



# SUPERAMENTO DELL'ABITATO DI CHIESINA UZZANESE

## 1° LOTTO

Variante per l'eliminazione del traffico pesante da P.zza Mazzini

## PROGETTO ESECUTIVO

PROG.  
04S002A0

02RE

Relazione geologica, sulle  
indagini geognostiche, geotecnica,  
idrologica ed idraulica

nome file:02RE\_Relazioni specialistiche.doc

PROGETTISTI:

Ing. Alessandro SILVIETTI .....

Geom. Paolo ANDREINI .....

GEOLOGO:

Geol. Andrea BARTOLINI

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Paolo MAZZONI .....

COLLABORATORI:

Geom. Giacomo BALLERI

0	Dicembre 2005	Emissione
---	---------------	-----------

<i>Revisione</i>	<i>Data</i>	<i>Oggetto</i>
------------------	-------------	----------------

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica, redatta ai sensi della L. 109/94 e seguenti sulla progettazione di Opere Pubbliche, ha esaminato le caratteristiche territoriali geologiche, geotecniche, idrologiche ed idrauliche dell'area interessata dal progetto definitivo ed esecutivo del 1° lotto dell'intervento sulla S.R. 435 Lucchese di superamento dell'abitato di Chiesina Uzzanese.

L'opera progettata prevede un nuovo breve collegamento tra il cavalcavia della S.P. 13 sulla A11 e via della Resistenza nell'abitato di Chiesina Uzzanese.

Ai sensi D.M. 11/03/88 e sua Circolare Ministeriale Applicativa 24/09/88 n. 30483, alla luce della modestia strutturale dell'intervento e della esistenza di probanti dati geognostici relativi ad un precedente limitrofo studio sulla ristrutturazione del casella autostradale di cui si sono potuti consultare i dati, è stato fatto ricorso al concetto di modesto manufatto in area geotecnicamente nota presente nel D.M. 11.03.88 per omettere una specifica campagna geognostica e fare riferimento ai dati noti per le valutazioni relative all'intervento.

In questo contesto di analisi territoriale di riferimento per l'opera viaria da realizzare, sono stati analizzati i documenti conoscitivi del Piano Strutturale Comunale; sono inoltre stati esaminati i rapporti di compatibilità con le norme vigenti in materia di protezione dal rischio idraulico quale il Piano Stralcio sul Rischio Idraulico dell'Autorità di Bacino del F. Arno (D.P.C.M. 5/11/99) e la Deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino sulle misure di salvaguardia per le aree a pericolosità e rischio idraulico elevato (D.C.I. 139 del 29/11/99); trattandosi di territorio di pianura totalmente pianeggiante sono esclusi rapporti con le misure di salvaguardia per le aree a pericolosità e rischio geomorfologico elevato (D.C.I. 136 del 10/11/99).

Sono inoltre stati esaminati i rapporti con le perimetrazioni di pericolosità e conseguenti condizionamenti del P.A.I. dell'Autorità di Bacino del F. Arno che, se pur attualmente non approvato definitivamente, è stato adottato nell'agosto 2002 e potrà essere operativamente vigente all'epoca delle successive fasi progettuali dell'opera.

Quanto effettuato ha tenuto conto del rapporto con le norme contenute nella D.C.R.T. 25/01/2000 n. 12 (Approvazione del P.I.T.) e nella D.G.R.T. 7/08/2000 n. 868 (Misure di salvaguardia del P.I.T.) relativamente alle pericolosità territoriali geomorfologiche ed idrauliche, ed ha esaminato l'esistenza di condizionamenti da parte delle norme vigenti in tema di protezione delle acque contenute nel Decreto Legislativo 11/05/1999 n. 152 così come integrato e corretto dal Decreto Legislativo 18/08/2000 n. 258.

