



**COMMISSARIO DELEGATO PER L'EMERGENZA DELLA
MOBILITA' RIGUARDANTE LA A4 (TRATTO VENEZIA - TRIESTE)
ED IL RACCORDO VILLESSE - GORIZIA**

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri
n° 3702 del 05 settembre 2008 e s.m.i.

VIA LAZZARETTO VECCHIO, 26 - 34123 TRIESTE
Tel 040 3189542 - 0432 925542 - Fax 040 3189545 commissario@autovie.it

AUTOSTRADA A4

**PIANO PER LA SICUREZZA AUTOSTRADALE
REALIZZAZIONE DI DUE AREE DI SOSTA PER MEZZI PESANTI**

AREE DI SOSTA FRATTA NORD - FRATTA SUD

PROGETTO DEFINITIVO

(Decreto Comm. Delegato n°231 del 22 marzo 2013)

GEOTECNICA

Relazione Geologica - Geotecnica

TEMATICA

D

N. ALLEGATO e SUB.ALL.

01.00.0.0

REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
3					
2					
1					
0	11.01.2014	PRIMA EMISSIONE	AC	AC	EP

COORDINAMENTO E PROGETTAZIONE GENERALE:

S.p.A. AUTOVIE VENETE :

dott. ing. Stefano DI SANTOLO



PROGETTAZIONE SPECIALISTICA:

GEOLOGIA E GEOTECNICA:

dott. ing. Alessio CISOTTO
dott.geol. Carlo Alberto LONGO

dott.geol. Carlo Alberto LONGO
iscritto all'Ordine dei Geologi - Elenco Speciale -
della Regione Friuli Venezia Giulia al n.362



SUPPORTO TECNICO OPERATIVO LOGISTICO



S.p.A. AUTOVIE VENETE

34143 TRIESTE - Via V. Locchi, 19 - tel. 040/3189111
Società soggetta all'attività di direzione e coordinamento da parte di
Friulia S.p.A. - Finanziaria Regionale Friuli-Venezia Giulia

CONCESSIONARIA AUTOSTRADE
A4 VENEZIA - TRIESTE
A23 PALMANOVA - UDINE
A28 PORTOGRUARO - CONEGLIANO

IL CAPO PROGETTO:
dott.ing. Edoardo PELLA

IL DIRETTORE AREA REALIZZAZIONE AUTOVIE VENETE
dott.ing. Renzo PAVAN
Iscritto all'Ordine degli Ingegneri
della Provincia di Udine al n. 1179

**COMMISSARIO DELEGATO
PER L'EMERGENZA**
IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO
dott.ing. Enrico RAZZINI

NOME FILE:
1313D0100000.pdf

DATA PROGETTO:
11.01.2014

21A072

13 13 0

CODICE MASTRO

ANNO N.PROGETTO REVISIONE



AUTOVIE VENETE S.p.A.

AUTOSTRADA A4 VENEZIA – TRIESTE

**PIANO PER LA SICUREZZA AUTOSTRADALE
REALIZZAZIONE DI DUE AREE DI SOSTE PER MEZZI PESANTI**

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

ing. ALESSIO CISOTTO

Trieste, ottobre 2013

dott. geol. Carlo Alberto LONGO

INDICE

1	PREMESSE	2
2	NORMATIVA.....	3
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	4
3.1	Geologia generale.....	4
3.2	Idrogeologia	6
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	9
4.1	Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione.....	11
5	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	12
6	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE	14
6.1	Cedimenti dei terreni di fondazione.....	14
6.2	Bonifiche superficiali del piano di posa	15
6.3	Verifica sollevamento del fondo dei bacini di invaso	15

1 PREMESSE

La presente relazione illustra le risultanze dello studio geologico-geotecnico finalizzato alla progettazione esecutiva delle nuove aree di sosta per mezzi pesanti presso le aree di servizio di Fratta Sud (in comune di Teglio Veneto) e Fratta Nord (in comune di Fossalta di Portogruaro), lungo l'autostrada A4 VE-TS.

In particolare l'intervento in corrispondenza dell'area di servizio di Fratta Nord prevede la realizzazione di un nuovo piazzale per il parcheggio dei camion, la cui sopraelevazione rispetto al piano campagna attuale sarà di circa 1.5÷2.0 m (pavimentazione del piazzale finito a quota di +8.5÷+9.0 circa e piano campagna medio alla quota di +7.0÷+8.0 circa), posizionato ad Est dell'area esistente, che si estenderà su un'area complessiva di circa 5.5 ettari. Lungo i lati Nord ed Est del nuovo piazzale è prevista, inoltre, la realizzazione di un fosso di invaso impermeabile per la raccolta delle acque di piattaforma da trattare.

