

Premessa

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Ozieri, con Delibera Dirigenziale n° del, la sottoscritta Dott. Geologa Giovanna Farina, ha predisposto il presente studio sulla modellazione geologica e geotecnica dei terreni sui quali è stato progettato un impianto minieolico.

Tale modellazione conforme al Dm 14/01/2008 si basa sulle risultanze delle indagini di cantiere effettuate dalla stessa scrivente nell'ambito del progetto di **"ampliamento dell'Ippodromo"** promosso nel 2002 dall'ex Istituto Incremento Ippico della Sardegna.

Nello specifico le indagini, prove ed analisi sulle quali si baserà il presente lavoro si riferiscono a:

Sondaggi a carotaggio continuo e prove penetrometriche in corrispondenza dell'attuale Ristorante, Maneggio e Cabina elettrica (centrale al campo), dei quali si riporterà una planimetria dettagliata.

Inquadramento area

L'ippodromo di Chilivani si colloca a Nord dell'abitato di Ozieri. L'area di sedime del progetto ricade nel Foglio aereofotogrammetrico CHI2001 e nella carta tecnica regionale F 460 sez. 160.

0



inquadramento generale:

La piana di Chilivani è una fossa di origine tettonica impostasi nel Terziario, in un contesto geodinamico di tipo distensivo. Gli appoggi strutturali sono rappresentati a sud dai rilievi paleozoici Ozieresi e a nord dai prodotti del vulcanismo oligo-miocenico associato ai movimenti distensivi (Half - graben).

In questo contesto si é impostato un bacino di tipo fluvio deltizio nel quale tutt'oggi si rileva un ingente coltre di materiale granulare di origine continentale (Oppia Nuova).

La composizione granulometrica dei sedimenti costituenti il deposito deltizio vede una progressiva classazione allontanandoci dal bacino di alimentazione, giustificando così la marcata eterogeneità di questo deposito sia in senso orizzontale che verticale. I depositi conglomeratici, potenti localmente svariate decine di metri, poggiano sul basamento vulcanoclastico oligo-miocenico coevo alla strutturazione della fossa (half graben).

La stratigrafia tipo generale può così riassumersi

La stratigrafia tipo generale può così riassumersi

- ✕ Alluvioni recenti legate al rio Rizzolu in affioramento discontinuo
- ✕ Complesso conglomeratico di Oppia Nuova(Terziario) dalla potenza massima di circa 60 mt nel settore più centrale del bacino. OPN
- ✕ Formazione lacustre LRM
- ✕ Basamento vulcanico HVN