## 2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE

Sotto il profilo dell'assetto geologico-evolutivo generale dell'area di pianura in cui si colloca l'intervento, la zona di bassa pianura pesciatina e di Chesina Uzzanese è il prodotto del riempimento nel tempo di una vasta depressione tettonica formatasi nel Villafranchiano e la cui estensione era delimitata dal Monte Albano ad oriente e dalla dorsale delle Cerbaie-Montecarlo ad occidente: tale area depressa ha rappresentato un motivo di richiamo nei confronti del reticolo idrografico e dei conseguenti apporti solidi trasportati dalle acque in deflusso, a cui sono da attribuirsi i depositi prima lacustri, poi palustri ed infine fluviali che hanno determinato il riempimento della pianura e di cui attualmente il Padule di Fucecchio rappresenta l'ultimo residuo in progressiva diminuzione di estensione anche per interventi antropici di bonifica.

La fase finale del riempimento è quindi avvenuta in ambiente palustre e fluviale: il primo è complessivamente caratterizzato da bassa energia idrodinamica con prevalente sedimentazione di argille, limi e sabbie; gli eventuali depositi fluviali sabbiosi e ghiaiosi delle barre longitudinali in alveo, sempre subordinati ai precedenti materiali a granulometria fine, sono invece irregolarmente e sporadicamente distribuiti sia arealmente che stratigraficamente, collegati alla vicinanza dei vari corsi d'acqua provenienti dai prospicienti rilievi collinari ed ai tracciati dei loro paleoalvei fluviali sepolti in variabile posizione nel contesto della pianura in fase di sedimentazione.

Nella specificità dei due rami del T. Pescia, (di Collodi e di Pescia) questi hanno rappresentato un importante elemento di alimentazione clastica della pianura per le loro condizioni di forte energia idraulica ed elevato sviluppo del bacino idrografico sotteso, al punto da determinare un esteso accumulo ghiaioso non solo nelle strette adiacenze delle città di Pescia e di Collodi ove i corsi d'acqua scorrono incassati, ma anche molto all'interno della pianura con depositi granulari di conoide e di paleoalveo sede di acquiferi.

Le conoscenze geognostiche del sottosuolo confermano tali considerazioni generali, mostrando prevalenza di sedimenti fini coesivi con lenti ed intercalazioni, eterogeneamente distribuite in spessori e profondità, di materiali sabbiosi e ghiaiosi fluviali.

Nello specifico dell'area del territorio comunale di Chiesina Uzzanese, totalmente caratterizzata in superficie dai depositi alluvionali più recenti direttamente connessi alla deposizione recente del reticolo idrografico, non sono presenti aspetti geomorfologici di una qualche significatività, trattandosi totalmente di un territorio pianeggiante ove le uniche forme morfologiche sono dovute agli interventi antropici di realizzazione di rilevati arginali, di viabilità e di eventuali zone edificate rialzate rispetto ai terreni agricoli naturali limitrofi.

### 3. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La bassa pianura Pesciatina e di Chiesina Uzzanese è contraddistinta da una successione stratigrafica ove prevalgono i materiali fini argillo-limosi poco propensi a costituire acquiferi in quanto a bassa permeabilità, al cui interno sono presenti lenti e livelli di paleoalvei e depositi grossolani permeabili sedi di circolazione idrica ipogea collegata agli attuali corsi d'acqua superficiali principali.

Al di sotto di tali depositi fluvio-palustri, sono presenti sedimenti lacustri villafranchiani che, talora, presentano rilevanti risorse idriche in estesi acquiferi sabbiosi.

Nel dettaglio dell'area interessata dall'intervento, le prove penetrometriche eseguite in sede di progettazione preliminare del complessivo intervento di cui l'attuale fase progettuale si interessa del primo lotto realizzativo, rilevano l'esistenza in corrispondenza della A11, S.P. 4 e T. Pescia di Pescia di limi argillosi, argille limose e limi sabbiosi prevedibilmente poco permeabili per spessori variabili tra 5 e 10 m, a cui fanno seguito sabbie argillose con ghiaia che potrebbero rappresentare orizzonte sedimentario permeabile sede di acquifero di una qualche importanza.