Anche l'intervento in corrispondenza dell'area di servizio di Fratta Sud prevede la creazione di un nuovo piazzale per il parcheggio dei mezzi pesanti, la cui sopraelevazione rispetto al piano campagna attuale sarà di circa 1.0÷1.5 m (pavimentazione del piazzale finito a quota di +7.6÷+8.2 circa con piano campagna medio alla quota di +6.5÷+7.0 circa), posizionato ad Ovest dell'area esistente, che si estenderà su un'area complessiva di circa 2.3 ettari. Analogamente all'area Nord, lungo i lati Sud e Ovest del nuovo piazzale sarà realizzato un fosso di invaso impermeabile per la raccolta delle acque di piattaforma.

La relazione, oltre a fare un inquadramento dal punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area interessata dai lavori, descriverà - sulla base delle le indagini geognostiche a disposizione - le caratteristiche litostratigrafiche e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni di fondazione; inoltre affronterà i principali aspetti geotecnici legati alle opere in progetto.

2 NORMATIVA

Si dichiara che il presente studio è stato redatto in conformità alle seguenti Leggi e Normative nazionali:

- D.M. 14 gennaio 2008 - *Norme Tecniche per le costruzioni* (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 - Suppl. Ordinario n.30);
- CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 *Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008;*
- D.M. 11 marzo 1988 –*“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*.

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1 Geologia generale

La Pianura Veneto-Friulana presenta situazioni stratigrafiche ed idrogeologiche peculiari, per cui viene normalmente suddivisa in Alta e Bassa Pianura separate dalla linea delle risorgive.

La coltre quaternaria che la costituisce poggia sopra un basamento di età per lo più terziaria (Flysch) e subordinatamente mesozoica (rocce carbonatiche).

Lo spessore totale dei sedimenti, variabile da zona a zona, giunge a sfiorare un massimo di 1000 m lungo la fascia costiera (laguna di Venezia) per diminuire sensibilmente verso N-E (200÷300 m nella zona delle lagune verso la foce del F. Piave fino ad annullarsi alle pendici del Carso Triestino).

I materiali sciolti che costituiscono tale coltre sono di origine fluviale e fluvioglaciale nell'Alta Pianura, essenzialmente fluviali nella fascia mediana, fluviali e marini di tipo litorale e palustre nella Bassa Pianura e lungo la fascia litoranea.

La costituzione lito-stratigrafica e granulometrica appare varia e difficilmente precisabile nel dettaglio, tuttavia in base alle risultanze di numerose terebrazioni profonde è stato costruito un quadro sufficientemente indicativo della parte superiore del materasso, attualmente sfruttato per il reperimento di acque sotterranee.

Tale complessità deriva da diversi fattori: il numero elevato di corsi d'acqua che provenendo dalle Alpi e dalle Prealpi hanno contribuito a colmare l'antica depressione adriatica (Piave, Livenza, Tagliamento); le frequenti trasgressioni e regressioni del mare Adriatico, che sono giunte a interessare la Media Pianura veneto-friulana; le deformazioni dell'assetto del territorio dovute a fenomeni neotettonici.

Tra Quarto d'Altino e Palmanova il tracciato dell'autostrada si mantiene a valle della linea delle risorgive su sedimenti essenzialmente limoso-argillosi cui s'insinuano progressivamente lenti o livelli sabbioso-ghiaiosi.

I terreni più superficiali si presentano generalmente scadenti nella parte iniziale del tracciato e da S. Donà di Piave a Portogruaro prevalgono i sedimenti limo-argillosi con lenti o livelli sabbiosi e localmente torbosi (questi ultimi spesso responsabili della presenza di gas in moderata pressione anche a profondità inferiori a 20 m), poi migliorano progressivamente fino al casello di S. Giorgio di Nogaro per le crescenti inclusioni di sabbie e di ghiaie che poi divengono prevalenti.

Già prima di Palmanova è possibile incontrare, al di sotto di uno strato superficiale di terreno agrario limoso- sabbioso di spessore variabile da 1 m a 5 m, ghiaie molto compatte e talora cementate anche a profondità d'interesse geotecnico.

Nella zona studiata e soprattutto nell'ambito friulano, è distinguibile la serie di grosse conoidi contigue, addentellate e parzialmente sovrapposte, depositatesi in seguito ad imponenti fenomeni di alluvionamento operati dai fiumi al loro sbocco in pianura.

Il succedersi di queste conoidi determina la presenza di livelli ghiaiosi che si incuneano nei sedimenti più fini propri della Bassa Pianura.

I sedimenti fini superficiali (sabbie, limi ed argille) sono invece collegati alle torbide fluitate dalle correnti fluviali nelle fasi di ritiro e scomparsa dei ghiacciai wurmiani, mentre le torbe indicano vaste zone di accumulo di vegetali presso foci di corsi d'acqua entro specchi lacustri e marini.

