

COMUNE DI ROSIGNANO M.MO

PROVINCIA DI LIVORNO

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA DUNA DI SCHERMO
E PROTEZIONE VISIVA IN LOCALITÀ LA BAGNOLESE**

MELANI dr. geol. MASSIMO
57013 Rosignano Solvay (Livorno)
via Aurelia, 439 - tel./fax 0586-762966



Committente: Amministrazione Comunale di Rosignano M.mo

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Comune di Rosignano M.mo

***PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI DUNA
CON FUNZIONE DI SCHERMO E PROTEZIONE VISIVA
ALLA SOTTOSTAZIONE ENEL - LOC. LA BAGNOLESE***

Relazione Tecnica Generale

Premessa

Su incarico dell'Amministrazione Comunale è stato condotto uno studio di fattibilità e le conseguenti verifiche tecniche progettuali per la realizzazione di una duna artificiale con funzione di schermo e protezione visiva alla sottostazione elettrica recentemente realizzata in località La Bagnolese.

Preso visione degli elaborati grafici della Ansaldo relativi ai manufatti presenti all'interno della sottostazione elettrica e viste le distanze della recinzione dalla viabilità presente ed in fase di realizzazione, sono state esaminate varie ipotesi e schemi di intervento. Fra le varie soluzioni studiate sia economicamente che tecnicamente, viene formulata una proposta progettuale illustrata negli elaborati grafici allegati.

La soluzione proposta prevede un tratto di lunghezza 160 metri con sezione trapezia e scarpe a pendenza naturale ed un tratto di 65 metri di lunghezza, da realizzare in prossimità di via del Mondiglio, sempre a sezione trapezia, ma con scarpe rinforzate da geogriglia per la realizzazione di pendenze più ripide, al fine di contenere la larghezza al piede.

Tale soluzione è risultata l'unica possibile per dimensioni e tipologia, in funzione della presenza della nuova viabilità in fase di realizzazione, della posizione di via del Mondiglio e della posizione dei manufatti interni alla sottostazione elettrica.

L'altezza prevista di metri 3.50 è la massima possibile compatibilmente all'esigenza tecnica di contenere i cedimenti indotti nelle zone adiacenti alla duna ed a quella di non creare disturbo alla falda sottostante.

Considerazioni sui cedimenti sotto il carico indotto dalla duna

L'applicazione di un carico esterno comporta una reazione da parte del terreno che si traduce in un cedimento, funzione sia del valore del carico che delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche del terreno sottostante. Tale cedimento si esplica in tempi più o meno lunghi in relazione alle caratteristiche di drenaggio degli strati più compressibili.

Lo studio dell'andamento delle tensioni nel terreno è fondato sull'ipotesi di validità della Teoria dell'Elasticità con distribuzione delle tensioni secondo Boussinesq. Nel presente caso si fa riferimento all'abaco di Westergaard (vedi figura), dove sono riportate le curve di isotensione relative ad un carico nastriforme uniformemente distribuito, in base al quale sono stati stimati gli incrementi di carico verticale efficace, per il calcolo di cedimenti.

Tale calcolo viene condotto sia in asse al carico (cedimento massimo), sia ad una distanza di 30.00 m dal piede del rilevato: distanza minima dei manufatti presenti all'interno della sottostazione elettrica.

Si fa riferimento alla caratterizzazione geotecnica ottenuta dalla stratigrafia rilevata tramite prove penetrometriche, sondaggi e prove di laboratorio riportate in Relazione Geologica.

In ipotesi cautelativa tale caratterizzazione stratigrafica risulta la seguente:

- da 0.00 m a - 7.00 m : alternanza di sabbie e depositi clastici ad elevata permeabilità;
- da - 7.00 m a - 7.50 m : livello litoide costituito da sabbie cementate (panchina) e/o conglomerato;
- da - 7.50 m a -300.00 m : argille grigie normal consolidate;
- falda a - 2.00 m dal piano campagna.

