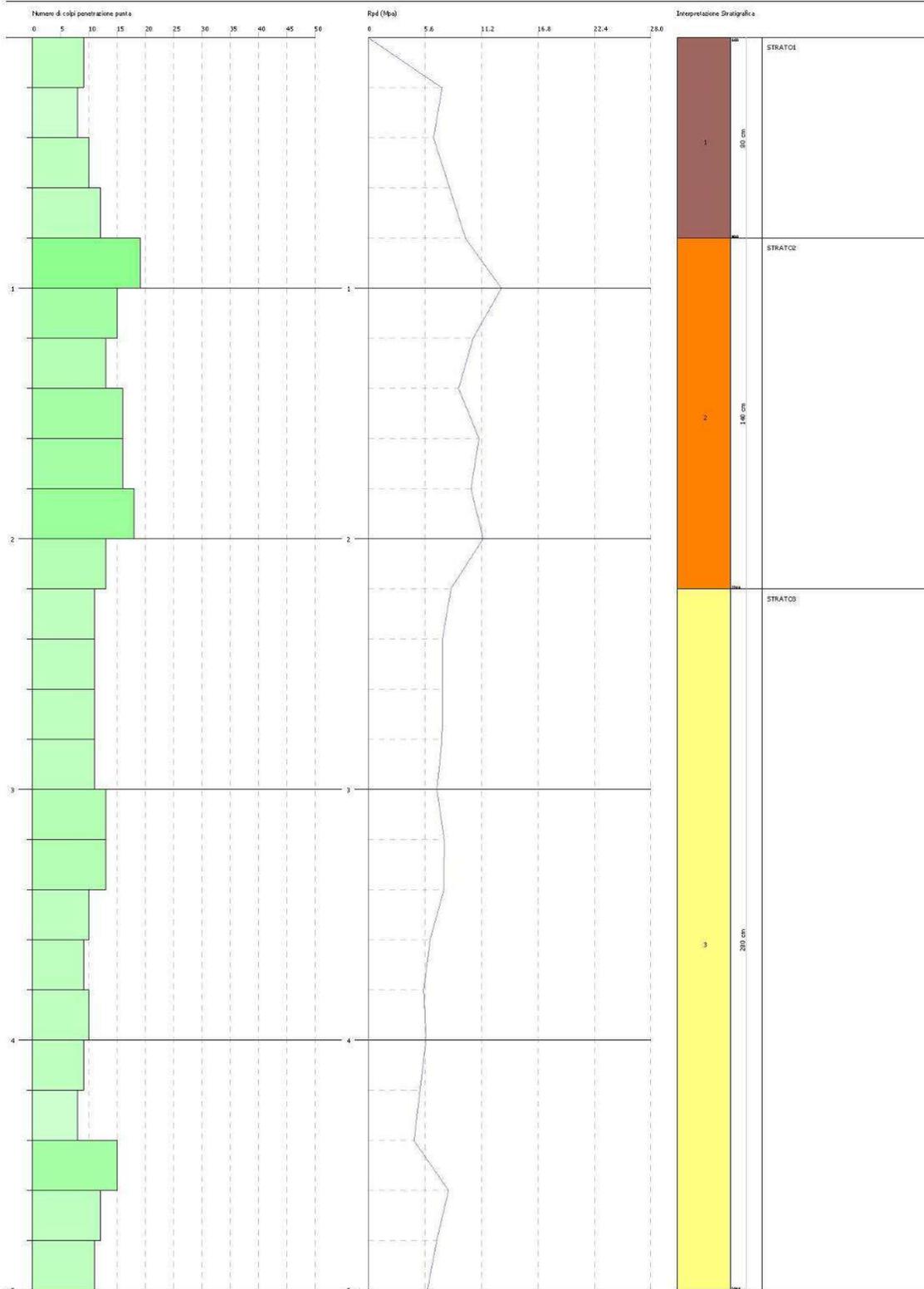
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH-04
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: AQP
Descrizione:
Località: FOGGIA

Data: 21/03/2019

Scala: 1:20



Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.05** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 3,0 m di terreno in funzione del numero di colpi. La divisione in tre strati da 0,0 a 0,4 m, da 0,4 a 2,0 m e da 2,0 a 3,0 m, definisce comunque un terreno moderatamente addensato con piccole oscillazioni nei valori geotecnici ottenuti mediante correlazioni empiriche:

DPSH 05	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	1.02	1.24	3.17
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	43.09	48.81	77.84
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	24.3	25.26	33.41
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	150.20	167.10	309.60
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	90.24	110.52	281.52
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Moderatamente addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>	<i>Moderatamente addensato</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.88	1.96	2.23
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.95	1.97	2.15
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.32	0.32	0.26
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	830.86	1005.28	2420.97
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	3.13	3.77	7.76
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	30.08	36.84	93.84

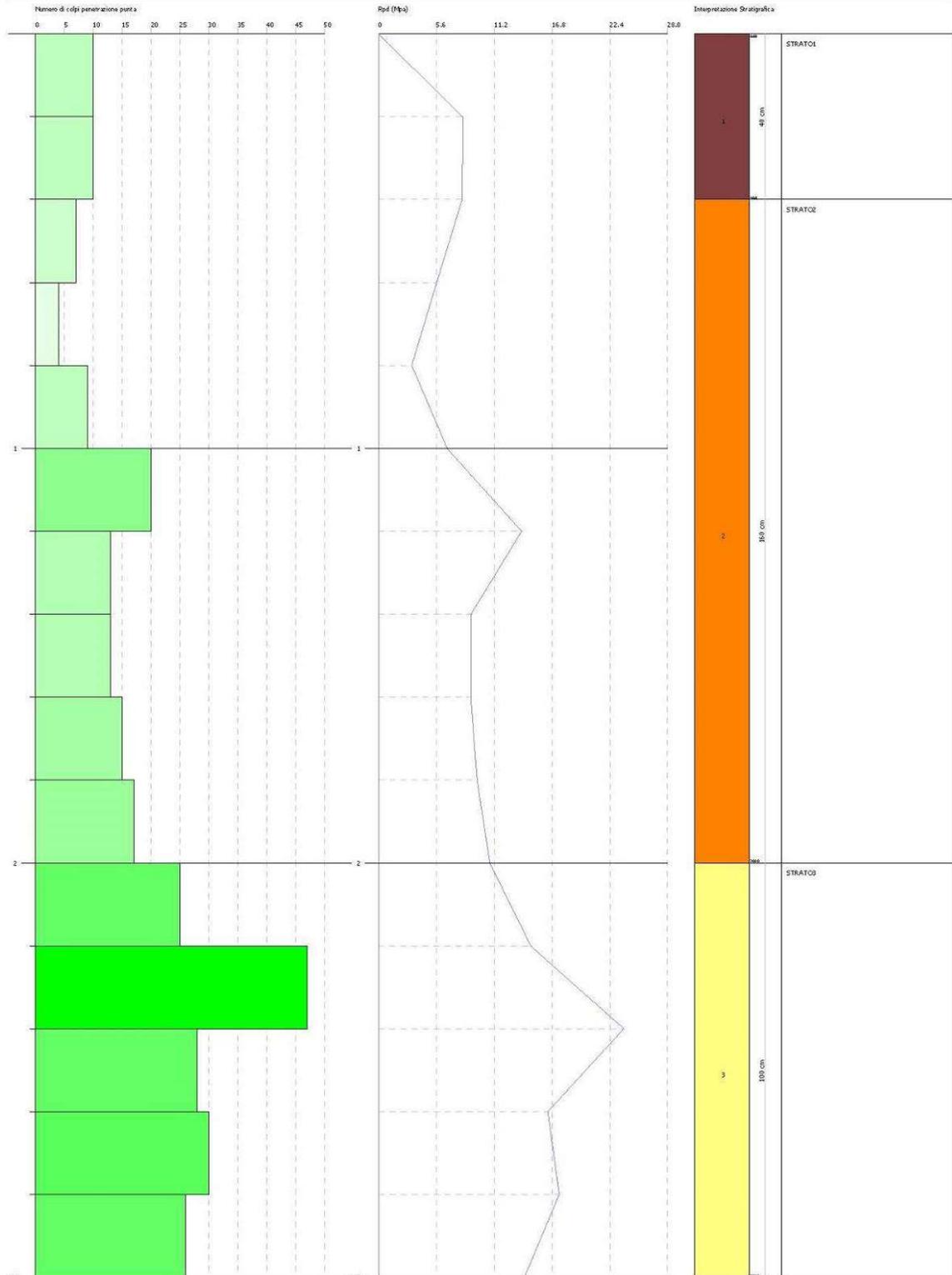
GEOSTRU
CHANGE FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPARE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH05
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Comittente: AQF
Descrizione:
Località: FOGGIA

Data: 21/05/2019

Scala: 1:13



Dall'elaborazione delle **prospezioni geoelettriche** del 2016 è emerso un modello di resistività del sottosuolo caratterizzato da un'alternanza di strati resistivi correlabili a depositi sabbioso-argillosi (soprattutto a partire dai 15 metri di profondità), a zone maggiormente resistive correlabili a depositi sabbioso-ciottolosi.

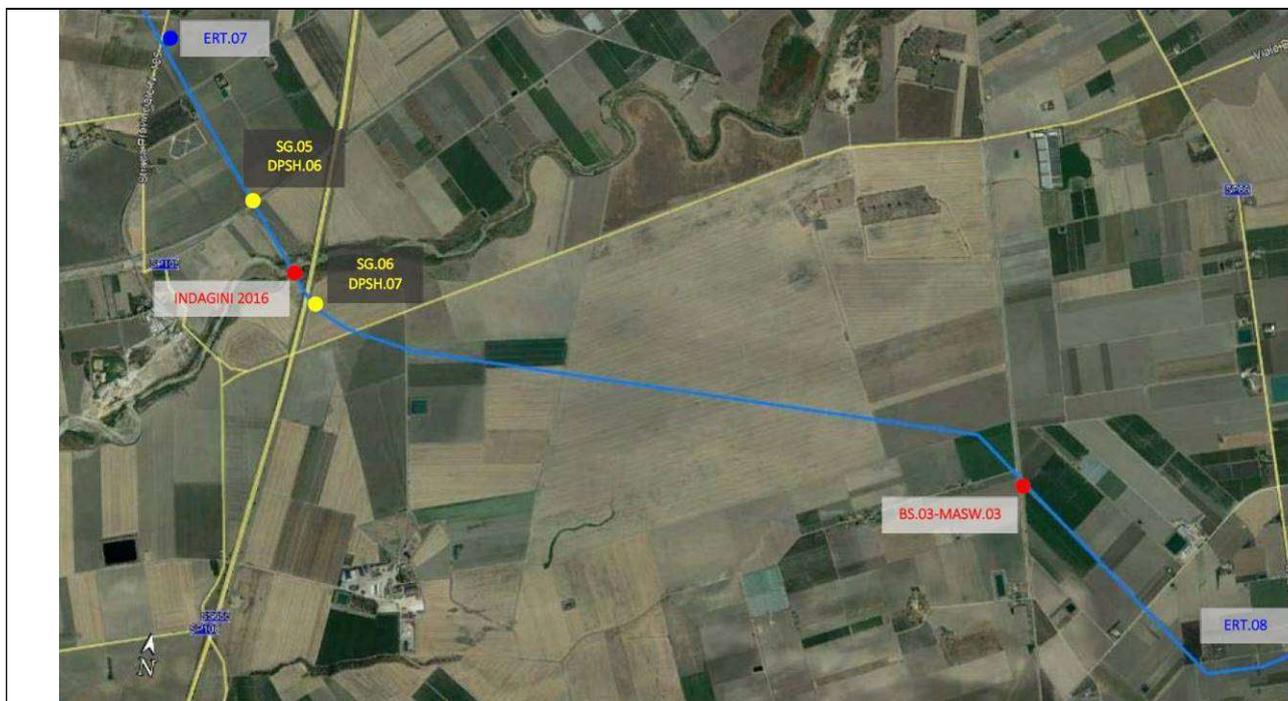
Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P** del 2016 è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 338\div 410$ m/s e valori $V_s = 145\div 175$ m/s
- Da 1,0 a 7,0 m: deposito sabbioso-argilloso poco addensato, valori $V_p = 668\div 799$ m/s e valori $V_s = 281\div 352$ m/s
- Da 7,0 a 20,0 m: deposito sabbioso-ciottoloso-argilloso mediamente addensato, valori $V_p = 1348\div 1701$ m/s e valori $V_s = 620\div 762$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 500 e 530 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

7.4 RISULTATI INDAGINI ZONA 04

La zona 04 si estende dalla Strada Provinciale n. 105 (Picchetto 967) alla Strada Provinciale n. 86 (Picchetto 894), attraversando il Fiume Cervaro e la Strada Statale n. 655.



Stralcio ortofoto della zona 04 con ubicazione delle indagini

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 105 a Foggia, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.07**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da terreni principalmente resistivi correlabili a depositi sabbioso-limosi mediamente addensati, a luoghi interessati da circolazione idrica e da inclusioni ciottolose.

A ridosso dell'attraversamento ferroviario Foggia-Napoli sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc;
- ❖ n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante.

Stratigrafia del sondaggio SG05-TRS.023

 Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - II Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO			Regione: PUGLIA Comune: FOGGIA Foglio CTR: 421032 Attraversamento: Ferrovia COORD. (UTM33 WGS84): X: 546916 E Y: 4578924 N Z: 105 m.s.l.m.							
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduli di Nassirya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE			 Fiumano Toma Trivellazioni S.r.l. FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.r.l. (Mandante)		Metodo perforaz.: Carotaggio continuo Ø101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO Data: 05/04/2019					
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		0.50	Materiale di riporto in matrice sabbiosa	80					C1 0.0-0.2m	
2		2.60	Limo sabbioso di colore marrone, consistente	80	MEDIA				C2 2.2-2.4m	
3										
4		1.80	Sabbia limosa ben addensata di colore marrone	95	BASSA					
5										
6		2.00	Conglomerato in matrice sabbiosa di colore marroncino chiaro con ciottoli polimerici. Dalla profondità di 6,0 m la matrice è sabbioso-limosa	90					C3 4.7-4.9m	C.I. 4.0-4.5m
7										
8		1.20	Sabbia limosa poco addensata di colore marroncino	95	BASSA	7.5m	UMIDO			
9										
10		2.10	Sabbia limosa debolmente addensata a luoghi ciottolosa di colore marroncino-beige	80						
11										
12										
13		4.80	Conglomerato in matrice sabbiosa debolmente limosa di colore marroncino chiaro con ciottoli polimerici e poligenici	85	MEDIA		SATURO			
14										
15										

FONDO FORO 15 m

NOTE
 Rivestimento del foro con 6.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiuso
 Prova di assorbimento: 3,3 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	4,0 ÷ 4,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 20,59 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 20,68 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,602$
Coesione	$c = 0,48 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 19,83^\circ$
Modulo edometrico	$E = 65,79 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 1,55 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 8,47$

Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.06** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 3,0 m di terreno in funzione del numero di colpi, costituito da un primo strato fino a 2,6 m da terreno poco addensato, seguito da terreno addensato fino a 3,0 m di profondità prova.

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 06	Correlazione	Strato 1	Strato 2
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	0.41	3.30
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	24.67	79.43
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	21.85	33.97
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	64.80	488.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	67.88	500.34
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Poco addensato</i>	<i>Addensato</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.84	2.50
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.89	2.50
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.34	0.26
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	376.53	2515.92
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	1.33	8.02
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	12.96	97.76



Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione Secondo Lotto: condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia" I Stralcio funzionale – Progetto definitivo

Relazione Geologica

Pagina 72 di 230

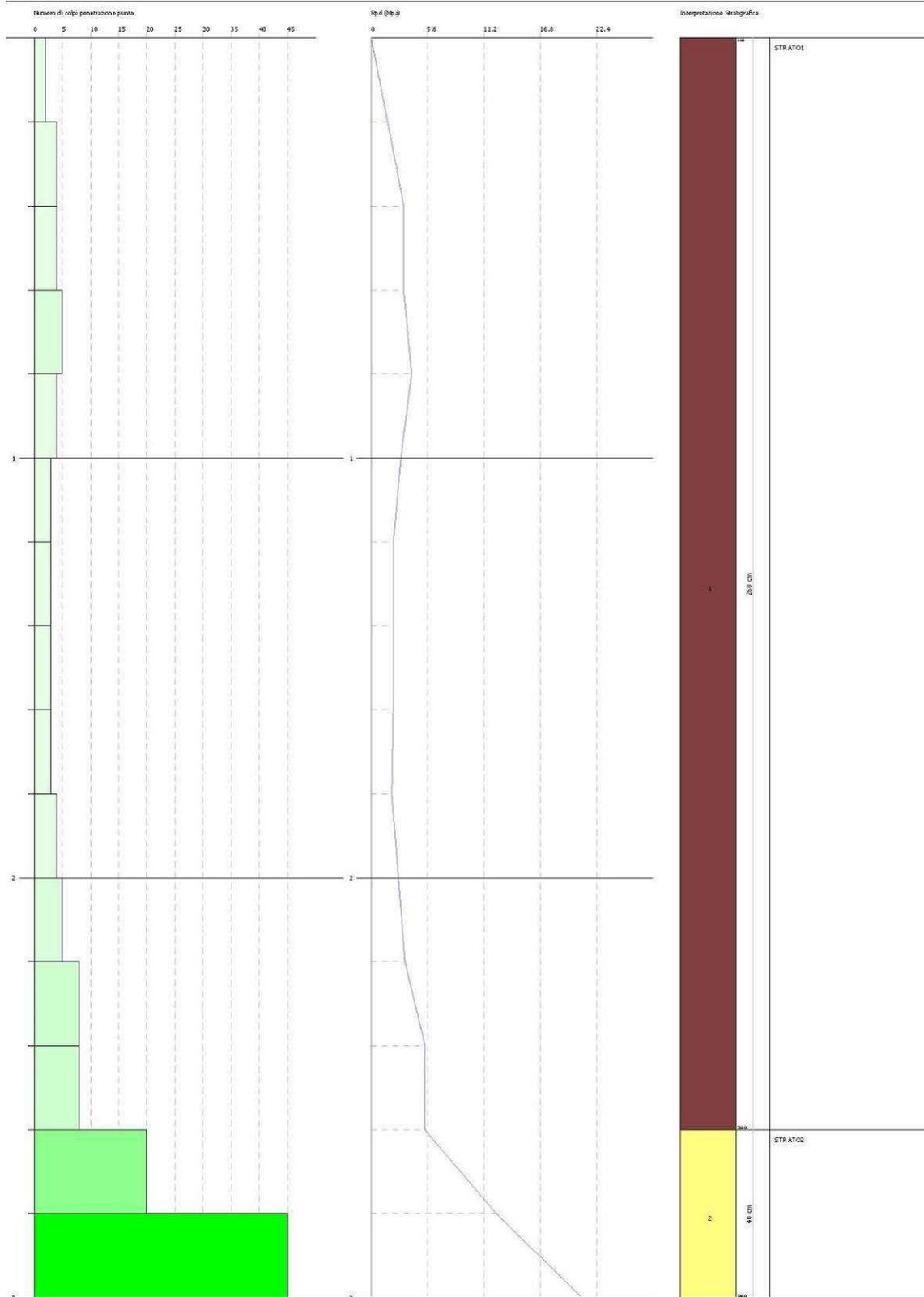
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
CONFORME

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH06
Strumento utilizzato: DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Comitente: AQP
Descrizione:
Località: FOGGIA

Data: 09/04/2019

Scala: 1:10



A ridosso dell'attraversamento con la Strada Statale 655 ed il Fiume Cervaro a Foggia sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc;
- ❖ n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante;
- ❖ n. 2 prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi, secondo le configurazioni "Dipolo-Dipolo" e "Wenner", eseguite nel 2016;
- ❖ n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P, eseguita nel 2016;
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW, eseguita nel 2016.

Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.07** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 5,0 m di terreno in funzione del numero di colpi, costituito da un primo strato fino a 2,4 m da terreno poco addensato, seguito da terreno addensato di spessore 2,6 m.

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 07	Correlazione	Strato 1	Strato 2
Coazione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	0.37	2.80
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	23.19	73.49
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	21.69	31.83
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	59.00	414.20
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	61.97	424.25
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Moderat. consistente</i>	<i>Estrem. consistente</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.81	2.50
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.89	2.50
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.34	0.27
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	344.76	2153.23
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	1.19	7.06
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	11.80	82.84

GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
CONTRATTO
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH07
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: ACP
Destinatario:
Località: FOGGIA

Data: 09/04/2019

SK4.1121



Stratigrafia del sondaggio SG06-TRS.024

 <p>Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO</p>		<p>Regione: PUGLIA Comune: FOGGIA Foglio CTR: 421032 Attraversamento: S.S. 655 - Cervaro</p>								
<p>Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassiriya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE</p>		<p> Fiumano Toma Trivellazioni S.r.l. FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.r.l. (Mandante)</p>								
		<p>COORD. (UTM33 WGS84): X: 547267 E Y: 4578552 N Z: 108 m.s.l.m.</p>								
		<p>Metodo perforaz.: Carotaggio continuo ϕ101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO</p>								
		<p>Data: 05/04/2019</p>								
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1	0.90	Terreno vegetale e riporto terroso di natura limosa, di colore grigiastro	100	100	MEDIA				C1 0.2-0.6m	
2	1.50	Sabbia limosa di colore marrone a luoghi debolmente addensata	90					ASCIUTTO		
3	5.10	Conglomerato in matrice sabbiosa di colore marroncino chiaro con ciottoli polimetrici e poligenici.	90		MEDIA				C2 2.4-2.7m	
4										
5										
6	7.50	Sabbia limosa-ciottolosa poco addensata a luoghi con ghiaia, colore dal marroncino chiaro al beige. Dalla profondità di 12,6 m la matrice è limosa più addensata			BASSA			UMIDO	C3 4.8-5.0m	
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										

FONDO FORO 15 m

NOTE

Rivestimento del foro con 9.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiuso
Prova di assorbimento: 0,01 litri al secondo

Dall'elaborazione delle **prospezioni geoelettriche** del 2016 è emerso un modello di resistività del sottosuolo caratterizzato principalmente da terreni resistivi correlabili a depositi sabbioso-argillosi e solo localmente si rilevano zone più conduttive legate a inclusioni ciottolose e circolazione idrica.

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P** del 2016 è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 348\div 446$ m/s e valori $V_s = 135\div 202$ m/s
- Da 1,0 a 5,0 m: deposito sabbioso-argilloso poco addensato, valori $V_p = 676\div 823$ m/s e valori $V_s = 263\div 367$ m/s
- Da 5,0 a 17,0 m: deposito sabbioso-ciottoloso ben addensato, valori $V_p = 1747\div 1948$ m/s e valori $V_s = 786\div 788$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 372 e 445 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "B" (rif. NTC 2018).

In prossimità dell'attraversamento ferroviario Foggia-Sallerno è stata eseguita un'indagine sismica consistita in:

- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P (BS.03)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,5 m: copertura vegetale e sottostante deposito sabbioso-limoso poco addensato, valori $V_p = 402$ m/s e valori $V_s = 170$ m/s
- Da 2,5 a 7,0 m: conglomerati in matrice sabbiosa poco addensati, valori $V_p = 1066$ m/s e valori $V_s = 420$ m/s
- Da 7,0 a 16,0 m: deposito sabbioso-limoso conglomeratico poco addensato, valori $V_p = 1615$ m/s e valori $V_s = 680$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.03)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 406 e 441 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "B" (rif. NTC 2018).

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 86 a Foggia è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.08**, secondo le configurazioni "Dipolo-Dipolo" e "Wenner", da cui

è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da terreni superficiali conduttivi correlabili a depositi limoso, a luoghi sabbiosi fino a circa 5 m da p.c., alternati a terreni prevalentemente resistivi correlabili a depositi conglomeratici in matrice sabbioso-limosa.

7.5 RISULTATI INDAGINI ZONA 05

La zona 05 si è focalizzata lungo lo sviluppo del Fiume Carapelle, per il tratto compreso fra le Strade Provinciali n. 86 e n. 79 (Picchetti 883+852).



Stralcio ortofoto della zona 05 con ubicazione delle indagini

A ridosso del Fiume Carapelle tra i comuni di Foggia e Carapelle, a circa 1300 m ad est della S.P. 86 sono state eseguite due **prove penetrometriche dinamiche superpesanti** da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi.

Nel punto di indagine **DPSH 08** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,4 m: terreno poco consistente
- Da 1,4 a 5,0 m: terreno consistente

Nel punto di indagine **DPSH 09** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,2 m: terreno moderatamente addensato
- Da 1,2 a 2,4 m: terreno moderatamente addensato
- Da 2,4 a 2,6 m: terreno molto addensato

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 08	Correlazione	Strato 1	Strato 2
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	0.23	0.66
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	17.14	32.5
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	21.04	22.79
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	36.50	97.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	39.02	101.54
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	POCO CONSISTENTE	CONSISTENTE
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.68	1.96
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.87	2.16
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.35	0.33
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	219.52	554.41
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	0.67	2.06
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	7.30	19.56

DPSH 09	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.69	1.22	4.77
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	33.58	48.22	100
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	22.93	25.16	40.2
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	126.35	165.25	428.45
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	61.62	108.30	424.14
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatamente addensato	Moderatamente addensato	Molto addensato
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.74	1.95	2.41
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.92	1.97	2.19
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.33	0.32	0.21
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	580.48	986.28	3558.85
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	2.16	3.70	11.93
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	20.54	36.10	141.38

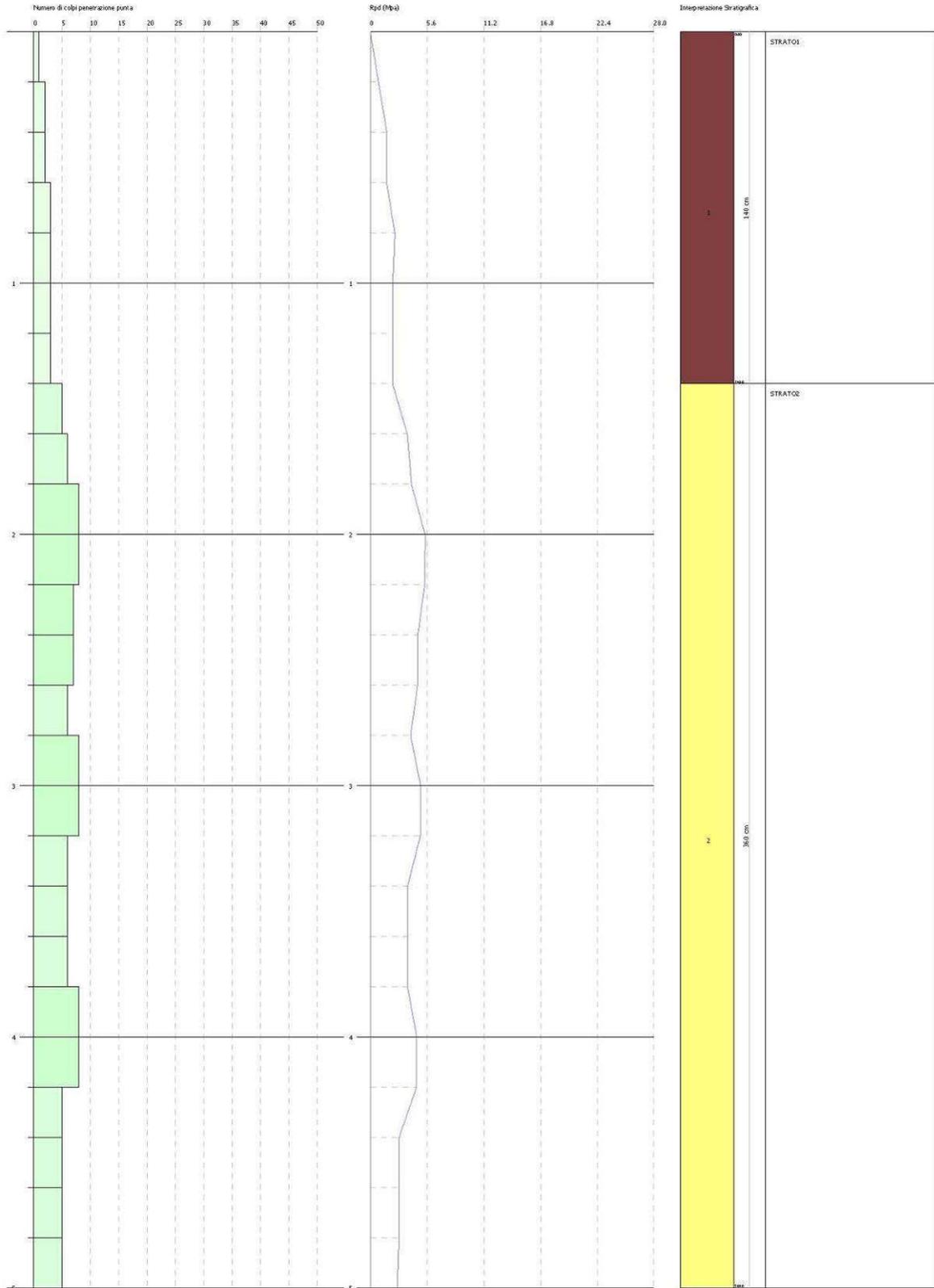
GEOTRIU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH08
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: AQP
Descrizione:
Località: FOGGIA

Data: 06/04/2019

Scala 1:21



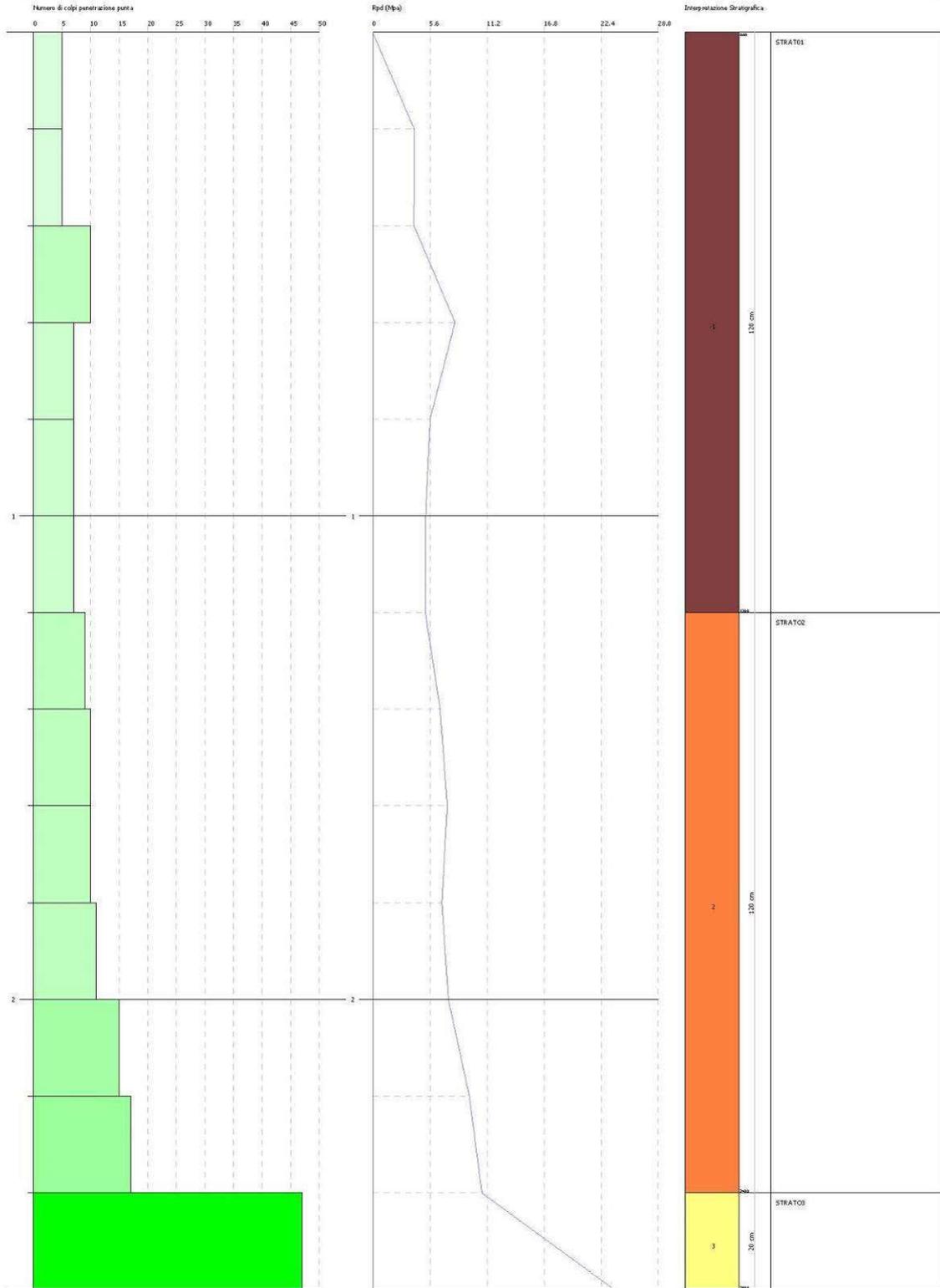
GEOSTRU
CHANGES FROM REFERENCED OPTION:
CORREKT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH09
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: AQF
Sezione:
Località: FOGGIA

Data: 08/04/2019

Scala 1:111



A ridosso del Fiume Carapelle, in prossimità della S.P. 79 sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 3 prove penetrometriche dinamiche superpesanti;
- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc;
- ❖ n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P, di cui tre eseguite nel 2016 ed una nella campagna d'indagini recente;
- ❖ n. 2 prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW, di cui una eseguita nel 2016 ed una nella campagna d'indagini recente.
- ❖ n. 4 prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi, secondo le configurazioni "Dipolo-Dipolo" e "Wenner", di cui tre eseguite nel 2016 ed una nella campagna d'indagini recente.

Dall'elaborazione delle **prove penetrometriche dinamiche superpesanti** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi.

Nel punto di indagine **DPSH 10** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,0 m: terreno moderatamente addensato
- Da 1,0 a 2,8 m: terreno moderatamente addensato
- Da 2,8 a 3,8 m: terreno poco addensato
- Da 3,8 a 4,1 m: terreno poco addensato

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 10	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	1.00	0.85	0.57	3.42
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	42.54	38.31	29.39	80.9
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	24.21	23.58	22.41	34.47
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	147.40	125.30	84.20	506.40
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	152.13	129.59	87.67	518.29
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Moderatam. addensato</i>	<i>Moderatam. addensato</i>	<i>Poco addensato</i>	<i>Molto addensato</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.87	1.81	1.67	2.24
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.95	1.93	1.91	2.15
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.33	0.33	0.34	0.25
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	815.27	699.82	481.62	2600.98
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	3.07	2.63	1.76	8.27
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	29.48	25.06	16.84	101.28

Nel punto di indagine **DPSH 11** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,2 m: terreno poco consistente
- Da 1,2 a 3,4 m: terreno consistente
- Da 3,4 a 4,6 m: terreno consistente
- Da 4,6 a 4,8 m: terreno estremamente consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 11	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.14	0.54	0.95	4.57
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	13.15	28.54	41.22	100
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	20.65	22.3	24.01	39.34
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	22.60	80.60	140.30	676.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	24.84	84.00	144.89	692.09
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Poco consistente	Consistente	Consistente	Estrem. consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.58	1.90	2.05	2.50
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.85	1.91	2.25	2.50
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.35	0.34	0.33	0.22
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	139.89	462.24	778.30	3416.22
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	0.33	1.68	2.93	11.93
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	4.52	16.12	28.06	135.36

Nel punto di indagine **DPSH 12** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,6 m: terreno poco consistente
- Da 1,6 a 3,4 m: terreno consistente
- Da 3,4 a 4,2 m: terreno molto consistente
- Da 4,2 a 4,4 m: terreno estremamente consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 12	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	0.20	0.56	1.17	4.16
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	15.85	29.25	47	92
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	20.91	22.39	24.94	37.62
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	31.90	83.60	173.0	616.60
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	34.33	87.06	178.24	630.69
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Poco consistente</i>	<i>Consistente</i>	<i>Molto consistente</i>	<i>Estrem. consistente</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.65	1.91	2.09	2.50
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.86	2.10	2.30	2.50
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.35	0.34	0.32	0.23
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	139.41	478.40	947.71	3129.80
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	0.56	1.75	3.56	10.29
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	6.38	16.72	34.60	123.32

Stratigrafia del sondaggio SG07-TRS.043

 <p>Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - II Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO</p>		Regione: PUGLIA Comune: CARAPELLE Foglio CTR: 422013 Attraversamento: Fiume Carapelle COORD. (UTM33 WGS84): X: 556064 E Y: 4578594 N Z: 64 m.s.l.m.								
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA)		 Fiumano Toma TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)								
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		Metodo perforaz.: Carotaggio continuo ϕ 101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO Data: 09/04/2019								
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1				90	MEDIA				C1 0.0-0.2m	
2			Sabbia limosa con ciottoli di colore marroncino, a grana fine, mediamente addensata	95						
3				85		ASSENTE		3m	C2 2.4-2.6m	
4				100	BASSA		ASCIUTTO			
5									C3 4.8-5.0m	
6										
7				95	MEDIA					
8			Sabbia ghiaiosa di colore biancastro, a grana medio-fine, con ciottoli eterometrici e poligenici; a luoghi conglomerati in matrice sabbioso-limosa di colore marroncino							
9										
10										
11				95	BASSA					
12										
13			Sabbia limosa addensata di colore marroncino a grana fine							
14				100	BASSA					
15			Sabbia debolmente limosa di colore giallastro, a grana medio-fine con ciottoli eterometrici e poligenici, poco addensata							
FONDO FORO 15 m										
<p>NOTE</p> <p>Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m Prova di assorbimento: 0,01 litri al secondo</p>										

Dall'elaborazione delle **prospezioni geoelettriche** del 2016 e di quella recente **ERT.09** è emerso un modello di resistività del sottosuolo caratterizzato da poco conduttivi correlabili a depositi limoso-sabbiosi e argilloso-sabbiosi, con probabile circolazione idrica; alternati a strati maggiormente resistivi legati a sabbie prevalentemente ghiaiose o ciottolose.