Ai livelli torbosi presenti a profondità superiori a -30, -40 m s.l.m.m. viene concordemente attribuito particolare significato paleogeografico circa l'evoluzione del territorio durante il Quaternario superiore. Si ritiene infatti, in base a varie considerazioni e comparazioni, che le torbe si siano formate in ambiente lagunare o salmastro, di transizione tra quelli continentale e marino instauratisi durante la regressione del Mare Adriatico alla fine dell'interglaciale Riss-Würm, quindi indicherebbero gli spostamenti della linea di costa e lo spessore della coltre alluvionale corrispondente al würmiano e al postglaciale.

Si fa presente che in corrispondenza degli orizzonti di terreno sabbioso-ghiaioso inglobanti livelli di torba (posti anche a profondità inferiori a 20 m dal piano di campagna) è possibile la formazione di sacche gassose che, qualora

intercettate durante l'esecuzione di sondaggi meccanici, possono dare origine a modesti getti di gas libero o in soluzione acquosa.

Nella Carta delle unità geologiche della provincia di Venezia (Bondesan A., Primon S., Bassan V., Vitturi A., 2008), l'area oggetto di studio ricade all'interno dell'"unità di Lugugnana". Si tratta di una macroarea omogenea per provenienza dei sedimenti e per tipologia dei processi genetici, formata dalla direttrice del Tagliamento che si snoda in direzione NNO-SSE per Cordovado, Teglio, Gorgo, Fratta, Fossalta, Vado, Giussago e Lugugnana. A Sud di Teglio le tracce dell'idrografia antica sono di tipo meandriforme e scorrono al centro di ampio dosso sabbioso-limoso. La fascia di paleoalvei raggiunge una larghezza di oltre 1,5 Km; le tracce paleoidrografiche sono state ricollegate al Tagliamento attivo in epoca romana. L'unità è costituita principalmente dai limi sabbiosi, sabbie e limi e, secondariamente, da ghiaie e ghiaie sabbiose in corrispondenza dei paleoalvei. Secondo le informazioni bibliografiche, i sedimenti grossolani sono subaffioranti in superficie nella zona dell'autostrada A4, mentre più a Sud presso Fossalta, si trovano già a 3-5 m di profondità ed a 10-12 m ancora più a Sud presso Vado. Lo spessore delle ghiaie risulterebbe di circa 6-8 m a monte dell'autostrada e raggiunge anche i 15 m più a valle.

3.2 Idrogeologia

Come detto il tracciato autostradale insiste prevalentemente in settori di territorio ascrivibili all'Alta e Medio-bassa pianura friulano-veneta.

Il materasso ghiaioso indifferenziato caratteristico dell'Alta Pianura, ospita un'unica falda a carattere freatico, con continuità laterale legata al contatto diretto delle varie conoidi alluvionali contraddistinte da materiali ghiaiosi molto permeabili (coefficiente di permeabilità $k = 10^{-3} \div 10^{-4}$ m/s). La sua profondità è massima nella zona più settentrionale (superiori a 50 m dal p.c.) e si riduce progressivamente verso Sud fino a venire spontaneamente a giorno nei punti più depressi lungo una fascia praticamente continua che marca il passaggio tra l'Alta e la Bassa pianura, denominata "*linea delle risorgive*".

Per quanto concerne la profondità della falda freatica in corrispondenza del tratto autostradale che da Gonars corre verso Monfalcone, posto

immediatamente a monte della “linea delle risorgive”, si nota che le acque di falda si stabilizzano a profondità variabili da circa 2,5 m a valori superiori a 10 m.

Nella Media-bassa pianura (a valle della “*linea delle risorgive*”) dove le varie conoidi si sono smembrate in digitazioni stratiformi sovrapposte e via via più sottili, immerse generalmente in terreni fini poco permeabili, al di sotto di un livello di impregnazione subsuperficiale (1,5÷2,5 m), si riscontra un sistema multifalde, formato da un acquifero freatico a debole profondità (non sempre presente) e da più falde in pressione, molte delle quali zampillanti. (*Quaderni Istituto di ricerca sulle acque, 28 (II): “Lineamenti idrologici della pianura padana”, C.N.R. 1979*).

L'alimentazione del sistema idrogeologico dell' Alta e Bassa Pianura, impostato sulle conoidi alluvionali dei fiumi alpini e prealpini, che si susseguono ininterrottamente dal Fiume Piave alle pendici del Carso dipende essenzialmente dalla dispersione in subalveo che si verifica allo sbocco in pianura degli stessi corsi d'acqua che in molti casi (ad esempio Tagliamento, Cellina-Meduna, Torre) disperdono interamente nel sottosuolo le loro portate di magra. Esiste uno stretto rapporto tra fiumi e acquiferi anche per quanto concerne le falde in pressione alloggiate nelle intercalazioni ghiaioso-sabbiose a valle dei tratti disperdenti degli alvei: sono state infatti evidenziate notevoli affinità tra il regime dei fiumi e quello delle falde.