Relativamente invece alla parte di intervento che riguarda il cavalcavia dell'A11 sino a via della Resistenza, oggetto dell'attuale primo lotto, le limitrofe perforazioni geognostiche eseguite per la recente ristrutturazione del casello autostradale, avevano globalmente rilevato un sottosuolo fine coesivo poco permeabile in cui prevalevano le argille ed i limi sino a -16,00 m dal piano campagna ed un livello della falda a -1,95/-2,0 m dal piano campagna.

In riferimento ai Decreti Legislativi 152/99 e 258/00, nella CARTA DI DEFINIZIONE DELLE FASCE DI RISPETTO DEI POZZI in scala 1:5.000 in APPENDICE, sono stati ubicati i due pozzi ad uso idropotabile pubblico presenti all'interno del tessuto urbanizzato di Chiesina Uzzanese, la cui zona di rispetto in base all'art. 21 comma 7, è individuata, in assenza di perimetrazione da parte della Regione, nell'area di raggio pari a 200 m rispetto al punto di captazione.

Le condizioni di modesta permeabilità litologica del sottosuolo interessato dall'intervento, le linee di drenaggio delle acque della strada che verranno veicolate tramite le fosse in senso opposto (SW) rispetto a dove si trovano i pozzi, l'essere essi stessi ubicati all'interno del tessuto urbanizzato della cittadina di Chiesina in contesto pertanto di rete fognaria antica e strade anche di recente costruzione, rendono l'intervento in progetto del tutto ininfluenza sulle condizioni quali-quantitative della risorsa sfruttata con i suddetti pozzi e pertanto compatibile con le necessarie accortezze di salvaguardia del bene idrico sfruttato..

#### 4. CARATTERISTICHE IDROLOGICO – IDRAULICHE E DEL RISCHIO IDRAULICO

Relativamente al rischio idraulico ed ai condizionamenti delle norme di settore, la CARTA DEGLI AMBITI FLUVIALI AI SENSI DELLA D.C.R.T. 12/00 in APPENDICE individua le perimetrazioni degli ambiti A1 e B relativi al T. Pescia di Pescia e di Collodi, classificati dalla norma regionale; trattandosi di corsi d'acqua con larghezza di alveo maggiore di 10 m, oltre all'ambito A1 ed in prosecuzione ad esso, esiste un ulteriore ambito A2 di vigenza di prescrizioni, geometricamente individuato dalla fascia di terreno di pari larghezza del corso fluviale cui deve riferirsi la realizzazione edilizia per la richiesta di concessione in quanto intervento previsto nello S.U. e pertanto non necessitante di verifica nei confronti dell'ambito 'B'.

L'area di intervento è posta all'esterno della valenze dei suddetti ambiti A1 ed A2 e pertanto la sua fattibilità è accertata e non condizionata.

Le condizioni di pericolosità idrauliche del terreno interessato dall'intervento sono state dedotte dalla CARTA GUIDA DELLE AREE ALLAGATE di cui il Piano di Bacino del F. Arno "Stralcio Rischio Idraulico", da cui risulta che l'intera piana di Chiesina Uzzanese è classificata nelle "aree interessata da inondazioni eccezionali".

Il D.P.C.M. 5.11.1999 di approvazione del Piano, nelle Norme di Attuazione indica alla NORMA 6 che:

*"le opere che comportano trasformazioni edilizie ed urbanistiche ricadenti nelle aree rappresentate nella Carta delle Aree Allagate potranno essere realizzate a condizione che venga documentato ed accertato dall'autorità Amministrativa competente al rilascio dell'autorizzazione, il non incremento del rischio idraulico da esse determinabile o che siano individuati gli interventi necessari alla mitigazione di tali rischi, da realizzarsi contestualmente alla esecuzione delle opere richieste".*

Il territorio di intervento non è compreso nelle zonazioni delle perimetrazioni delle aree con pericolosità e rischio idraulico elevato di cui la Delibera del Comitato Istituzionale n. 139 del 29.11.1999 e relativa ai D.L. 180/98, L. 267/98, D.L. 132/99, L. 226/99.