Poiché i terreni a grana fine saturi presenti al di sotto dei primi 7.50 metri sono estremamente più compressibili dei terreni a grana media e grossa presenti

nei primi metri il calcolo dei cedimenti viene limitato al calcolo dei cedimenti dovuti alla consolidazione primaria dei terreni limo-argillosi.

La caratterizzazione dell'argilla viene effettuata basandosi sulle analisi e prove di laboratorio relative ai campioni S2C1 e S3C1, riportate in Relazione Geologica. Il valore dell'*indice di compressione* c_c viene valutato dalle prove edometriche e confrontato con i valori ottenuti dalle correlazioni empiriche proposte da Azzouz (1976) riportati nel seguito:

Campione	profondità	w	w _l	w _p	e ₀
	[metri]	contenuto d'acqua	limite di liquidità	limite di plasticità	indice dei vuoti
S2C1	7.10-7.30	22 %	34 %	18 %	0.582
S3C1	7.70-8.10	26 %	39 %	18 %	0.698

Campione	profondità	c_c	c_c	c_c
	[metri]	$-\Delta e / \Delta \log \sigma'_v$	$0.40 (e_0 - 0.25)$	$0.01 (w_n - 5)$
S2C1	7.10-7.30	0.15	0.13	0.17
S3C1	7.70-8.10	0.16	0.18	0.21

Stima di cedimenti

Per la stima dei cedimenti si fanno le seguenti assunzioni:

- si ipotizza un incremento di carico su una striscia di larghezza $L = 7.00$ m con valore uniforme pari a $\Delta \sigma_v = 0.63$ kg/cm², equivalente al carico a sezione trapezia trasmesso dal rilevato della duna di altezza 3.50 m;
- si ritengono trascurabili i cedimenti dovuti alla consolidazione primaria che si sviluppano al di sotto dei 30 metri di profondità;
- per il calcolo delle tensioni litostatiche si assumo i seguenti valori dei pesi dell'unità di volume totale ed immerso: $\gamma = 1.8$ t/m² e $\gamma' = 0.9$ t/m²;
- i valori delle tensioni litostatiche verticali presenti si stimano pari a:

in asse alla duna

$$\sigma'_{vo} (z = -12.50) = 1.31 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_{vo} (z = -22.50) = 2.86 \text{ kg/cm}^2$$

ad una distanza di 30.00 metri dalla

$$\sigma'_{vo} (z = -12.50) = 1.31 \text{ kg/cm}^2$$

- i valori delle sovrappressioni trasmesse dal rilevato, valutate come sopra descritto secondo il bulbo delle isotensioni riportato in figura, risultano:

in asse alla duna

$$\Delta\sigma_v (z = 0.00) = q = 0.63 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_v (z = -12.50) = 0.25 q = 0.16 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Delta\sigma_v (z = -22.50) = 0.15 q = 0.09 \text{ kg/cm}^2$$

ad una distanza di 30.00 metri dalla

$$\Delta\sigma_v (z = -12.50) = 0.015 q = 0.01 \text{ kg/cm}^2$$

- per l'indice di compressione e l'indice dei vuoti si assumono i seguenti valori:

$$c_c = 0.16;$$

$$e_o = 0.640;$$

- nell'ipotesi di depositi NC i cedimenti vengono valutati con la seguente formula:

$$\Delta H_i = \frac{H_i}{1 + e_o} \cdot c_c \cdot \log \frac{\sigma'_{vo} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{vo}}$$

Dividendo i primi metri degli strati argillosi in due strati di 10.00 m di spessore si ottengono i seguenti risultati:

- cedimento edometrico massimo atteso **in asse al rilevato della duna** a tempo infinito