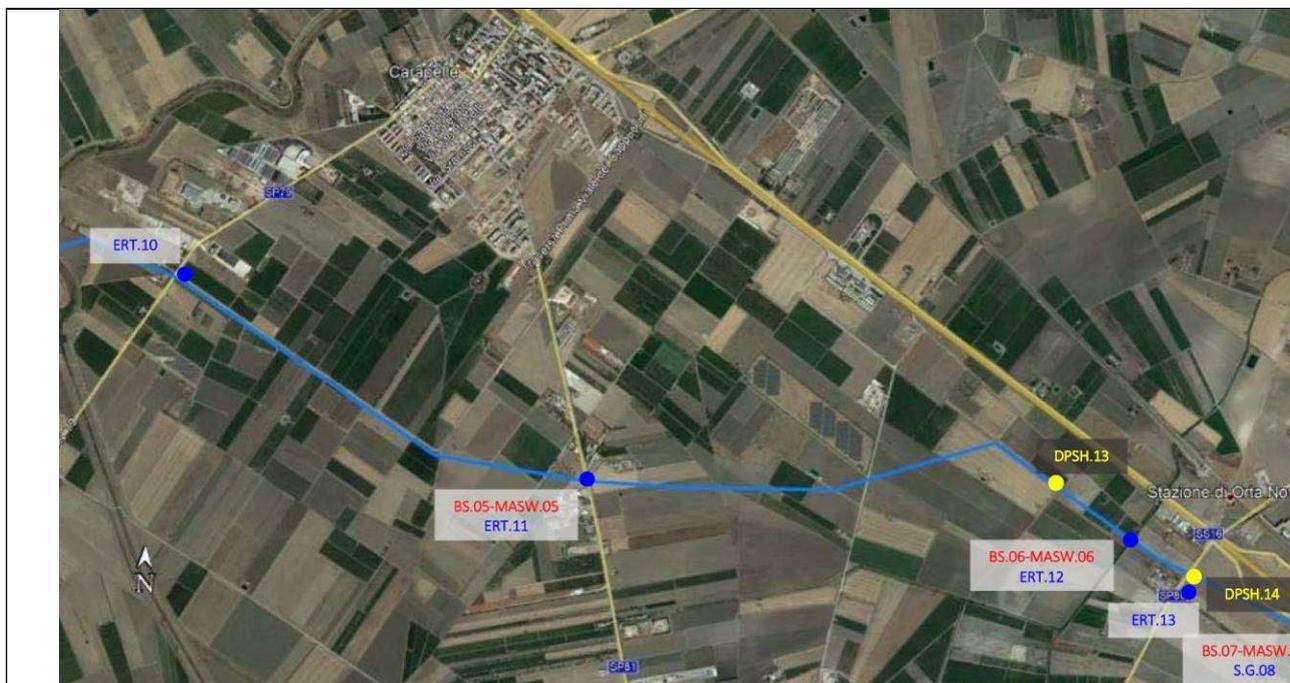
Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P** del 2016 e di quella recente (**BS.04**) è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: deposito sabbioso limoso poco addensato, valori $V_p = 300\div 406$ m/s e valori $V_s = 120\div 160$ m/s
- Da 2,0 a 6,0 m: deposito sabbioso □ ciottoloso argilloso mediamente addensato, valori $V_p = 714\div 956$ m/s e valori $V_s = 318\div 435$ m/s
- Da 6,0 a 22,0 m: deposito sabbioso □ ciottoloso argilloso mediamente addensato, valori $V_p = 1638\div 1838$ m/s e valori $V_s = 754\div 798$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.04)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 405 e 588 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

7.6 RISULTATI INDAGINI ZONA 06

La zona 06 si sviluppa per circa 5 km fra le strade S.P. n. 79 (Picchetto 844) e S.P. n. 80 allo svincolo con la S.S.16 (Picchetto 724).



Stralcio ortofoto della zona 06 con ubicazione delle indagini

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 79 a Carapelle, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.10**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da terreni superficiali mediamente resistivi correlabili a depositi sabbioso-limosi poco addensati e sottostante strato più resistivo correlabile a sabbie limose addensate con livelli cementati.

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 81 a Carapelle, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.11**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato conduttivo fino a circa 6 m correlabile a terreno sabbioso-limoso poco addensato ed un secondo strato più resistivo correlabile a sabbie limose addensate con livelli cementati. Nella stessa zona è stata eseguita anche un'indagine sismica consistita in una **prospezione sismica in onde P (BS.05)** da cui è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 4,5 m: sabbia limosa poco addensata, valori $V_p = 397$ m/s e $V_s = 165$ m/s

- Da 4,5 a 11,0 m: deposito sabbioso-limoso da poco a mediamente addensato, $V_p = 628$ m/s e $V_s = 274$ m/s
- Da 11,0 a 20,0 m: sabbia limosa addensata, valori $V_p = 1030$ m/s e $V_s = 415$ m/s

Lungo lo stesso stendimento è stata eseguita anche una **prospezione sismica in onde S** mediante tecnica MASW (**MASW.05**) da cui è risultato il profilo verticale delle velocità di taglio ed è stato determinato il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 339 e 342 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria “**C**” (rif. NTC 2018).

A circa 380 m ovest del Fiume Canale Ponticello in agro di Orta Nova, a sud della S.S. 16, è stata eseguita una **prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH.13)**, da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 5 metri di terreno in funzione del numero di colpi:

- Da 0,0 a 0,8 m: terreno poco consistente
- Da 0,8 a 1,2 m: terreno molto consistente
- Da 1,2 a 2,8 m: terreno consistente
- Da 2,8 a 5,0 m: terreno molto consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 13	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	0.14	1.12	0.72	1.29
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	13.15	45.73	34.54	49.95
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	20.65	24.73	23.06	25.47
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	22.60	165.40	107.10	191.50
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	24.84	170.49	111.03	197.11
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Poco consistente</i>	<i>Molto consistente</i>	<i>Consistente</i>	<i>Molto consistente</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	1.58	2.08	1.99	2.10
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	1.85	2.29	2.19	2.31
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	0.35	0.32	0.33	0.32
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	139.89	908.52	603.83	1042.68
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	0.33	3.42	2.25	3.90
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	4.52	33.08	21.42	38.30

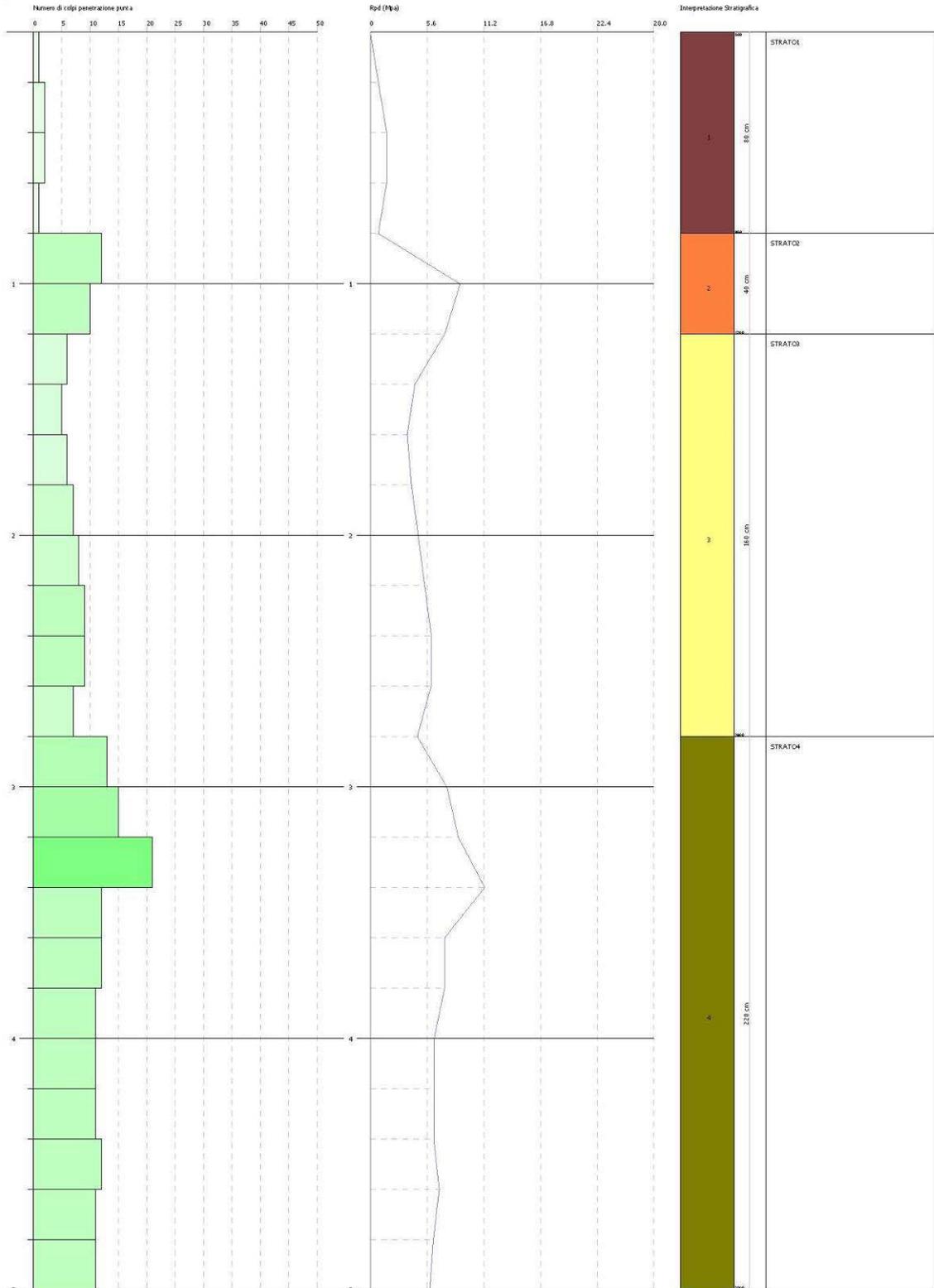
GEOSTRU
DYNES FROM PREPENDING OPTICS
CORRENT

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH13
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: AQP
Direzione:
Località: CRANIOVA

Data: 30/04/2019

Scala 1:50



Parallelamente al Fiume Canale Ponticello a Orta Nova, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.12**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato mediamente resistivo fino a circa 8÷10 m correlabile a terreno sabbioso-limoso poco addensato, con porzioni maggiormente conduttive per la prevalenza di matrice limosa; un secondo strato inferiore più resistivo correlabile a sabbie limose addensate con livelli cementati. Nella stessa zona è stata eseguita anche un'indagine sismica consistita in una **prospezione sismica in onde P (BS.06)** da cui è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 3,5 m: terreno vegetale in matrice sabbiosa, valori $V_p = 436$ m/s e $V_s = 130$ m/s
- Da 3,5 a 8,0 m: deposito sabbioso-limoso poco addensato, $V_p = 782$ m/s e $V_s = 255$ m/s
- Da 8,0 a 18,0 m: sabbia limosa da poco a mediamente addensata, valori $V_p = 875$ m/s e valori $V_s = 310$ m/s

Lungo lo stesso stendimento è stata eseguita anche una **prospezione sismica in onde S** mediante tecnica MASW (**MASW.06**) da cui è risultato il profilo verticale delle velocità di taglio ed è stato determinato il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 284 e 313 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria “**C**” (rif. NTC 2018).

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 80 a Orta Nova, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.13**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da terreni superficiali resistivi correlabili a depositi sabbiosi poco addensati e sottostante strato più conduttivo correlabile a limo sabbioso consistente.

Nella stessa zona è stata stata eseguita una **prova penetrometrica dinamica superpesante (DPSH.14)**, da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi:

- Da 0,0 a 0,8 m: terreno consistente
- Da 0,8 a 2,0 m: terreno estremamente consistente
- Da 2,0 a 2,6 m: terreno molto consistente
- Da 2,6 a 2,8 m: terreno estremamente consistente

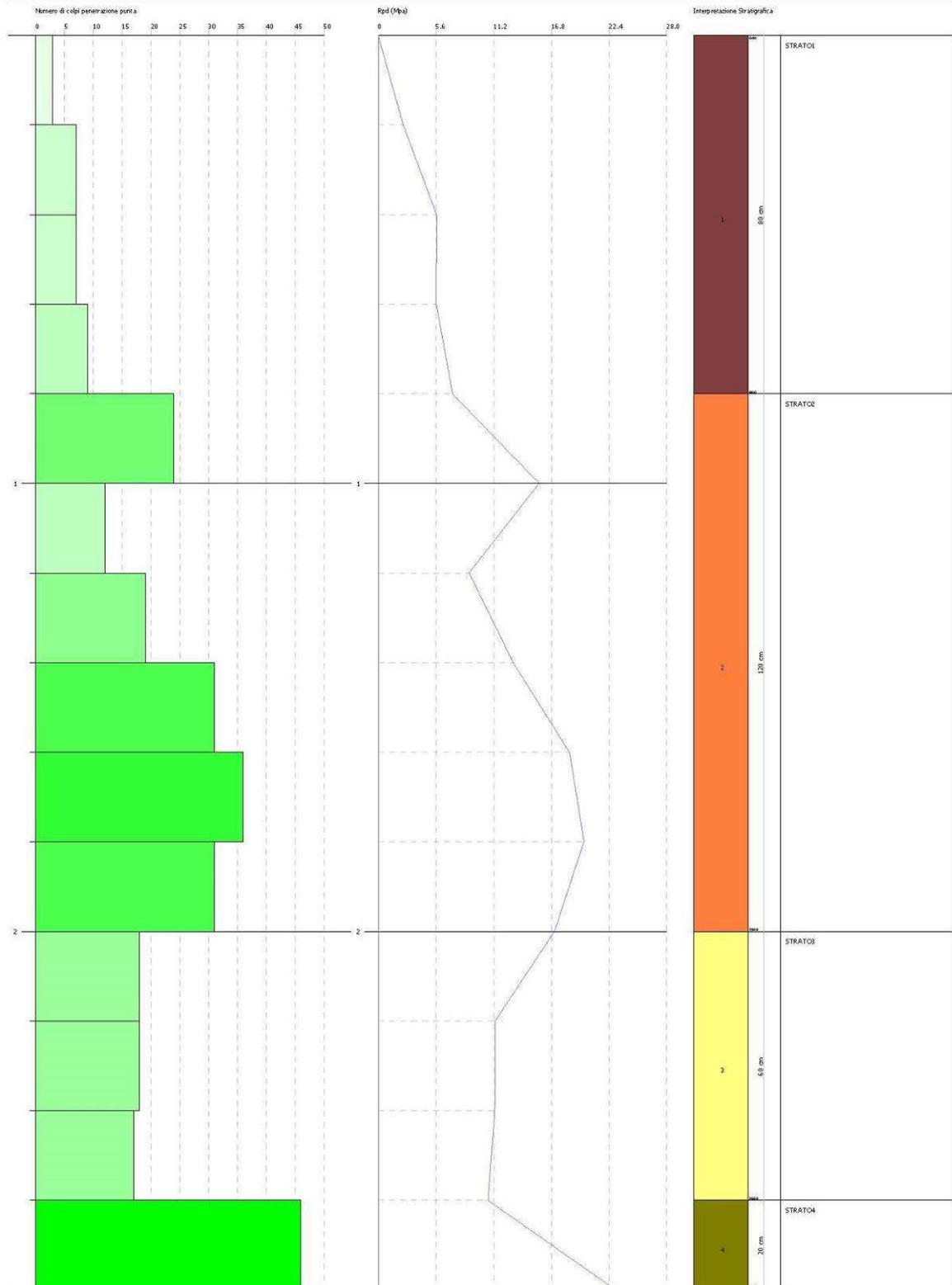
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPLET
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH14
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: ACP
Descrizione:
Località: OSTANOVA

Data: 10/04/2019

Scala: 1:10



Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 14	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.66	2.59	1.79	4.67
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	32.5	71.03	59.82	100
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	22.79	30.96	27.59	39.77
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	97.80	383.50	265.80	691.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	101.54	392.94	272.89	707.39
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Consistente	Estrem. consistente	Molto consistente	Estrem. consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.96	2.43	2.13	2.50
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	2.16	2.50	2.27	2.50
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.33	0.28	0.3	0.21
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	554.41	2002.87	1419.04	3487.35
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	2.06	6.69	5.12	11.93
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	19.56	76.70	53.16	138.36

A ridosso della Strada Statale n. 16, parallelamente alla S.P. 80 a Orta Nova, è stata eseguita un'indagine sismica consistita in una **prospezione sismica in onde P (BS.07)** da cui è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 4,0 m: sabbia limosa poco addensata, valori $V_p = 539$ m/s e $V_s = 190$ m/s
- Da 4,0 a 9,0 m: Sabbia limosa mediamente addensata, $V_p = 910$ m/s e $V_s = 344$ m/s
- Da 9,0 a 18,0 m: sabbia limosa addensata, valori $V_p = 1089$ m/s e $V_s = 420$ m/s

Lungo lo stesso stendimento è stata eseguita anche una **prospezione sismica in onde S** mediante tecnica MASW (**MASW.07**) da cui è risultato il profilo verticale delle velocità di taglio ed è stato determinato il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 349 e 353 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "C" (rif. NTC 2018).

Nella stessa zona è stato eseguito anche un sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m con prelievo campioni e con esecuzione della prova di permeabilità.

Stratigrafia del sondaggio SG08-TRS.055

Acquedotto Pugliese S.p.A.		Regione:		PUGLIA							
"Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292		Comune:		ORTA NOVA							
R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI		Foglio CTR:		422051							
GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Attraversamento:		S.S. 16							
Imprese esecutrici indagini:		COORD. (UTM33 WGS84):		X: 562010 E Y: 4577145 N Z: 54 m.s.l.m.							
ApoGeo APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduli di Nassirya 170 70022 Altamura (BA)		Fiumano Toma TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)		Metodo perforaz.: Carotaggio continuo ϕ 101mm							
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		Rivestimento foro: SI		Doppio carotiere: NO							
		Data		09/04/2019							
Profondità (metri)	Colonina Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTTAGGIO	TENDENZA A FRANGERE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		0.40	Terreno vegetale sabbioso	90						C1 0.0-0.2m	
2		2.40	Sabbia poco addensata di colore marroncino chiaro	100		MEDIA					
3		2.70	Sabbia limosa poco addensata di colore marrone	100		BASSA	ASSENTE			C2 2.4-2.6m	
4		2.70	Sabbia limosa poco addensata di colore marrone	100		BASSA	ASSENTE				
5		2.70	Sabbia limosa poco addensata di colore marrone	100		BASSA	ASSENTE				
6		0.80	Sabbia poco addensata di colore marroncino chiaro	95						C3 4.8-5.0m	C.I. 5.0-5.5m
7		2.50	Sabbia limosa mediamente addensata di colore marrone	100							
8		2.50	Sabbia limosa mediamente addensata di colore marrone	100							
9		0.80	Sabbia limosa a luoghi con ghiaiosa di colore marrone-rossastro	100		BASSA					
10		2.90	Sabbia limosa addensata di colore marrone-rossastro	100							
11		2.90	Sabbia limosa addensata di colore marrone-rossastro	100							
12		2.90	Sabbia limosa addensata di colore marrone-rossastro	100		BASSA					
13		2.70	Sabbia limosa compatta di colore beige-bianco	100		BASSA					
14		2.70	Sabbia limosa compatta di colore beige-bianco	100		BASSA					
15		2.70	Sabbia limosa compatta di colore beige-bianco	100		BASSA					

FONDO FORO 15 m

NOTE

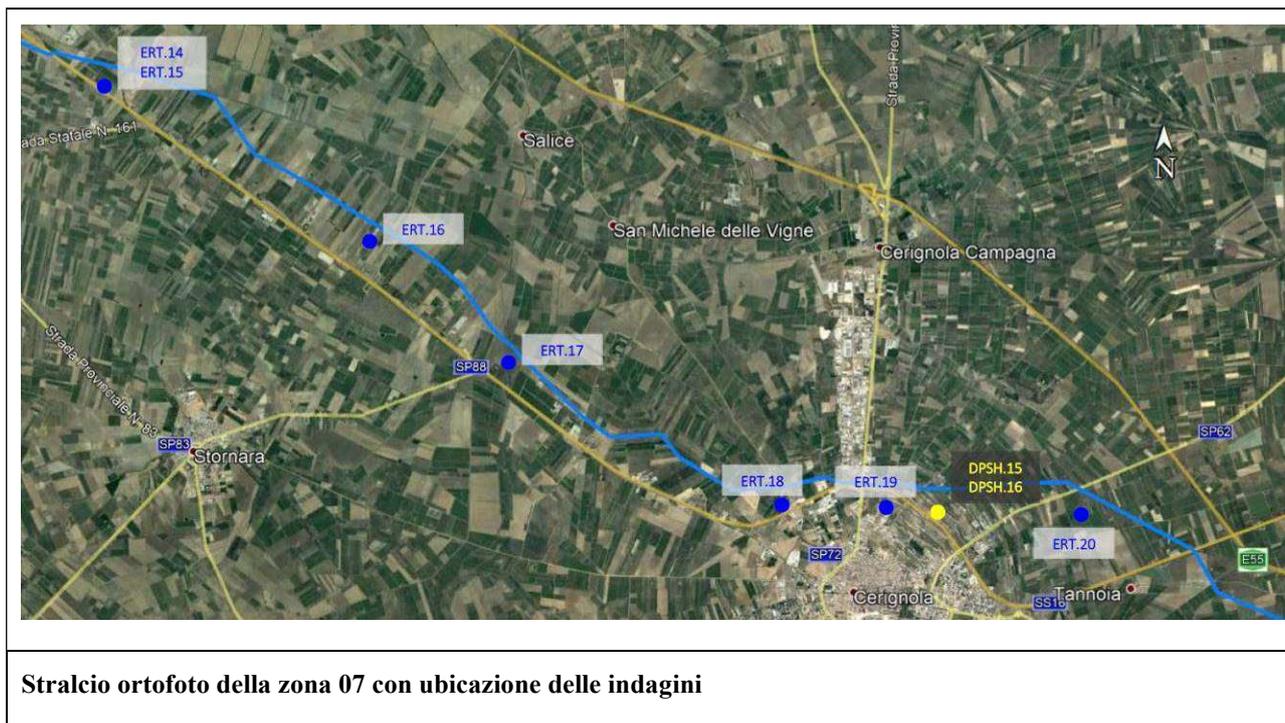
Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
Prova di assorbimento: 0,01 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	5,0 ÷ 5,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 20,53 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 21,19 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,528$
Coesione	$c = 0,39 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 28,02^\circ$
Modulo edometrico	$E = 102,46 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 0,89 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 10,00$

7.7 RISULTATI INDAGINI ZONA 07

La zona 07 coinvolge l'area a nord del centro abitato di Cerignola, fra il Tratturello La Ficora (Picchetto 709) e la Strada Provinciale n. 62 (Picchetto 422).



Parallelamente al Tratturello La Ficora in agro di Orta Nova, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.14**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da alternanza di terreni molto resistivi correlabili a depositi sabbioso-ciottolosi mediamente consistenti, a strati poco resistivi correlabili a depositi sabbioso-limosi mediamente addensati, a strati conduttivi correlabili a depositi prevalentemente limosi mediamente consistenti.

Parallelamente al Fiume Fosso Marana la Pidocchiosa in agro di Orta Nova, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.15**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da terreni prevalentemente conduttivi correlabili a depositi limoso-sabbiosi, con probabile circolazione idrica.

Parallelamente al Canale Marana la Ficora in agro di Orta Nova, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.16**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato

resistivo correlabile a depositi prevalentemente sabbiosi e asciutti, seguito da uno strato mediamente resistivo correlato a deposito sabbioso limoso con probabile circolazione idrica ed un sottostante strato conduttivo legato alla natura prevalentemente limosa mediamente consistente.

Parallelamente al Canale Marana Castello Superiore in agro di Cerignola, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.17**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato mediamente resistivo correlabile a deposito sabbioso limoso con probabile circolazione idrica, un secondo strato conduttivo dovuto ad un deposito prevalentemente limoso mediamente consistente ed un sottostante strato resistivo correlabile a deposito prevalentemente sabbioso addensato.

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 72 in agro di Cerignola, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.18**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato resistivo correlabile a deposito sabbioso asciutto, uno strato sottostante conduttivo legato a depositi maggiormente limosi con livelli a mediamente resistivi per probabile circolazione idrica.

Parallelamente alla Strada Statale n. 16, a ridosso della zona industriale di Cerignola, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.19**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un strato superficiale resistivo correlabile a depositi prevalentemente sabbiosi e asciutti, seguito da uno strato poco resistivo dovuto ad una maggior componente limosa con probabile circolazione idrica ed un sottostante strato conduttivo correlabile ad un deposito prevalentemente limoso mediamente consistente.

Parallelamente alla Strada Statale n. 16, a ridosso della zona industriale di Cerignola, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.20**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da strati superficiali mediamente resistivi correlabili a depositi sabbiosi con probabile circolazione idrica e strati sottostanti più conduttivi dovuti alla componente prevalentemente limosa.

In prossimità dell'impianto di depurazione di Cerignola, sono state eseguite due **prove penetrometriche dinamiche superpesanti** da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi.

Nel punto di indagine **DPSH 15** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 0,8 m: terreno poco consistente
- Da 0,8 a 2,8 m: terreno consistente
- Da 2,8 a 5,0 m: terreno consistente

Nel punto di indagine **DPSH 16** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 1,8 m: terreno moderatamente addensato
- Da 1,8 a 3,0 m: terreno moderatamente addensato
- Da 3,0 a 5,0 m: terreno molto addensato

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 15	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.07	0.69	0.39
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	9.76	33.5	24.19
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	20.32	22.92	21.08
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	11.30	102.30	62.90
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	13.32	106.13	65.95
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Privo di consistenza	Consistente	Moderat. consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.49	1.97	1.83
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.84	2.17	1.89
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.35	0.33	0.34
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	72.91	578.36	366.14
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	0.05	2.15	1.28
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	2.26	20.46	12.58

DPSH 16	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.35	0.81	0.67
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	22.21	37.3	32.84
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	21.58	23.44	22.84
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	55.20	120.30	99.30
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	58.09	124.49	103.07
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderat. consistente	Consistente	Consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.79	2.02	1.97
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.88	2.22	2.17
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.34	0.33	0.33
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	323.84	673.54	562.40
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	1.11	2.53	2.09
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	11.04	24.06	19.86

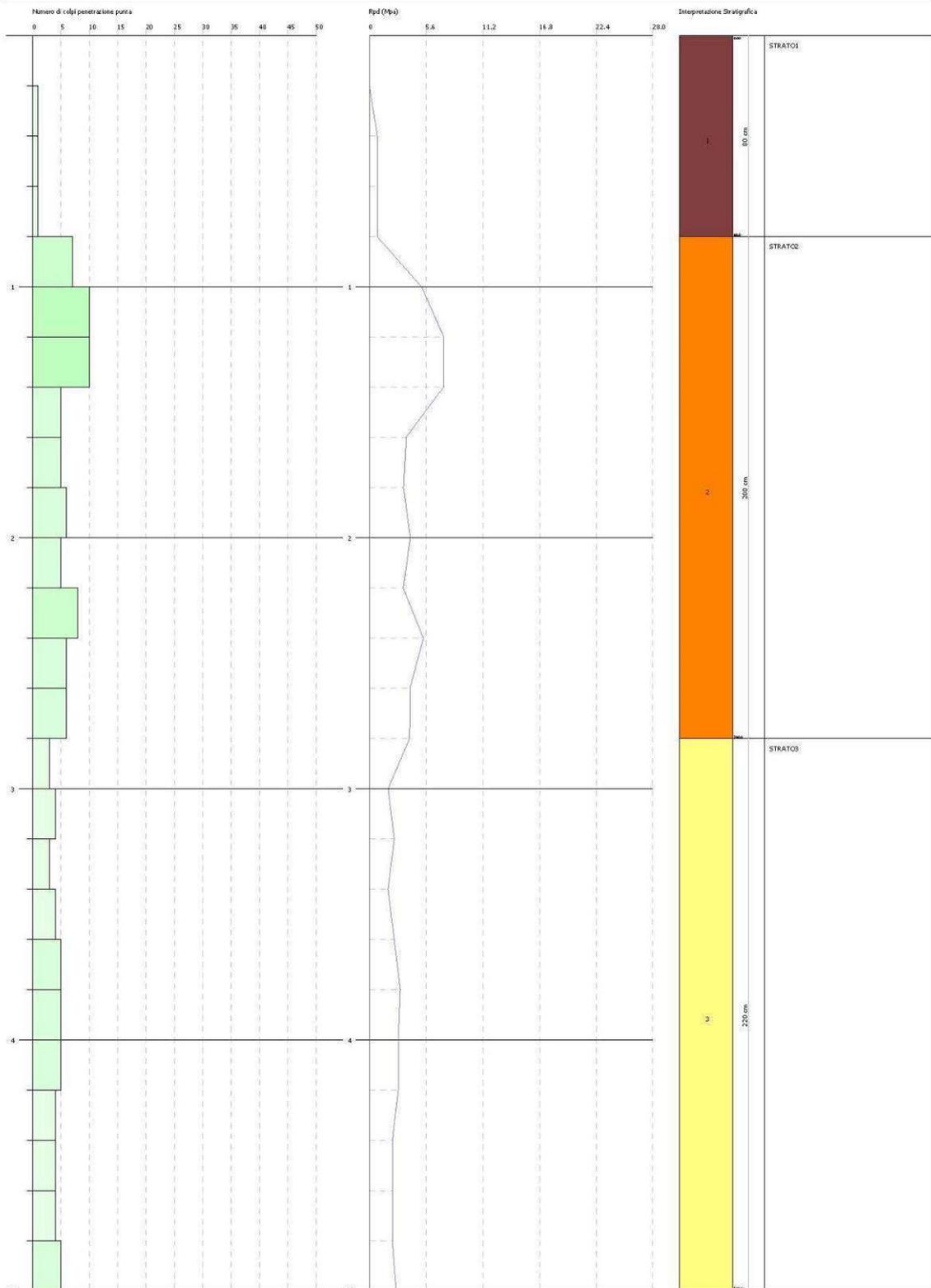
QUESTRU
CHANGES FROM: PREFERENCES OPTIONE
CONSOLE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH15
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Convenzione: AQP
Descrizione:
Località: ORIGNOLA

Data: 11/04/2019

Scala 1:01



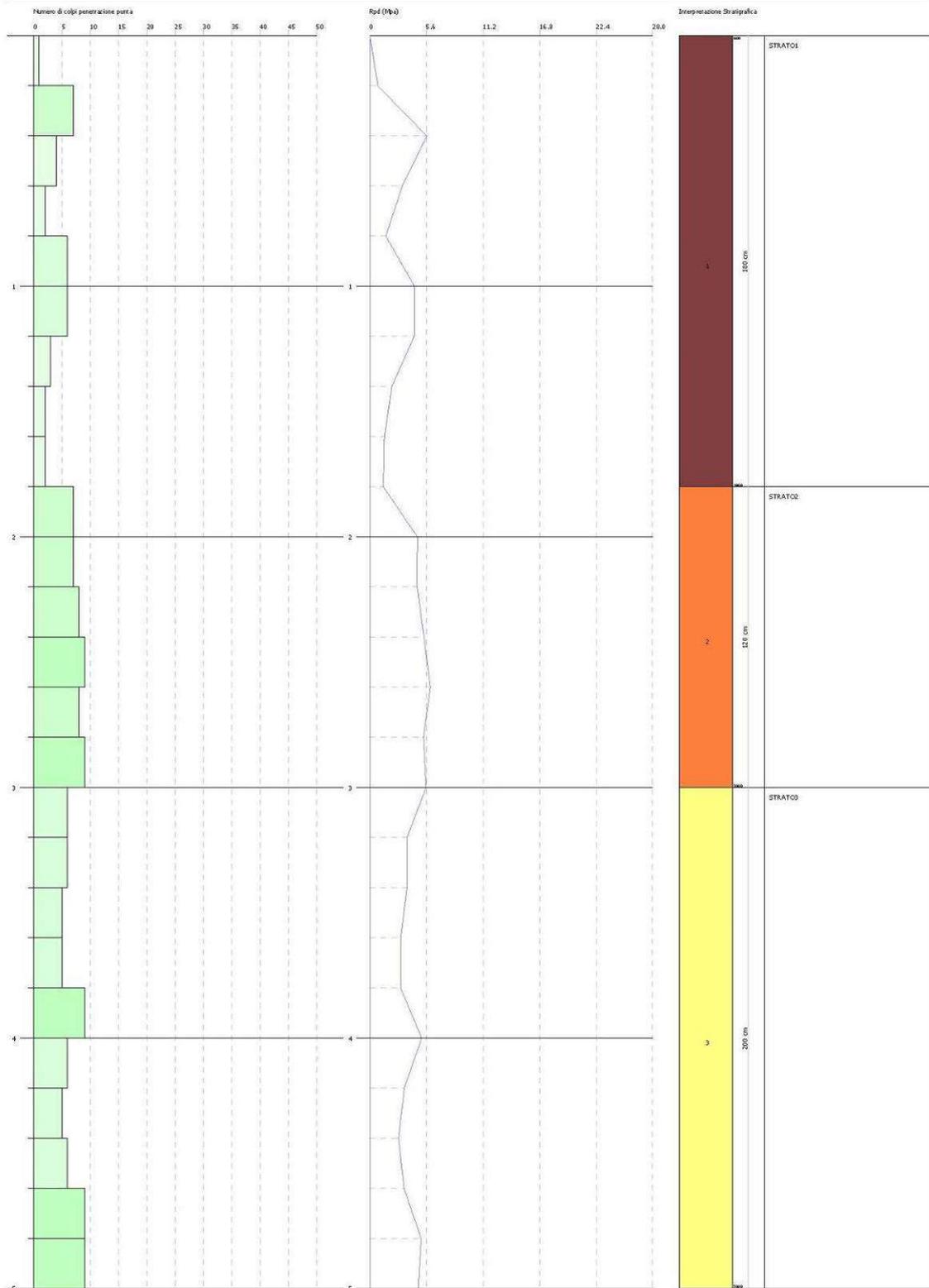
GEOSTRI
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dpsh16
Strumento utilizzato... DPSh (Dynamic Probing Super Heavy)

Commissario: ACP
Destinatario:
Località: OBESINOLA

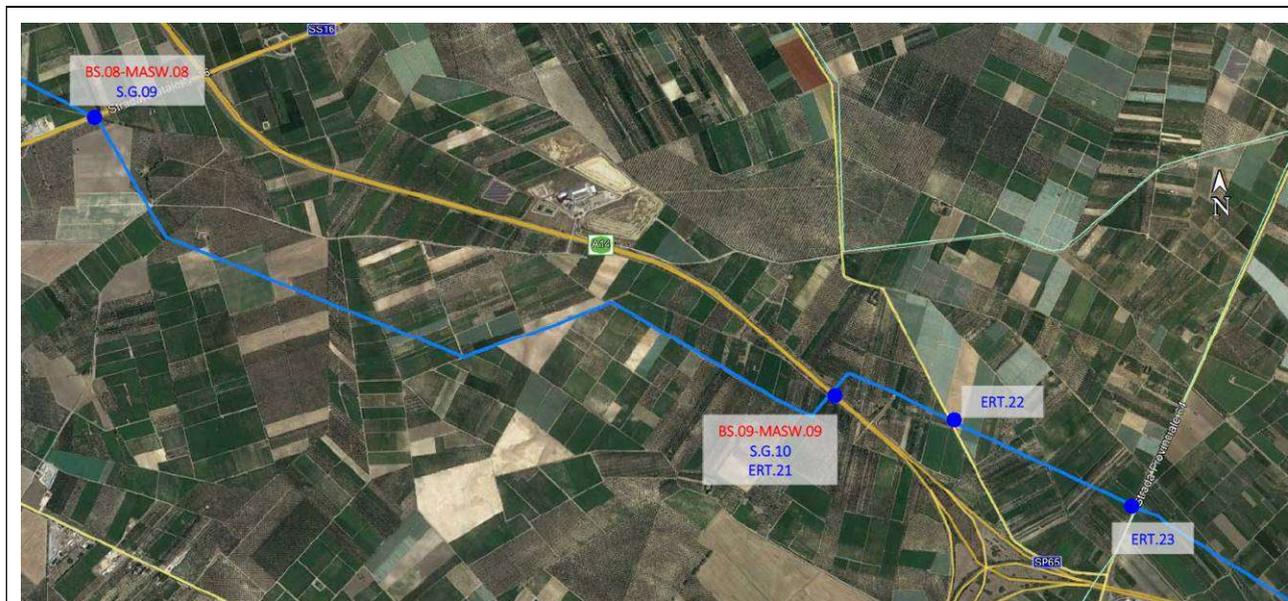
Data: 11/04/2019

Scala: 1:101



7.8 RISULTATI INDAGINI ZONA 08

La zona 08 si estende per circa 5 km dalla Strada Statale n. 16 verso San Ferdinando di Puglia (Picchetto 377) alla Strada Provinciale n. 64 (Picchetto 190).