I documenti dello studio geologico a supporto del Piano Strutturale Comunale, di cui stralci si riportano in APPENDICE, individuano nella CARTA DELLE AREE ALLAGATE DA EVENTI PREGRESSI le aree interessate in una qualche misura da fenomeni di ristagno di acque da segnalazioni e notizie storiche; da tale elaborato risulta che il tracciato viario interesserà nel loro limite orientale in prossimità al passaggio alle aree scevre da problemi, aree soggette a ristagni per precipitazioni di forte intensità dovute ai

fossi minori, con permanenza di 24 h. nelle zone più depresse e spessori di battente compresi tra 10 e 30 cm. (zone contrassegnate dalla lettera C1).

Si tratta nel complesso pertanto di condizioni di non particolare gravità in contesti di pianura peraltro in prossimità delle parti urbanizzate generalmente poste con le strutture di alcune decine di centimetri più rilevate, e pertanto meno a rischio, rispetto alle porzioni agricole residue.

La stessa applicazione dei criteri classificativi della pericolosità idraulica ai sensi della D.C.R.T. 12/00 così come interpretati nelle norme del P.T.C. vigente, hanno indotto gli estensori del P.S. comunale ad inserire i terreni oggetto di intervento in classe di pericolosità media (3b), così come rappresentato nella CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA AI SENSI DELLA D.C.R.T. 12/00 in APPENDICE.

Relativamente infine alle zonazioni e norme del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Piano di Bacino del F. Arno (adottato ed in corso di iter approvativo), in esse l'area di intervento è inserita in classe P.I. 2 e pertanto a pericolosità idraulica media e moderata che non comportano condizionamenti particolari alla utilizzabilità dei terreni.

Relativamente alla compatibilità di quanto progettato con la norma 6 e la norma 13 del D.P.C.M. 5/11/99, i parametri geometrici di riferimento del nuovo intervento sono i seguenti:

- superfici di nuova impermeabilizzazione (manto di asfalto) = 2.217 mq
- superficie di occupazione con il rilevato di aree libere = 2.834 mq
- lunghezza delle fosse lato viabilità (forma trapezia 60 x 60 x 60 cm) = 127 + 86 m

Assumendo a riferimento le norme del P.A.I. per la stima dei volumi da autocontenere in quanto prodotti da nuove realizzazioni, il volume "ammesso" in uscita da aree di nuova impermeabilizzazione vale 50 l/sec/ha che, rapportato alla superficie dell'opera ed alla durata di riferimento di un'ora indicata nell'Allegato 3 del P.A.I. si ottiene:

$$[(50:10.000) \times 2217] \times 3.600 = 39.906 \text{ l} = 39,9 \text{ mc}$$

Considerando la pioggia di 60 mm/ora indicata dall'Allegato 3 del P.A.I. di riferimento, si ottiene il volume stimato di acqua prodotta dalla nuova realizzazione, quale differenza tra il coefficiente di deflusso di terreno agricolo (0,1) e quello impermeabilizzato (1,0) pari a :

$$2.217 \times 0,06 \times 0,9 = 119,7 \text{ mc}$$

Il volume da autocontenere in quanto prodotto dall'impermeabilizzazione effettuata per rispettare la norma risulta pertanto pari a:

$$119,7 - 39,9 = 79,8 \text{ mc}$$

Lo scavo delle fosse lato strada, che costituiscono volume di stoccaggio e compensazione dell'incremento di ruscellamento sopra calcolato rispetto allo stato attuale, comporta una volumetria pari a :