Per quanto riguarda invece l'alimentazione delle falde in pressione della fascia più meridionale della pianura, essa non appare direttamente legata ai processi di dispersione fluviale; infatti gli orizzonti sabbiosi spesso non mostrano collegamenti con le strutture ghiaiose delle conoidi alluvionali. La ricarica di queste falde, sicuramente complessa, appare piuttosto dipendente da processi di interazione lentissima tra orizzonti sabbiosi e terreni limoso-argillosi circostanti. Va inoltre osservato che nella Medio-bassa pianura i corsi d'acqua sono in genere arginati artificialmente e incidono terreni per lo più argilloso-limoso, poco permeabili, perciò la loro influenza sull'alimentazione delle falde é praticamente trascurabile.

Tutti gli acquiferi che caratterizzano la Medio-bassa pianura sono contenuti in sabbie e ghiaie, in profondità esistono quindi successivi livelli idrici

corrispondenti ai differenti orizzonti permeabili che li contengono. Questi livelli sono più o meno separati da strati argillosi pressoché impermeabili. Il movimento di deflusso naturale di queste acque verso il mare avviene da Nord a Sud con una pendenza generalmente inferiore al 4‰. Va sottolineato come il compiersi del processo idrodinamico sia complicato per la frammentazione degli orizzonti permeabili, per la differente consistenza dei materiali e le diverse pressioni nelle varie falde, elementi che distinguono un insieme di falde sovrapposte che raggiunge la profondità di oltre -400 m dal l. m.m..

Nell'area a sud del tratto autostradale posto a valle della linea delle risorgive, al disotto di un'impregnazione idrica superficiale che permea con continuità il terreno a profondità comprese tra 1,5 e 2 m, all'interno del sistema multifalde si individuano con sicurezza tre livelli:

- 1° livello: rinvenibile alla profondità di 30÷40 m, discontinuo e con spessore variabile;
- 2° livello: rinvenibile alla profondità media di 65÷70 m, abbastanza continuo e con spessore di 5÷10 m;
- 3° livello: rinvenibile a profondità di circa 80÷90 m; il suo spessore varia tra 6÷10 m.

Ulteriori livelli si rinvergono alla profondità compresa tra 110 e 130 m e tra 155 m e 160 m circa dal piano di campagna, tuttavia la dispersione dei dati disponibili non ne ha avvalorato con sicurezza lo spessore e l'andamento.

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione tra il 2007 e il 2008 è stata condotta dalla Geotecnica Veneta S.r.l. di Olmo di Martellago (VE) una campagna geognostica consistita nell'esecuzione di n.3 sondaggi meccanici a carotaggio continuo (S-01FR÷S-03FR), spinti sino ad una profondità di 20 m circa dal piano campagna, di n.2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU-01FR÷ CPTU-02FR), della lunghezza di 20 m, e di n.3 trincee (TR-01FR÷TR-03FR), profonde 2.3÷2.8 m circa.

Nel corso dei sondaggi, oltre alla descrizione dei terreni attraversati, sono state eseguite misure della consistenza con pocket penetrometer (Pen) e con torvane (Tor) negli strati limoso-argillosi; in corrispondenza degli strati incoerenti, per la valutazione del grado di addensamento, sono state inoltre eseguite prove penetrometriche dinamiche tipo Standard Penetration Test (S.P.T); tali prove consistono nell'infiggere nel terreno sotto i colpi di un maglio con peso di 63.5 kg e volata di 76.2 cm, un campionatore tipo Raymond o, in terreni grossolani, a punta chiusa, per tre tratti consecutivi, ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessario per l'infissione in ciascun tratto; il valore N_{SPT} è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il secondo e terzo tratto.

I diagrammi delle prove penetrometriche statiche con piezocono riportano, in funzione della profondità, la resistenza di punta q_c , di attrito laterale f_s , il rapporto f_s/q_c , indicativo della natura dei terreni incontrati, e l'andamento della sovrappressione neutra, parametro indicativo delle caratteristiche di permeabilità dei terreni. In corrispondenza di una trincea (TR-02FR) è stata inoltre eseguita una prova di carico su piastra di diametro $\phi 300$ mm per la determinazione del modulo di deformazione M_d .

La planimetria con l'ubicazione dei punti di indagine e le schede delle prove sono riportate nel fascicolo delle indagini geognostiche allegato al progetto.