Stralcio ortofoto della zona 08 con ubicazione delle indagini

A ridosso della Strada Statale n. 16 in agro di Cerignola, a sud-ovest dell'Autostra A14, è stata eseguita un'indagine sismica consistente in:

- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P (BS.08)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale e sabbia limosa poco addensata, valori $V_p = 451$ m/s e valori $V_s = 187$ m/s
- Da 2,0 a 9,0 m: sabbia limosa da poco a mediamente addensata, valori $V_p = 783$ m/s e valori $V_s = 330$ m/s
- Da 9,0 a 17,0 m: Limo sabbioso argilloso consistente, valori $V_p = 1212$ m/s e valori $V_s = 416$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.08)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio, determinare il valore del V_s , eq compreso tra 414 e 437 m/s, e classificare il sottosuolo nella categoria "B" (rif. NTC 2018).

Nella stessa zona è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo fino a profondità di 15 m con prelievo campioni, prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc.

Stratigrafia del sondaggio SG09-TRS.097

 Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - II Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Regione: PUGLIA Comune: CERIGNOLA Foglio CTR: 422122 Attraversamento: S.S. 16									
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		 FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)									
		COORD. (UTM33 WGS84): X: 580259 E Y: 4569367 N Z: 92 m.s.l.m.									
		Metodo perforaz.: Carotaggio continuo ϕ 101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO									
		Data: 28/03/2019									
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.O.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANARE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		2.00	Terreno vegetale sabbioso-limoso di colore marrone passante a sabbia limosa marroncino	100	BASSA	BASSA				C1 0.05-0.2m	
2		1.70	Sabbia debolmente limosa poco addensata di colore marrone-ocraceo	90	MEDIA					C2 2.4-2.6m	
3		1.80	Sabbia limoso-argillosa consistente di colore grigio-giallastro	100	BASSA					C3 4.05-5.0m	
4		1.70	Sabbia debolmente limosa di colore marroncino ocraceo con inclusioni calcigne (a luoghi)	95	BASSA					C.I. 5.0-5.5m	
5		2.50	Sabbia limosa debolmente argillosa di colore beige	100							
6		2.70	Sabbia debolmente limosa addensata color marroncino ocraceo	100	BASSA		11.0m	UMIDO			
7		2.60	Sabbia limosa argillosa (a 12,5 m crosta di sabbia)	100				SATURO			

FONDO FORO 15 m

NOTE
 Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiuso
 Prova di assorbimento: 0,2 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	5,0 ÷ 5,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 19,03 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 19,37 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,835$
Coesione	$c = 0,62 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 25,96^\circ$
Modulo edometrico	$E = 51,33 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 2,40 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 12,76$

A ridosso dell'Autostrada A14 in agro di Cerignola, a sud-ovest della S.P.65, è stata eseguita un'indagine sismica consistita in:

- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW
- ❖ n. 1 prospezione geoelettrica a 24 elettrodi, secondo le configurazioni "Dipolo-Dipolo" e "Wenner";
- ❖ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc.

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P (BS.09)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale e sabbia limosa poco addensata, valori $V_p = 448 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 185 \text{ m/s}$
- Da 2,0 a 9,0 m: sabbia limosa da poco a mediamente addensata, valori $V_p = 713 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 308 \text{ m/s}$
- Da 9,0 a 18,0 m: Limo sabbioso argilloso consistente, valori $V_p = 1213 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 460 \text{ m/s}$

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.09)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio, determinare il valore del V_s , eq compreso tra 437 e 451 m/s, e classificare il sottosuolo nella categoria "B" (rif. NTC 2018).

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.21**, secondo le configurazioni "Dipolo-Dipolo" e "Wenner", da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da uno strato superficiale resistivo correlabile a sabbia limosa poco addensata, asciutta; un secondo strato mediamente resistivo correlabile a sabbia limosa poco addensata con probabile circolazione idrica; un terzo strato conduttivo prevalentemente limoso sabbioso argilloso consistente.

Stratigrafia del sondaggio SG10-TRS.107

 Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO			Regione: PUGLIA Comune: CERIGNOLA Foglio CTR: 423093 Attraversamento: Autostrada E55 COORD. (UTM33 WGS84): X: 584448 E Y: 4567799 N Z: 80 m.s.l.m.							
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduli di Nassiriya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE			 Fiumano Toma TRIVELLAZIONI S.R.L. FUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L. (Mandante)							
Metodo perforaz.: Carotaggio continuo Ø101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO Data: 27/03/2019										
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.O.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO TENDENZA A FRANGERE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		0.50	Terreno vegetale limo-sabbioso	100					C1 0.0-0.15m	
2		2.50	Sabbia limosa di colore beige-marroncino	100	BASSA		ASCIUTTO		C2 2.4-2.6m	
3								3m		
4		4.00	Sabbia limosa di colore marroncino-ocraceo-rosato	100	BASSA	4.4m	UMIDO		C.A. C3 4.85-5.0m	C.I. 5.0-5.5m
5										
6		2.00	Sabbia limosa di colore beige-marroncino	100	BASSA					
7										
8		3.00	Sabbia limosa di colore marroncino-ocraceo-rosato	100	BASSA		SATURO			
9										
10		1.50	Sabbia limosa marrone-rossastro consistente	100	BASSA					
11		1.50	Sabbia limosa beige consistente con inclusioni calcigne	100	BASSA					
12										
13										
14										
15										

FONDO FORO 15 m

NOTE
 Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiuso
 Prova di assorbimento: 2 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	5,0 ÷ 5,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 18,95$ kN/mc
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 19,04$ kN/mc
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,904$
Coesione	$c = 0,23$ kg/cmq
Angolo di attrito	$\phi = 25,65^\circ$
Modulo edometrico	$E = 62,66$ MPa
Coesione non drenata	$c_u = 0,30$ kg/cmq
Rapporto di sovraconsolidazione	OCR = 6,90

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 65 in agro di Cerignola, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.22**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato superficiale, fino circa 2 metri, mediamente resistivo correlabile a sabbie limose poco addensate ed uno sottostante strato da mediamente a molto conduttivo correlabile a limo sabbioso argilloso consistente con probabile circolazione idrica all'interfaccia dei due strati.

Parallelamente alla Strada Provinciale n. 64 tra i comuni di Cerignola e San Ferdinando di Puglia, è stata eseguita una **prospezione geoelettrica a 24 elettrodi ERT.23**, secondo le configurazioni “Dipolo□Dipolo” e “Wenner”, da cui è emerso un modello di resistività del sottosuolo costituito da un primo strato superficiale, fino circa 2 metri, mediamente conduttivo correlabile a limi sabbiosi da poco a mediamente consistenti ed uno sottostante strato mediamente resistivo correlabile a sabbie limose ciottolose poco addensate.

7.9 RISULTATI INDAGINI ZONA 09

La zona 09 focalizzata sull'attraversamento del Fiume Ofanto (Picchetti 163+ 127), a nord-est del comune di Canosa di Puglia.



Stralcio ortofoto della zona 09 con ubicazione delle indagini

A circa 600 m nord-ovest del Fiume Ofanto in agro di San Ferdinando di Puglia, e a valle del Fiume Ofanto sono state eseguite due **prove penetrometriche dinamiche superpesanti**, da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi.

Nel punto di indagine **DPSH 17** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 3,0 m: terreno moderatamente consistente
- Da 3,0 a 3,8 m: terreno consistente
- Da 3,8 a 4,4 m: terreno moderatamente consistente
- Da 4,4 a 5,0 m: terreno molto consistente

Nel punto di indagine **DPSH 18** si è ottenuto:

- Da 0,0 a 0,2 m: terreno moderatamente consistente
- Da 0,2 a 0,8 m: terreno molto consistente
- Da 0,8 a 1,2 m: terreno consistente
- Da 1,2 a 1,4 m: terreno molto consistente

DPSH 17	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coazione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.38	0.97	0.41	2.06
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	23.76	41.71	24.75	64.09
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	21.75	24.08	21.86	28.74
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	61.20	142.90	65.10	305.80
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	64.21	147.54	68.19	313.69
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatam. consistente	Consistente	Moderatam. consistente	Molto Consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.82	2.06	1.84	2.17
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.89	2.27	1.89	2.39
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.34	0.33	0.34	0.29
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	356.83	791.85	378.16	1618.92
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	1.25	2.99	1.33	5.69
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	12.24	28.58	13.02	61.16

DPSH 18	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Coazione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.47	1.62	0.76	4.26
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	27.25	56.79	35.75	93.88
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	22.15	26.87	23.22	38.05
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	75.20	240.60	112.80	631.70
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	78.49	247.19	116.84	646.09
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Moderatam. Consistente	Molto consistente	Consistente	Molto Consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.64	2.06	1.77	2.31
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.90	2.01	1.93	2.18
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.34	0.31	0.33	0.23
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	433.07	1292.20	633.99	3201.80
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	1.56	4.73	2.37	10.66
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	15.04	48.12	22.56	126.34

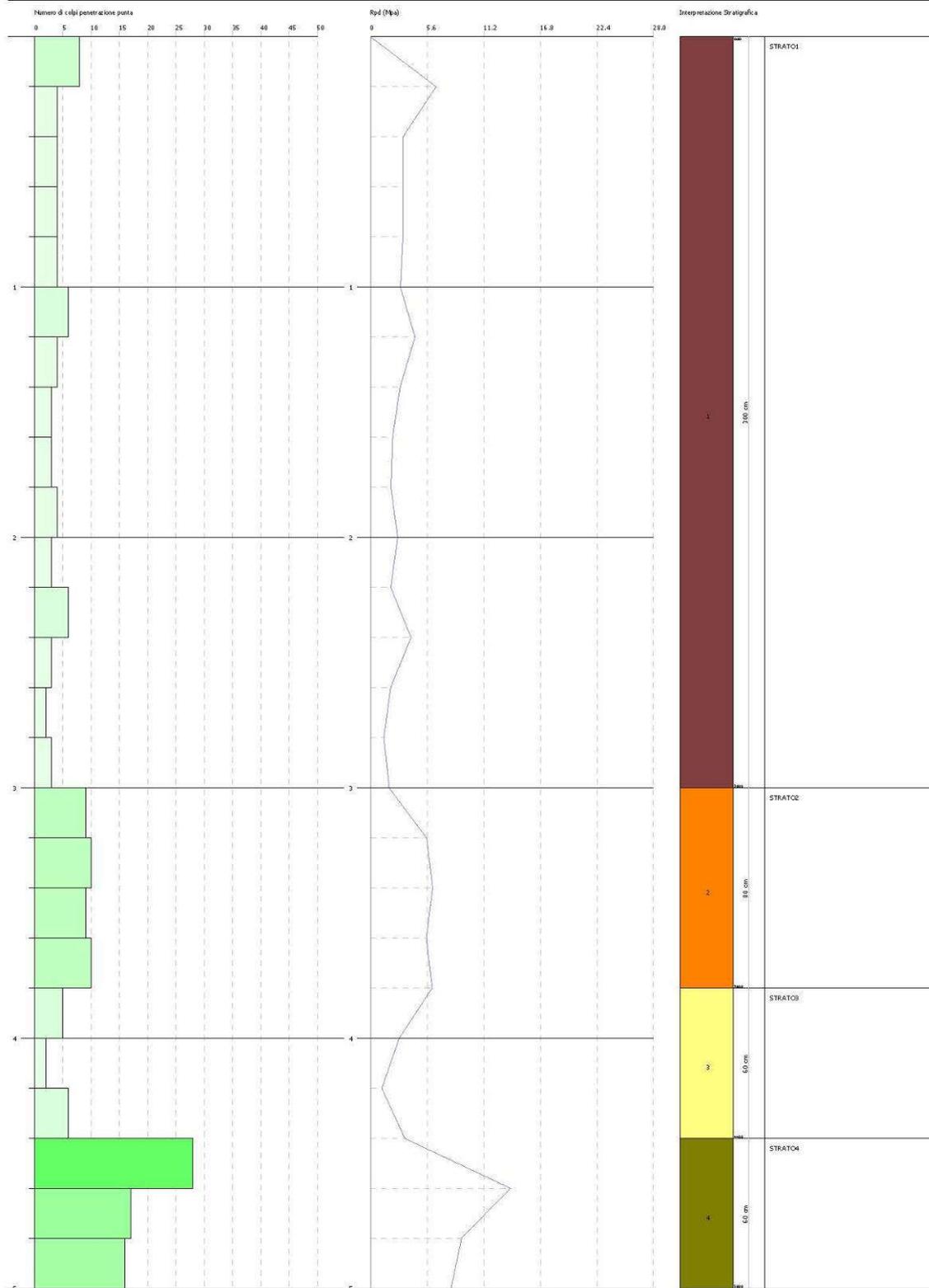
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
CONSOLE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH17
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Compartimento: ACP
Descrizione:
Località: SAN FERDINANDO DI FUGLIA

Data: 05/04/2018

Scala: 1:20



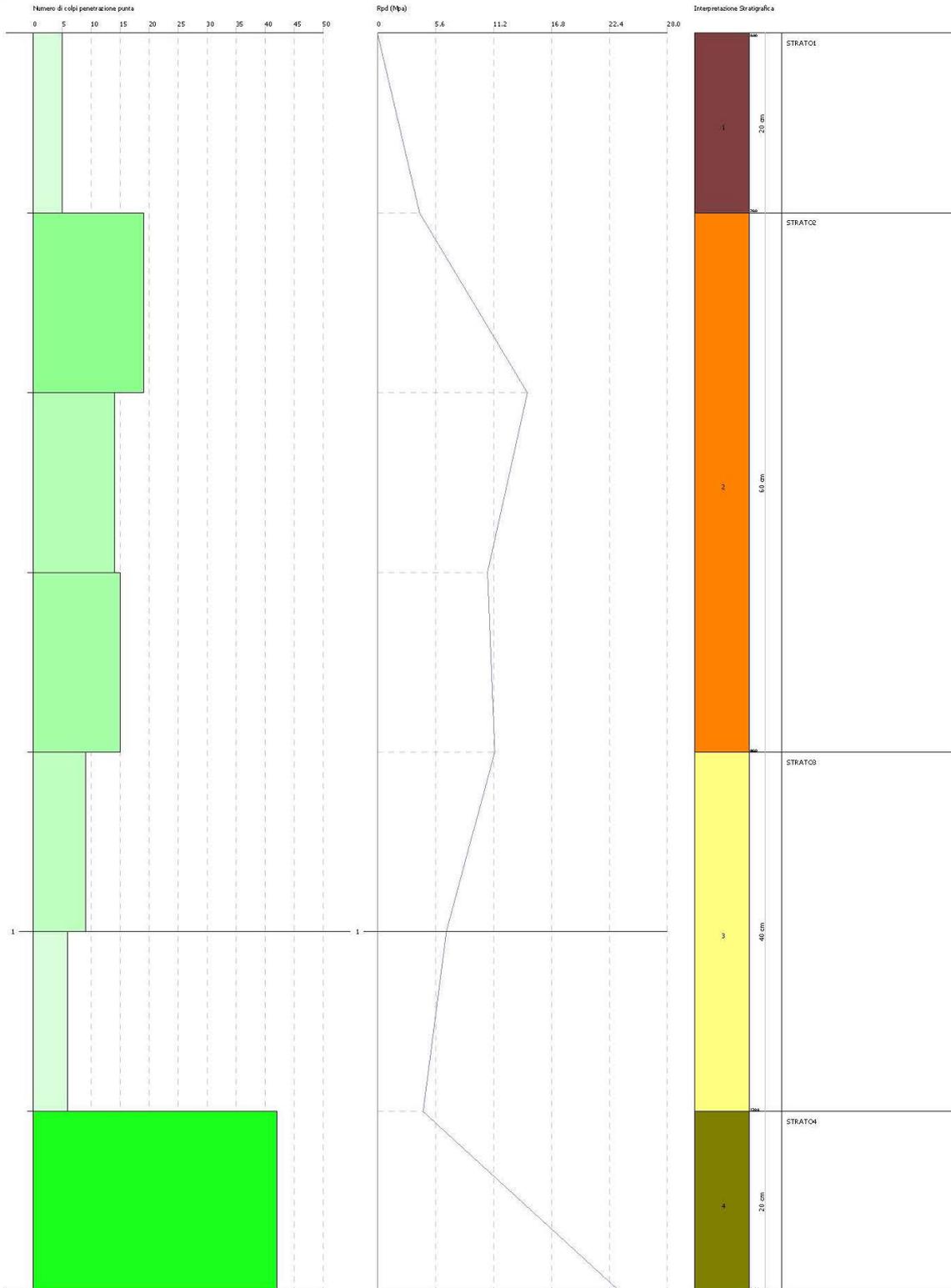
GEOSTRI
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
CONSTRUY
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH18
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Committente: AQP
Descrizione:
Località: SPN FERDINANDO DI FUGLIA

Data: 05/04/2019

Scala 1:5



A ridosso del Fiume Ofonta è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m e prelievo campioni, con esecuzione della prova di permeabilità e installazione di tubo piezometrico in pvc.

Stratigrafia del sondaggio SG11-TRS.113

 Acquedotto Pugliese S.p.A. "Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292 R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Regione: PUGLIA Comune: S. FERDINANDO DI P. Foglio CTR: 423134 Attraversamento: Fiume Ofanto COORD. (UTM33 WGS84): X: 587207 E Y: 4566434 N Z: 44 m.s.l.m.									
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA)		 Fiumano Toma Trivellazioni s.r.l. FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI s.r.l. (Mandante)									
Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		Metodo perforaz: Carotaggio continuo ϕ 101mm Rivestimento foro: SI Doppio caratiere: NO Data: 26/03/2019									
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTAGGIO	TENDENZA A FRANGERE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		2.50	Terreno sabbioso misto a riporto	90			BASSA	UMIDO ASCIUTTO		C1 0.0-0.2m	
2							BASSA	UMIDO		C.A.	
3		1.00	Riporto cementizio	100			BASSA	UMIDO		C2 2.3-2.5m	
4		2.00	Ghiaia con ciottoli polimetrici e poligenici in matrice limosa con sabbia di color ocraceo-marrone	85			MEDIA	UMIDO			
5							MEDIA	UMIDO			
6		3.20	Sabbia limoso-ghiaiosa di colore ocraceo con ciottoli arrotondati polimetrici e poligenici	85			MEDIA	UMIDO			
7							MEDIA	UMIDO			
8		1.30	Ghiaia poligenica polimetrica in matrice sabbiosa grossolana	80			MEDIA	SATURO			
9							MEDIA	SATURO			
10		3.20	Sabbia limoso-ghiaiosa di colore ocraceo	95			BASSA	SATURO			
11							BASSA	SATURO			
12		1.80	Argilla debolmente sabbiosa grigia	100			BASSA	SATURO			C.I. 14-14.5m
13							BASSA	SATURO			
14							BASSA	SATURO			
15							BASSA	SATURO			

FONDO FORO 15 m

NOTE
 Rivestimento del foro con 3.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Installazione di 15.0 m di tubo piezometrico in pvc diametro 0.80m e chiuso
 Prova di assorbimento: 3 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	14,0 ÷ 14,5 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 19,51 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 19,54 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,814$
Coesione	$c = 0,15 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 19,91^\circ$
Modulo edometrico	$E = 48,69 \text{ MPa}$
Coesione non drenata	$c_u = 1,13 \text{ kg/cmq}$
Rapporto di sovraconsolidazione	$OCR = 2,81$

Inoltre, a ridosso del Fiume Ofanto nel 2016 furono eseguite altre indagini indirette, nello specifico:

- ❖ n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P;
- ❖ n. 3 prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW.
- ❖ n. 4 prospezioni geoelettriche a 24 elettrodi, secondo le configurazioni “Dipolo □ Dipolo” e “Wenner”.

Dall'elaborazione delle **prospezioni geoelettriche** del 2016 è emerso un modello di resistività del sottosuolo caratterizzato sul fronte ovest da uno strato superficiale mediamente resistivo correlabile a depositi sabbioso ciottoloso □ argillosi con probabile circolazione idrica e sottostante strato conduttivo dovuto a depositi sabbioso-argillosi saturi. Sul fronte est, invece, sono stati individuati modelli prevalentemente resistivi correlabili a depositi sabbioso ciottolosi, a luoghi argillosi con probabile circolazione idrica.

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde P** del 2016 e di quella recente (**BS.04**) è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 335 \div 400 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 130 \div 170 \text{ m/s}$
- Da 1,0 a 5,0 m: deposito sabbioso-ciottoloso argilloso poco addensato, con $V_p = 599 \div 1037 \text{ m/s}$ e $V_s = 247 \div 459 \text{ m/s}$
- Da 6,0 a 22,0 m: deposito sabbioso □ ciottoloso argilloso mediamente addensato, valori $V_p = 1597 \div 1832 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 695 \div 798 \text{ m/s}$

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.04)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 382 e 597 m/s, classificando il sottosuolo nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

7.10 RISULTATI INDAGINI ZONA 10

La zona 10 si estende per circa 3,5 km dalla Strada Provinciale n. 3 (Picchetto 105) al Serbatoio di Canosa di Puglia (Picchetto 1).



Nei pressi della Strada Provinciale n. 3, tra San ferdinando di Puglia e Canosa di Puglia, sono state eseguite le seguenti indagini:

- ❖ n. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante;
- ❖ n. 1 prospezione sismica a rifrazione di superficie in onde P;
- ❖ n. 1 prospezione sismica in onde S con metodologia MASW.
- ❖ n. 1 prospezione geoelettrica a 24 elettrodi, secondo le configurazioni “Dipolo □ Dipolo” e “Wenner”.

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica ERT.24** è emerso un modello di resistività del sottosuolo caratterizzato da un'alternanza di strati poco resistivi correlabili a depositi sabbiosi poco addensati, seguiti da strato molto resistivi per la natura maggiormente limosa e addensata.

Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde P (BS.10)** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 385$ m/s e valori $V_s = 150$ m/s
- Da 2,0 a 6,0 m: deposito sabbioso poco addensato, con $V_p = 720$ m/s e $V_s = 290$ m/s
- Da 6,0 a 15,0 m: deposito sabbioso mediamente addensato con livelli cementati, con valori di $V_p = 1421$ m/s e valori $V_s = 550$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.10)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del V_s , eq compreso tra 450 e 446 m/s, classificando il sottosuolo nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

Dall'elaborazione della **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.19** è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi metri di terreno in funzione del numero di colpi:

- Da 0,0 a 0,4 m: terreno poco consistente
- Da 0,4 a 3,0 m: terreno consistente
- Da 3,0 a 5,0 m: terreno molto consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 19	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	Terzaghi- Peck	0.14	0.96	2.42
Densità relativa D_r (%)	Skempton 1986	13.15	41.6	68.9
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	Wolff (1989) / N160	20.65	24.07	30.23
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	Bowles (1982)	22.60	142.30	358.00
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	Buisman-Sanglera	24.84	146.93	366.93
Classificazione AGI	Classificazione AGI	Poco consistente	Consistente	Molto Consistente
Peso unità di volume γ (t/m^3)	Meyerhof ed altri	1.58	2.06	2.31
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	Meyerhof	1.85	2.27	2.50
Modulo di Poisson σ	(A.G.I.)	0.35	0.33	0.28
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	Ohsaki	139.89	788.73	1877.43
Modulo di reazione K_0	Navfac 1971-1982	0.33	2.97	6.37
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	Robertson 1983	4.52	28.46	71.60

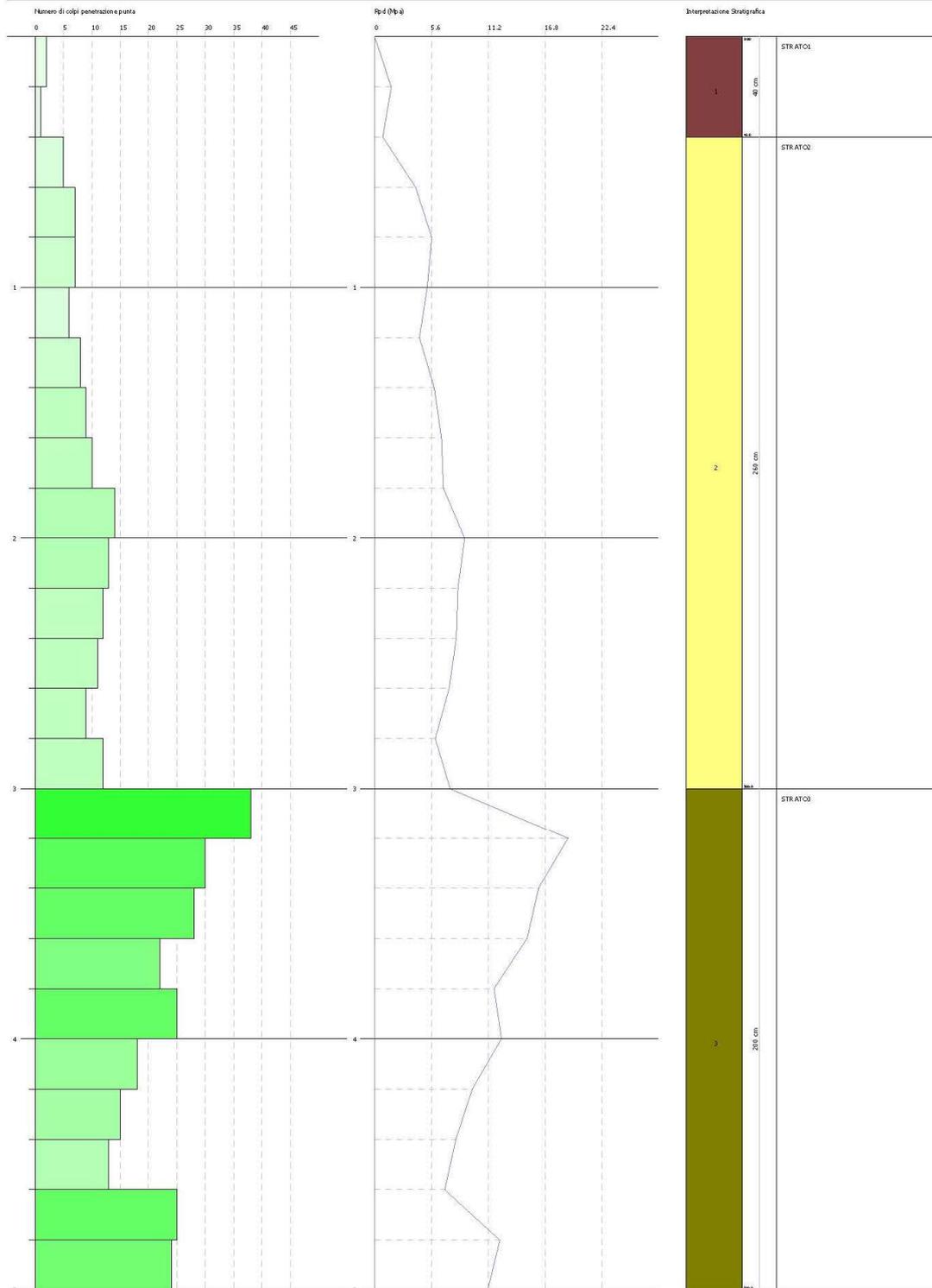
GEOSTRI
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COMPANY

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA dphs19
Strumento utilizzato: DPHS (Dynamic Probing Super Heavy)

Comitente: AQP
Descrizione:
Località: CANOSA

Data: 05/04/2019

Scala: 1:20



In direzione parallela all'attraversamento ferroviario Barletta-Spinazzola, in agro di Canosa di Puglia, è stata eseguita una **prospezione sismica in onde P (BS.11)** da cui è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 3,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 340$ m/s e valori $V_s = 137$ m/s
- Da 3,0 a 7,0 m: deposito sabbioso poco addensato, con $V_p = 598$ m/s e $V_s = 257$ m/s
- Da 7,0 a 16,0 m: deposito sabbioso mediamente addensato con livelli cementati, con valori di $V_p = 1186$ m/s e valori $V_s = 454$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.10)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del V_s ,eq compreso tra 390 e 406 m/s, classificando il sottosuolo nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

In prossimità del Canale Capitanata in agro di Canosa di Puglia è stata eseguita una **prospezione sismica in onde P (BS.12)** da cui è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale, valori $V_p = 341$ m/s e valori $V_s = 144$ m/s
- Da 2,0 a 7,0 m: deposito sabbioso poco addensato, con $V_p = 617$ m/s e $V_s = 268$ m/s
- Da 7,0 a 16,0 m: deposito sabbioso mediamente addensato con livelli cementati, con valori di $V_p = 1408$ m/s e valori $V_s = 563$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW (MASW.10)** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del V_s ,eq compreso tra 447 e 453 m/s, classificando il sottosuolo nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

A circa 400 metri ad est dal Canale Capitanata è stata eseguita una **prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH.20**, da cui è stato possibile ottenere un modello geomeccanico dei primi 5 metri di terreno in funzione del numero di colpi:

- Da 0,0 a 0,4 m: terreno consistente
- Da 0,4 a 1,4 m: terreno moderatamente consistente
- Da 1,4 a 5,0 m: terreno consistente

Per ciascuno strato sono stati attribuiti alcuni parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche:

DPSH 20	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3
Coesione non drenata (Kg/cm^2)	<i>Terzaghi- Peck</i>	<i>0.81</i>	<i>0.30</i>	<i>0.80</i>
Densità relativa D_r (%)	<i>Skempton 1986</i>	<i>37.3</i>	<i>20.33</i>	<i>36.97</i>
Angolo di resistenza al taglio ϕ°	<i>Wolff (1989) / N160</i>	<i>23.44</i>	<i>21.37</i>	<i>23.39</i>
Modulo di Young E_y (Kg/cm^2)	<i>Bowles (1982)</i>	<i>120.30</i>	<i>48.10</i>	<i>118.70</i>
Modulo Edometrico E_{ed} (Kg/cm^2)	<i>Buisman-Sanglera</i>	<i>124.49</i>	<i>50.85</i>	<i>122.86</i>
Classificazione AGI	<i>Classificazione AGI</i>	<i>Consistente</i>	<i>Moderat. Consistente</i>	<i>Consistente</i>
Peso unità di volume γ (t/m^3)	<i>Meyerhof ed altri</i>	<i>2.02</i>	<i>1.75</i>	<i>2.01</i>
Peso unità di volume saturo γ_s (t/m^3)	<i>Meyerhof</i>	<i>2.22</i>	<i>1.88</i>	<i>2.21</i>
Modulo di Poisson σ	<i>(A.G.I.)</i>	<i>0.33</i>	<i>0.34</i>	<i>0.33</i>
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm^2)	<i>Ohsaki</i>	<i>673.54</i>	<i>284.53</i>	<i>665.12</i>
Modulo di reazione K_0	<i>Navfac 1971-1982</i>	<i>2.53</i>	<i>0.94</i>	<i>2.50</i>
Resistenza alla punta Q_c (Kg/cm^2)	<i>Robertson 1983</i>	<i>24.06</i>	<i>9.62</i>	<i>23.74</i>

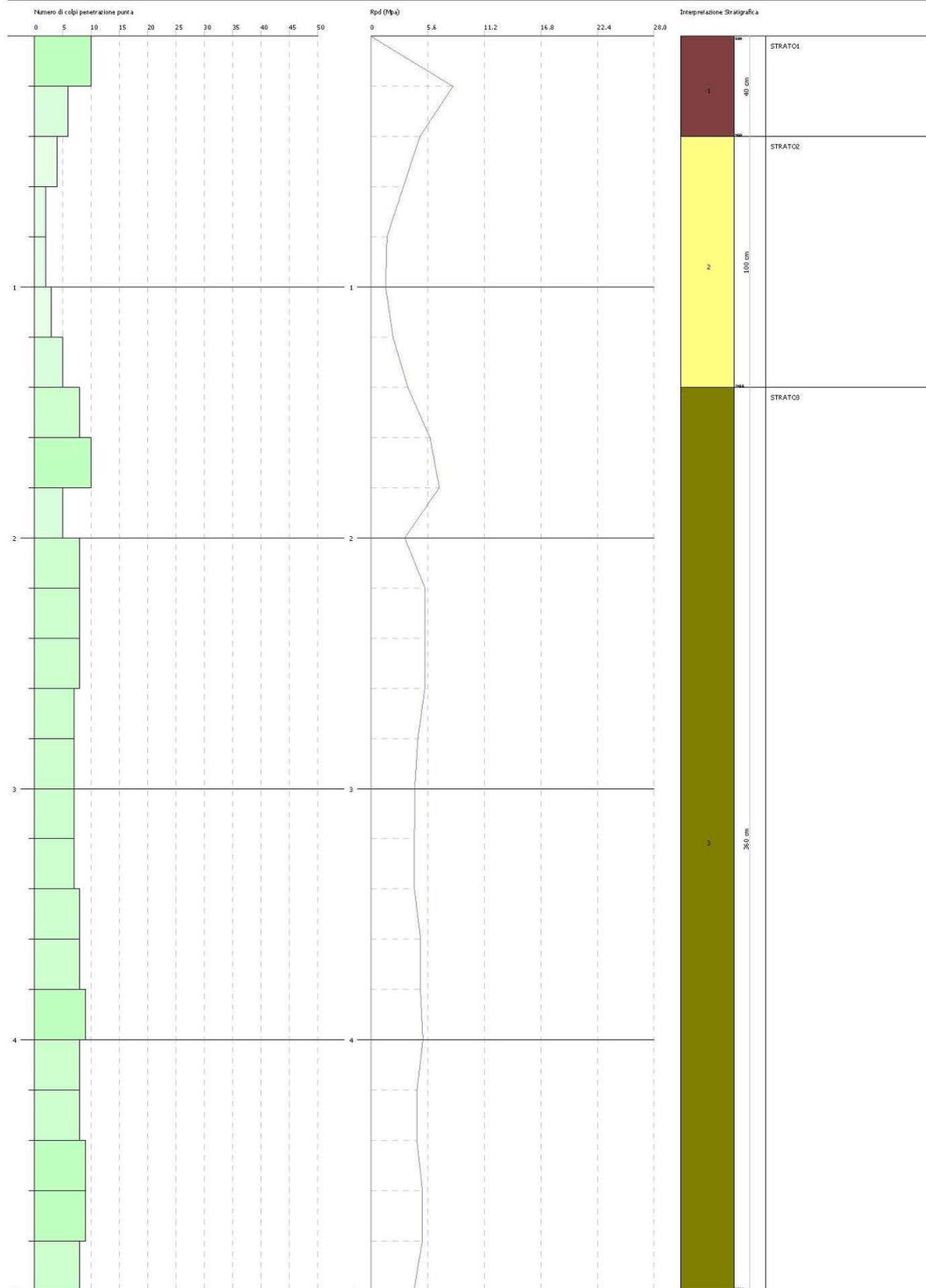
GEOSTRU
CHANGES FROM PREFERENCES OPTIONS
COPYRIGHT
.....

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH20
Strumento utilizzato... DPSH (Dynamic Probing Super Heavy)

Committente: AQ2
Descrizione:
Località: CANOSA

Data: 05/04/2019

Scala 1:1



Presso il Serbatoio di Canosa di Puglia è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo di profondità 15 m con prelievo campioni e con esecuzione della prova di permeabilità.

Stratigrafia del sondaggio SG12-TRS.122

 Acquedotto Pugliese S.p.A. <i>"Acquedotto del Fortore, Locone ed Ofanto - Opere di interconnessione - Il Lotto Condotta dall'opera di disconnessione di Canosa al serbatoio di Foggia - I stralcio funzionale" - Servizio di indagini geognostiche e ambientali - P1292</i> R.U.P.: Dott. Ing. Massimo PELLEGRINI GEOLOGIA: Dott. Geol. Fernando SBRANDOLINO		Regione: PUGLIA Comune: CANOSA DI PUGLIA Foglio CTR: 423103 Attraversamento: Serbatoio Canosa COORD. (UTM33 WGS84): X: 591584 E Y: 4567138 N Z: 135 m.s.l.m.										
Imprese esecutrici indagini:  APOGEO S.R.L. (capogruppo) Via Caduti di Nassirya 170 70022 Altamura (BA) Redattore Stratigrafia: Dott. Geol. Pietro PEPE		 FIUMANO TOMA TRIVELLAZIONI S.R.L. (Mandante)										
Metodo perforaz: Carotaggio continuo ϕ 101mm Rivestimento foro: SI Doppio carotiere: NO Data: 25/03/2019												
Profondità (metri)	Colonna Stratigrafica	Spessori (metri)	DESCRIZIONE LITOLOGICA	R.Q.D. (%)	% RECUPERO DEL CAROTTAGGIO	TENDENZA A FRANGERE	FALDA	UMIDITA' NATURALE	RIVESTIMENTO	PROVVISORIO	CAMPIONI AMBIENTALI	CAMPIONI GEOTECNICI
1		0.70	Pavimentazione stradale e sottostante terreno di riporto	100							C1	
2		0.80	Sabbia addensata con argilla a grana media di color nocciola	95		MEDIA					0.1-0.3m	
3		2.00	Sabbia sciolta o poco addensata con ghiaia (dimensione max. 3 cm) di color marrone-nocciola	95							C2	
4						MEDIA						
5		4.00	Sabbia sciolta a grana fine di color marrone passante a sabbia fine color beige con ciottoli e croste cementate	95			ASSENTE				C3	
6							ASCIUTTO					C.I.
7												
8		2.30	Sabbia argillosa di colore grigio-marrone, con inclusioni di piccoli ciottoli alla profondità 7,6÷8,0 m	100		BASSA						
9												
10		5.20	Sabbia sciolta o poco addensata a grana fine-media di color marrone, a luoghi brevi livelli cementati	90		BASSA						
11												
12												
13												
14												
15												

FONDO FORO 15 m

NOTE
 Rivestimento del foro con 9.0 m di tubo in pvc arancione di diametro 0.80m
 Prova di assorbimento: 0,1 litri al secondo

Caratterizzazione geotecnica in laboratorio

Profondità di prelievo	5.0 ÷ 5.4 m da p.c.
Peso per unità di volume totale	$\gamma_{tot} = 15.47 \text{ kN/mc}$
Peso per unità di volume terreno saturo	$\gamma_{tot} = 19.12 \text{ kN/mc}$
Indice dei vuoti	$e_0 = 0,823$
Coesione	$c = 0,25 \text{ kg/cmq}$
Angolo di attrito	$\phi = 30,22^\circ$
Modulo edometrico	$E = 78,74 \text{ MPa}$

Inoltre, presso la stessa area nel 2016 furono eseguite altre indagini indirette.