$$(127 + 86) \times 0,72 = 153 \text{ mc}$$

Tale valore risulta di entità significativamente maggiore rispetto ai 79,8 mc da autocontenere e tale fatto, unito alle operazioni di riescavo delle fosse a lato dei tratti delle viabilità cui andrà a raccordarsi il nuovo intervento, ridurrà a limiti accettabili gli effetti dell'occupazione da parte del rilevato viario di aree in cui il Piano di Bacino e la Carta delle Aree Allagate del P.S. indicano la suscettibilità a ristagni per eventi di precipitazione di forte entità dovuti ai fossi minori.

Le indicazioni del P.S. citano l'esistenza, nelle parti più depresse delle aree campite, di battenti di 10-30 cm; l'intervento in progetto riguarda una fascia di territorio al limitare di tali aree, in contesto pressochè urbanizzato e al limite con la zona indicata priva di rischio corrispondente al centro abitato di Chiesina Uzzanese: la linea di demarcazione fra i due contesti è fatta ricadere proprio in corrispondenza del tracciato viario di cui quello in progetto costituisce variante.

Per tali motivazioni il prevedibile spessore delle acque di ristagno ipotizzabile in tale area risulta estremamente ridotto e, alla luce di quanto sopra descritto si ritiene non incrementato il grado di rischio nei confronti dei beni immobili e delle infrastrutture vicine, poste per altro a quote più rialzate rispetto alle porzioni agricole più depresse dove sono state registrati i battenti di acqua indicati nella Legenda della Cartografia Consultata.

L'intervento progettato non comporterà negative alterazioni dei tracciati dei fossi e delle linee principali dei flussi di sgrondo dei terreni, raccordandosi coerentemente con l'assetto del reticolo degli smaltimenti esistenti nell'area di territorio in cui andrà a collocarsi.

## **5. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICO – GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO**

In sede di redazione del progetto preliminare dell'intero intervento di cui l'attuale primo lotto coinvolge una modesta e marginale parte, era stata eseguita una campagna geognostica impostata sullo studio preliminare del sottosuolo nei punti ove saranno previste opere d'arte significative; l'attuale primo lotto prevede invece solamente la realizzazione di un tratto di rilevato con altezze che raggiungono il loro punto massimo in 2,95 m nel raccordo con l'attuale cavalcavia.

La caratterizzazione stratigrafico-geotecnica del sito è stata effettuata sulla scorta delle conoscenze generali acquisite della campagna geognostica sul progetto preliminare 1°

e 2° lotto, integrate dai dati geognostici inerenti il progetto dell'ampliamento del Casello Autostradale posto in corrispondenza del tratto viario oggetto dell'attuale 1° lotto.

La planimetria in scala 1:5.000 allegata mostra l'ubicazione reciproca tra la prova penetrometrica (P), il Sondaggio a carotaggio continuo (S) e il tracciato viario di intervento. Allegati sono inoltre i risultati delle prospezioni geognostiche consultate ed adottate nelle verifiche.

Dal raffronto congiunto dei dati acquisiti, la successione stratigrafica del terreno di intervento ed i parametri di resistenza a taglio costituiti dal valore di  $c_u$  per i livelli coesivi (tratto dalla prova C.P.T.) e di  $\phi$  per l'unico livello granulare rilevato (tratto da una prova di taglio diretto CD su campione) è la seguente:

0.0 - 3.5 m	limo sabbioso argilloso	Rp = 22-35 Kg/cmq	-	$c_u = 0.8-1.0$ Kg/cmq
3.5 - 9.5 m	sabbia limosa argillosa	Rp = 7-15 Kg/cmq	$\phi' = 28^\circ$	
9.5 - 10.5 m	argilla limosa	Rp = 15-22 Kg/cmq	-	$c_u = 0.7-0.8$ Kg/cmq
10.5 - 12.0 m	limo sabbioso argilloso alternato ad argilla limosa	Rp = 10-15 Kg/cmq	-	$c_u = 0.5-0.65$ Kg/cmq