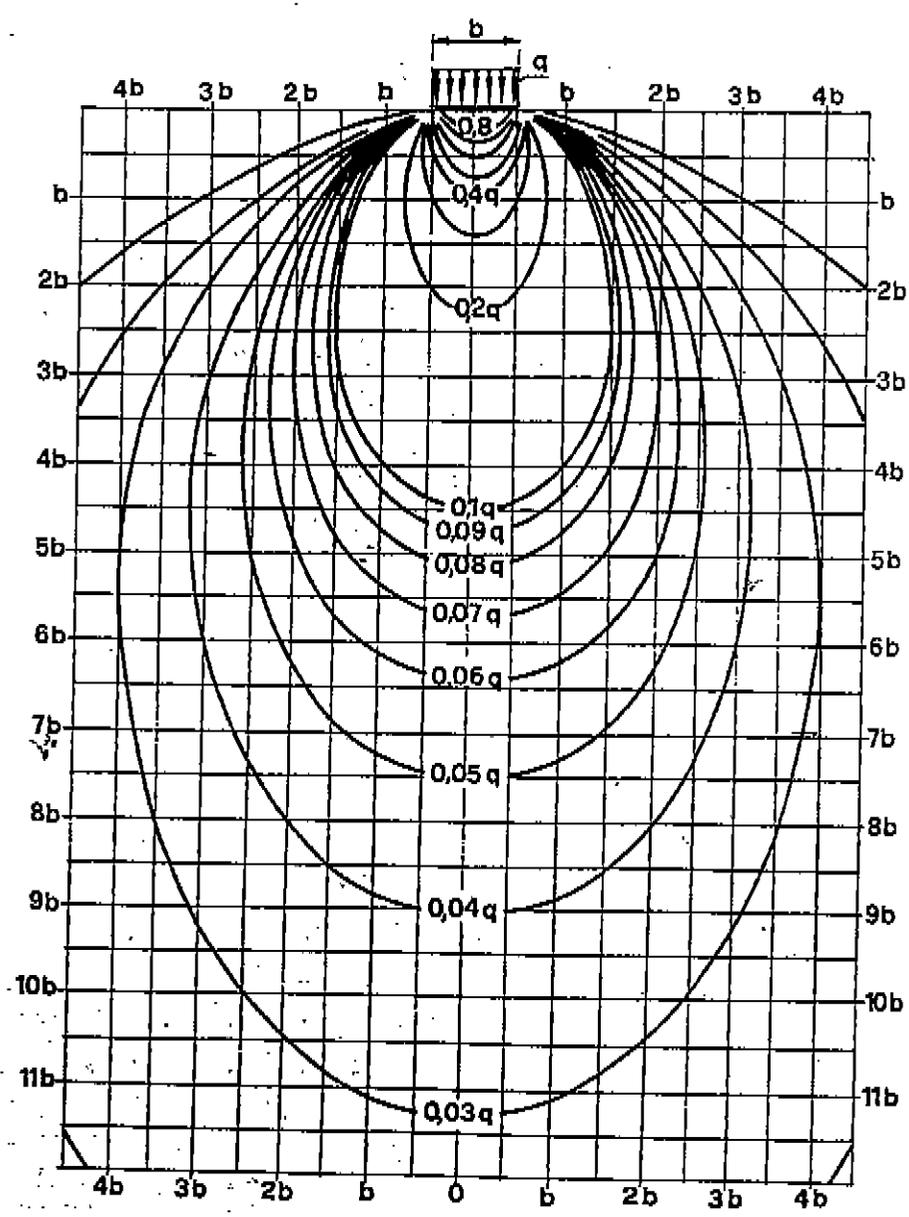
$$\Delta H (\text{in asse}) = [10.00 / (1 + 0.64)] \times \log [(1.31+0.16)/1.31] + \\ + [10.00 / (1 + 0.64)] \times \log [(2.86+0.16)/2.86];$$

$$\Delta H (\text{in asse}) = 8.0 \text{ cm}$$

- cedimento edometrico massimo atteso **ad una distanza di 30 metri dal piede del rilevato della duna**, a tempo infinito

$$\Delta H (\text{a 30 m}) = [10.00 / (1 + 0.64)] \times \log [(1.31+0.01)/1.31];$$

$$\Delta H (\text{a 30 m}) = 0.3 \text{ cm}$$



Stima dei tempi di sviluppo dei cedimenti

Data l'assenza di condizioni di drenaggio presenti nelle stratificazioni argillose presenti negli strati più profondi, i tempi di sviluppo dei cedimenti sono estremamente lunghi.