Sono inoltre a disposizione i risultati della campagna geognostica condotta dalla S.P.G. di Adria (RO) nel 2008, nell'ambito della progettazione definitiva per l'ampliamento dell'A4 con la III corsia nel tratto compreso tra San Donà di Piave (km 29+500) e lo svincolo di Alvisopoli (km 63+000). Durante tale campagna sono stati eseguiti sondaggi a carotaggio continuo (con prelievo di campioni

rimaneggiati e indisturbati, sottoposti a prove di laboratorio), prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU (alcune delle quali con sismocono per la misura dei valori di propagazione delle onde elastiche V_{s30}), prove dilatometriche DMT e pozzetti geognostici. Per i risultati delle prove che interessano le aree di servizio di Fratta Nord e Fratta Sud, si faccia riferimento al fascicolo delle indagini geognostiche allegato al progetto.

Le indagini geognostiche a disposizione hanno individuato una situazione stratigrafica caratterizzata da una prevalenza di terreni di natura incoerente di seguito descritta:

- Al di sotto di un primo strato di riporto dello spessore di un metro circa, costituito da sabbia limosa debolmente argillosa, e sino ad una profondità di -12.5 m÷-14 m circa, sono presenti alternanze tra sabbie con ghiaia e ghiaie sabbiose da moderatamente addensate ad addensate ($q_c = 10\div 20$ MPa, $N_{SPT} = 14\div 58$); il sondaggio S3(FR) e la prova CPTU2(FR) hanno evidenziato, nella parte più superficiale di tale strato, la presenza di alcuni livelli di limo sabbioso di media consistenza ($Pen = 80\div 140$ kPa, $Tor = 35\div 75$ kPa, $q_c \approx 1$ MPa).
- Successivamente vi è uno strato di natura coesiva di spessore medio di 2 m circa, costituito da argille limose e limi argilloso-sabbiosi di media ed elevata consistenza ($Pen = 80\div 200$ kPa, $Tor = 60\div >100$ kPa, $q_c = 1\div 2$ MPa), al cui interno sono presenti alcuni sottili livelli di natura torbosa.
- Di seguito e sino alla massima profondità indagata (-20 m), le indagini hanno individuato sabbie limose moderatamente consistenti ($q_c \approx 10$ MPa), alternate a livelli decimetrici di limi sabbiosi.

Durante l'esecuzione dei sondaggi, la falda è stata misurata ad una profondità di 1.3 m circa da piano campagna.

Nella trincea TR1 (FR) sino a -2 m circa da piano campagna è presente della sabbia medio fine che precede uno strato di ghiaia media arrotondata presente sino a fondo scavo (-2.3 m); in corrispondenza delle trincee TR 2 e 3(FR), che si trovano comunque ad una certa distanza dall'area oggetto di intervento, dopo uno strato di 1 m circa di limo sabbioso e argilloso ($Pen = 110\div 230$ kPa, $Tor =$

36÷57 kPa), è presente uno strato di sabbia fine limosa di 1 m circa, seguito da limo argilloso da poco a moderatamente consistente (Pen = 50÷120 kPa, Tor = 18÷35 kPa).

La prova di carico su piastra, eseguita in corrispondenza della TR 2(FR), ha fornito valori del modulo di deformazione M_d pari a 18 MPa e a 78 MPa, rispettivamente per il primo e secondo ciclo di carico (0.05÷0.15 MPa).

Durante lo scavo della trincea TR 1(FR) la falda è stata misurata ad una profondità di 1.6 m da piano campagna, mentre nella TR 3(FR) a -2.7 m.

4.1 Caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, con riferimento al calcolo della capacità portante delle fondazioni superficiali (dei muri in c.a., della pensilina, ecc.), cautelativamente si possono assumere i seguenti valori caratteristici in termini di condizioni non drenate:

$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$	peso di volume
$c_u = 45 \text{ kPa}$	coesione non drenata

Nei calcoli la falda si può stimare ad una profondità di 1 m circa rispetto al piano campagna.

5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Per la classificazione sismica dell'area oggetto di intervento, si è utilizzato il foglio di calcolo allegato alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (vedi figure seguenti).

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

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 type="text" value="45"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="75"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="712"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="1462"/>

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

Nella tabella seguente vengono riportate, per differenti tempi di ritorno (T_r), le grandezze necessarie alla definizione dell'analisi sismica di progetto:

T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
45	0.041	2.583	0.257
75	0.052	2.531	0.290
712	0.123	2.576	0.387
1462	0.155	2.621	0.405

essendo:

- a_g , l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido (espressa in g);
- F_o , il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale;
- T_c^* , il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale (espresso in s).