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica** del 2016 è emerso un modello di resistività del sottosuolo principalmente resistivo fino a 11÷13 m di profondità, correlabile a depositi sabbiosi, a poco addensati con livelli cementati, con zone maggiormente limose più in profondità che ne connotano i caratteri più conduttivi..

Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde P** del 2016 è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 1,0 m: materiale di riporto, valori $V_p = 408 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 185 \text{ m/s}$
- Da 1,0 a 5,0÷9,0 m: deposito sabbioso poco addensato, $V_p = 984 \text{ m/s}$ e $V_s = 475 \text{ m/s}$
- Da 9,0 a 25,0 m: deposito sabbioso mediamente addensato con livelli cementati, con valori $V_p = 1675 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 827 \text{ m/s}$

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW** del 2016 è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 455 e 467 m/s, classificando il sottosuolo nella categoria "**B**" (rif. NTC 2018).

Dall'elaborazione della **prospezione geoelettrica** è emerso un modello di resistività del sottosuolo principalmente conduttivo correlabile a depositi limoso-sabbiosi poco addensati con circolazione idrica già a partire dai 4 m di profondità.

Dall'elaborazione della **prospezione sismica in onde P** è emerso un modello sismostratigrafico del sottosuolo a tre strati, caratterizzati come a seguire.

- Da 0,0 a 2,0 m: copertura vegetale compatta e dep. Sabbioso limoso poco addensato, valori $V_p = 473 \text{ m/s}$ e valori $V_s = 190 \text{ m/s}$

- Da 2,0 a 5,5 m: deposito sabbioso limoso da poco a mediamente addensato, valori $V_p = 604$ m/s e valori $V_s = 261$ m/s
- Da 5,5 a 14,0 m: deposito limoso sabbioso mediamente consistente, valori $V_p = 1190$ m/s e valori $V_s = 354$ m/s

Dall'elaborazione delle **prospezioni sismiche in onde S con metodologia MASW** è stato possibile ottenere il profilo verticale delle velocità di taglio e determinare il valore del $V_{s,eq}$ compreso tra 332 e 338 m/s, classificando il sottosuolo in esame nella categoria "**C**" (rif. NTC 2018).

8 INQUADRAMENTO SISMICO

Per rappresentare le caratterizzazioni sismiche, si è scelto di suddividere il tracciato in sei zone come di seguito riportate:

1. Serbatoio di Foggia (cat. Sismica B)
2. Canale Capitanata (cat. Sismica C)
3. Canale Olive (cat. Sismica B)
4. Torrente Carapelle (cat. Sismica B - C)
5. Fiume Ofanto (cat. Sismica B)
6. Disconnessione Canosa (cat. Sismica B)
- 7.

8.1 Inquadramento sismico "Serbatoio di Foggia"

8.1.1 Aspetti generali del "Serbatoio di Foggia"

Il comune di Foggia (Fg) con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2** (*livello di pericolosità medio-alto*) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.1.1.1 Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagini MASW

Sulla base delle indagini sismiche eseguite dalla società "Apogeo", applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

è stato possibile calcolare il parametro $V_{s,30}$ in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che per i valori del $V_{s,30}/eq$ il sito rientra in suoli di classe "B", definiti come: **"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina)".**

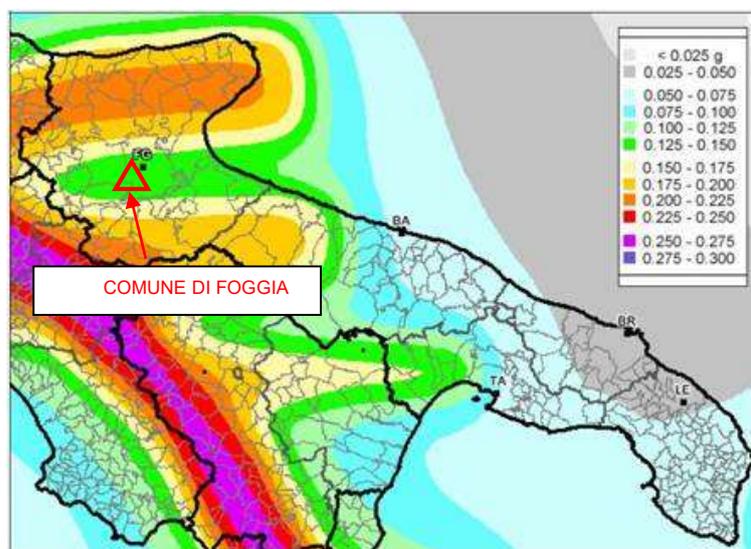
8.1.2 Caratteristiche sismiche del territorio

Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del gennaio 2008 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione

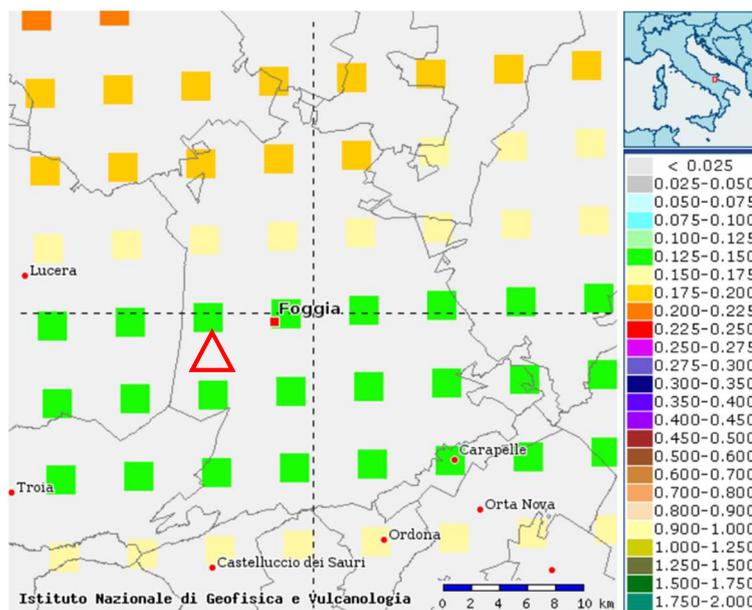
massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.125 - 0.150 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/s$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06).



In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: $S_T = 1.00$.

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-ciottolosi;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state rilevate falde superficiali.

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

1. "a_g" accelerazione orizzontale massima al terreno;
2. "F_o" valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
3. "T_c*" periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.1.2.1 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.1.2.2 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

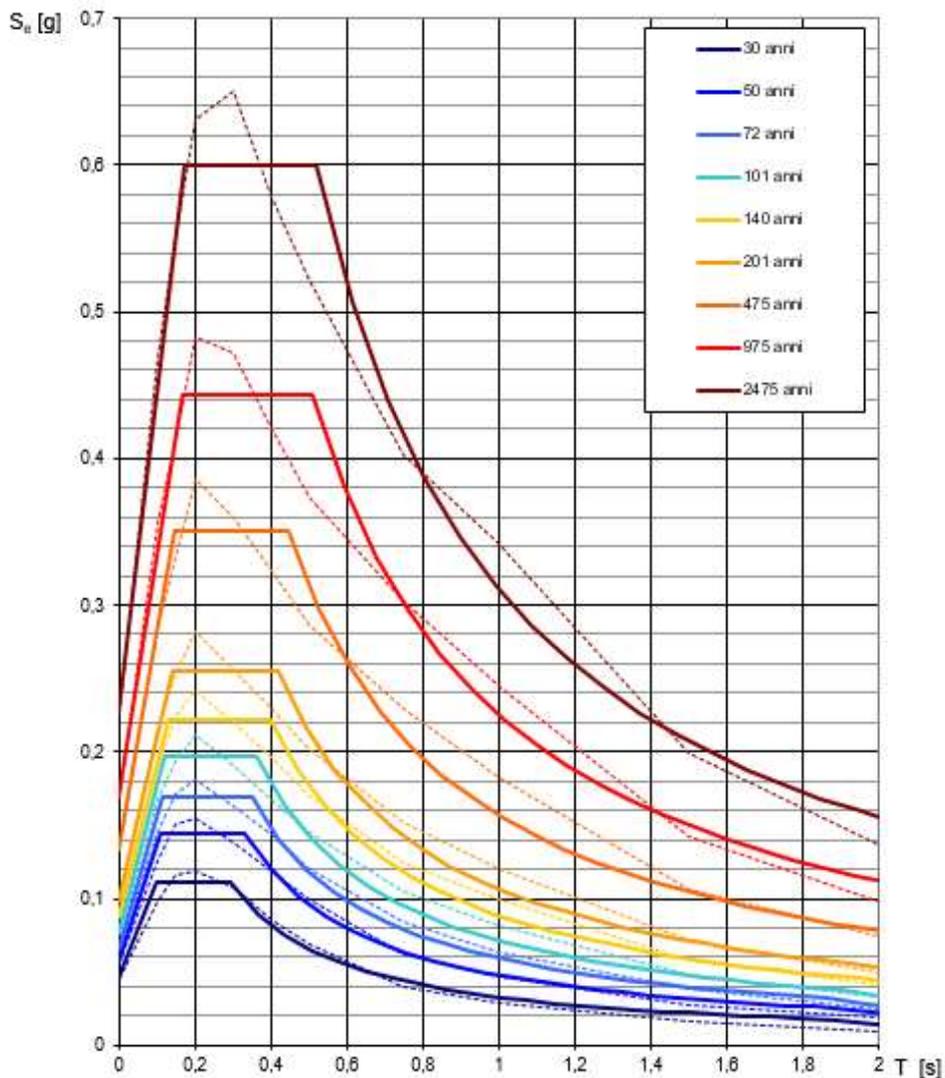
FASE 3

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione dl periodo di ritorno T_r .

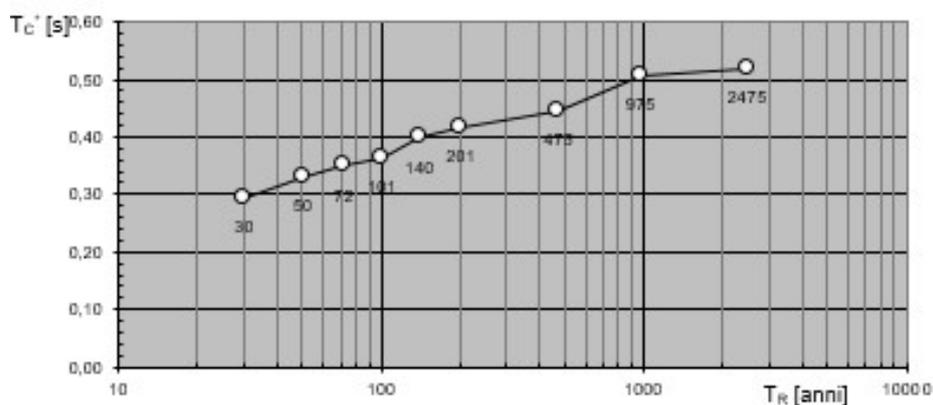
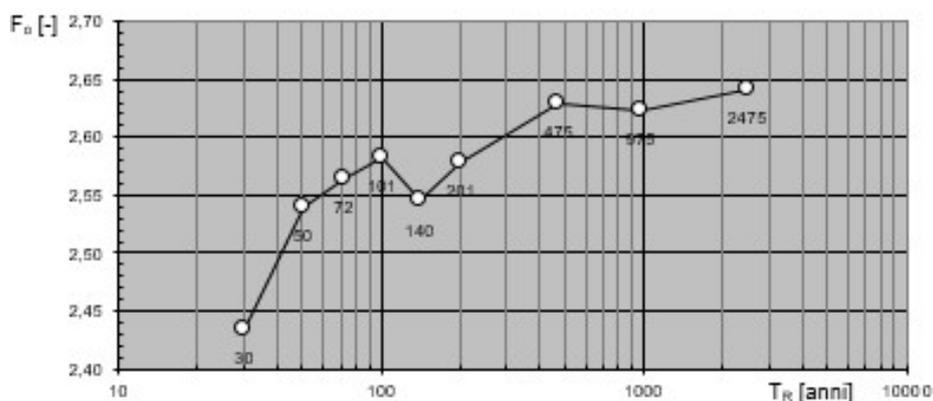
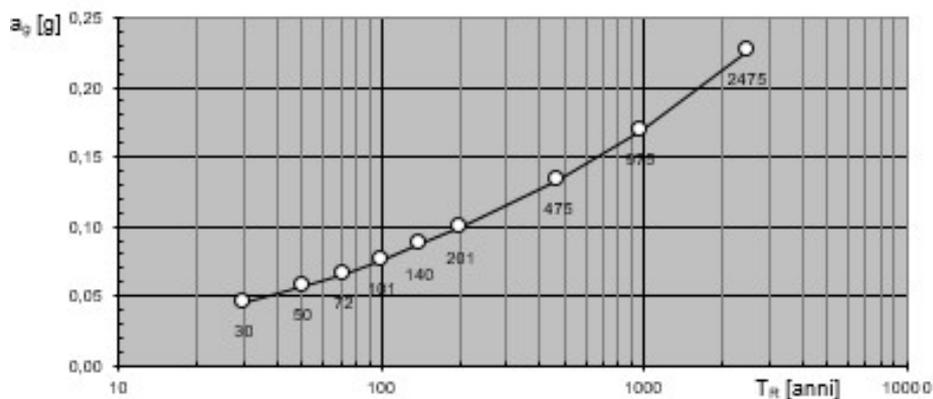
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,046	2,435	0,295
50	0,057	2,540	0,331
72	0,066	2,565	0,350
101	0,076	2,582	0,363
140	0,087	2,545	0,399
201	0,099	2,579	0,418
475	0,134	2,630	0,446
975	0,169	2,623	0,507
2475	0,227	2,642	0,519

8.1.2.3 *Strategia di progettazione*

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	120
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	201
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	1898
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	2475

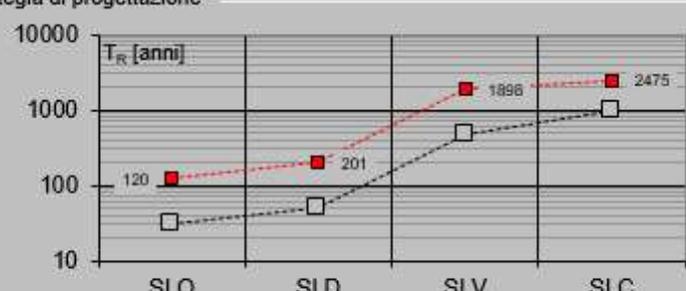
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



Stato	Strategia per costruzioni ordinarie	Strategia scelta
SLO	120	120
SLD	201	201
SLV	~100	1898
SLC	~100	2475

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

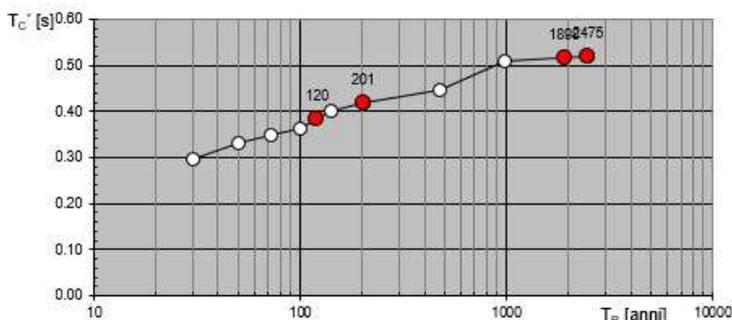
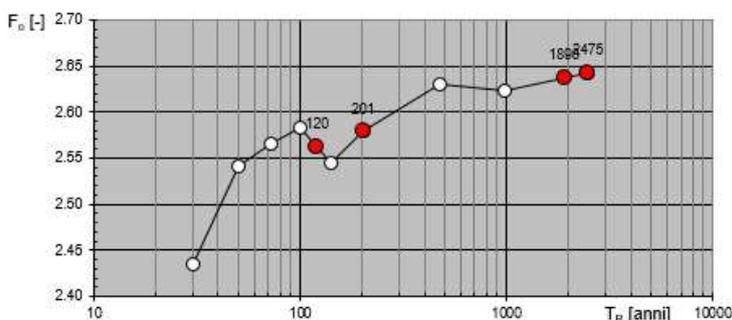
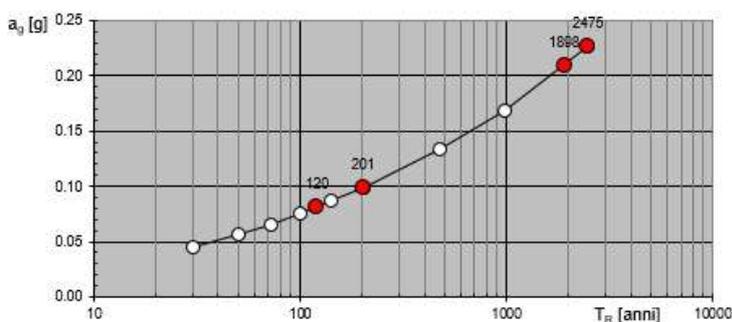
.....■..... Strategia scelta

INTRO FASE 1 **FASE 2** FASE 3

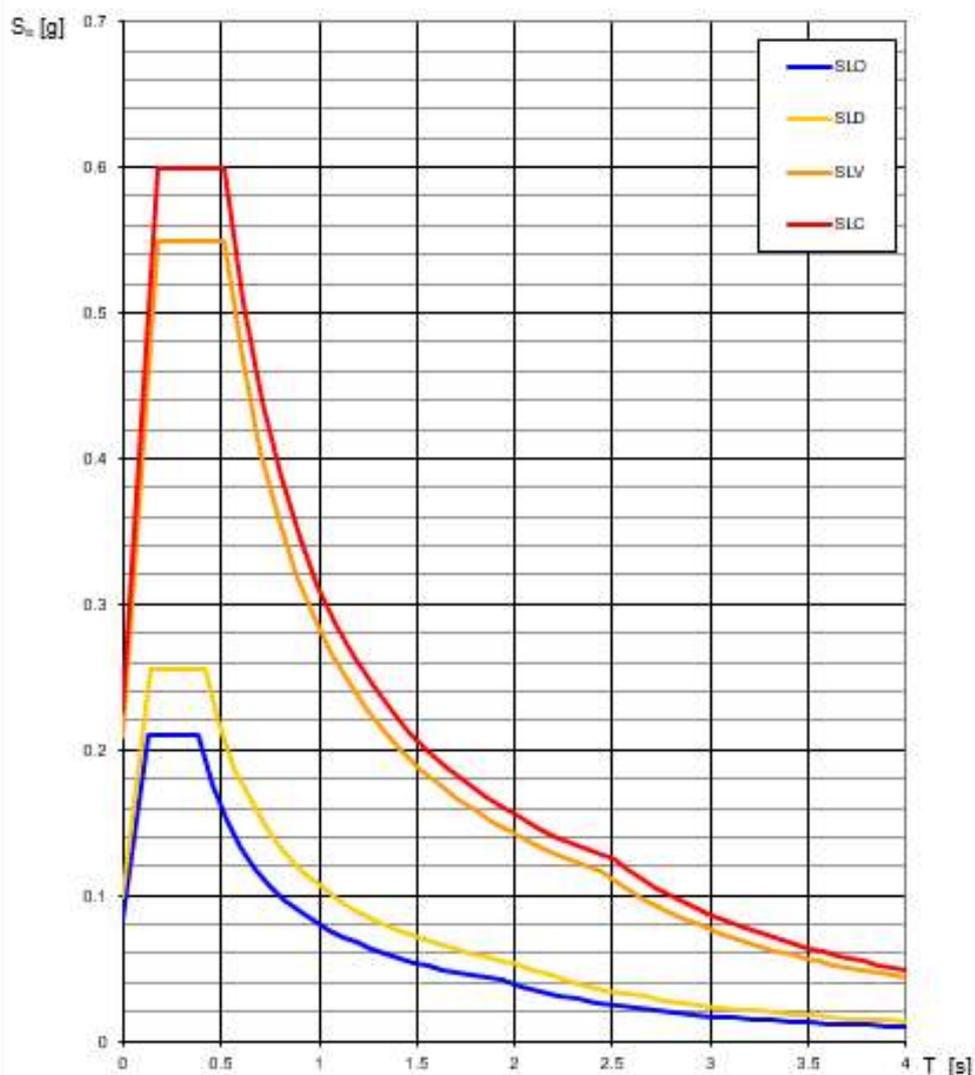
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritor



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	120	0.082	2.562	0.382
SLD	201	0.099	2.579	0.418
SLV	1898	0.209	2.637	0.516
SLC	2475	0.227	2.643	0.519

8.2 Inquadramento sismico “Canale Capitanata”

8.2.1 Aspetti generali dell' “Attraversamento fluviale”

Il comune di Foggia (Fg) con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2** (*livello di pericolosità medio-alto*) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.2.1.1 *Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagini MASW*

Sulla base delle indagini sismiche eseguite, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

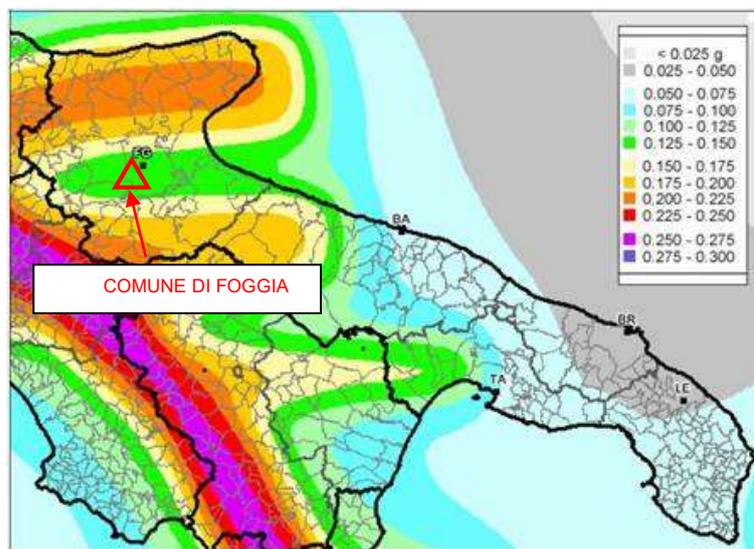
è stato possibile calcolare il parametro V_{s30} in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che per i valori del V_{s30}/eq il sito rientra in suoli di classe “C”, definiti come: **“Depositi di terreni a grana grossa, scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_s compresi tra 180 e 360 m/s”**.

8.2.1.2 *Caratteristiche sismiche del territorio*

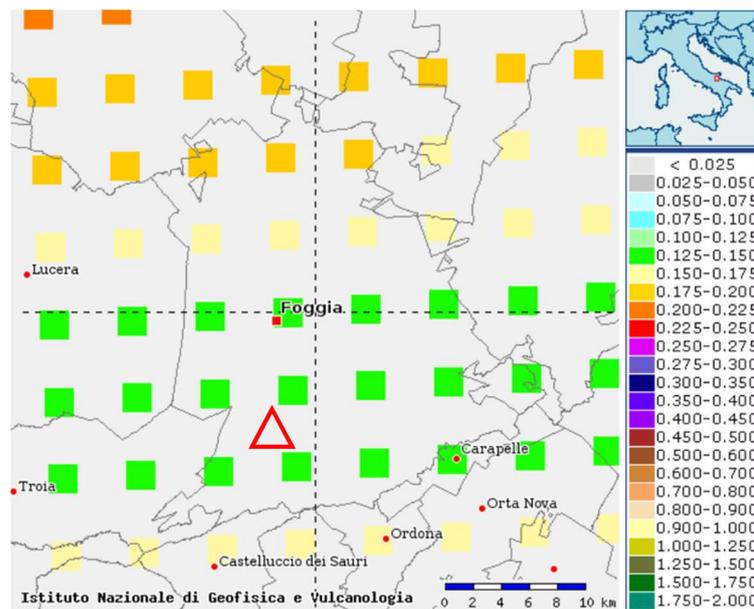
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.125 - 0.150 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/s$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)



In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: **$S_T = 1.00$** .

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-argilloso, nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state rilevate falde superficiali.

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
41.37684077	15.53730726
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)
41.378542	15.538187
Altitudine (mt)	109
Classe dell'edificio	IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche
Vita Nominale Struttura	100
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	200

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	120	0.081	2.609	0.389
Danno	201	0.099	2.569	0.426
Salvaguardia Vita	1898	0.219	2.597	0.509
Prevenzione Collasso	2475	0.240	2.596	0.508

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

4. “ a_g ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
5. “ F_o ” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
6. “ T_c^* ” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.1.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.1.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

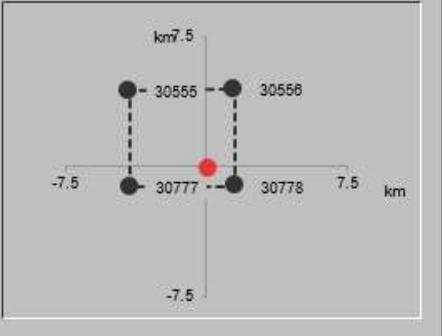
Grafici spettri di risposta ➔

Variabilità dei parametri ➔

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri ➔

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

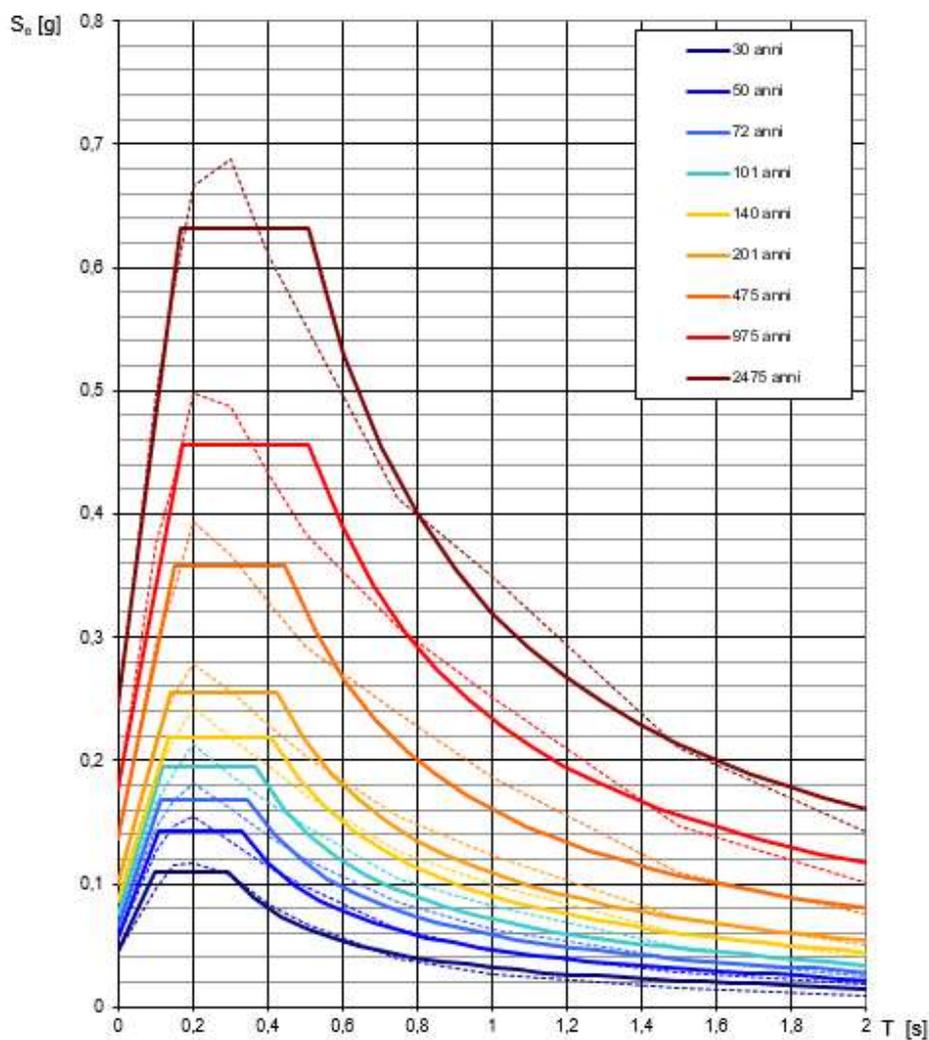
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

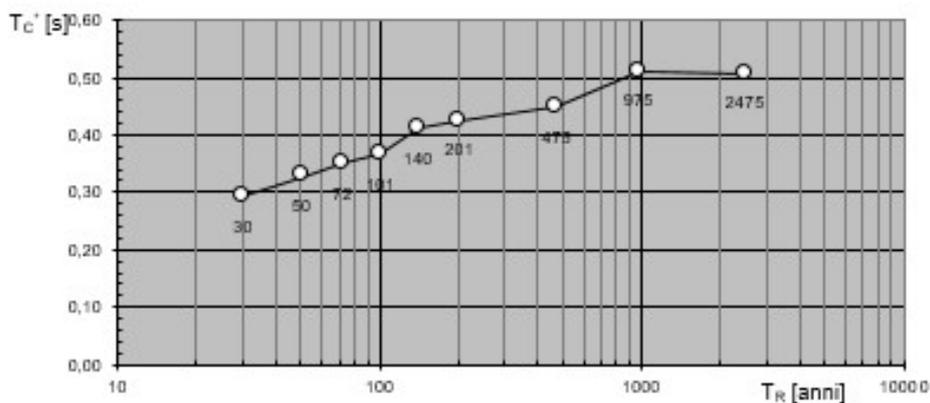
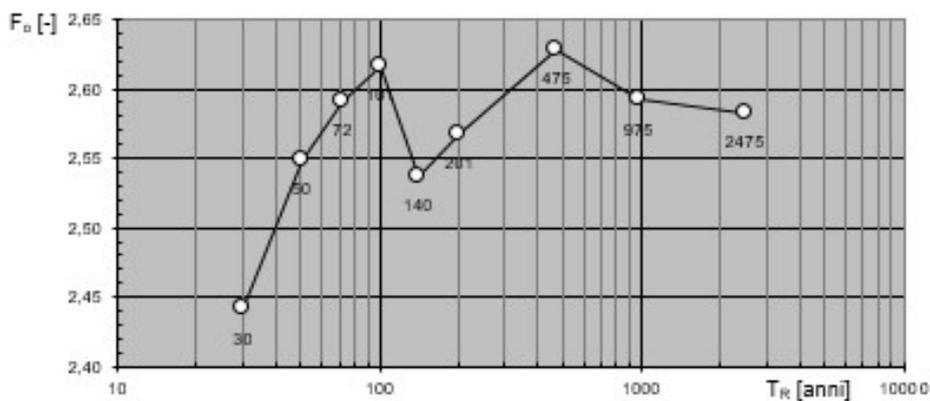
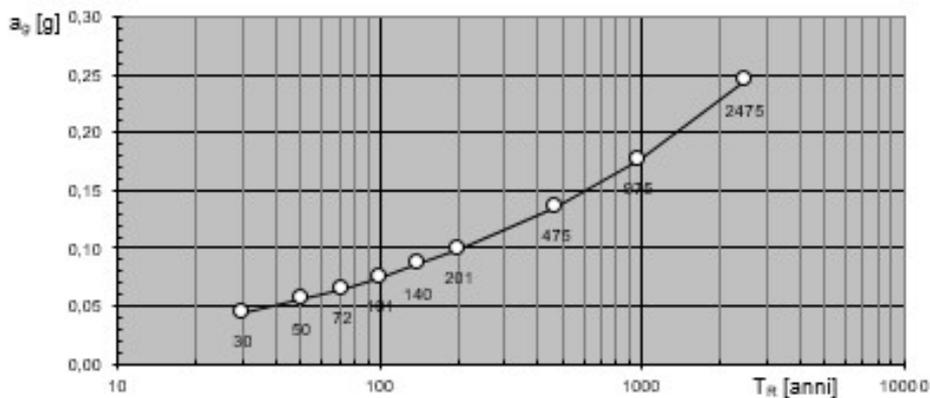
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,045	2,441	0,293
50	0,056	2,549	0,328
72	0,065	2,591	0,349
101	0,074	2,617	0,366
140	0,086	2,537	0,411
201	0,099	2,567	0,424
475	0,136	2,628	0,448
975	0,176	2,592	0,511
2475	0,245	2,582	0,507

8.2.1.5 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

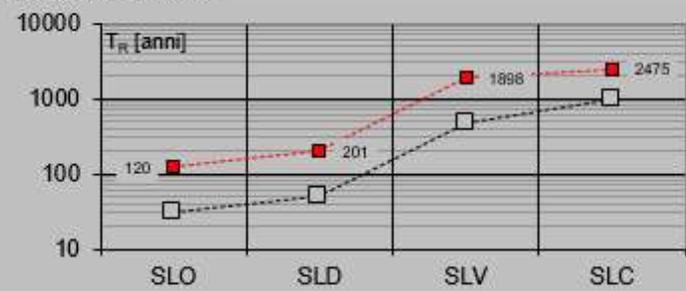
Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



Strategia	SLO	SLD	SLV	SLC
Strategia per costruzioni ordinarie	120	201	~500	~1000
Strategia scelta	120	201	1898	2475

LEGENDA GRAFICO

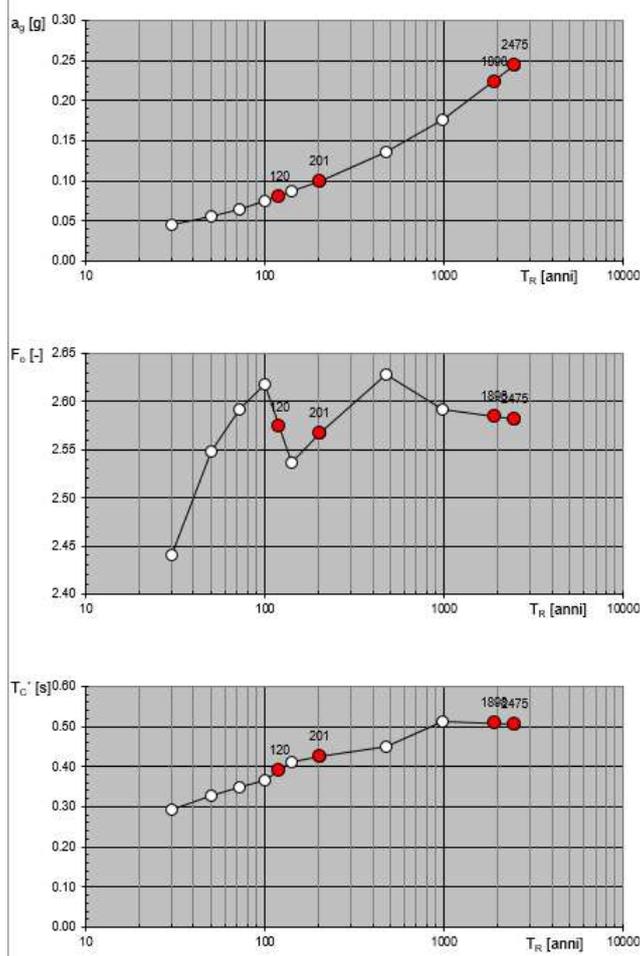
- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