La parametrizzazione del coefficiente di compressibilità volumetrico  $m_v$  (desunta dalle prove CPT con  $m_v = 1/M = \alpha R_p = 2,5 R_p$ ) che rappresenta il comportamento a compressione edometrica dei terreni è la seguente:

0.00 - 1.20 m	Rp = 35 Kg/cmq	$m_v = 0.0114$ cmq/kg
1.20 - 3.00 m	Rp = 22 Kg/cmq	$m_v = 0.0181$ cmq/kg
3.00 - 4.00 m	Rp = 35 Kg/cmq	$m_v = 0.0114$ cmq/kg
4.00 - 4.80 m	Rp = 15 Kg/cmq	$m_v = 0.0266$ cmq/kg
4.80 - 6.00 m	Rp = 7 Kg/cmq	$m_v = 0.0571$ cmq/kg
6.00 - 9.60 m	Rp = 11 Kg/cmq	$m_v = 0.0363$ cmq/kg
9.60 - 10.60 m	Rp = 20 Kg/cmq	$m_v = 0.0200$ cmq/kg
10.60 - 12.00 m	Rp = 11 Kg/cmq	$m_v = 0.0363$ cmq/kg

Relativamente alla consistenza del terreno di appoggio del rilevato viario, il Sondaggio S1, eseguito a partire dal piano viario del Casello rileva uno spessore di 1,6 m di riporto al di sopra di "limo sabbioso argilloso plastico" color grigio; la prova P1 mostra buoni valori di resistenza Rp (compresa tra 20 e 35 kg/cmq) sino da -4,00 m dal p.c.. Il livello freatico in S1 era all'epoca delle indagini a -1,95 m dal p.c..

Fermo restando la necessità di verifica con prove di carico su piastra in corso d'opera della consistenza indotta dalla compattatura effettuata sui terreni di appoggio, l'interpretazione della prova CPT esistente nei pressi dell'intervento indica valori di  $c_u =$

0,8-0,9 kg/cmq già a partire dalla profondità di avvenuta asportazione del cotico erboso e del terreno agrario stimabile in 50-60 cm dal p.c..

Per quanto attiene l'analisi dei cedimenti indotti dal rilevato da realizzare, che nel suo massimo sviluppo è assimilabile ad un corpo di altezza 2,5 m e larghezza di imposta sul terreno di 14,5 m, il calcolo è stato effettuato sia nelle condizioni statiche standard che considerando anche l'esistenza di un sovraccarico da mezzi in transito pari a 1 t/mq e estrapolando cautelativamente la caratterizzazione dei primi 12 m di sottosuolo indagato sino alla quota di -27 m dal p.c. ove sicuramente l'effetto di consolidamento dei materiali li ha resi con caratteristiche migliori di quelle assunte in questa sede.

Il cedimento indotto dai sovraccarichi dovuti alla costruzione di opere edili in generale risulta connesso al processo di consolidazione dei sedimenti, fenomeno che avviene con l'espulsione d'acqua interstiziale contenuta dai materiali e pertanto con tempi inversamente proporzionali alla loro permeabilità.

La consolidazione dei materiali fini in seguito alla applicazione di un carico è valutabile tramite la formula:

$$S = I_s * \Delta p * m_v * H$$

In cui:

$S$  = cedimento totale;

$I_s$  = fattore di influenza del sovraccarico in profondità ;

$\Delta p$  = incremento della pressione esercitata sul terreno:  $(q_p - q_0)$ ;

$q_p$  = pressione permanente delle strutture;

$q_0$  = peso del terreno asportato per la imposta delle opere;

$m_v$  = coefficiente di compressibilità volumetrica;

$H$  = spessore del singolo strato considerato cedevole;

Occorre notare che il termine  $\Delta p$  è costituito dall'incremento di pressione sul terreno in seguito all'intervento, e che tale incremento è il risultato della somma algebrica dei carichi permanenti trasmessi dalla realizzazione ( $q_p$ ) e dello sgravio di carico dovuto all'asportazione di terreno ( $q_0$ ).