Sulla base delle indagini a disposizione (in particolare ai valori di propagazione delle onde elastiche V_{s30} determinati nel corso delle indagini del Progetto Definitivo della III corsia A4, tratta San Donà di Piave – Alvisopoli), ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto i terreni di fondazione si possono considerare come appartenenti alla seguente categoria:

Categoria C – Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

6 CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

Di seguito vengono analizzate le principali problematiche di ordine geotecnico legate agli interventi di progetto.

6.1 Cedimenti dei terreni di fondazione

Come detto, per la realizzazione delle nuove aree di sosta per mezzi pesanti è prevista la posa di rilevati con un'altezza media pari a 1.5 m circa. Anche se i terreni di fondazione sono in prevalenza di natura incoerente con grado di addensamento medio, e quindi poco compressibili, vengono ugualmente valutati i cedimenti indotti dai nuovi rilevati.

L'analisi dei cedimenti è stata condotta facendo riferimento alla seguente relazione:

$$\Delta H = H \times \frac{\Delta \sigma'}{M}$$

nella quale ΔH indica il cedimento del singolo strato di spessore H , caratterizzato da un modulo di compressibilità di tipo edometrico M , e $\Delta \sigma'$ rappresenta l'incremento della tensione efficace a metà dello strato indotto dal carico di progetto, determinato con la teoria di Boussinesq. Il calcolo è stato eseguito utilizzando un programma di calcolo automatico (*Settle3D* della Rocscience) nel quale il terreno viene schematizzato come un multistrato, con caratteristiche geotecniche variabili da strato a strato.

Nella tabella seguente viene riportata la stratigrafia di calcolo per i cedimenti (in termini di modulo edometrico M e di peso di volume γ), ricavata sulla base delle indagini geognostiche a disposizione; in particolare le caratteristiche di compressibilità dei diversi strati sono state determinate facendo riferimento ai risultati delle indagini penetrometriche (utilizzando le formule di Mitchell and Gardner, per gli strati coesivi, e di Lunne & Christophersen, per quelli incoerenti sabbiosi).

Con un'impronta di carico di tipo flessibile con dimensioni in pianta di 150 m × 50 m che scarica 30 kPa (altezza media pari a 1.5 m), il cedimento massimo (al

centro dell'impronta di carico) risulta pari a 45 mm circa; in allegato è riportato il diagramma con indicati i cedimenti determinati assieme ai tabulati di calcolo. Essendo i terreni di fondazione costituiti in prevalenza da sabbie e sabbie limose, è da attendersi che i cedimenti si esauriranno durante la realizzazione dei rilevati.

Natura dello strato	Tetto [m da P.C.]	Base [m da p.c.]	M [MPa]	γ [kN/m ³]
Riporto	0.0	-2.0	4.5	19
Sabbia	-2.0	-10.0	35	20
Limo argilloso	-12.0	-13.0	4.5	19
Sabbia	-13.0	-14.0	40	20
Limo argilloso	-14.0	-16.0	6	19
Sabbia	-16.0	-18.0	35	20
Limo argilloso	-18.0	-19.0	6	19
Sabbia	-19.0	-20.0	30	20

Stratigrafia di calcolo

6.2 Bonifiche superficiali del piano di posa

Per la posa dei nuovi rilevati necessari alla realizzazione dei piazzali di parcheggio e delle relative strade di accesso, si prevede uno scotico di 40 cm di terreno vegetale; sul terreno di sottofondo dovrà essere successivamente posato un telo di geotessile con funzione anticapillare e di separazione (geotessile tessuto in polipropilene, peso ≥ 300 g/m², resistenza ultima a rottura longitudinale e trasversale ≥ 55 kN/m).

Per ulteriori specifiche tecniche, si faccia riferimento al capitolato speciale.

6.3 Verifica sollevamento del fondo dei bacini di invaso

Per la laminazione delle acque meteoriche provenienti dai nuovi piazzali, è prevista la realizzazione di bacini di invaso impermeabili (si tratta di fossi disposti lungo i lati dei piazzali); le acque di piattaforma, prima di essere sversate nei ricettori superficiali, vengono trattate in continuo per mezzo di disoleatori. Il fondo di questi bacini di laminazione è costituito da un pacchetto impermeabile formato da un geocomposito bentonitico compreso tra due geomembrane (spessore complessivo di 5 cm), sopra al quale viene posato

uno strato di terreno vegetale (spessore di 1 m, per Fratta Nord, e di 1.8 m, per Fratta Sud) per contrastare la sottospinta idraulica. Lungo le scarpate dei bacini viene prevista, al di sotto del terreno vegetale, una geogriglia tridimensionale in poliestere ad elevato modulo con rivestimento polimerico (resistenza max. a trazione pari a 30 kN/m e allungamento max. di 12.5%), con funzione anti-scivolamento.