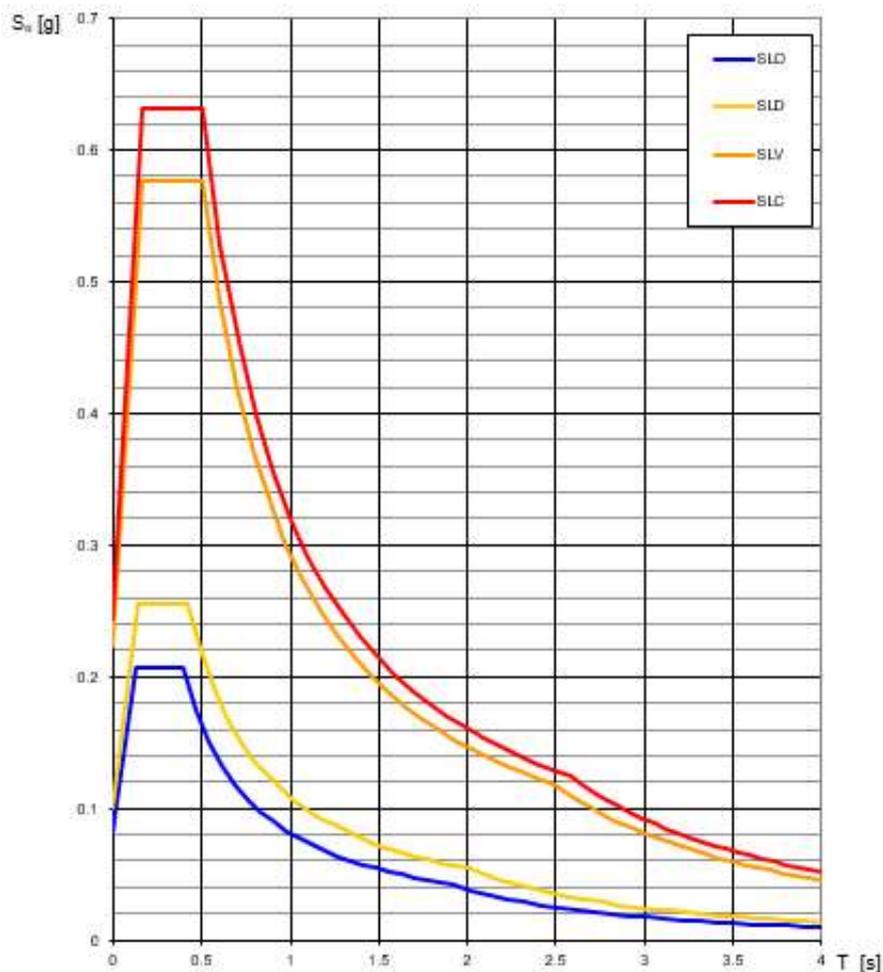
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritor



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.081	2.574	0.389
SLD	201	0.100	2.567	0.425
SLV	1898	0.223	2.585	0.508
SLC	2475	0.245	2.582	0.507

8.2.2 Aspetti generali del "Attraversamento Canale Olive"

Il comune di Foggia (Fg) con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2** (*livello di pericolosità medio-alto*) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.2.2.1 *Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW*

Sulla base delle indagini sismiche eseguite, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

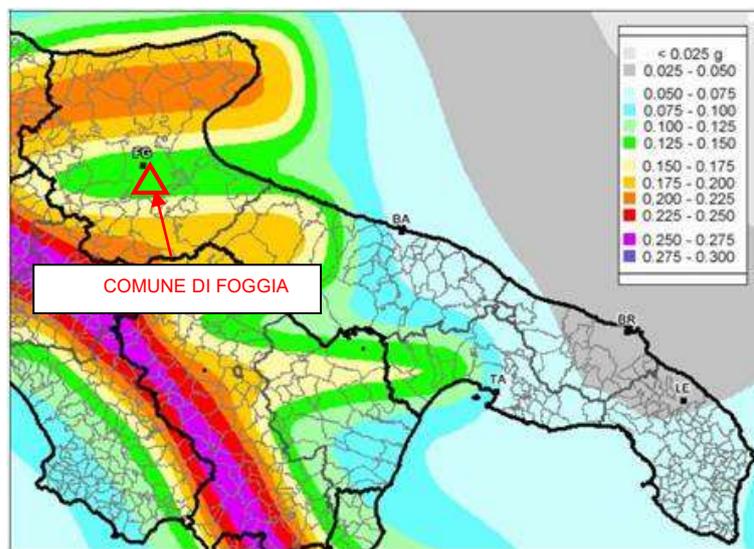
è stato possibile calcolare il parametro V_{s30} in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che per i valori del V_{s30}/eq il sito in esame rientra in suoli di classe "B", definiti come: **"Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina)".**

8.2.2.2 Caratteristiche sismiche del territorio

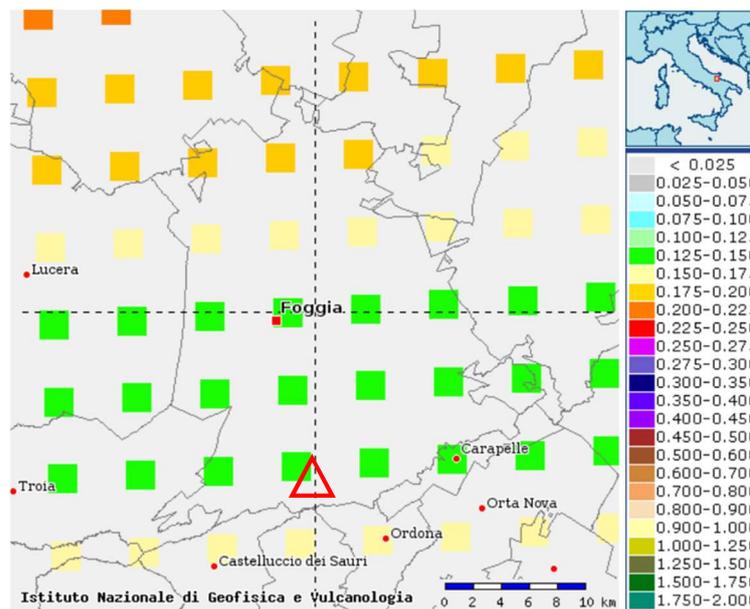
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del gennaio 2008 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.125 - 0.150 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/sec$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)



Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)



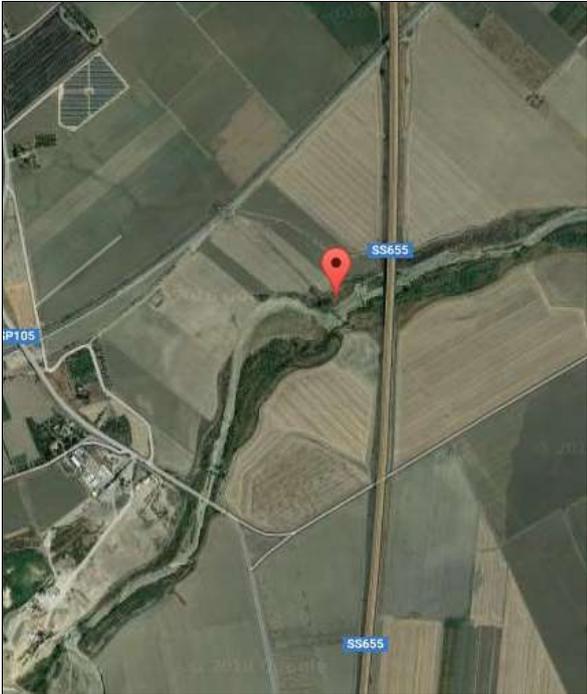
In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: **$S_T = 1.00$** .

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-ciottolosi;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state rilevate falde superficiali.

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
41.35840208	15.56309938
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)
41.360103	15.56398
Altitudine (mt)	101
Classe dell'edificio	IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche
Vita Nomiale Struttura	100
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	200

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	120	0.081	2.618	0.386
Danno	201	0.101	2.544	0.428
Salvaguardia Vita	1898	0.238	2.571	0.487
Prevenzione Collasso	2475	0.263	2.535	0.487

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- “ a_g ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
- “ F_o ” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “ T_c^* ” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.2.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.2.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE:

LATITUDINE:

Ricerca per comune

REGIONE: PROVINCIA: COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

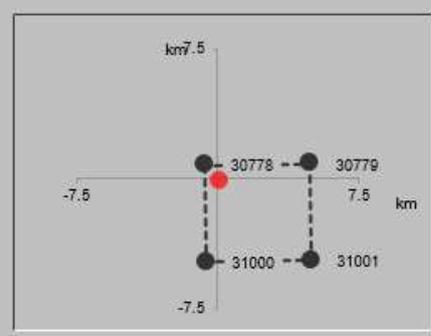
Interpolazione

superficie rigata



La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



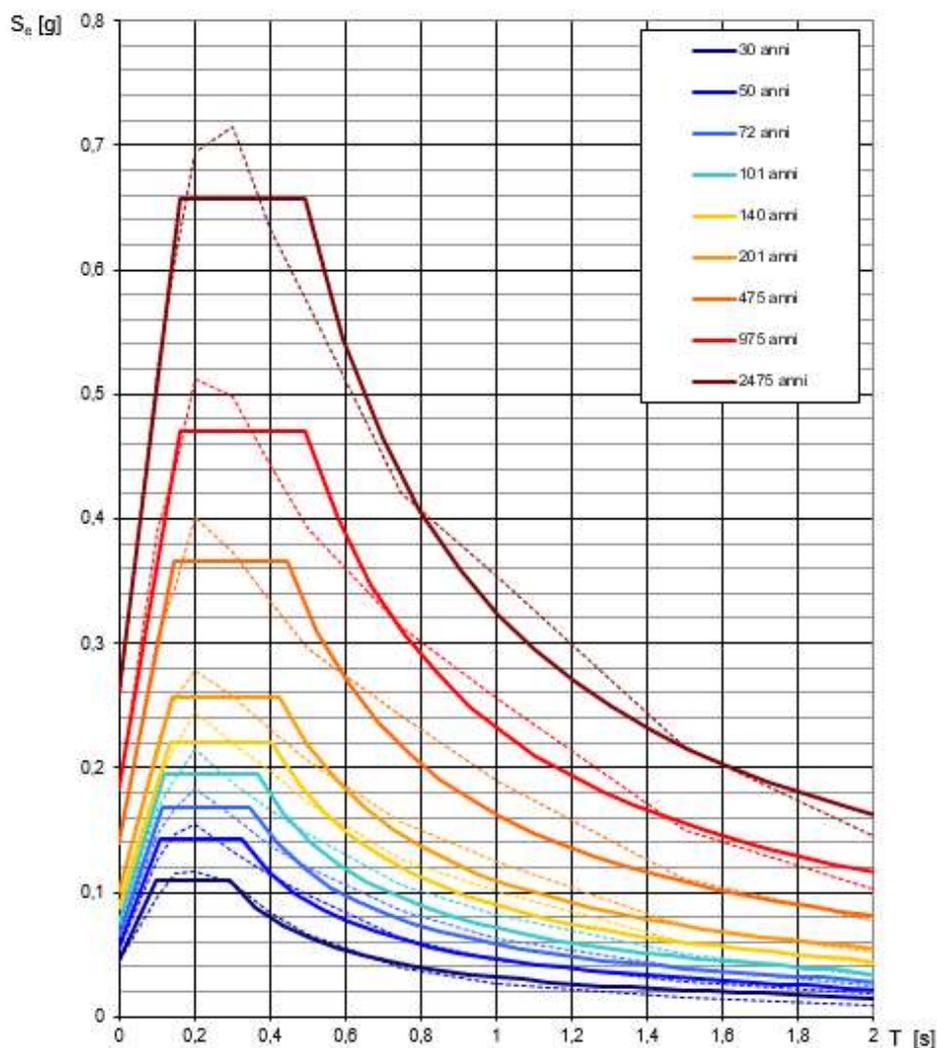
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

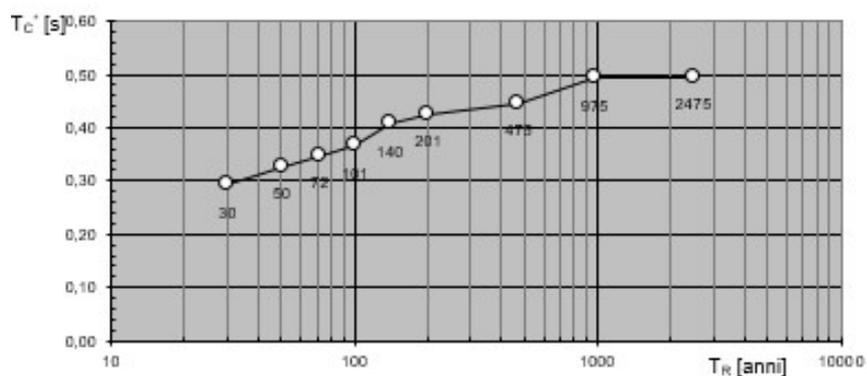
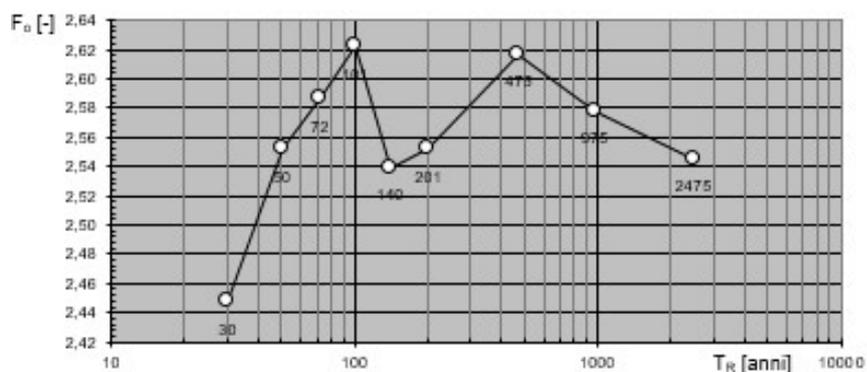
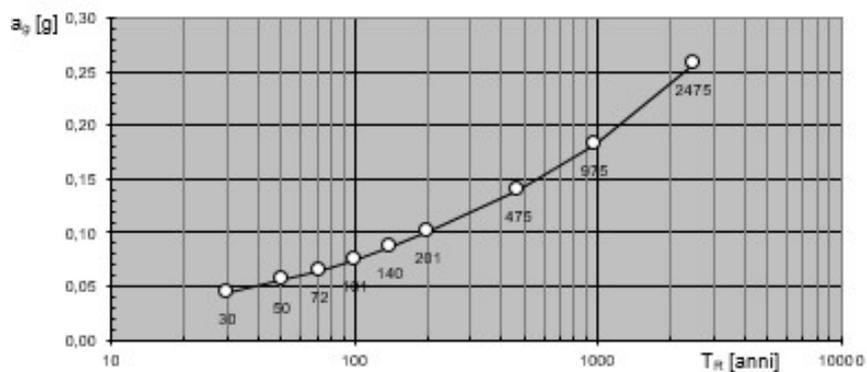
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_a , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,045	2,447	0,292
50	0,056	2,552	0,326
72	0,065	2,586	0,347
101	0,075	2,622	0,365
140	0,087	2,539	0,406
201	0,101	2,552	0,425
475	0,140	2,617	0,445
975	0,182	2,578	0,493
2475	0,258	2,545	0,494

8.2.2.5 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE	{	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input style="width: 80px;" type="text" value="120"/>
		SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input style="width: 80px;" type="text" value="201"/>
Stati limite ultimi - SLU	{	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input style="width: 80px;" type="text" value="1898"/>
		SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input style="width: 80px;" type="text" value="2475"/>

Elaborazioni

- Grafici parametri azione ▶▶▶
- Grafici spettri di risposta ▶▶▶
- Tabella parametri azione ▶▶▶

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia per costruzioni ordinarie (TR [anni])	Strategia scelta (TR [anni])
SLO	120	120
SLD	201	201
SLV	1898	1898
SLC	2475	2475

LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

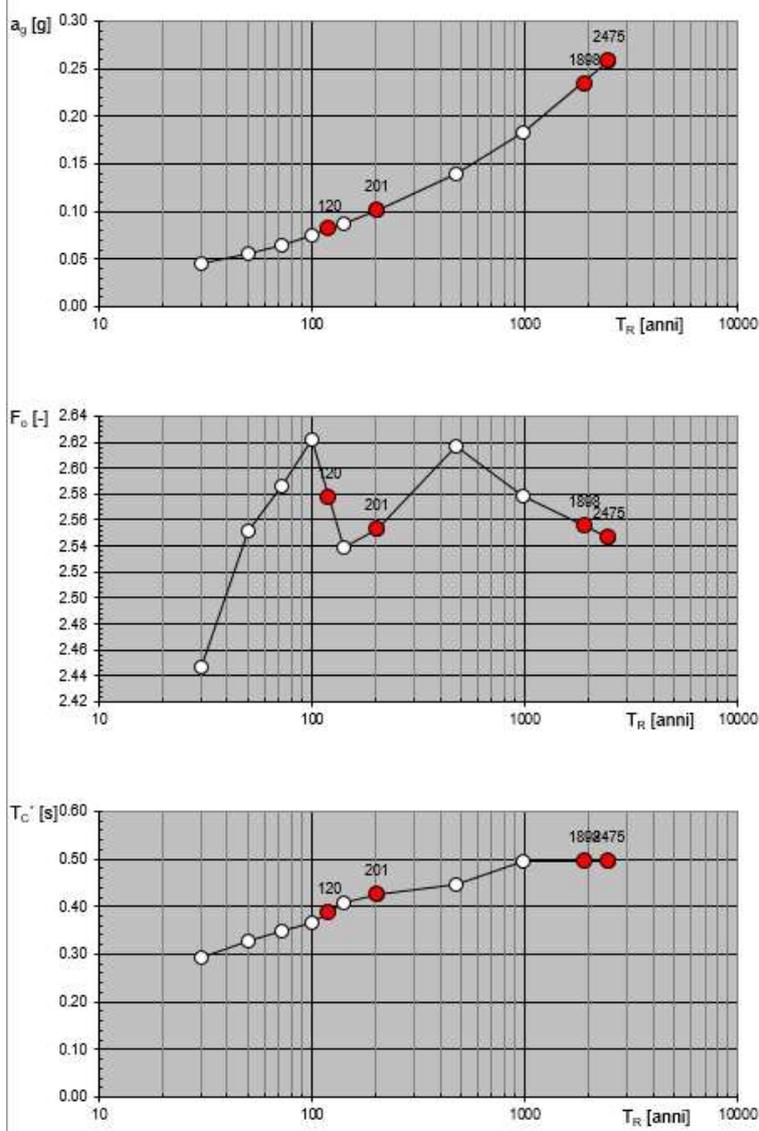
.....■..... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

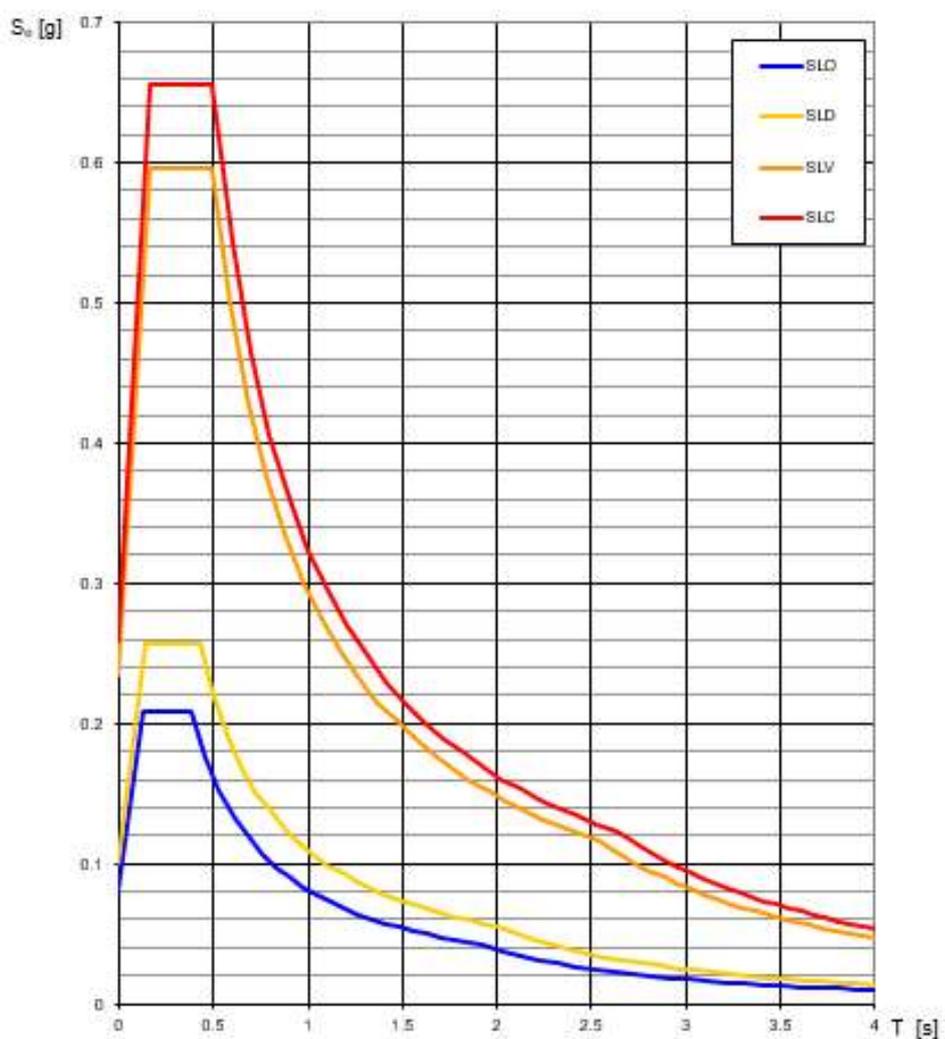
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritor



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.081	2.577	0.387
SLD	201	0.101	2.553	0.425
SLV	1898	0.234	2.555	0.495
SLC	2475	0.258	2.546	0.495

8.2.3 Aspetti generali del "Attraversamento fluviale torrente Carapelle"

L'attraversamento fluviale del torrente Carapelle si trova a cavallo del comune di Foggia (Fg) e del comune di Carapelle (Fg), tali comuni, con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2** (livello di pericolosità medio-alto) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.2.3.1 Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagini MASW

Sulla base delle indagini sismiche eseguite, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

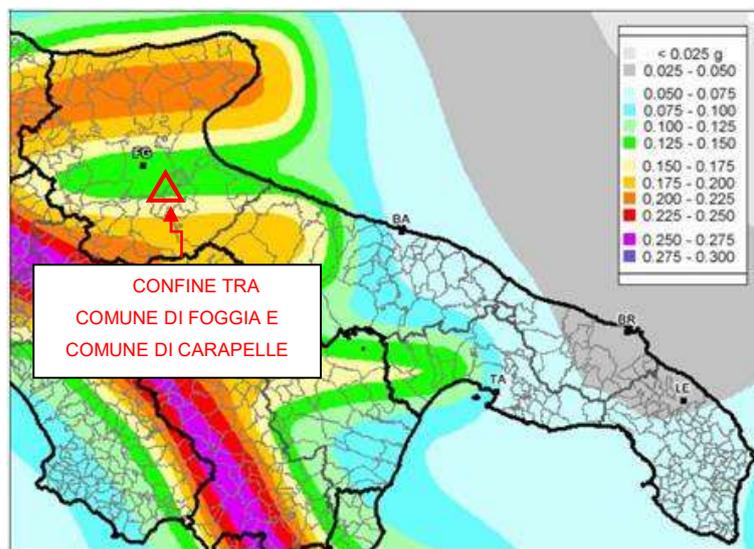
è stato possibile calcolare il parametro $V_{s,30}$ in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che per i valori del $V_{s,30}/eq$ il sito in esame rientra in suoli di classe "B", definiti come: "**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina)**".

8.2.3.2 Caratteristiche sismiche del territorio

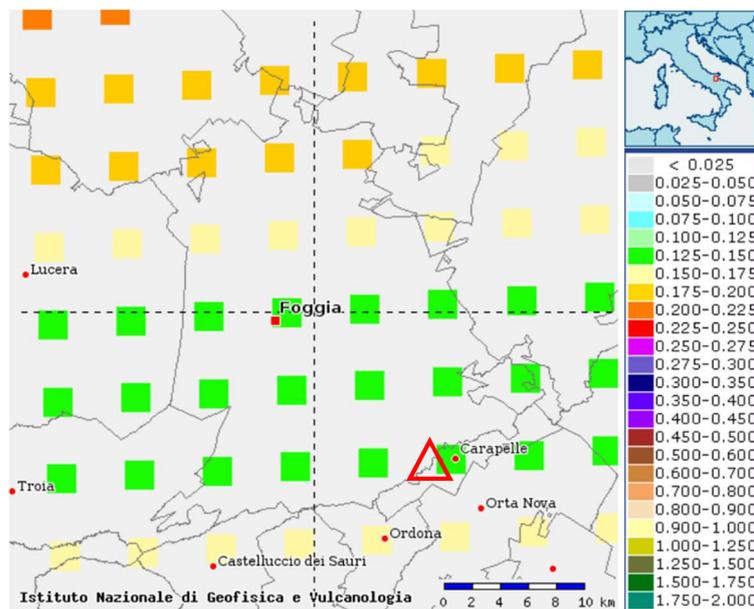
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del gennaio 2008 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.125 - 0.150 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/s$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)



Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06).



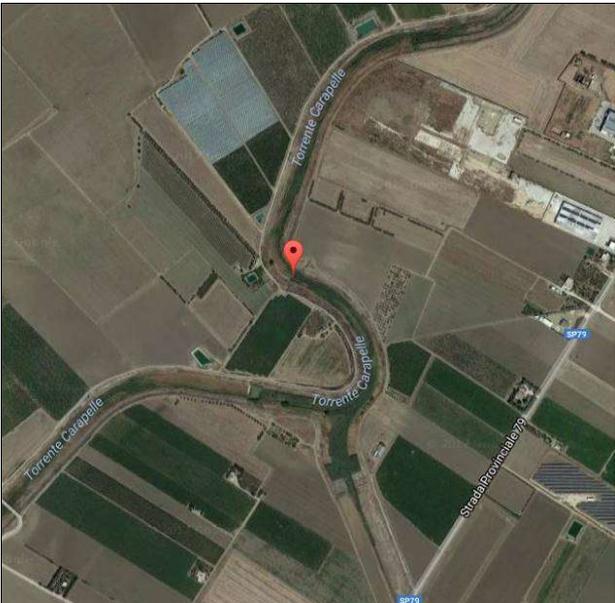
In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: **$S_T = 1.00$** .

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-ciottolosi;
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state rilevate falde superficiali.

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Latitudine (WGS84)	41.35709749	Longitudine (WGS84)	15.67109585	
Latitudine (ED50)	41.358797	Longitudine (ED50)	15.67198	
Altitudine (mt)	64			
Classe dell'edificio	IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche			
Vita Nomiale Struttura	100			
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	200			
Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T^*_c [s]
Operatività	120	0.081	2.607	0.382
Danno	201	0.101	2.538	0.420
Salvaguardia Vita	1898	0.243	2.576	0.471
Prevenzione Collasso	2475	0.269	2.506	0.481

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- “ a_g ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
- “ F_0 ” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “ T_c^* ” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.3.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.3.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

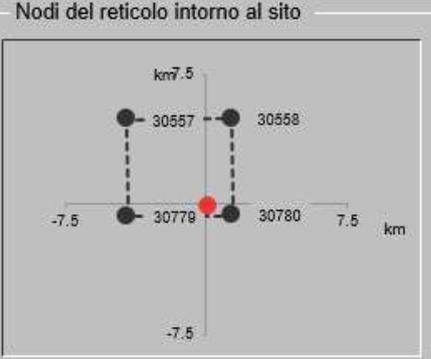
Grafici spettri di risposta →

Variabilità dei parametri →

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri →

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta



Interpolazione

superficie rigata ▼

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

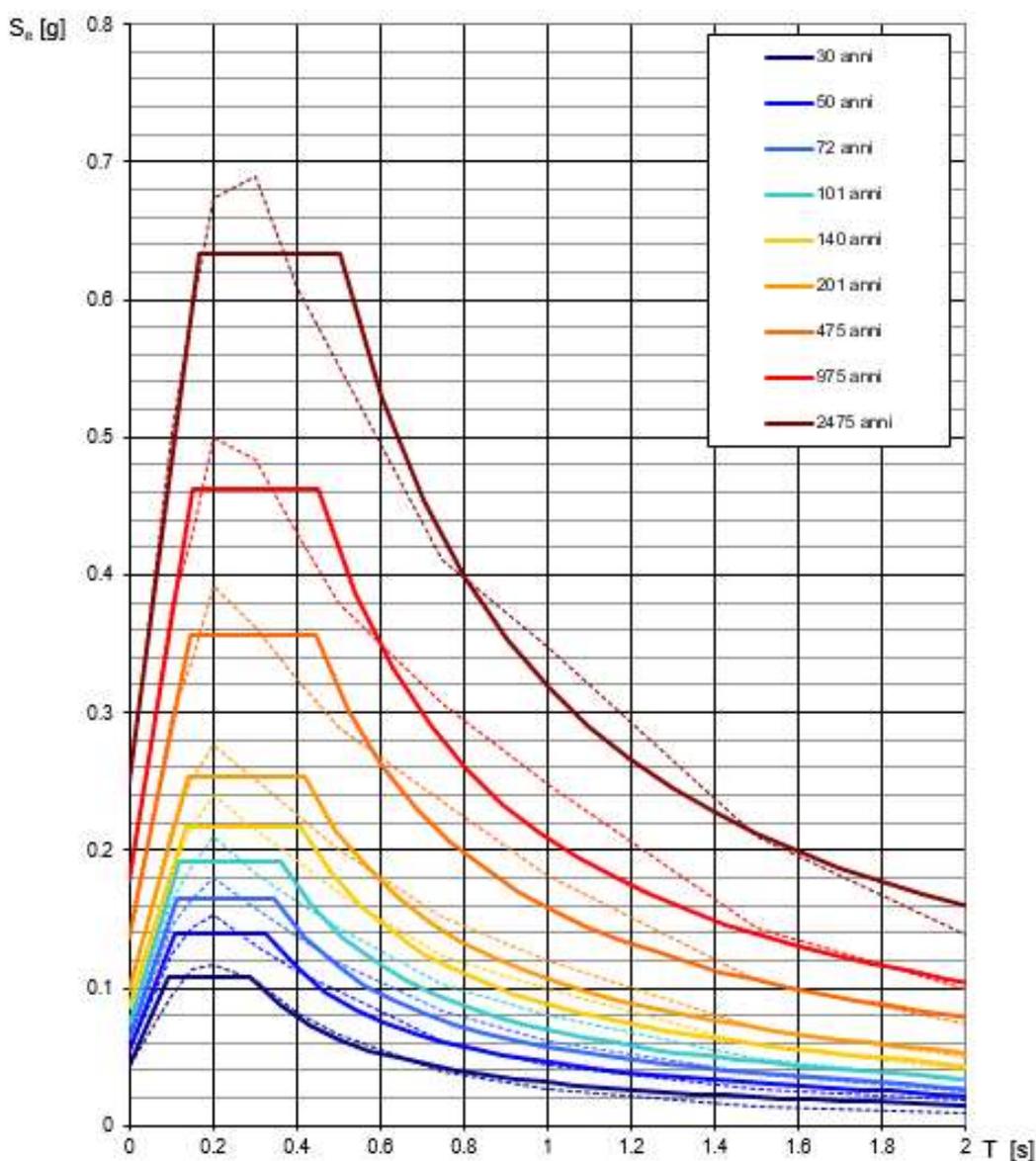
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

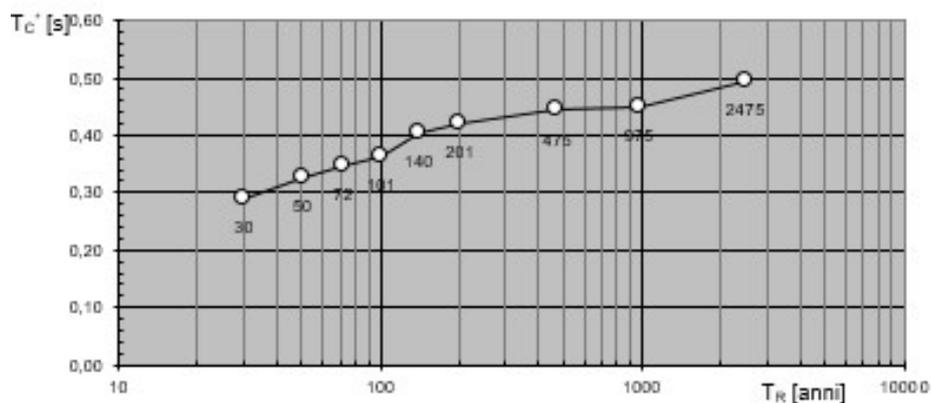
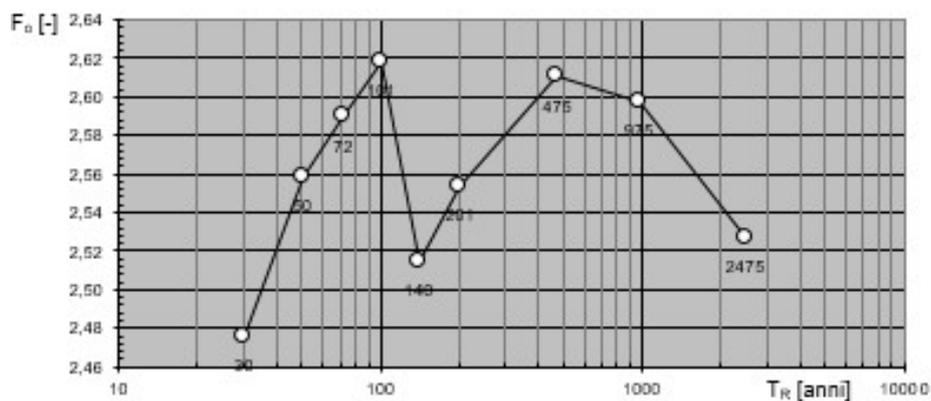
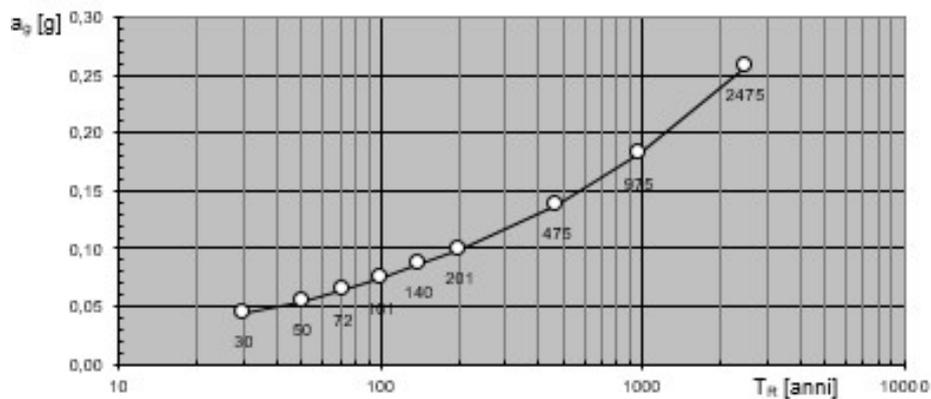
I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.044	2.473	0.290
50	0.055	2.557	0.327
72	0.064	2.596	0.348
101	0.073	2.615	0.364
140	0.086	2.510	0.408
201	0.099	2.563	0.421
475	0.136	2.618	0.445
975	0.177	2.611	0.452
2475	0.249	2.548	0.503

8.2.3.5 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE { SLO - P_{VR} = 81%
SLD - P_{VR} = 63%

Stati limite ultimi - SLU { SLV - P_{VR} = 10%
SLC - P_{VR} = 5%

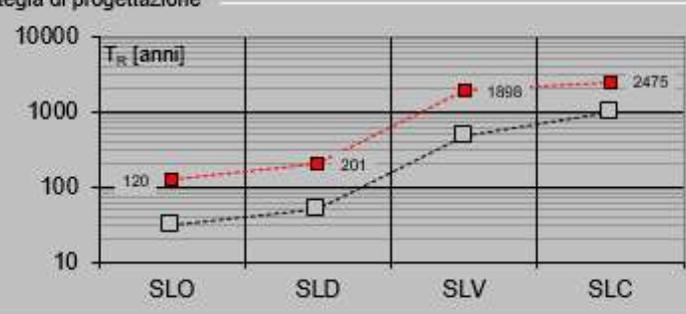
Elaborazioni

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

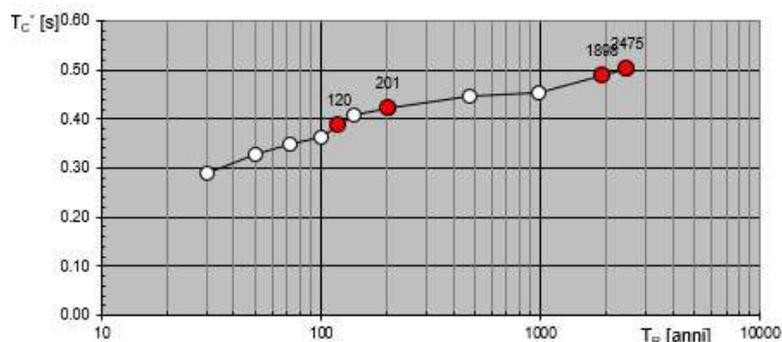
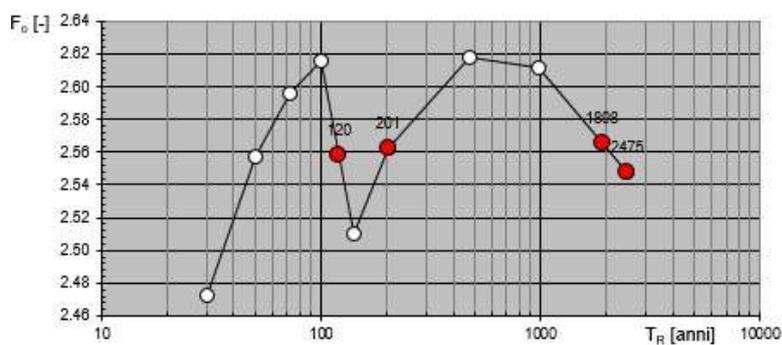
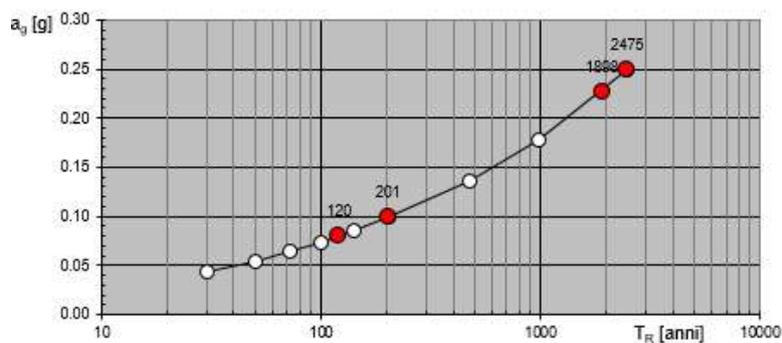
.....□..... Strategia scelta