Riferendosi a quanto riportato in Appendice nelle schede di calcolo dei cedimenti dei rilevati con il programma della Soc. Geostru, le entità di cedimento massimo al centro del rilevato sono di 11-15 cm (in funzione dell'esistenza o meno del sovraccarico) mentre già a distanza di 3 m dal punto più esterno del rilevato le entità risultano di ca. 3 cm.

Alla distanza a cui si trovano i fabbricati rispetto all'opera nella parte ove questa è più alta gli effetti indotti dall'intervento sono nulli.

Relativamente alla capacità portante del terreno di appoggio dell'unica struttura fissa in ca. da effettuarsi di una qualche significatività nei confronti del terreno di imposta, costituita da un muro a retta, questa è stata calcolata per fondazione superficiale a base piana poggiante su terreno coesivo.

Esistono varie formule per il calcolo del carico limite ultimo (Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic), tutte simili e differenziate prevalentemente per l'introduzione ed il valore di alcuni coefficienti e fattori correttivi (coefficienti di capacità portante, fattori di forma, di profondità, ecc...).

L'espressione generale risulta essere in ogni caso:

$$q_{lim} = c N_c d_c s_c + \gamma D N_q d_q s_q + 1/2 B \gamma' N_\gamma d_\gamma s_\gamma$$

- $q_{lim}$  = carico limite ultimo;
- $c$  = coesione del terreno di appoggio;
- $\gamma, \gamma'$  = peso di volume del terreno soprastante e sottostante il piano di falda,
- $D, D'$  = profondità del piano di posa, assunto diversificato tra la parte immersa (D') e quella al di sopra della falda (D)
- $B$  = larghezza della fondazione
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = coefficienti di capacità portante, dipendenti dall'angolo di attrito;
- $d_c, d_q, d_\gamma$  = fattori di profondità;
- $s_c, s_q, s_\gamma$  = fattori di forma.

La pressione di sicurezza ( $q_a$ ) viene infine ottenuta applicando il coefficiente di sicurezza ( $K = 3$ ) al valore della pressione limite a rottura determinata:

$$q_a = q_{lim}/K$$

Nel caso analizzato in questa sede, la presenza di sedimenti a comportamento coesivo ha indotto a calcolare il carico ammissibile per opere genericamente impostate alla profondità di -0,8 m dal p.c., utilizzando quali parametri geomeccanici del terreno  $\phi = 0$  e  $c = c_u$  (coesione non drenata), assumendo in questo caso il valore minimo emerso dalle conoscenze geognostiche descritte e riferite ai primi tre metri di sottosuolo relativi al terreno di diretto coinvolgimento delle fondazioni pari a  $c_u = 0,8 \text{ kg/cm}^2$  e  $\gamma = 1,85 \text{ t/mc}$ .

La relazione utilizzata assume pertanto la seguente forma:

$$q_a = [5,7 * c_u + (\gamma * D)]/3$$

In particolare, per fondazioni superficiali tradizionali rigide impostate a -0,80 m dal p.c., con superficie di appoggio orizzontale e carichi verticali ed uniformemente distribuiti, è stato ottenuto il seguente risultato per il carico ammissibile a rottura:

$$q_a = 1,55 \text{ Kg/cm}^2$$

## **APPENDICE**

- Ubicazione delle indagini geognostiche
- Grafici di prova penetrometrica C.P.T.
- Log stratigrafico di sondaggio a carotaggio continuo
- Tabella riassuntiva di analisi geotecniche di laboratorio
- Verifiche dei cedimenti per consolidazione del rilevato