Si riportano di seguito i tempi massimi in cui si sviluppano il 50%, l'80% ed il 95% dei cedimenti edometrici totali desumibili dalla teoria di Terzaghi, per cui vale:

$$t = T_v H^2 / c_v$$

In analogia a dati ottenuti su campioni prelevati in sondaggi eseguiti in zona si assume un coefficiente di consolidazione primaria, valido alle pressioni litostatiche presenti:

$$c_v = 5 \cdot 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{s}.$$

Si ottengono i seguenti valori:

- tempo necessario al raggiungimento del 50% dei cedimenti

$$t_{50} = 454 \text{ giorni} = 1 \text{ anno e } 3 \text{ mesi}$$

- tempo necessario al raggiungimento del 80% dei cedimenti

$$t_{80} = 1312 \text{ giorni} = 3 \text{ anni e } 7 \text{ mesi}$$

- tempo necessario al raggiungimento del 95% dei cedimenti

$$t_{95} = 2612 \text{ giorni} = \text{circa } 7 \text{ anni}$$

Come si può osservare i cedimenti si sviluppano in tempi estremamente lunghi e di questo si dovrà tener conto nell'ipotesi di altri interventi da realizzare nella zona.

Si fa inoltre presente che nella caratterizzazione geotecnica e nel calcolo dei cedimenti si sono trascurate le influenze dei seguenti fattori che minimizzano i valori dei cedimenti calcolati:

- la presenza di un effetto di sovraconsolidazione, indotto dall'oscillazione della falda, sui primi metri delle stratificazioni argillose;
- la presenza di strati cementati nei primi 7.00 metri (in varie zone presenti);
- l'effetto di diffusione dei carichi prodotto dalle zone cementate, che distribuendo il carico trasmesso dal rilevato su una zona più ampia, ne diminuisce l'effetto.

Conclusioni

Alla luce dei calcoli effettuati e delle osservazioni condotte il fenomeno di cedimento prodotto dalla realizzazione della duna si ritiene totalmente ininfluenza sui manufatti e sulle opere circostanti.

Considerazioni idrauliche e dimensionamento del tombino sul Fosso della Fonte Acquaiola

In caso di allungamento della duna al di là del Fosso della Fonte Acquaiola sarà necessario provvedere al tombamento del corso d'acqua per il tratto di sottopasso della duna.

Si esegue il dimensionamento della sezione del tombino, in ipotesi cautelativa, utilizzando un coefficiente udometrico $u = 30 \text{ mc/s}$ per kmq , come prescritto in assenza di uno studio idrologico specifico.

L'area di pertinenza del Fosso della Fonte Acquaiola a monte della sezione di chiusura considerata è stimata pari a $A = 0.12 \text{ kmq}$, ne risulta quindi una portata massima di transito, per eventi eccezionali con tempi di ritorno duecentennali, pari a $Q_{\text{max}} = 3.6 \text{ mc/s}$.

In analogia a quanto previsto per il tombino posizionato sulla strada di nuova realizzazione, nel tratto immediatamente a monte della duna, si verifica una sezione rettangolare di m 2.10 x m 1.10 (scatolare in c.a. vibrocompresso prefabbricato) facendo presente che, nel caso della duna in progetto, può essere utilizzato anche un tombamento con tombino circolare (tipo arco finsider).

Utilizzando la formula di Manning

$$Q = \frac{k}{n} \cdot h^{\frac{8}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$k = 1.20$	coefficiente di forma
$n = 0.022$	coeff. di scabrezza
$h = 1.10 \text{ m}$	altezza della sezione utile
$i = 1 \%$	pendenza media

si ottiene una portata massima, anche in caso di medio trasporto solido,

$$Q \geq 7 \text{ mc/s}$$

superiore quindi alle portate previste.

Nel caso di utilizzo di sezione circolare è sufficiente un tombamento con diametro $\varnothing = 1500 \text{ mm}$, in grado di far transitare una portata

$$Q \geq 4.2 \text{ mc/s}$$

Riguardo alla presenza della duna si esclude una qualsiasi possibile ripercussione sulla falda sottostante.

dott. geol. Massimo Melani

14 APR. 1997