INTRO **FASE 1** **FASE 2** **FASE 3**

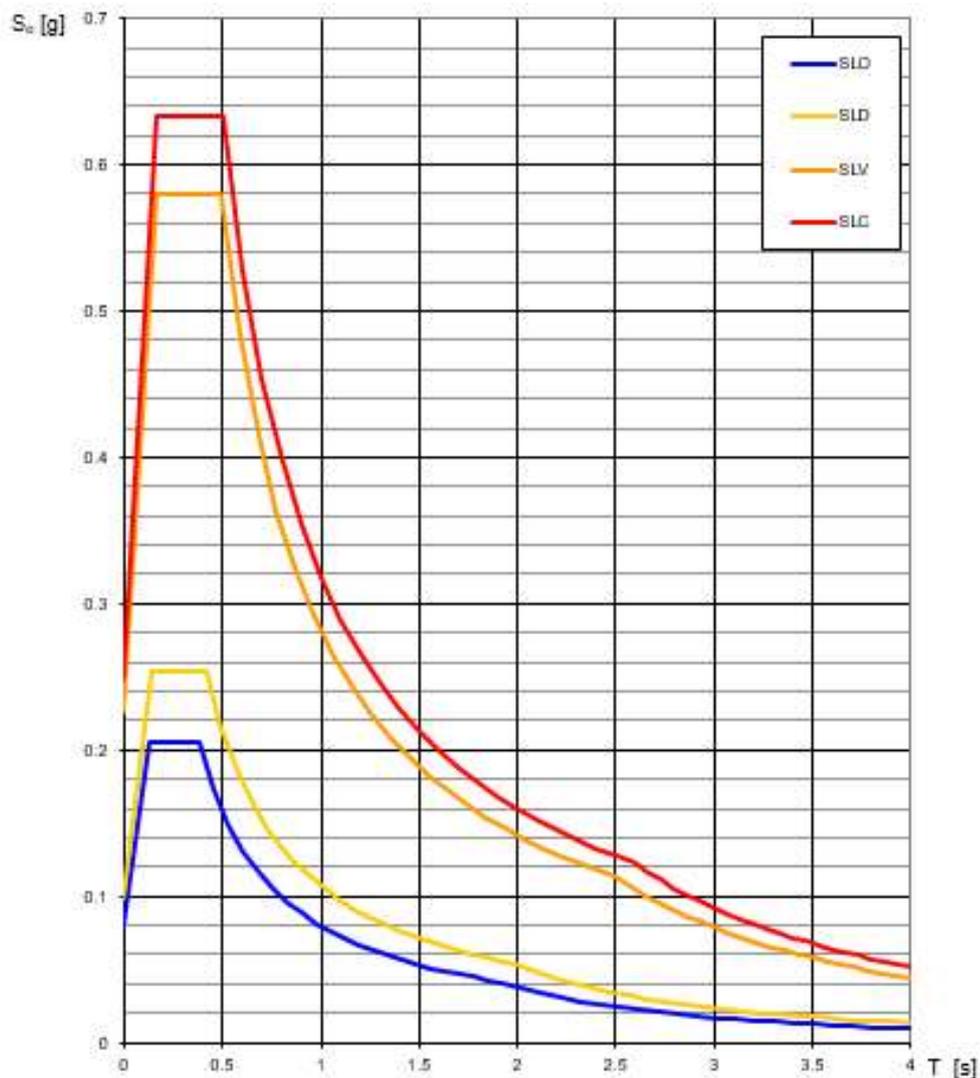
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritor



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.080	2.558	0.387
SLD	201	0.099	2.563	0.421
SLV	1898	0.226	2.566	0.488
SLC	2475	0.249	2.548	0.503

8.2.4 Aspetti generali del "Attraversamento fluviale Fiume Ofanto"

L'attraversamento fluviale del Fiume Ofanto si trova a cavallo del comune di S. Ferdinando di Puglia (Bt), con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2** (*livello di pericolosità medio-alto*) a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.2.4.1 *Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagini MASW*

Sulla base delle indagini sismiche eseguite, applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

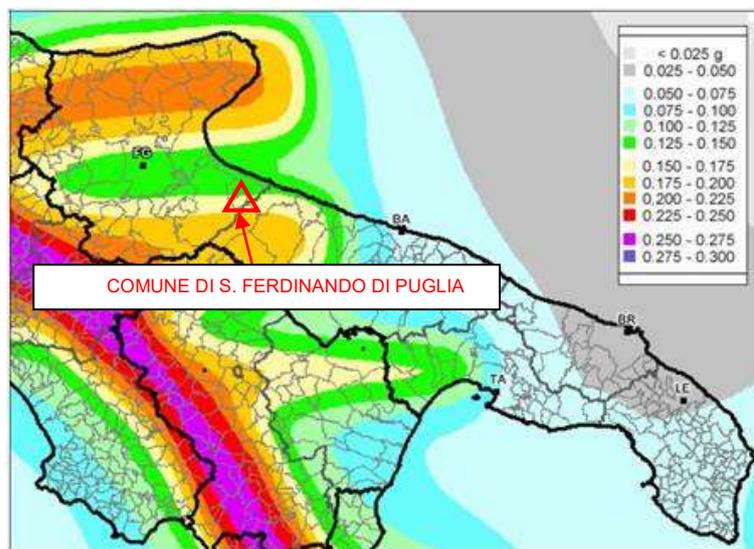
è stato possibile calcolare il parametro $V_{s,30}$ in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che per i valori del $V_{s,30}/eq$ il sito in esame rientra in suoli di classe "B", definiti come: "**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina)**".

8.2.4.2 Caratteristiche sismiche del territorio

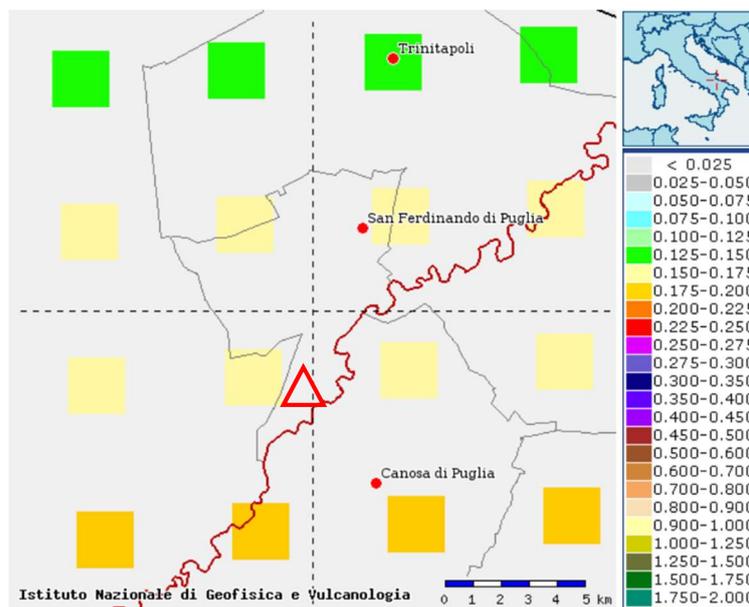
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del gennaio 2008 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $ag=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di ag e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.150 - 0.175 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/s$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004)



Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06).



In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: **$S_T = 1.00$** .

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-argilloso,
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- “ a_g ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
- “ F_o ” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “ T_c^* ” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.4.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.4.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/T_r$ (T_r è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



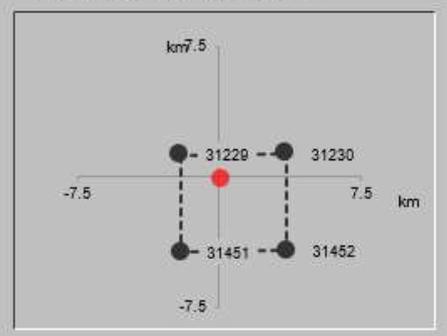
Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

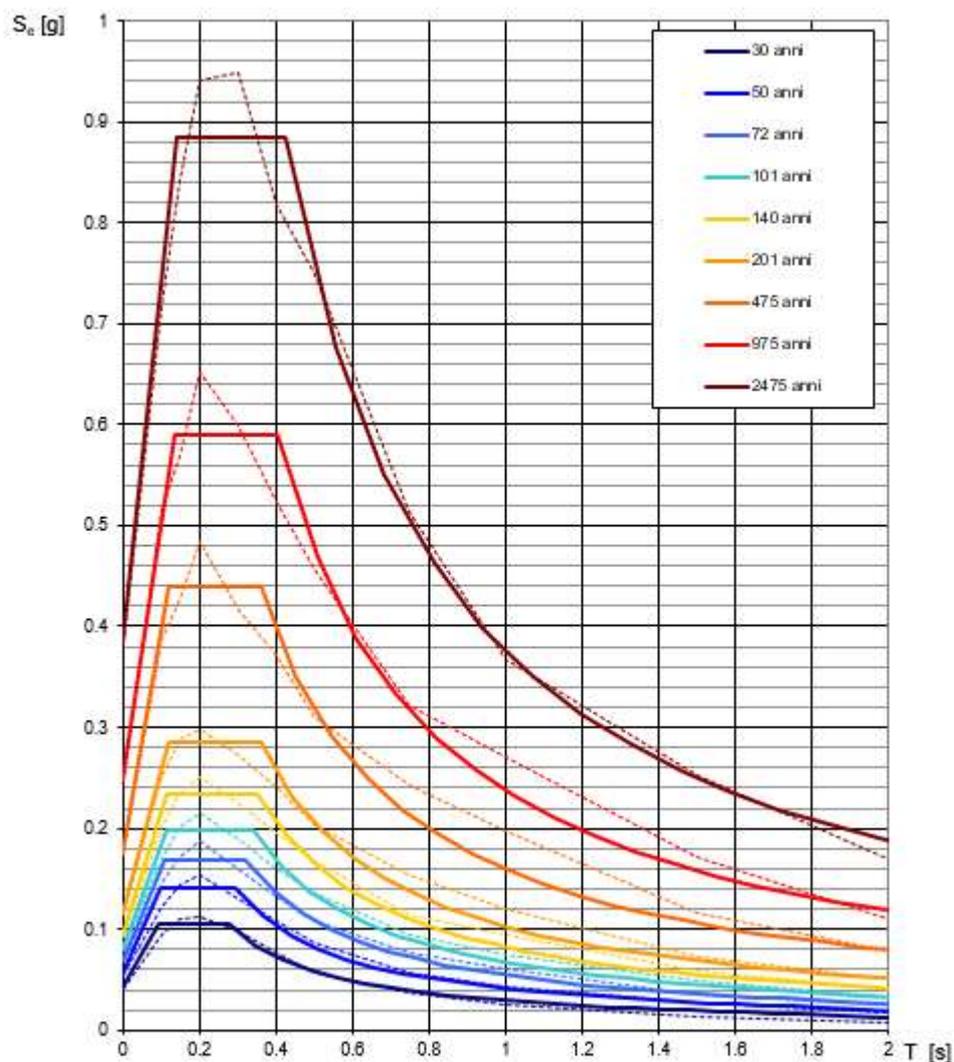
Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;

- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

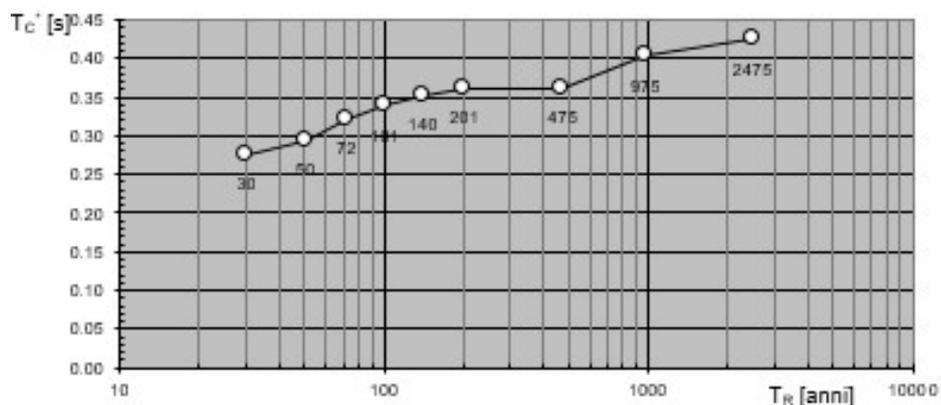
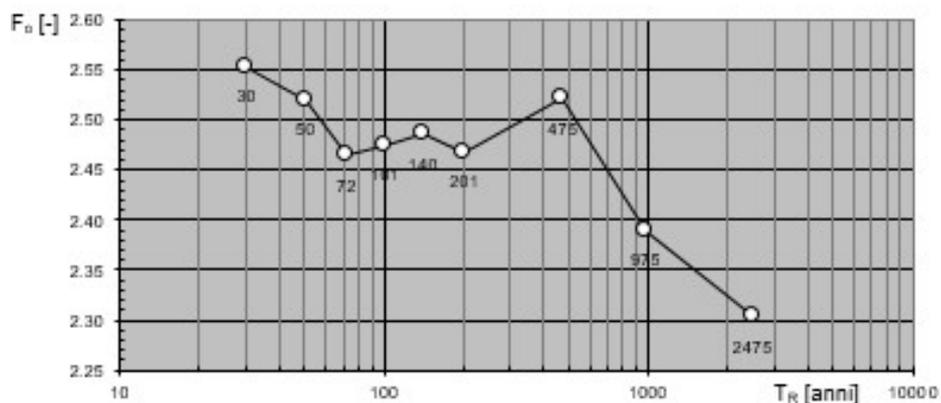
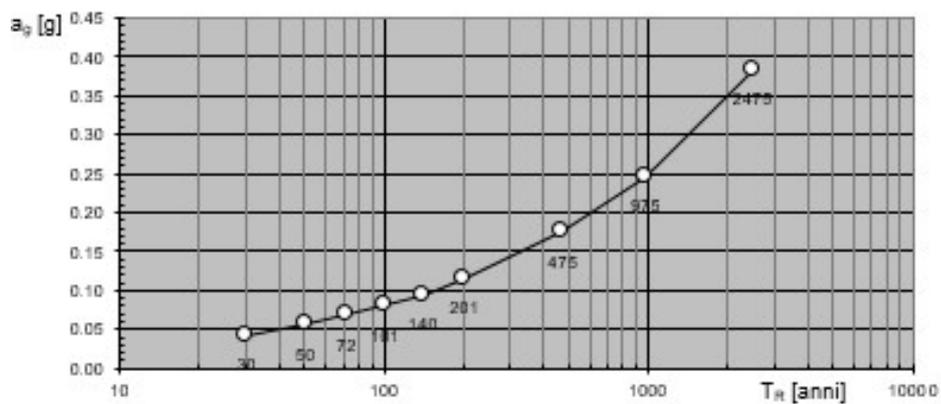
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.042	2.553	0.276
50	0.056	2.520	0.294
72	0.068	2.463	0.323
101	0.080	2.473	0.339
140	0.094	2.485	0.353
201	0.116	2.467	0.361
475	0.175	2.520	0.361
975	0.248	2.388	0.402
2475	0.385	2.302	0.425

8.2.4.5 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_M info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Strategia per costruzioni ordinarie (T_R [anni])	Strategia scelta (T_R [anni])
SLO	120	120
SLD	201	201
SLV	1898	1898
SLC	2475	2475

INTRO

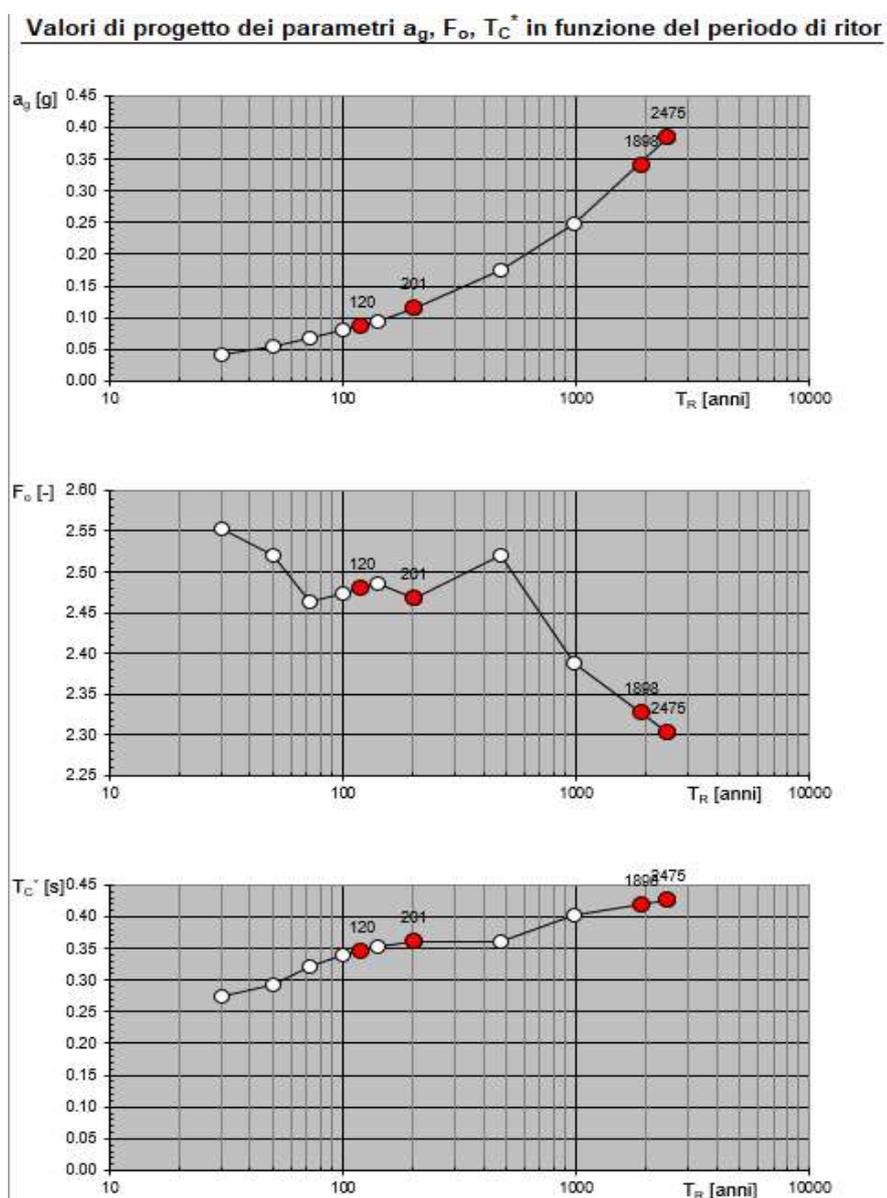
FASE 1

FASE 2

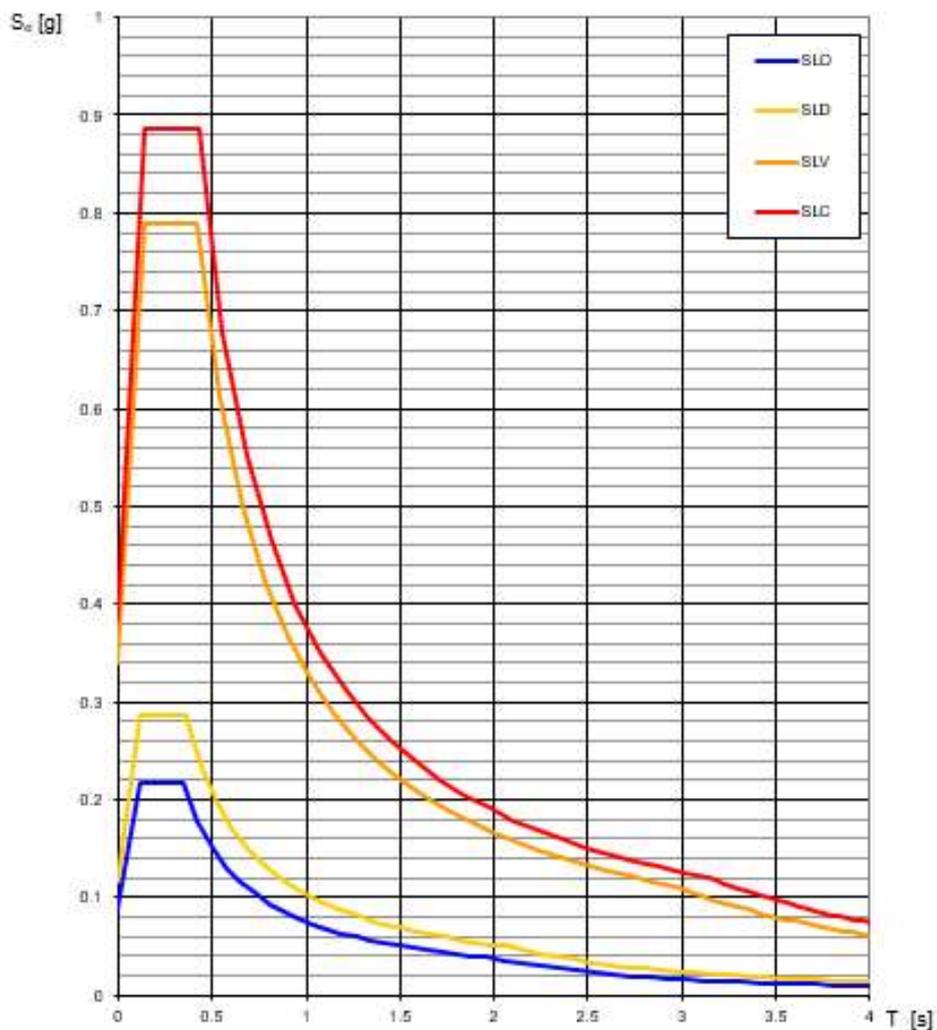
FASE 3

Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C [s]
SLO	120	0.087	2.480	0.346
SLD	201	0.116	2.467	0.361
SLV	1898	0.339	2.326	0.418
SLC	2475	0.385	2.302	0.425

8.2.5 Aspetti generali della "Disconnessione di Canosa"

Il Comune di Canosa di Puglia (Bt), con D.G.R. n. 1626 del 15.09.2009 ricade in **zona sismica 2 (livello di pericolosità medio-alto)** a cui corrisponde un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra di 0.15 g e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a **0.25g**.

Classificazione sismica 2010 - Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003



8.2.5.1 *Caratteristiche sismiche del territorio sulla base delle risultanze delle indagine MASW*

Sulla base delle indagini sismiche eseguite dalla società "Apogeo", applicando l'espressione riportata nel DM 14/01/2008:

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

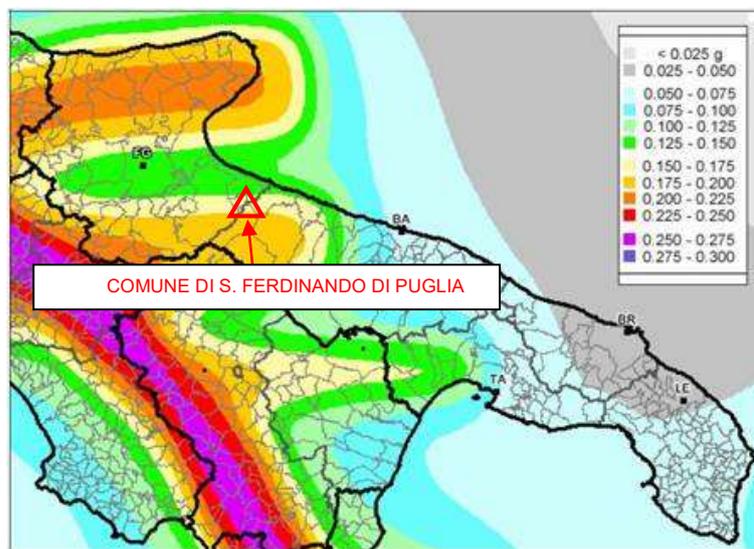
è stato possibile calcolare il parametro V_{s30} in ciascuna delle località nella quali è stato suddiviso il territorio di indagine e, in linea generale, è stato verificato che i per valori del V_{s30}/eq il sito in esame rientra in suoli di classe "B", definiti come: "**Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $cu_{,30} > 250$ KPa nei terreni a grana fina)**".

8.2.5.2 *Caratteristiche sismiche del territorio*

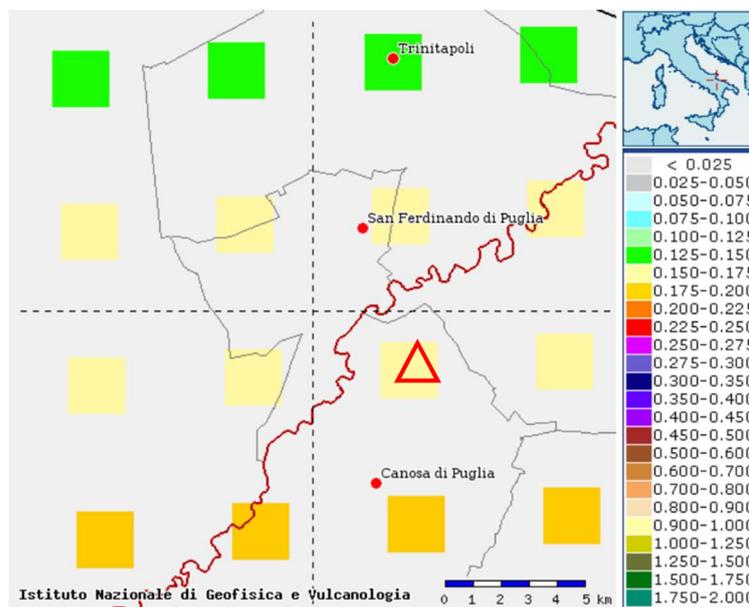
Alla luce delle attuali conoscenze si ritiene che non si pongono particolari problemi alla realizzazione dell'opera in oggetto. Naturalmente si terrà conto di quanto riportato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni del gennaio 2008 che all'opera si deve attribuire un'accelerazione massima orizzontale con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresa tra 0.15 e 0.25 g, pari ad un'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico sulla formazione di base (suoli di categoria "A") pari ad $a_g=0.25g$.

In particolare, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (14/01/2008) e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*_c). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC l'area strettamente in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.150 - 0.175 g, come evidenziato nella figura in cui è riportata la mappa di pericolosità sismica per il sito in questione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s30}>800m/s$).

Pericolosità sismica della Puglia (Fonte: INGV, Mappa della pericolosità sismica, 2004



Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Ordinanza 3519-06)



In questo caso il valore del fattore S_T che tiene conto delle condizioni topografiche e geotecniche del sito è pari a: $S_T = 1.00$.

Per caratterizzare la sismicità del sito in argomento, sono stati presi in considerazione i seguenti fattori:

- il terreno di fondazione è costituito da depositi sabbioso-argilloso,
- nell'area in esame non sono presenti faglie o importanti fratture, attive del substrato geologico;
- non sono state individuate falde superficiali

Non esistono quindi fattori penalizzanti, che potrebbero portare ad una eventuale amplificazione del segnale sismico o a fenomeni di "risonanza" dati dalla coincidenza tra frequenze dell'edificio e frequenze naturali del sottosuolo.

Alla luce della recente normativa "Norme Tecniche per le Costruzioni D. Min. Infrastrutture" 14 gennaio 2008 (Suppl Ord. G. U. 4.2.2008, n. 29) di seguito si riportano i parametri di pericolosità sismica dell'area in esame:



Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
41.25041901	16.09303951
Latitudine (ED50)	Longitudine (ED50)
41.252115	16.093936
Altitudine (mt)	135
Classe dell'edificio	IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche
Vita Nominale Struttura	100
Periodo di Riferimento per l'azione sismica	200

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_0 [-]	T^*_c [s]
Operatività	120	0.086	2.469	0.343
Danno	201	0.115	2.453	0.359
Salvaguardia Vita	1898	0.340	2.398	0.412
Prevenzione Collasso	2475	0.386	2.294	0.421

Secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni del D.M. 14.01.2018, all. A, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica deve essere compatibile con le NTC, dotata di sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- “ a_g ” accelerazione orizzontale massima al terreno;
- “ F_o ” valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- “ T_c^* ” periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.5.3 Valutazione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione e costituiscono l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR.

In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

8.2.5.4 Individuazione della pericolosità del sito

Le NTC_18 (norme tecniche delle costruzioni) ridefiniscono il concetto di pericolosità sismica di riferimento e di conseguenza sono state ridefinite le azioni sismiche di progetto-verifica.

Tramite il programma sperimentale (Spettri-NTC ver.1.03) è possibile determinare i relativi spettri di risposta, in funzione del sito e del tipo di costruzione, per ciascuno degli stati limite previsti dalla normativa.

La pericolosità sismica è lo strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un determinato sito. Può essere definita in termini statistici e/o probabilistici.

Dal punto di vista statistico la severità di un evento sismico è descritta dalle curve di pericolosità. Ogni sito del territorio nazionale è caratterizzato da proprie curve di pericolosità che presentano in ascissa una misura della severità del terremoto come ad esempio accelerazione di picco del terreno o S_e (ordinata della risposta spettrale in accelerazione) ed in ordinata la frequenza media annua di ricorrenza $\lambda=1/Tr$ (Tr è il periodo di ritorno del sisma espresso in anni) in scala logaritmica.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta



Interpolazione

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

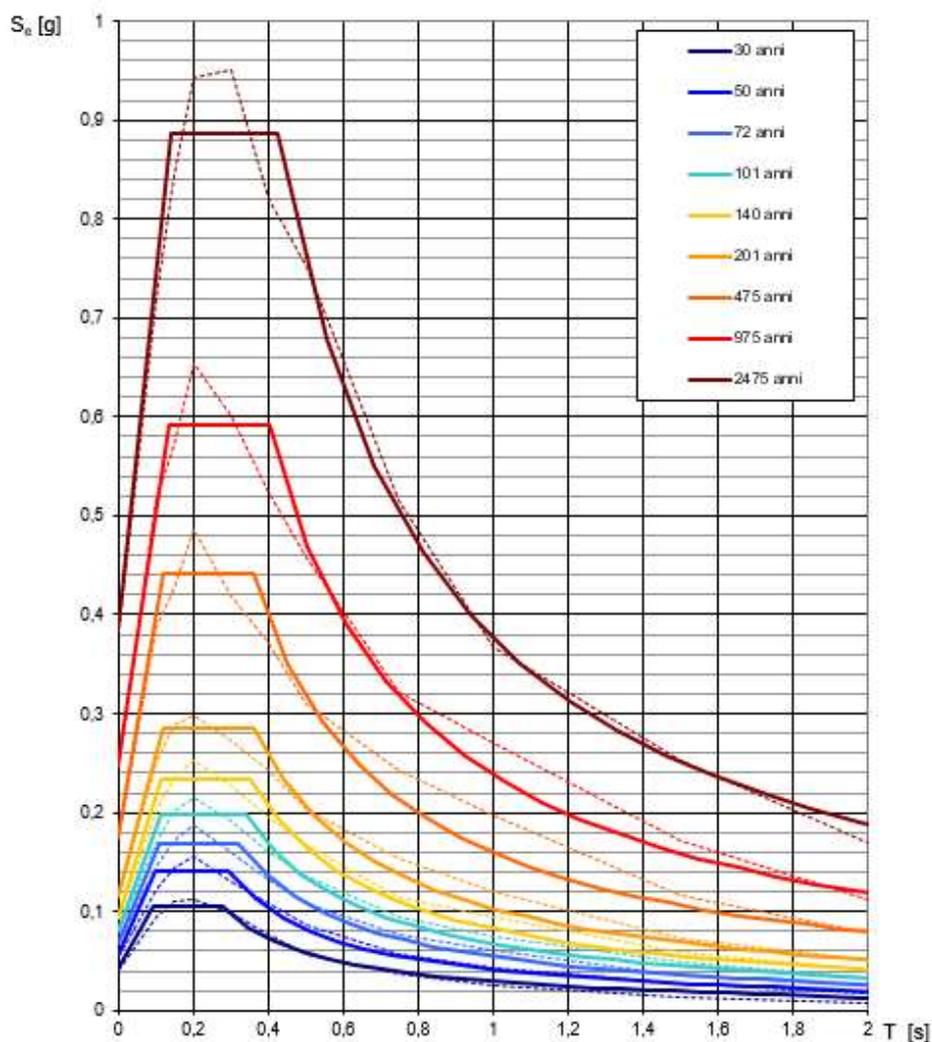
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Una volta individuati tutti i parametri geografici (longitudine, latitudine, ecc.) vengono visualizzati i quattro nodi del reticolo che circoscrivono il sito stesso.

I primi dati che si possono rilevare durante questa prima fase sono:

- i grafici degli spettri di risposta ottenuti in corrispondenza di ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV;
- i grafici che rappresentano la variabilità dei parametri a_g , F_o , T_c^* in funzione di periodo di ritorno T_r .

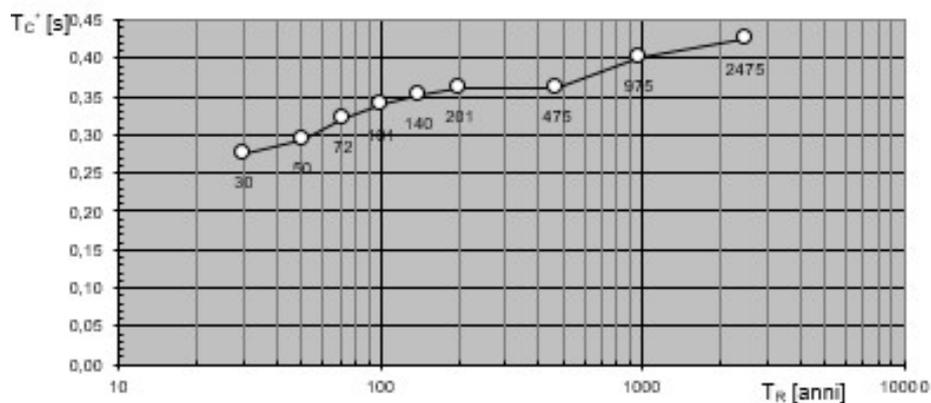
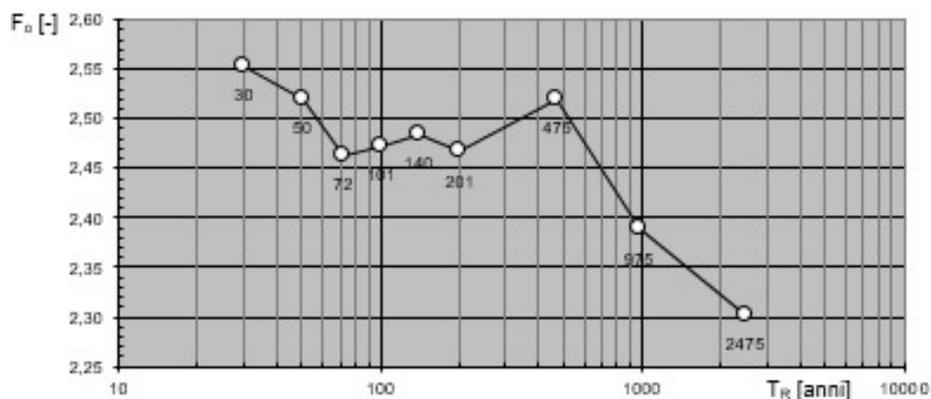
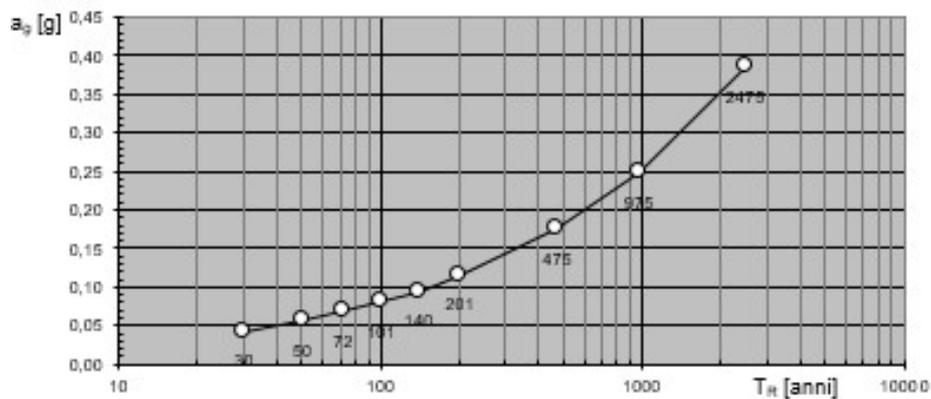
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C' : variabilità col periodo di ritorno T_R



Segue una tabella riassuntiva dei valori degli stessi parametri a_g , F_o , T_c^* per ciascuno dei nove periodi di ritorno considerati in S1_INGV.