Di seguito viene svolta la verifica nei confronti del pericolo di sollevamento del fondo scavo dovuto alle sottopressioni agenti alla base del pacchetto impermeabile, nell'ipotesi più cautelativa di bacino vuoto e con una falda di progetto posta ad 1 m di profondità dal piano campagna.

Con riferimento al punto 6.2.3.2 - *Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici* delle NTC 2008, è necessario che il valore di progetto dell'azione instabilizzante ($V_{inst,d}$) sia non maggiore del valore di progetto dell'azione stabilizzante ($G_{stb,d}$), considerando i coefficienti parziali sulle azioni indicati nella tabella 6.2.III:

$$V_{inst,d} \leq G_{stb,d}$$

Per il bacino di laminazione di Fratta Nord (fondo fosso posto ad 1.5 m circa dal piano campagna), in cui si considera un ricoprimento di 1 m, si ottiene:

- $V_{inst,d} = [(0.5 \text{ m} + 1 \text{ m}) \times \gamma_w] \times \gamma_{G1} = 1.5 \text{ m} \times 9.8 \text{ kN/m}^3 \times 1.1 = 16.2 \text{ kPa}$
- $G_{stb,d} = [1 \text{ m} \times \gamma_t] \times \gamma_{G1} = 1 \text{ m} \times 19 \text{ kN/m}^3 \times 0.9 = 17.1 \text{ kPa}$

Per il bacino di laminazione di Fratta Sud (fondo fosso posto ad 2 m circa dal piano campagna), in cui si considera un ricoprimento di 1.8 m, si ottiene:

- $V_{inst,d} = [(1 \text{ m} + 1.8 \text{ m}) \times \gamma_w] \times \gamma_{G1} = 2.8 \text{ m} \times 9.8 \text{ kN/m}^3 \times 1.1 = 30.2 \text{ kPa}$
- $G_{stb,d} = [1.8 \text{ m} \times \gamma_t] \times \gamma_{G1} = 1.8 \text{ m} \times 19 \text{ kN/m}^3 \times 0.9 = 30.8 \text{ kPa}$

In entrambi i casi la verifica al sollevamento viene rispettata.

Trieste, ottobre 2013

dott.geol. Carlo Alberto LONGO
Iscritto all'Ordine dei Geologi - Elenco Speciale -
della Regione Friuli Venezia Giulia al n.362



Dott. Ing. Alessio Cisotto



TABULATI DI CALCOLO

Settle3D Analysis Information

Project Settings

- Project Title: Area di servizio di Fratta Nord - Nuovo parcheggio
- Analysis: Cedimenti rilevato parcheggio
- Author: ac
- Company: Autovie Venete S.p.A.
- Date Created: 05/02/2014
- Stress Computation Method: Boussinesq
- Groundwater method: Water Table
- Water Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Depth to water table: 1 [m]

Stage Settings

Stage #	Name
1	Stage 1 (geostatica)
2	Stage 2 (rilevato)

Results

Stage: Stage 1 (geostatica)

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0
Loading Stress [kPa]	0	0
Effective Stress [kPa]	0	207.61
Total Stress [kPa]	0	394
Total Strain	0	0
Pore Water Pressure [kPa]	0	186.39
Degree of Consolidation [%]	0	0

Stage: Stage 2 (rilevato)

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	4.51954
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	4.51954
Loading Stress [kPa]	0	30
Effective Stress [kPa]	0	233.963
Total Stress [kPa]	0	420.353
Total Strain	6.2818e-013	0.00666667
Pore Water Pressure [kPa]	0	186.39
Degree of Consolidation [%]	0	0

Loads

Rectangular Load

- Length: 50 m
- Width: 150 m
- Rotation angle: 0 degrees
- Load: 30 kPa
- Depth: 0 m
- Installation Stage: Stage 2 (rilevato)

Coordinates

X [m]	Y [m]
5	-25
55	-25
55	125
5	125

Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Riporto	2	0
2	Sabbia 1	10	2
3	Argilla 1	1	12
4	Sabbia 2	1	13
5	Argilla 2	2	14
6	Sabbia 1	2	16
7	Argilla 2	1	18
8	Sabbia 3	1	19

Soil Properties

Riporto	
Unit Weight [kN/m ³]	19
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	19
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	4500
Eur [kPa]	4500

Sabbia 1	
Unit Weight [kN/m ³]	20
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	20
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	35000
Eur [kPa]	35000

Argilla 1	
Unit Weight [kN/m ³]	19
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	19
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	4500
Eur [kPa]	4500

Sabbia 2	
Unit Weight [kN/m ³]	20
Saturated Unit Weight [kN/m ³]	20

Sabbia 2	
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	40000
Eur [kPa]	40000

Argilla 2	
Unit Weight [kN/m³]	19
Saturated Unit Weight [kN/m³]	19
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	6000
Eur [kPa]	6000