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0.041	2.556	0.275
50	0.055	2.520	0.293
72	0.067	2.466	0.321
101	0.079	2.472	0.338
140	0.093	2.484	0.351
201	0.114	2.458	0.360
475	0.173	2.520	0.360
975	0.245	2.395	0.396
2475	0.381	2.301	0.423

8.2.5.5 Strategia di progettazione

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE {

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

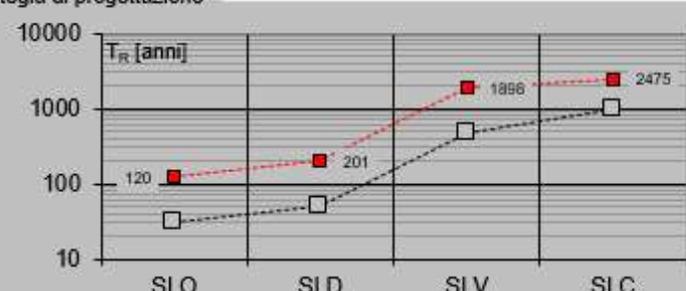
Stati limite ultimi - SLU {

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione



LEGENDA GRAFICO

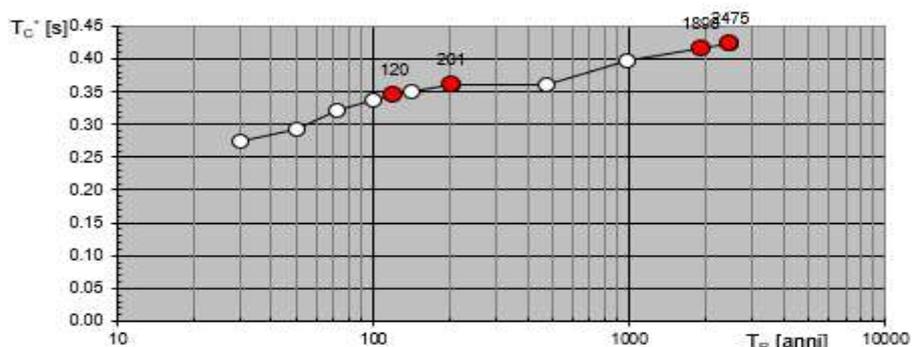
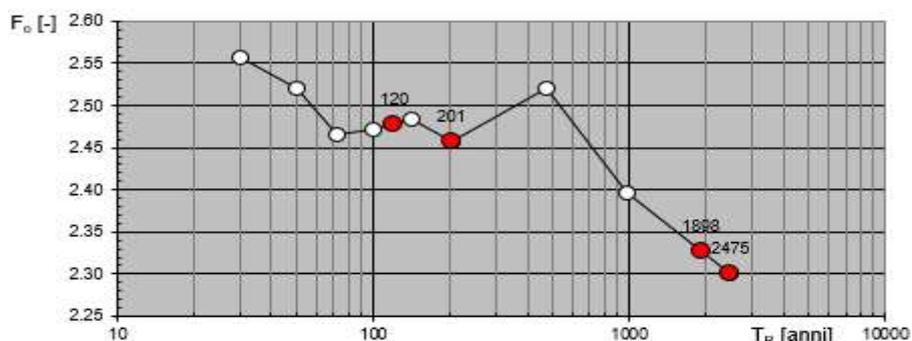
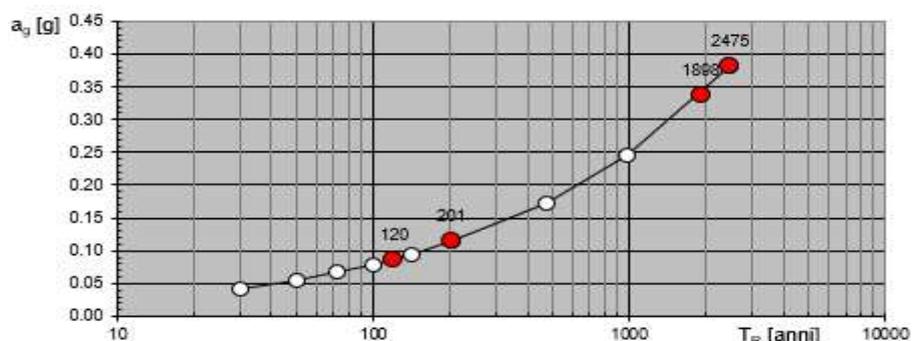
- Strategia per costruzioni ordinarie
-■..... Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

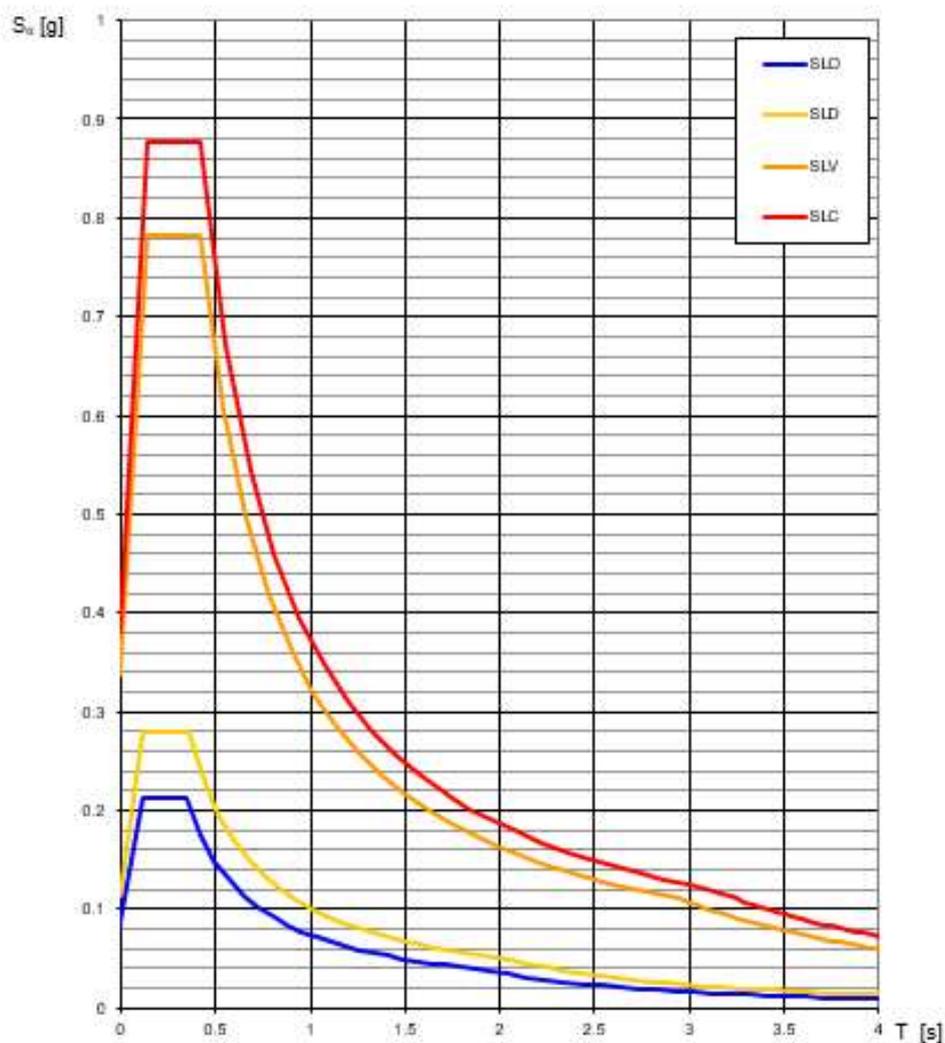
Nel nostro caso abbiamo una struttura con vita nominale V_n pari a 100 anni ed appartenente alla classe d'uso IV, a cui pertanto corrisponde un coefficiente d'uso della costruzione $C_u=2$. In base a tali valori viene determinato il periodo di riferimento per la costruzione V_r che risulta in questo caso pari a 200 anni. Sono quindi calcolati i valori dei periodi di ritorno corrispondenti alle probabilità di superamento per i quattro stati limite previsti dalle NTC_18.

I dati in uscita in questa fase rappresentano una selezione effettuata sui dati ottenuti nella fase precedente in corrispondenza dei valori previsti per il periodo di ritorno dei quattro stati limite considerati.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritor



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	120	0.086	2.478	0.345
SLD	201	0.114	2.458	0.360
SLV	1898	0.336	2.327	0.415
SLC	2475	0.381	2.301	0.423

8.3 *Prospezioni Geoelettriche*

Il metodo elettrico, in generale, consente di caratterizzare il sottosuolo attraverso la determinazione delle proprietà elettriche e ottenere informazioni per la ricostruzione del modello geostrutturale individuando anomalie stratigrafiche e tettoniche (cavità, terra rossa, faglie e fratture) o zone maggiormente conduttive per la presenza di acquiferi sotterranei. Il parametro fisico determinato per mezzo delle suddette indagini è la resistività apparente (ρ_a) che dipende dalla composizione mineralogica, dalla granulometria e dal contenuto in acqua della roccia.

In questa campagna di indagine sono stati eseguiti n. 14 (**E.R.01 ÷ E.R.14**) profili elettrici secondo le configurazioni “dipolo-dipolo assiale” e “Wenner”.

I profili elettrici sono stati ubicati così come mostrato nelle planimetrie (**01A÷01F**) della “Relazione sulle Indagini” in allegato alla presente.

La profondità massima d'investigazione, letta nel punto centrale di ogni singola pseudosezione, è pari a 25 metri se si considerano le pseudosezioni ottenute utilizzando la configurazione dipolo dipolo assiale, e a 14 metri se si considerano le pseudosezioni ottenute utilizzando la configurazione Wenner.

8.3.1 *Interpretazione e rappresentazione dei dati*

Le pseudosezioni di resistività indicano che il sottosuolo investigato è caratterizzato da valori di resistività variabili sia lateralmente sia verticalmente a causa della natura litologica articolata e complessa del sottosuolo esaminato.

Al fine di individuare il modello di resistività che meglio rappresenta il sottosuolo sono state rappresentate, nell'Allegato **02** della “Relazione sulle Indagini” (cfr. – Allegato), le pseudosezioni elaborate utilizzando i dati registrati con le configurazioni dipolo-dipolo assiale.

Poiché quasi la totalità delle prospezioni geoelettriche ricadono su materiali terrosi alluvionali di vario genere e grado della piana foggiana e di Canosa, all'interno di ciascuna delle prospezioni geoelettriche si riconoscono alternanze di zone conduttive correlabili a materiale prevalentemente argilloso e/o saturo di acqua a zone più resistive correlabili alla presenza di materiale prevalentemente sabbioso-ciottoloso a zone con grado di resistività intermedio correlabile a zone di materiale terroso soprattutto sabbioso-argilloso, in cui è probabile vi sia circolazione idrica.

9 CARATTERI LITOLOGICI E PARAMETRI MECCANICI DEI TERRENI IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Di seguito si riportano alcune indicazioni sui parametri geotecnici dei principali litotipi caratterizzanti le aree di intervento; i valori riportati sono stati ricavati mediando i dati provenienti dalle indagini dirette, nonché attraverso relazioni empiriche con le velocità delle onde sismiche registrate nei siti di indagine. Ovviamente i valori di seguito riportati devono intendersi come sintesi dell'area presa in considerazione e fungono da modellazione geologico tecnica del territorio attraversato per i primi metri di sottosuolo. Eventuali caratterizzazioni puntuali possono essere dedotte dalla Relazione sulle indagini geognostiche.

ZONA 01	Torrino di Foggia – Strada Statale n. 90
ZONA 02	Tratturo Castelluccio – Canale Capitanata
ZONA 03	Canale Olive
ZONA 04	Strada Provinciale n. 105 – Strada Provinciale n. 86
ZONA 05	Fiume Carapelle
ZONA 06	Strada Provinciale n. 79 – Strada Statale n. 16 (S.P. 80)
ZONA 07	Tratturello la Ficora – Strada Provinciale n. 62
ZONA 08	Strada Statale n. 16 – Strada Provinciale n. 64
ZONA 09	Fiume Ofanto
ZONA 10	Strada Provinciale n. 3 – Serbatoio di Canosa di Puglia

9.1 “Torrino di Foggia” – Sabbie limose

Si tratta di depositi alluvionali terrazzati con caratteri sedimentologici variabili caratterizzati da sabbie limose alternati a strati clasto sostenuti:

- $\gamma = 1.80 \div 2.32 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 23.49^\circ \div 38.15^\circ$
- $C = 2.84 \div 4.29 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 136.05 \div 392.70 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 73.26 \div 381.24 \text{ kg/cm}^2$

9.2 “Canale Capitanata” - Depositi sabbioso-limosi

Si tratta di sabbie addensate o debolmente cementate con una percentuale siltosa caratterizzate da:

- $\gamma = 1.97 \div 2.18 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 25.33^\circ \div 30.01^\circ$
- $C = 1.04 \div 1.26 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 152.01 \div 251.70 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 92.52 \div 212.04 \text{ kg/cm}^2$

9.3 “Attraversamento Canale Olive” – Sabbie argillose

Si tratta di sabbie debolmente cementate con una percentuale argillosa caratterizzate da:

- $\gamma = 1.87 \div 2.06 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 24.19^\circ \div 26.75^\circ$
- $C = 0.99 \div 1.60 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 148.30 \div 193.15 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 87.96 \div 141.78 \text{ kg/cm}^2$

9.4 “Strada Provinciale 105” – Conglomerati in matrice sabbiosa

Si tratta di depositi conglomeratici alluvionali con una percentuale sabbiosa in matrice caratterizzati da:

- $\gamma = 1.84 \div 2.50 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 21.85^\circ \div 33.97^\circ$
- $C = 0.41 \div 3.30 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 64.80 \div 488.80 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 68.88 \div 500.34 \text{ kg/cm}^2$

9.5 “Attraversamento fluviale Torrente Carapelle” – Depositi sabbioso-ciottoloso-argillosi

Si tratta di depositi alluvionali con caratteri sedimentologici che vanno dalle sabbie ai conglomerati, alle argille caratterizzati da:

- $\gamma = 1.68 \div 1.96 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 21.04^\circ \div 22.79^\circ$
- $C = 0.23 \div 0.66 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 36.50 \div 97.80 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 39.02 \div 101.54 \text{ kg/cm}^2$

9.6 “Strada Provinciale 79” – Sabbie limose

Si tratta di depositi sabbiosi con percentuale limosa subordinata e variabile, caratterizzati da:

- $\gamma = 1.81 \div 2.24 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 22.41^\circ \div 34.47^\circ$
- $C = 0.57 \div 3.42 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 84.20 \div 506.4 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 87.6 \div 518.3 \text{ kg/cm}^2$

9.7 “Strada Statale 16” – Sabbie limose

Si tratta di depositi sabbiosi con percentuale limosa subordinata e variabile, caratterizzati da:

- $\gamma = 1.58 \div 2.10 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 20.65^\circ \div 25.47^\circ$
- $C = 0.14 \div 1.29 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 22.60 \div 191.50 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 24.84 \div 197.11 \text{ kg/cm}^2$

9.8 “Tratturello La Ficora” – Sabbie ciottoloso-argillose

Si tratta di depositi alluvionali con caratteri sedimentologici che vanno dalle sabbie ai conglomerati, alle argille caratterizzati da:

- $\gamma = 1.49 \div 2.02 \text{ g/cm}^3$

- $\varphi = 20.32^\circ \div 23.44^\circ$
- $C = 0.07 \div 0.81 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 11.30 \div 120.30 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 13.32 \div 124.49 \text{ kg/cm}^2$

9.9 “Attraversamento Fiume Ofanto” – Sabbie

Si tratta di depositi alluvionali terrazzati con caratteri sedimentologici prevalentemente sabbiosi, con percentuale bassa di elementi limo-argillosi caratterizzati da:

- $\gamma = 1.64 \div 2.31 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 21.75^\circ \div 38.05^\circ$
- $C = 0.38 \div 4.26 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 61.20 \div 631.70 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 64.21 \div 646.09 \text{ kg/cm}^2$

9.10 “Serbatoio di Canosa” – Sabbie limose

Si tratta di depositi sabbiosi con percentuale limosa subordinata e variabile, caratterizzati da:

- $\gamma = 1.58 \div 2.31 \text{ g/cm}^3$
- $\varphi = 21.65^\circ \div 30.23^\circ$
- $C = 0.14 \div 2.42 \text{ kg/cm}^2$
- $E_y = 22.60 \div 358.00 \text{ kg/cm}^2$
- $E_{ed} = 24.84 \div 366.93 \text{ kg/cm}^2$

9.11 Attraversamenti con tecnica no-dig

Nell'allegato grafico relativo, si è riportato sia le litologie che i principali parametri geotecnici rilevati in corrispondenza degli attraversamenti stradali, ferroviari e fluviali da effettuarsi con tecniche no-dig o di protezione alveo. In genere si tratta di terreni che dal punto di vista granulometrico si possono definire come sabbie, sabbie limose o anche argille limose di plasticità medio-alta. Partendo dall'Opera di disconnessione di Canosa, gli attraversamenti che si incontrano sono illustrati schematicamente nella suddetta tavola allegata al progetto, unitamente al sondaggio di riferimento e ai parametri geotecnici provenienti dalle valutazioni delle indagini di laboratorio e da quelle indirette. Di seguito sono caratterizzati schematicamente:

VASCA DI CANOSA: SG.12-TRS.122

0,0 ÷ 7,5 m: Alternanza di sabbie sciolte o poco addensate

- $\gamma = 15 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,25 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 30^\circ$

7,5 ÷ 15,0 m: Sabbia argillosa, a livelli cementata

- $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,15 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 1,0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 30^\circ$

CANALE CDB CAPITANATA: TRS.120

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbie limose addensate

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,80 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

FERROVIA BARLETTA-SPINAZZOLA: TRS.117

0,0 ÷ 2,5 m: Limo sabbioso consistente

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

2,5 ÷ 5,0 m: Sabbia ciottolosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0$
- $\varphi = 28^\circ$

CANALE LAMAPOLLI: TRS.116

0,0 ÷ 4,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

4,0 ÷ 5,0 m: Sabbia ciottolosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0$
- $\varphi = 28^\circ$

S.P. 3: TRS.115

0,0 ÷ 2,5 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

2,5 ÷ 5,0 m: Sabbia ciottolosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0$
- $\varphi = 28^\circ$

FIUME OFANTO: SG.11–TRS.113

0,0 ÷ 3,5 m: Terreno sabbioso

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0$
- $\varphi = 23^\circ$

3,5 ÷ 13,5 m: Alternanza di sabbia e ghiaia

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

13,5 ÷ 15,0 m: Argilla sabbiosa

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,15 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 1,13 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 20^\circ$

Falda = -2,0 m da p.c.

S.P. 64: TRS.110

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,10 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

AUTOSTRADA A14: SG.10-TRS.107

0,0 ÷ 15,0 m: Alternanza di sabbie limose più o meno consistenti

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,23 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 25,6^\circ$

Falda = -4,4 m da p.c.

S.S. 16: SG.09-TRS.097

0,0 ÷ 15,0 m: Alternanza di sabbie limose debolmente argillose

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,62 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 2,4 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 26^\circ$

Falda = -11,0 m da p.c.

S.P. 62: TRS.093

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia debolmente argillosa

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 25^\circ$

IMPIANTO DEPURATIVO DI CERIGNOLA: TRS.089

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia argillosa

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 23^\circ$

S.P. 77 - PREMENTE FOGNA ZONA INDUSTRIALE CERIGNOLA: TRS.086

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

S.P. 72: TRS.083

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia a grana grossa addensata

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,25 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 30^\circ$

S.P. 68: TRS.068

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa a grana fine

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

FIUME FOSSO MARANA LA PIDOCCHIOSA: TRS.057

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa a luoghi ghiaiosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 25^\circ$

STAZIONE CLORAZIONE - TRATTURELLO LA FICORA: TRS.056

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa a luoghi ghiaiosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

S.S. 16 - S.P. 80: SG.08-TRS.055

0,0 ÷ 15,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,4 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

S.P. 80: TRS.053

0,0 ÷ 3,5 m: Ghiaia e sabbia

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

3,5 ÷ 5,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 15 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

S.P. 81: TRS.048

0,0 ÷ 2,9 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 15 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

2,9 ÷ 5,0 m: Conglomerati sabbiosi

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 26^\circ$

S.P. 79: TRS.044

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia fine addensata

- $\gamma = 15 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,25 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 29^\circ$

FIUME TORRENTE CARAPELLE: SG.07-TRS.043

0,0 ÷ 4,8 m: Sabbia limosa fine addensata

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

4,8 ÷ 12,3 m: Sabbia ghiaiosa

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

12,3 ÷ 15,0 m: Sabbia limosa addensata

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

S.P. 86 - FIUME FOSSO CARAPPELLUZZO: TRS.036

0,0 ÷ 5,0 m: Limo sabbioso-argilloso, con trovanti ghiaiosi

- $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$

- $c' = 0,15 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 27^\circ$

FERROVIA FOGGIA-POTENZA: TRS.032

0,0 ÷ 5,0 m: Limo sabbioso-argilloso, con trovanti ghiaiosi

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,15 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 27^\circ$

S.S. 655 - FIUME CERVARO: SG.06-TRS.024

0,0 ÷ 2,4 m: Sabbia limosa

- $\gamma = 17 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,2 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

2,4 ÷ 7,5 m: Conglomerato sabbioso

- $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

7,5 ÷ 15,0 m: Sabbia limosa ciottolosa

- $\gamma = 16 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,3 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 0,9 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 25^\circ$

Falda: -6,4 m da p.c.

FERROVIA FOGGIA-NAPOLI: SG.05-TRS.023

0,0 ÷ 10,2 m: Sabbia limosa

- $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,5 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 1,5 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 20^\circ$

10,2 ÷ 15,0 m: Conglomerato sabbioso

- $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 28^\circ$

Falda: -7,5 m da p.c.

S.P. 105: TRS.021

0,0 ÷ 5,0 m: Sabbia fine addensata

- $\gamma = 15 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,25 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 29^\circ$

CANALE OLIVE: SG.04-DPSH.05

0,0 ÷ 15,0 m: Sabbia limosa a luoghi con ciottoli

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,02 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 2,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 42^\circ$

CANALE CAPITANATA: SG.03-TRS.016

0,0 ÷ 5,5 m: Sabbia limosa

- $\gamma = 19 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,6 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 1,5 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 19^\circ$

5,5 ÷ 15,0 m: Limo sabbioso

- $\gamma = 14 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,1 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 24^\circ$

Falda: -4,7 m da p.c.

S.S. 90: SG.02-TRS.009

0,0 ÷ 15,0 m: Alternanza di sabbie limose a luoghi con ciottoli

- $\gamma = 20 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,4 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 4,0 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 26,6^\circ$

SERBATOIO DI FOGGIA: SG.01-TRS.001

0,0 ÷ 9,5 m: Conglomerato sabbioso

- $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$
- $c' = 0,15 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 27^\circ$

9,5 ÷ 15,0 m: Sabbia limoso-argillosa

- $\gamma = 21 \text{ kN/mc}$

- $c' = 0,6 \text{ kg/cmq}$
- $c_u = 1,7 \text{ kg/cmq}$
- $\varphi = 20^\circ$

Falda: -11,0 m da p.c.

Il valore del coefficiente di reazione verticale per i litotipi argillosi può essere assunto facendo riferimento a dati sperimentali ricavati da prove con piastra standard. In particolare nella tabella a pag. 707 del Vol. I di "Geotecnica e Tecnica delle fondazioni" di Cestelli Guidi si riporta che il valore di K_v per argille normal consolidate varia da 1 a 5 kg/cm^3 ; nel nostro caso possono essere presi in considerazione valori tra 1 e 2 kg/cm^3 .

10. INDAGINI ELETTRICHE S.E.V. PER PROTEZIONE CATODICA

Per poter ubicare e calibrare gli impianti di protezione catodica a servizio dell'opera in progetto, sono stati eseguiti stendimenti di lunghezza pari a 485m lungo i quali sono stati acquisiti dati di resistività (almeno 1500 letture per stendimento) secondo gli array Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo. L'indagine è finalizzata ad ottenere informazioni più accurate circa le proprietà elettriche del sottosuolo, per il dimensionamento

degli impianti di protezione catodica da eseguirsi per gli attraversamenti di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con le linee di trasporto.

Le indagini geoelettriche a 96 elettrodi sono state eseguite in corrispondenza dei seguenti attraversamenti:

- ERT PC. 01 longitudinalmente alla Strada Provinciale n. 115 (presso serbatoio di Foggia)
- ERT PC. 02 in prossimità del Tratturo Castelluccio Dei Sauri, in agro di Foggia
- ERT PC. 03 perpendicolarmente alla ferrovia Foggia-Napoli e nei pressi della S.P. 105 e della S.S. 655
- ERT PC. 04 a ridosso della ferrovia Foggia-Candela
- ERT PC. 05 perpendicolarmente alla Strada Provinciale n. 79
- ERT PC. 06 parallelamente al sovrappasso S.P. 80 sulla Strada Statale n.16
- ERT PC. 07 longitudinalmente alla Strada Provinciale n. 68
- ERT PC. 08 a ridosso del sovrappasso S.S. 16 sulla Strada Provinciale n.77
- ERT PC. 09 parallelamente alla Strada Statale n.16

- ERT PC. 10 parallelamente all'Autostrada A14-E55
- ERT PC. 11 a ridosso del Fiume Ofanto
- ERT PC. 12 in prossimità del serbatoio di Canosa di Puglia

Il metodo elettrico, in generale, consente di caratterizzare il sottosuolo attraverso la determinazione delle proprietà elettriche e ottenere informazioni per la ricostruzione del modello geostrutturale individuando anomalie stratigrafiche e tettoniche (cavità, terra rossa, faglie e fratture) o zone maggiormente conduttive per la presenza di acquiferi sotterranei. Il parametro fisico determinato per mezzo delle suddette indagini è la resistività apparente (ρ_a) che dipende dalla composizione mineralogica, dalla granulometria e dal contenuto in acqua della roccia.

Nella tabella e nel grafico di Palacky, riportati di seguito, sono indicati i ranges tipici dei valori di resistività di alcuni tra i terreni costituenti il sottosuolo

Tabella – Resistività delle rocce (da "Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo" di Carrara – Rapolla – Roberti e da "La prospezione Geofisica in campo ambientale" della Provincia di Milano).

LITOTIPO	RESISTIVITA' (Ohm x m)
Acqua di mare	2-3
Acqua	10
Argille, marne, grasse	3-30
Argille, marne magre	10-40
Rifiuti domestici	12-30
Suolo di copertura	10-200
Argille sabbiose, silt	25-105
Fanghi industriali	40-200
Sabbie con argille	50-300
Detrito alluvionale	50-1000
Olio esausto	150-700
Tufi	150-900
Sabbia, ghiaia in falda	200-400
Arenaria	300-3000
Calcere, dolomie, gesso	500-10000
Sabbia, ghiaia asciutta	800-5000
Gneiss	400-6000
Granito	2000-10000

L'anomalia geofisica rappresenta generalmente, nella comune definizione della letteratura, una deviazione di un valore di una grandezza da un valore atteso. A questo si aggiunge che la geofisica risente del principio di equivalenza, ovvero della possibilità che modelli di sottosuolo diversi restituiscano modelli geofisici analoghi. In generale l'esperienza del geologo-geofisico consente di interpretare i dati e definire gli algoritmi di inversione più idonei, le tipologie e le quantità di indagini dirette di taratura. In linea generale è possibile asserire che le zone più conduttive (gradazioni del colore blu) sono riconducibili alla presenza di inclusioni di materiale terroso o interessato da circolazione idrica o a carattere prevalentemente limoso; mentre le zone più resistive (gradazioni del

colore rosso) sono correlabili a porzioni di deposito terroso, sabbioso ben addensato e/o sabbioso-ciottoloso, o a porzioni cementate.

Dall'analisi delle pseudosezioni ricavate dalle indagini geoelettriche è stato possibile delineare l'elettrostratigrafia dei terreni, come consultabile nel seguito della trattazione. In tutti i casi sono state acquisite le configurazioni secondo gli array Dipolo-Dipolo e Polo-Dipolo.

Nella relazione sulle "indagini geoelettriche per la protezione catodica" sono riportate le elaborazioni ed interpretazioni delle indagini eseguite. Si rimanda alla consultazione delle stesse per la scelta e l'ubicazione esatta degli impianti di protezione catodica.

11 CARATTERIZZAZIONE CHIMICO AMBIENTALE DEI TERRENI

Così come previsto dalla normativa ambientale vigente (D. Lgs. 152/2006 e s.m.i e DPR 120/2017 e s.m.i) è stata eseguita una campagna di caratterizzazione ambientale consistente in:

- n. 122 punti di sondaggio, distanziati circa 500 metri l'uno dall'altro: perforazioni ad andamento verticale eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di 5
- m dal p.c. e prelievo per ciascun sondaggio di n. 3 campioni di terreno ed un campione di acqua di falda (dove presente);
- compilazione di modulo stratigrafico per ciascun sondaggio contenente i dati di cantiere, le principali caratteristiche dei materiali attraversati e relativa documentazione fotografica;
- analisi chimiche di laboratorio sui campioni di materiale da scavo ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i finalizzata alla determinazione del set minimale (come da Allegato 4 del D.P.R. 120/2017);
- test di cessione e analisi dell'eluato su campioni di materiali di riporto e quantificazione dei materiali di origine antropica presenti all'interno del riporto ai sensi dell'All. 10 del D.P.R. 120/2017.

Le attività di campionamento sono state correlate dalla compilazione delle stratigrafie di sondaggio e da report fotografico, riportate nella "Relazione sulle indagini ambientali" allegata al progetto, che riporta anche i riferimenti normativi vigenti.

Dall'esecuzione dei lavori di cui in oggetto saranno prodotti i seguenti materiali:

- fresato d'asfalto: trattato come rifiuto e conferito a discarica autorizzata;

- terre e rocce da scavo: trattate come sottoprodotti e riutilizzate in parte all'interno dell'ambito di cantiere per i rinterri ed in parte sarà conferito presso centri di recupero.

La quantificazione precisa e puntuale dei volumi di terre e rocce da scavo sarà eseguita nella successiva fase di progettazione e terrà conto delle dimensioni di scavo specifiche per ogni tratto di condotta. Trattandosi di opere infrastrutturali lineari con profondità di scavo di progetto entro i 5.0 metri da piano campagna, la caratterizzazione ambientale è stata eseguita mediante perforazioni ad andamento verticale eseguite a rotazione a carotaggio continuo, di diametro 101 mm, fino a profondità di 5 m dal p.c.; il campionamento è stato effettuato ogni 500 metri lineari di tracciato, per un totale di n. 122 sondaggi.

Per la natura dei luoghi e la tipologia di indagine, sono stati prelevati n. 4 campioni per sondaggio:

- Campione di terra 1: da 0 a 1 m da p.c.
- Campione di terra 2: nella zona intermedia di scavo
- Campione di terra 3: nella zona di fondo scavo
- Campione di acqua di falda (dove rinvenuta entro i 5 m)

Per i punti di campionamento ricadenti in prossimità di attraversamenti stradali o aree in cui è stata riscontrata la presenza di materiale di riporto, non essendo nota l'origine dei materiali inerti che lo costituiscono, sono stati eseguiti test di cessione e la valutazione della percentuale in peso degli elementi di origine antropica.

I campioni sono stati conferiti e analizzati presso il laboratorio accreditato TecnoLab di C.Serino – Altamura.

Dalle analisi condotte sui campioni è emerso che i parametri ricercati rispettano i limiti fissati dalla Tabella. (vedi Relazione sulle Indagini Ambientali). **Pertanto, il materiale non risulta contaminato e non costituisce rifiuto, e può essere gestito come sottoprodotto** ai sensi dell'articolo 184-bis del D.Lgs. 152/2006 e del D.P.R. 120/2017.

La classificazione dei rifiuti è attribuita dal produttore in conformità di quanto indicato nell'Allegato D alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06 (decisione 2000/532/CE). Il rifiuto dovrà, in questa fase, essere sottoposto a caratterizzazione chimico-fisica, volta ad attestare la classificazione del CER attribuito e della classe di pericolosità (P o NP ove i codici presentano voci speculari) nonché alla verifica della sussistenza delle caratteristiche per la conformità al destino successivo selezionato (sia esso nell'ambito del D.Lgs. 152/06 di smaltimento/recupero, sia esso nell'ambito della procedura di recupero semplificata di cui al D.M. Ambiente 5 febbraio 1998 per rifiuti non pericolosi e ss.ii.mm.). Si precisa che in riferimento ai parametri IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) gli stessi sono risultati non presenti nei risultati delle analisi svolte presso il laboratorio TecnoLab in nessun campione; allo stesso modo non sono stati rilevati idrocarburi >12 in nessun campione, a conferma di assenza in

situ di insediamenti che possano aver influenzato le caratteristiche del sito mediante ricaduta delle emissioni in atmosfera.

Per una consultazione analitica di situazioni locali e particolareggiate si rimanda alla “Relazione sulle Indagini Ambientali” allegata al progetto, e ai certificati di laboratorio ambientale ad essa allegati.

Sono state effettuate delle indagini ambientali durante la campagna indagini geognostiche che hanno previsto, oltre che la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, anche il prelievo e l'analisi di acque di falda, ove valutate interferente con le operazioni di scavo, per un'analisi delle caratteristiche chimiche di tali acque (vedi elaborato D.5.4) Osservando i risultati delle analisi di laboratorio condotte, si rileva che i parametri chimici rilevati nelle analisi risultano conformi ai limiti stabiliti dalla tab.4 (all.5, parte terza del D.Lgs.152/06).

Per questo motivo le acque eventualmente prelevate attraverso un sistema di aggotamento tipo well point, possono essere smaltite attraverso lo scarico su suolo, piuttosto che in corso d'acqua o corpo idrico recettore (tab.3); in genere anche sulla scorta anche di quanto dichiarato dal TAR del veneto (Sez. III Ord. 418 del 20 giugno 2007) il quale recita come segue:

“...si esclude che le acque di drenaggio di un cantiere rientrino nel novero degli scarichi subordinati ad autorizzazione, fondando il proprio ragionamento sul presupposto che le acque in esame non verrebbero "in contatto con i possibili inquinanti risultanti dall'attività di cantiere", in quanto, durante l'attività preliminare allo scavo per posa o fondazione, drenando direttamente, prima ancora di avviare le attività di scavo, le acque stesse, le quali vengono emunte da motopompe, convogliate in una scolina e riversate tal quali nel corpo idrico recettore, senza venire in contatto con i possibili inquinanti risultanti dall'attività di cantiere - non configura uno scarico ex art. 74, lett. ff) del d. lgs. 152/06, poiché tali acque non sono definibili come reflue industriali, non venendo ad interferire in nessuna forma con l'attività di cantiere...”.

12 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La liquefazione dei terreni granulari saturi poco addensati consiste in una perdita totale o parziale di resistenza del terreno, causata dall'accumulo di sovrappressioni inerziali dovute al moto ciclico indotto dal terremoto, che si manifesta con un'eccitazione di frequenza molto elevata rispetto ai tempi necessari alla consolidazione. La suscettibilità di un terreno alla liquefazione dipende dalla tendenza alla diminuzione o aumento di volume che esso manifesta per effetto di uno sforzo di taglio ciclico oltre che dall'entità e durata dello scuotimento. I materiali potenzialmente liquefacibili sono per lo più i terreni sabbiosi puliti, sciolti, recenti, a granulometria uniforme con particelle arrotondate e poco profondi. In considerazione della tipologia dei terreni in esame, si è ritenuto opportuno

valutare, in via del tutto cautelativa e preliminare, se tale fenomeno può eventualmente interessare i suoli in esame, in ragione dei parametri geologici-geotecnici e geofisici determinati.

Le condizioni di saturazione dei terreni sono un aspetto quanto mai importante nella valutazione del potenziale di liquefazione di un terreno. Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino a eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

Pertanto, la suscettibilità a liquefazione è il fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda (prossima alla superficie).

In ogni caso, affinché in un sito possano avvenire fenomeni di liquefazione, è necessario che la scossa sismica raggiunga una certa intensità. Dall'osservazione di zone colpite da liquefazione, si è notato che questa avviene principalmente nelle seguenti circostanze:

- terremoti di magnitudo uguale o superiore a 5.5, con accelerazioni superiori o uguali a 0,2 g;
- sopra i 15 metri di profondità; oltre questa profondità non sono state osservate liquefazioni;
- profondità della falda prossima alla superficie (inferiore ai 3 m).

In accordo con quanto stabilito dal D.M. 14/01/2008, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti cinque circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 (è la Magnitudo Momento M_w)
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g (a_{gmax})
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali (misura riferita al valore medio stagionale. Nell'EC 8, invece, si fa riferimento alle condizioni prevalenti durante il periodo di vita dell'opera);

4. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure seguenti:

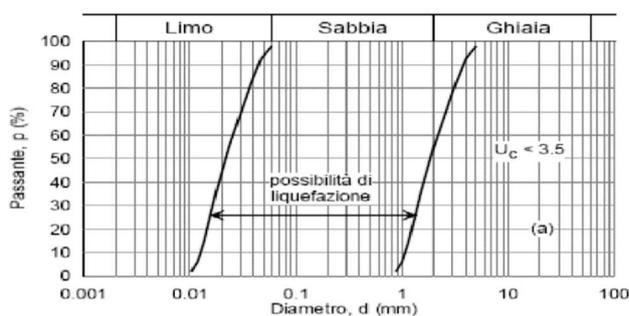


Fig. 7.11.1(a) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

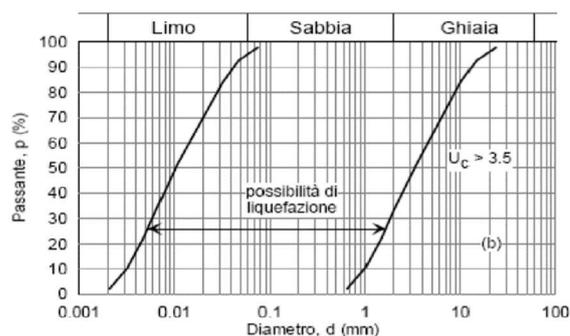


Fig. 7.11.1(b) - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

Nel caso in esame è stata applicata la metodologia di calcolo di Andrus e Stokoe (1997) per la valutazione del potenziale di liquefazione dalle prove sismiche a rifrazione.

Pertanto, il territorio in esame essendo caratterizzato da terreni sabbioso-arenacei e sabbioso-limosi e dalla probabile presenza di una falda superficiale è stato sottoposto alla verifica alla liquefazione dei terreni, considerando per ognuno dei sismostrati individuati i seguenti parametri:

- ✓ peso per unità di volume medio (γ)
- ✓ profondità della prova (z) (ossia profondità del sismostrato)
- ✓ profondità della falda
- ✓ velocità media delle onde S (V_s)
- ✓ parametro funzione della percentuale di frazione fine FC (VS1C)
- ✓ magnitudo momento (M)
- ✓ accelerazione orizzontale massima attesa (a_{max}/g)
- ✓ parametro funzione della profondità z (rd)

Nel seguito sono riportati i tabulati di calcolo della verifica a liquefazione eseguita sulla scorta delle indagini MASW effettuate sia nella campagna del 2019 che nella pregressa del 2016, prendendo in esame le sole indagini in cui sia stata rilevata la presenza della falda dalle perforazioni limitrofe.

Le verifiche sono soddisfatte in quasi tutti i casi, tranne per le basi simiche BS10-MASW06 e BS13-MASW08 eseguite nel 2016 sul Fiume Ofanto e limitatamente al primo sismostrato.

Vista tale rilevanza, il carico del manufatto, in questo caso tramite tecnologia no-dig, sarà trasferito allo strato immediatamente inferiore, non suscettibile di liquefazione.

12.1.1 Verifica su BS01-MASW01 (2016)

Ubicazione: Serbatoio di Foggia				Anno: 2016										
PARAMETRI:				BS.01-MASW01 - PRIMO STRATO										
γ	=	1,6	g/cm ³	<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>			R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata													
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma													
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia													
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S													
σ_{vo}	=	0,112	kg/cm ²											
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,112	kg/cm ²											
profondità della prova	=	70	cm											
profondità falda	=	1100	cm											
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³											
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²											
z	=	0,7	m											
V _s	=	150												
V _{s1c}	=	220	m/s				FC<5%	FC=20%	FC>35%					
							220	210	200					
V _{s1}	=	259,29												
M	=	7,2												
MSF	=	1,14	se M≤7.5											
		1,11	se M>7.5											
FORMULE:				RISULTATI:										
$V_{s1} = V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$				259,29 V _{s1}										
$R = 0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$				= 0,17469767 R										
$T = 0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$				se M≤7.5 = 0,137759059 T _{M≤7.5}										
				se M>7.5 = 0,142035299 T _{M>7.5}										
$a_{max}/g = 0,25$														
$r_d = 0,97$														
$F_s=R/T > 1$				se M≤7.5 = 1,268139247 Verificato F _s										
				se M>7.5 = 1,22995953 Verificato F _s										
PARAMETRI:				BS.01-MASW01 - SECONDO STRATO										
γ	=	1,8	g/cm ³	<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>			R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata													
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma													
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia													
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S													
σ_{vo}	=	0,72	kg/cm ²											
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,72	kg/cm ²											
profondità della prova	=	400	cm											
profondità falda	=	1100	cm											
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³											
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²											
z	=	4	m											
V _s	=	300												
V _{s1c}	=	220	m/s				FC<5%	FC=20%	FC>35%					
							220	210	200					
V _{s1}	=	325,68												
M	=	7,2												
MSF	=	1,14	se M≤7.5											
		1,11	se M>7.5											
FORMULE:				RISULTATI:										
$V_{s1} = V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$				325,68 V _{s1}										
$R = 0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$				= 0,305590688 R										
$T = 0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$				se M≤7.5 = 0,137759059 T _{M≤7.5}										
				se M>7.5 = 0,142035299 T _{M>7.5}										
$a_{max}/g = 0,25$														
$r_d = 0,97$														
$F_s=R/T > 1$				se M≤7.5 = 2,218298307 Verificato F _s										
				se M>7.5 = 2,151512264 Verificato F _s										

PARAMETRI:			BS.01-MASW01 - TERZO STRATO		
γ	=	2	g/cm ³		
σ_{vo}	=	3,6	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	2,9	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1800	cm		
profondità falda	=	1100	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,7	kg/cm ²		
z	=	18	m		
V_s	=	780			
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%
				220	210
V_{S1}	=	597,72			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7,5$		
		1,11	se $M > 7,5$		
				FC>35%	200

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:		RISULTATI:	
V_{S1}	= $V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$	597,72	V_{S1}
R	= $0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	1,065320695	R
T	= $0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	0,171011246	$T_{M \leq 7,5}$
		0,176319682	$T_{M > 7,5}$
a_{max}/g	= 0,25		
r_d	= 0,97		
Fs=R/T	> 1	6,229535889	Verificato Fs
		6,041983993	Verificato Fs

12.1.2 Verifica su BS02-MASW02 (2016)

Ubicazione: Serbatoio di Foggia			Anno: 2016		
PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - PRIMO STRATO		
γ	=	1,6	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,096	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,096	kg/cm ²		
profondità della prova	=	60	cm		
profondità falda	=	1100	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²		
z	=	0,6	m		
V_s	=	140			
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%
				220	210
V_{S1}	=	251,51			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7,5$		
		1,11	se $M > 7,5$		

R=	Resistenza al taglio mobilitata
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S

FORMULE:		RISULTATI:	
V_{S1}	= $V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$	251,51	V_{S1}
R	= $0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	0,157125523	R
T	= $0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	0,137759059	$T_{M \leq 7,5}$
		0,142035299	$T_{M > 7,5}$
a_{max}/g	= 0,25		
r_d	= 0,97		
Fs=R/T	> 1	1,140582139	Verificato Fs
		1,106242768	Verificato Fs

PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - SECONDO STRATO		
γ	=	1,6	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,72	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,72	kg/cm ²		
profondità della prova	=	450	cm		
profondità falda	=	1100	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²		
z	=	4,5	m		
V_s	=	244			
V_{s1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{s1}	=	264,88			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		264,88	V_{s1}
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1C}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1C})$		0,186349215	R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,137759059	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,142035299	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,97			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,352718403	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	1,311992271	Verificato F_s

PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - TERZO STRATO		
γ	=	2	g/cm ³		
σ_{vo}	=	3,4	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	2,8	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1700	cm		
profondità falda	=	1100	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,6	kg/cm ²		
z	=	17	m		
V_s	=	792			
V_{s1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{s1}	=	612,26			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		612,26	V_{s1}
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1C}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1C})$		1,11820051	R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,167278858	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,172471435	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,97			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	6,684649364	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	6,483395421	Verificato F_s

12.1.3 Verifica su BS02-MASW02

Ubicazione: Canale Capitanata – Foggia				Anno: 2019									
PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - PRIMO SISMOSTRATO										
γ	=	1,5	g/cm ³										
σ_{vo}	=	0,3	kg/cm ²										
$\sigma_{vo'}$	=	0,3	kg/cm ²										
profondità della prova	=	200	cm										
profondità falda	=	470	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²										
z	=	2	m										
V_s	=	190											
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%								
				220	210								
					FC>35%								
					200								
V_{S1}	=	256,73											
M	=	7,2											
MSF	=	1,14	se M≤7.5										
		1,11	se M>7.5										
			<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>			R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$		256,73	V_{S1}								
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	=	0,169132489	R								
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'})) * r_d * 1/MSF$	se M≤7.5	0,136338863	$T_{M≤7,5}$								
			se M>7.5	0,140571018	$T_{M>7,5}$								
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,96											
Fs=R/T	>	1	se M≤7.5	1,240530286	Verificato Fs								
			se M>7.5	1,203181788	Verificato Fs								
PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - SECONDO SISMOSTRATO										
γ	=	1,6	g/cm ³										
σ_{vo}	=	0,96	kg/cm ²										
$\sigma_{vo'}$	=	0,83	kg/cm ²										
profondità della prova	=	600	cm										
profondità falda	=	470	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	0,13	kg/cm ²										
z	=	6	m										
V_s	=	261											
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%								
				220	210								
					FC>35%								
					200								
V_{S1}	=	273,45											
M	=	7,2											
MSF	=	1,14	se M≤7.5										
		1,11	se M>7.5										
			<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>			R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$		273,45	V_{S1}								
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	=	0,203387082	R								
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'})) * r_d * 1/MSF$	se M≤7.5	0,157693143	$T_{M≤7,5}$								
			se M>7.5	0,162588165	$T_{M>7,5}$								
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,96											
Fs=R/T	>	1	se M≤7.5	1,289764909	Verificato Fs								
			se M>7.5	1,25093411	Verificato Fs								

PARAMETRI:			BS.02-MASW02 - TERZO SISMOSTRATO		
γ	=	1,8	g/cm ³		
σ_{vo}	=	2,52	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	1,59	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1400	cm		
profondità falda	=	470	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,93	kg/cm ²		
z	=	14	m		
V_s	=	354			
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{S1}	=	315,25			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		315,25	V_{S1}
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	=	0,284606349	R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,216084235	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,222791802	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,317108343	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	1,277454319	Verificato F_s

12.1.4 Verifica su BS06-MASW04 (2016)

Ubicazione: Fiume Cervaro – Foggia			Anno: 2016		
PARAMETRI:			BS.06-MASW04 - PRIMO SISMOSTRATO		
γ	=	1,6	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,16	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,16	kg/cm ²		
profondità della prova	=	100	cm		
profondità falda	=	640	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²		
z	=	1	m		
V_s	=	202			
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{S1}	=	319,39			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		319,39	V_{S1}
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	=	0,292883858	R
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,136338863	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,140571018	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	2,148205228	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	2,083529469	Verificato F_s

PARAMETRI:			BS.06-MASW04 - SECONDO SISMOSTRATO		
γ	=	1,8	g/cm ³		
σ_{vo}	=	0,81	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,81	kg/cm ²		
profondità della prova	=	450	cm		
profondità falda	=	640	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²		
z	=	4,5	m		
V_s	=	367			
V_{s1c}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{s1}	=	386,85			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>R= Resistenza al taglio mobilitata</p> <p>T= Sforzo di taglio indotto dal sisma</p> <p>FC= Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</p> <p>Vs= Velocità dell'onda di taglio S</p> </div> </div>					
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	386,85		V_{s1}
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	0,439478421		R
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,136338863	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,140571018	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	3,223427364	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	3,12638002	Verificato F_s

PARAMETRI:			BS.06-MASW04 - TERZO SISMOSTRATO		
γ	=	2	g/cm ³		
σ_{vo}	=	3,2	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	2,24	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1600	cm		
profondità falda	=	640	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,96	kg/cm ²		
z	=	16	m		
V_s	=	786			
V_{s1c}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{s1}	=	642,48			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 60%;"> <p>R= Resistenza al taglio mobilitata</p> <p>T= Sforzo di taglio indotto dal sisma</p> <p>FC= Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</p> <p>Vs= Velocità dell'onda di taglio S</p> </div> </div>					
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	642,48		V_{s1}
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	1,232125766		R
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,194769804	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,20081574	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	6,326061537	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	6,135603554	Verificato F_s

12.1.5 Verifica su BS08-MASW08

Ubicazione: Strada Statale 16 – Cerignola (FG)				Anno: 2019									
PARAMETRI:		BS.08-MASW08 - PRIMO SISMOSTRATO											
γ	=	1,6	g/cm ³										
σ_{vo}	=	0,32	kg/cm ²										
$\sigma_{v'o}$	=	0,32	kg/cm ²										
profondità della prova	=	200	cm										
profondità falda	=	1100	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²										
z	=	2	m										
V_s	=	187											
V_{s1c}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%								
			220	210	200								
V_{s1}	=	248,63											
M	=	7,2											
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$										
		1,11	se $M > 7.5$										
		<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>V_s=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	V_s =	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		248,63	V_{s1}								
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	=	0,149925027	R								
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v'o}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,137759059	$T_{M \leq 7.5}$								
			se $M > 7.5$	0,142035299	$T_{M > 7.5}$								
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,97											
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,088313379	Verificato F_s								
			se $M > 7.5$	1,055547658	Verificato F_s								
PARAMETRI:		BS.08-MASW08 - SECONDO SISMOSTRATO											
γ	=	1,8	g/cm ³										
σ_{vo}	=	1,62	kg/cm ²										
$\sigma_{v'o}$	=	1,62	kg/cm ²										
profondità della prova	=	900	cm										
profondità falda	=	1100	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²										
z	=	9	m										
V_s	=	330											
V_{s1c}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%								
			220	210	200								
V_{s1}	=	292,51											
M	=	7,2											
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$										
		1,11	se $M > 7.5$										
		<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>V_s=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	V_s =	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		292,51	V_{s1}								
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$	=	0,240176134	R								
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v'o}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,137759059	$T_{M \leq 7.5}$								
			se $M > 7.5$	0,142035299	$T_{M > 7.5}$								
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,97											
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,743450738	Verificato F_s								
			se $M > 7.5$	1,690960874	Verificato F_s								

PARAMETRI:			BS.09-MASW09 - SECONDO SISMOSTRATO		
γ	=	1,6	g/cm ³		
σ_{vo}	=	1,12	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,86	kg/cm ²		
profondità della prova	=	700	cm		
profondità falda	=	440	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	0,26	kg/cm ²		
z	=	7	m		
V_s	=	308			
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{S1}	=	319,84			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	319,84		V_{S1}
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) * (0,9/V_{S1C})$	0,29377767		R
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,177557589	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,183069232	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,654548656	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	1,604735357	Verificato F_s

PARAMETRI:			BS.09-MASW09 - TERZO SISMOSTRATO		
γ	=	1,8	g/cm ³		
σ_{vo}	=	3,24	kg/cm ²		
$\sigma_{v\sigma}$	=	1,88	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1800	cm		
profondità falda	=	440	cm		
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	1,36	kg/cm ²		
z	=	18	m		
V_s	=	460			
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{S1}	=	392,84			
M	=	7,2			
MSF	=	1,14	se $M \leq 7.5$		
		1,11	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	392,84		V_{S1}
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) * (0,9/V_{S1C})$	0,453677519		R
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,234966976	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,24226069	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	1,930813962	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	1,872683176	Verificato F_s

12.1.7 Verifica su BS10-MASW06 (2016)

Ubicazione: Fiume Ofanto – Foggia				Anno: 2016											
PARAMETRI:				BS.10-MASW06 - PRIMO SISMOSTRATO											
γ	=	1,4	g/cm ³	<table border="1"> <tr><td>R=</td><td>Resistenza al taglio mobilata</td></tr> <tr><td>T=</td><td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td></tr> <tr><td>FC=</td><td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td></tr> <tr><td>Vs=</td><td>Velocità dell'onda di taglio S</td></tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilata														
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma														
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia														
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S														
σ_{vo}	=	0,112	kg/cm ²												
σ_{v0}	=	0,112	kg/cm ²												
profondità della prova	=	80	cm												
profondità falda	=	200	cm												
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³												
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²												
z	=	0,8	m												
V_s	=	130													
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%	FC>35%									
				220	210	200									
V_{S1}	=	224,72													
M	=	7,1													
MSF	=	1,20	se M<7.5												
		1,15	se M>7.5												
FORMULE:				RISULTATI:											
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$				224,72	V_{S1}								
R	=	$0,03 \cdot (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) \cdot (0,9/V_{S1C})$				-0,04333386	R								
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma_{v0})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$		se M<7.5	=	0,130189206	$T_{M<7.5}$								
				se M>7.5	=	0,135626942	$T_{M>7.5}$								
a_{max}/g	=	0,25													
r_d	=	0,96													
Fs=R/T	>	1		se M<7.5	=	-0,33285294	Liquefacibile								
				se M>7.5	=	-0,319507757	Liquefacibile								
PARAMETRI:				BS.10-MASW06 - SECONDO SISMOSTRATO											
γ	=	1,6	g/cm ³	<table border="1"> <tr><td>R=</td><td>Resistenza al taglio mobilata</td></tr> <tr><td>T=</td><td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td></tr> <tr><td>FC=</td><td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td></tr> <tr><td>Vs=</td><td>Velocità dell'onda di taglio S</td></tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilata														
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma														
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia														
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S														
σ_{vo}	=	0,64	kg/cm ²												
σ_{v0}	=	0,44	kg/cm ²												
profondità della prova	=	400	cm												
profondità falda	=	200	cm												
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³												
Pressione neutra	=	0,2	kg/cm ²												
z	=	4	m												
V_s	=	247													
V_{S1C}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%	FC>35%									
				220	210	200									
V_{S1}	=	303,27													
M	=	7,1													
MSF	=	1,20	se M<7.5												
		1,15	se M>7.5												
FORMULE:				RISULTATI:											
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0,25}$				303,27	V_{S1}								
R	=	$0,03 \cdot (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) \cdot (0,9/V_{S1C})$				0,261024854	R								
T	=	$0,65 \cdot ((a_{max}/g) \cdot (\sigma_{vo}/\sigma_{v0})) \cdot r_d \cdot 1/MSF$		se M<7.5	=	0,189366119	$T_{M<7.5}$								
				se M>7.5	=	0,197275553	$T_{M>7.5}$								
a_{max}/g	=	0,25													
r_d	=	0,96													
Fs=R/T	>	1		se M<7.5	=	1,378413709	Verificato Fs								
				se M>7.5	=	1,323148511	Verificato Fs								

PARAMETRI:			BS.10-MASW06 - TERZO SISMOSTRATO			
γ	=	2	g/cm ³			
σ_{vo}	=	2,8	kg/cm ²			
$\sigma_{vo'}$	=	1,6	kg/cm ²			
profondità della prova	=	1400	cm			
profondità falda	=	200	cm			
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³			
Pressione neutra	=	1,2	kg/cm ²			
z	=	14	m			
V_s	=	798				
V_{s1c}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%	
				220	210	
					200	
V_{s1}	=	709,53				
M	=	7,1				
MSF	=	1,20	se $M \leq 7.5$			
		1,15	se $M > 7.5$			
FORMULE:			RISULTATI:			
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		709,53	V_{s1}	
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$		1,504383903	R	
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,227831111	$T_{M \leq 7.5}$	
			se $M > 7.5$	0,237347149	$T_{M > 7.5}$	
a_{max}/g	=	0,25				
r_d	=	0,96				
$F_s=R/T$	>	1		se $M \leq 7.5$	6,603066167	Verificato F_s
				se $M > 7.5$	6,338327248	Verificato F_s

12.1.8 Verifica su BS12-MASW07 (2016)

Ubicazione: Fiume Ofanto – Foggia				Anno: 2016		
PARAMETRI:			BS.12-MASW07 - PRIMO SISMOSTRATO			
γ	=	1,4	g/cm ³			
σ_{vo}	=	0,168	kg/cm ²			
$\sigma_{vo'}$	=	0,168	kg/cm ²			
profondità della prova	=	120	cm			
profondità falda	=	200	cm			
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³			
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²			
z	=	1,2	m			
V_s	=	170				
V_{s1c}	=	220	m/s	FC<5%	FC=20%	
				220	210	
					200	
V_{s1}	=	265,53				
M	=	7,1				
MSF	=	1,20	se $M \leq 7.5$			
		1,15	se $M > 7.5$			
FORMULE:			RISULTATI:			
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$		265,53	V_{s1}	
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$		0,18767037	R	
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{vo'})) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,130189206	$T_{M \leq 7.5}$	
			se $M > 7.5$	0,135626942	$T_{M > 7.5}$	
a_{max}/g	=	0,25				
r_d	=	0,96				
$F_s=R/T$	>	1		se $M \leq 7.5$	1,441520193	Verificato F_s
				se $M > 7.5$	1,383724846	Verificato F_s

PARAMETRI:			BS.12-MASW07 - SECONDO SISMOSTRATO										
γ	=	1,7	g/cm ³										
σ_{vo}	=	0,85	kg/cm ²										
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,55	kg/cm ²										
profondità della prova	=	500	cm										
profondità falda	=	200	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	0,3	kg/cm ²										
z	=	5	m										
V_s	=	403											
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%								
			220	210	200								
V_{S1}	=	467,97											
M	=	7,1											
MSF	=	1,20	se $M \leq 7.5$										
		1,15	se $M > 7.5$										
<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>V_s=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>						R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	V_s =	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	467,97	V_{S1}									
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	0,649256315	R									
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	0,201201501	$T_{M \leq 7,5}$									
			0,209605275	$T_{M > 7,5}$									
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,96											
$F_s=R/T$	>	1	3,226895982	Verificato F_s									
			3,097518973	Verificato F_s									
PARAMETRI:			BS.12-MASW07 - TERZO SISMOSTRATO										
γ	=	2	g/cm ³										
σ_{vo}	=	3,6	kg/cm ²										
$\sigma_{v\sigma}$	=	2	kg/cm ²										
profondità della prova	=	1800	cm										
profondità falda	=	200	cm										
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³										
Pressione neutra	=	1,6	kg/cm ²										
z	=	18	m										
V_s	=	788											
V_{S1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%								
			220	210	200								
V_{S1}	=	662,63											
M	=	7,1											
MSF	=	1,20	se $M \leq 7.5$										
		1,15	se $M > 7.5$										
<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>V_s=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>						R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	V_s =	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata												
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma												
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia												
V_s =	Velocità dell'onda di taglio S												
FORMULE:			RISULTATI:										
V_{S1}	=	$V_s(1/\sigma_{vo})^{0.25}$	662,63	V_{S1}									
R	=	$0,03 * (V_{S1}/100)^2 + (0,9/(V_{S1C}-V_{S1})) - (0,9/V_{S1C})$	1,311096913	R									
T	=	$0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$	0,234340572	$T_{M \leq 7,5}$									
			0,244128496	$T_{M > 7,5}$									
a_{max}/g	=	0,25											
r_d	=	0,96											
$F_s=R/T$	>	1	5,594835343	Verificato F_s									
			5,370519757	Verificato F_s									

12.1.9 Verifica su BS13-MASW08 (2016)

Ubicazione: Fiume Ofanto – Foggia				Anno: 2016											
PARAMETRI:				BS.13-MASW08 - PRIMO SISMOSTRATO											
γ	=	1,4	g/cm ³	<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata														
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma														
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia														
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S														
σ_{vo}	=	0,14	kg/cm ²												
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,14	kg/cm ²												
profondità della prova	=	100	cm												
profondità falda	=	200	cm												
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³												
Pressione neutra	=	0	kg/cm ²												
z	=	1	m												
V _s	=	139													
V _{s1c}	=	220	m/s					FC<5%	FC=20%	FC>35%					
								220	210	200					
V _{s1}	=	227,24													
M	=	7,1													
MSF	=	1,20	se M≤7.5												
		1,15	se M>7.5												
FORMULE:				RISULTATI:											
$V_{s1} = V_s(1/\sigma_{v\sigma})^{0,25}$				227,24 V _{s1}											
$R = 0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$				= 0,026494458 R											
$T = 0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$				se M≤7.5		= 0,130189206 T _{M≤7.5}									
				se M>7.5		= 0,135626942 T _{M>7.5}									
$a_{max}/g = 0,25$															
$r_d = 0,96$															
$F_s=R/T > 1$				se M≤7.5		= 0,203507334 Liquefacibile									
				se M>7.5		= 0,195348047 Liquefacibile									
PARAMETRI:				BS.13-MASW08 - SECONDO SISMOSTRATO											
γ	=	1,8	g/cm ³	<table border="1"> <tr> <td>R=</td> <td>Resistenza al taglio mobilitata</td> </tr> <tr> <td>T=</td> <td>Sforzo di taglio indotto dal sisma</td> </tr> <tr> <td>FC=</td> <td>Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia</td> </tr> <tr> <td>Vs=</td> <td>Velocità dell'onda di taglio S</td> </tr> </table>				R=	Resistenza al taglio mobilitata	T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma	FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia	Vs=	Velocità dell'onda di taglio S
R=	Resistenza al taglio mobilitata														
T=	Sforzo di taglio indotto dal sisma														
FC=	Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia														
Vs=	Velocità dell'onda di taglio S														
σ_{vo}	=	0,72	kg/cm ²												
$\sigma_{v\sigma}$	=	0,52	kg/cm ²												
profondità della prova	=	400	cm												
profondità falda	=	200	cm												
γ_{H2O}	=	1	g/cm ³												
Pressione neutra	=	0,2	kg/cm ²												
z	=	4	m												
V _s	=	459													
V _{s1c}	=	220	m/s					FC<5%	FC=20%	FC>35%					
								220	210	200					
V _{s1}	=	540,52													
M	=	7,1													
MSF	=	1,20	se M≤7.5												
		1,15	se M>7.5												
FORMULE:				RISULTATI:											
$V_{s1} = V_s(1/\sigma_{v\sigma})^{0,25}$				540,52 V _{s1}											
$R = 0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1c}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1c})$				= 0,869587095 R											
$T = 0,65 * ((a_{max}/g) * (\sigma_{vo}/\sigma_{v\sigma})) * r_d * 1/MSF$				se M≤7.5		= 0,180261978 T _{M≤7.5}									
				se M>7.5		= 0,187791151 T _{M>7.5}									
$a_{max}/g = 0,25$															
$r_d = 0,96$															
$F_s=R/T > 1$				se M≤7.5		= 4,824018374 Verificato Fs									
				se M>7.5		= 4,630607407 Verificato Fs									

PARAMETRI:			BS.13-MASW08 - TERZO SISMOSTRATO		
γ	=	2	g/cm ³		
σ_{vo}	=	3,2	kg/cm ²		
$\sigma_{v'}$	=	1,8	kg/cm ²		
profondità della prova	=	1600	cm		
profondità falda	=	200	cm		
γ_{H_2O}	=	1	g/cm ³		
Pressione neutra	=	1,4	kg/cm ²		
z	=	16	m		
V_s	=	783			
V_{s1C}	=	220	FC<5%	FC=20%	FC>35%
			220	210	200
V_{s1}	=	676,00			
M	=	7,1			
MSF	=	1,20	se $M \leq 7.5$		
		1,15	se $M > 7.5$		
FORMULE:			RISULTATI:		
V_{s1}	=	$V_s(1/\sigma_{v'})^{0.25}$		676,00	V_{s1}
R	=	$0,03 * (V_{s1}/100)^2 + (0,9/(V_{s1C}-V_{s1})) - (0,9/V_{s1C})$	=	1,364844066	R
T	=	$0,65 * (a_{max}/g) * (\sigma_{v'}/\sigma_{vo}) * r_d * 1/MSF$	se $M \leq 7.5$	0,231447478	$T_{M \leq 7.5}$
			se $M > 7.5$	0,241114564	$T_{M > 7.5}$
a_{max}/g	=	0,25			
r_d	=	0,96			
$F_s=R/T$	>	1	se $M \leq 7.5$	5,896992601	Verificato F_s
			se $M > 7.5$	5,660562523	Verificato F_s

R= Resistenza al taglio mobilitata
T= Sforzo di taglio indotto dal sisma
FC= Frazione di fine (%) contenuto nella sabbia
Vs= Velocità dell'onda di taglio S

13 CONSIDERAZIONE SUGLI SCAVI

Per la realizzazione della nuova condotta in progetto sarà necessario effettuare degli scavi a sezione ristretta e/o ampia.

Il problema principale della soluzione tecnica di scavo di una trincea a sezione rettangolare, anche se con pareti inclinate a favore della sicurezza, consiste nella necessità di mantenere la stabilità dei fronti di scavo a breve termine sulla base del comportamento geomeccanico del materiale costituente le pareti.

Questo potrà essere costituito da terreno vegetale e di riporto, da terreni saturi e non (sabbia con ghiaia, da sabbia e sabbia limosa e da terreni limoso-argillosi) e in minor misura da ammassi calcarenitici.

In particolare, i materiali incoerenti e/o pseudoincoerenti, in virtù delle loro proprietà fisico-meccaniche, non possiedono, in modo abbastanza soddisfacente, la proprietà di conservare e mantenere a breve e a lungo termine la verticalità e la compattezza dei fronti scavo, potendo dar luogo alla rottura della sagoma rettangolare delle trincee e/o vari e propri sgrottamenti, soprattutto in presenza di acqua.

Pertanto, si rappresenta la necessità di verificare l'assetto statico delle pareti delle trincee e, nel caso, contrastare e controllare agevolmente, specie in presenza di acque sia meteoriche che di falda, i rigonfiamenti ed i crolli dei materiali terrosi dalle pareti, sostenendo le stesse con opere a carattere provvisorio in legno o in acciaio, a sviluppo verticale (armature; palancole; travi a doppio T - con estremità da conficcare nel terreno sagomata a 45°- accostate e spinte nel sottosuolo ben al di sotto della profondità di posa della tubazione e/o del loro spessore) e/o orizzontale (sbadacchi) di facile messa in opera e rimozione.

In presenza di materiali saturi e acqua è buona norma condurre le operazioni di scavo della sagoma della trincea procedendo, ove possibile, per le condizioni topografiche, da valle verso monte.

Si evidenzia che le indagini geoelettriche hanno evidenziato la presenza di falde superficiali riconducibili alla subalvea dei corsi d'acqua che saranno attraversati dalla nuova condotta, o anche a lenti d'acqua sospese o modeste falde superficiali che si formano nei terreni alluvionali, in particolare, in concomitanza di significativi eventi meteorici; pertanto, occorre prevedere l'aggottamento dell'acqua, specie in corrispondenza degli attraversamenti fluviali, con l'ausilio di pompe di adeguata potenza e, nel caso di scavi più profondi e di falde più cospicue, mediante l'utilizzo di well point.

14 CONCLUSIONI

La condotta in progetto del DN 900 in acciaio, lungo il suo percorso, interesserà i territori dei comuni di Canosa, di San Ferdinando di Puglia, di Cerignola, di Orta Nova, di Carapelle e di Foggia e avrà una lunghezza complessiva di circa km 63.

Alla luce di quanto acquisito dalle indagini geognostiche eseguite, si conferma che l'opera in progetto si svilupperà in un contesto geologico e geomorfologico, nel complesso, stabile.

Le formazioni che condizionano il tracciato presentano differenti comportamenti geomeccanici e le insidie maggiori sono legate ai depositi alluvionali terrazzati e recenti, che, dal punto di vista geotecnico, possono contenere nella loro composizione una quantità significativa di argilla o limo argilloso, e, dal punto di vista idrogeologico, possono essere sede di falde superficiali, caratteristiche che in un caso o nell'altro peggiorano le proprietà meccaniche degli stessi terreni.

In particolare, per la presenza di falde superficiali, che è stata accertata attraverso le indagini geognostiche eseguite, sarà necessario prevedere l'aggottamento delle acque presenti nello scavo, e quest'ultimo dovrà avere sezione ampia con la posa in opera di sbadacchiature e di casseri per la tenuta delle pareti, soprattutto in presenza di livelli argilloso-limosi più plastici.

Si segnala la suscettibilità alla liquefazione dei terreni in prossimità dell'attraversamento del fiume Ofanto, per quanto riguarda il primo sismostrato (circa 1 m dal p.c.) da cui la necessità, per altro scontata, vista la natura dell'intervento a spingitubo, di fondare l'attraversamento di tale tratta al di sotto dei primi metri di suolo onde evitare complicazioni alla condotta in caso di sisma.

Per diverse soluzioni di attraversamento sia di linee stradali o ferroviarie, nonché di corsi d'acqua, probabilmente, sarà necessario adottare un sistema idoneo (well point, pompe o impermeabilizzazioni) per aggottare l'acqua dagli scavi e rendere le lavorazioni sicure e agevoli.

Gli scavi potranno essere condotti con l'impiego di mezzi meccanici, come evidenziato dalle indagini dirette effettuate lungo l'asse della condotta, incontrando sostanzialmente sabbie e sabbie limose e argillose e rari depositi di sabbie maggiormente cementate. In genere gli scavi entro i 6-8 m di profondità vanno intesi in "rocce sciolte" o "in conglomerati". Nell'area più a Nord Ovest il substrato oltre i 6 m fa registrare velocità sismiche intorno ai 1800 – 2000 m/s, per cui oltre queste profondità è consigliabile l'uso di martelloni. In ogni caso si può far riferimento alla caratterizzazione ottenuta attraverso sondaggi diretti di 5 m di profondità con la frequenza di 1 ogni 500 m per identificare in maniera particolareggiata le litologie attraversate, come visibile dalla "Relazione sulle indagini geognostiche". La rappresentazione grafica attraverso il profilo geologico allegato al progetto sarà in questo caso utile per definire i volumi di materiale da scavare, la sua consistenza e la presenza o meno di acqua di falda negli scavi, ove rilevata. A proposito di quest'ultima, è doveroso evidenziare come un tracciato così esteso attraversi diverse situazioni idrogeologiche per cui le

acque, che siano superficiali o di falda, hanno sempre la possibilità di influenzare i lavori di esecuzione dell'opera. Tenendo anche conto della natura superficiale della falda interessata, è naturale che la stessa risenta dell'oscillazione stagionale e, quindi, possa risultare più o meno influente a seconda del periodo dell'anno in cui si svolgeranno i lavori.

È inutile sottolineare come nel corso della progettazione sia opportuno utilizzare tutta la mole di dati prodotta dalla campagna indagini geognostiche allegata al progetto al fine di caratterizzare puntualmente ogni situazione locale, soprattutto in quelle aree in cui sono previsti interventi di un certo impegno (attraversamenti stradali, ferroviari, fluviali, ancoraggi), al fine di valutare le soluzioni più idonee da adottare. Allo scopo è stata prodotta un allegato grafico che illustra le litologie (attraverso una colonna stratigrafica) incontrate lungo il tracciato e i principali parametri geotecnici di tali terreni, nei punti di attraversamento canali, fiumi, torrenti, strade e ferrovie.

Dai dati ottenuti con i profili MASW eseguiti, al tracciato in esame sono state attribuite in prima analisi una categoria di suolo di fondazione "B", avendo ottenuto valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360m/s e 800m/s, e in due casi categoria "C" (Zona 2 " Canale Capitanata e zona 6 " SS.16"), avendo ottenuto valori della velocità sismica compresi tra 180 m/s e 360 m/s secondo quanto riportato nella **Tabella**

3.2. – Categorie di sottosuolo (cfr.NTC 2018):

Tabella – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Annessi 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).

Per quanto riguarda l'aspetto ambientale legato alla caratterizzazione di terre e rocce da scavo, dalle analisi condotte sui campioni è emerso che i parametri ricercati rispettano i limiti fissati dalla

Tabella, pertanto il materiale non risulta contaminato e non costituisce rifiuto, e può essere gestito come sottoprodotto ai sensi dell'articolo 184-bis del D.Lgs. 152/2006 e del D.P.R. 120/2017.

Sono state effettuate delle indagini ambientali durante la campagna indagini geognostiche che hanno previsto, oltre che la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo, anche il prelievo e l'analisi di acque di falda, ove valutate interferente con le operazioni di scavo, per un'analisi delle caratteristiche chimiche di tali acque (vedi elaborato D.5.4) Osservando i risultati delle analisi di laboratorio condotte, si rileva che i parametri chimici rilevati nelle analisi risultano conformi ai limiti stabiliti dalla tab.4 (all.5, parte terza del D.Lgs.152/06).

Per questo motivo le acque eventualmente prelevate attraverso un sistema di aggettamento tipo well point, possono essere smaltite attraverso lo scarico su suolo, piuttosto che in corso d'acqua o corpo idrico recettore (tab.3); in genere anche sulla scorta anche di quanto dichiarato dal TAR del veneto (Sez. III Ord. 418 del 20 giugno 2007) il quale recita come segue:

“...si esclude che le acque di drenaggio di un cantiere rientrino nel novero degli scarichi subordinati ad autorizzazione, fondando il proprio ragionamento sul presupposto che le acque in esame non verrebbero "in contatto con i possibili inquinanti risultanti dall'attività di cantiere", in quanto, durante l'attività preliminare allo scavo per posa o fondazione, drenando direttamente, prima ancora di avviare le attività di scavo, le acque stesse, le quali vengono emunte da motopompe, convogliate in una scolina e riversate tal quali nel corpo idrico recettore, senza venire in contatto con i possibili inquinanti risultanti dall'attività di cantiere - non configura uno scarico ex art. 74, lett. ff) del d. lgs. 152/06, poiché tali acque non sono definibili come reflue industriali, non venendo ad interferire in nessuna forma con l'attività di cantiere...”.