Sabbia 3	
Unit Weight [kN/m³]	20
Saturated Unit Weight [kN/m³]	20
Immediate Settlement	Enabled
Es [kPa]	30000
Eur [kPa]	30000

Query Points

String #	(X,Y) Location	Number of Divisions
1	30, 50	67

Grid

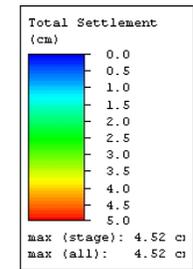
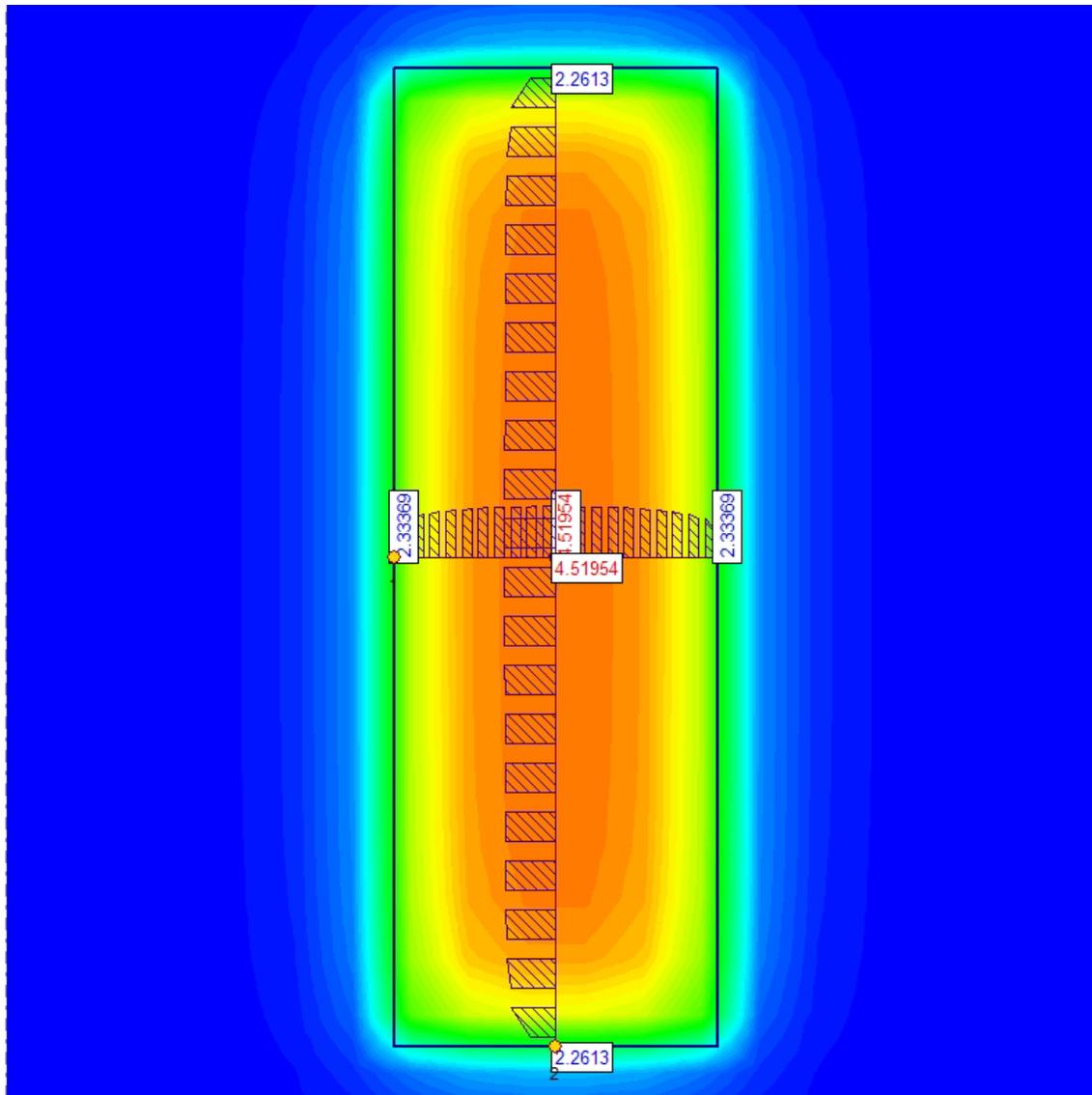
- Number of points: 500
- Expansion Factor: 2.1

Grid Coordinates

X [m]	Y [m]
115	155
115	-55
-55	-55
-55	155

Query Lines

Line #	Start Location	End Location	Number of Divisions
1	5, 50	55, 50	67
2	30, -25	30, 125	67



Cedimenti (in cm)