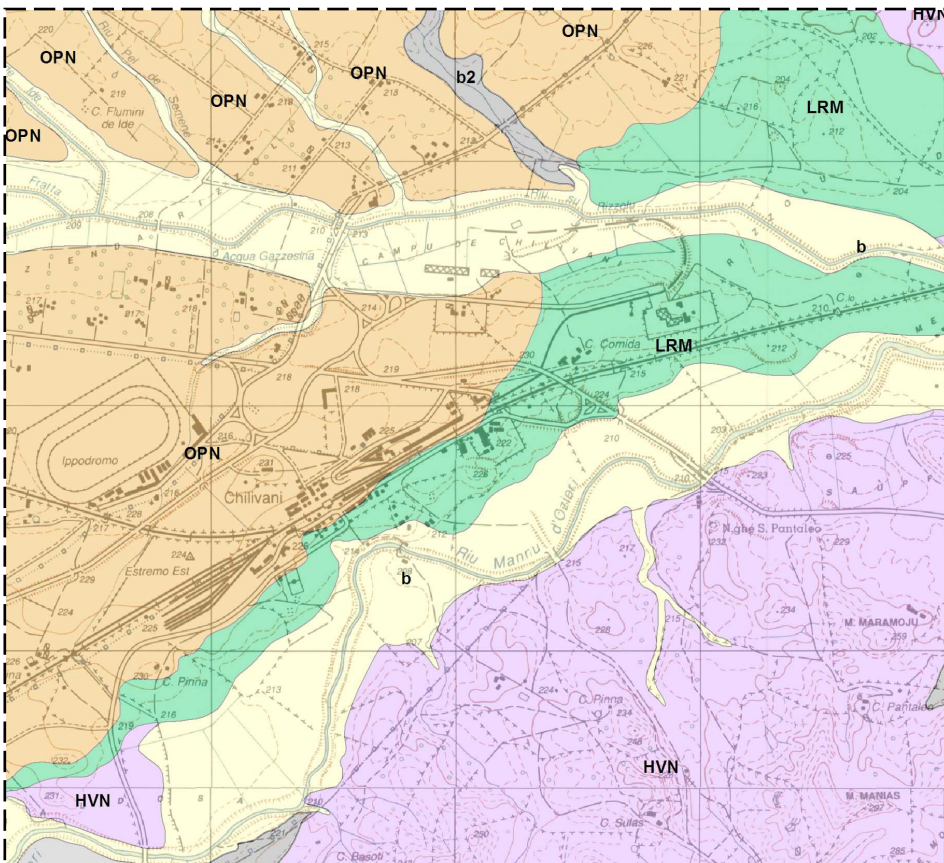


Figura 1: schema geologico

Stratigrafia locale

Da un punto di vista geologico il sedime interessato dalla realizzazione del progetto si colloca nel settore medio marginale della fossa tettonica di Chilivani. In affioramento si rilevano i sedimenti della formazione di Oppia Nuova la quale sfuma con le epiclastiti lacustri dell'Unità LRM. Non si rileva presenza di suoli o livelli pedogenizzati.

Oppia Nuova: si tratta di depositi di ambiente deltizio, costituiti da sedimenti sabbioso ciottolosi di origine granitica e colorazione sui toni del rosso. Trattandosi di un deposito antico (Burdigaliano medio-superiore) si presenta fortemente addensato e localmente semi cementato. All'interno del deposito sono presenti numerosi clasti del basamento granitico, spesso quarzosi, immersi in una matrice sabbiosa a componente quarzoso feldspatica.

LRM: si tratta di epiclastiti formatesi dal rimaneggiamento delle sottostanti vulcaniti e successiva sedimentazione in ambiente lacustre. Il passaggio con Oppia Nuova non è netto ma più secondo uno schema eteropico, digitalizzato.

IDROGEOLOGIA

L'area di indagine, così come l'intera piana di Chilivani ricade all'interno del bacino idrografico del rio Rizzolu.

Il bacino imbrifero presenta una superficie complessiva di circa 220 kmq, all'interno dei quali si individuano due importanti corpi acquiferi:

- deposito deltizio della piana di Chilivani
- complesso marino di Ardara -Mores.

L'acquifero di Chilivani presenta caratteristiche idrodinamiche molto varie in relazione all'ampio assortimento granulometrico dell'intero deposito deltizio.

La piezometrica oscilla entro un range da - 1.5 a 0.00 mt (piano di campagna) anche se tale misura è influenzata dalla presenza di livelli impermeabili sospesi all'interno del corpo acquifero granulare.

La presenza di queste soglie di permeabilità facilita pertanto fenomeni di sovrasaturazione dei livelli superficiali e ristagno delle acque di precipitazione.

Si evidenzia inoltre che in prossimità dell'area dell'ippodromo sono presenti livelli lacustri dell'Unità LRM che vanno a costituire un limite fisico per la falda (acquifuge).

Nel settore di attuale interesse è presente una canalizzazione per lo più aperta, la quale dovrebbe drenare le acque più superficiali. Da quanto potuto osservare tale azione risulta poco incisiva e non certo risolutiva.

In riferimento al DM 14/01/2008 (cap. 2.4.2) l'impianto minieolico rientra nella classe d'uso II.

Per quanto riguarda l'approccio di calcolo si evidenzia che in zona sismica 4 è possibile utilizzare il metodo di calcolo delle tensioni ammissibili piuttosto che degli stati limite.

CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO.

Come esposto nelle premesse, la parametrizzazione dei terreni sui quali verranno realizzate le opere in progetto, si basa sugli esiti di una campagna indagini, effettuata tra il 2002 e il 2004 su incarico dell'Ex Istituto di Incremento Ippico della Sardegna, nell'ambito del progetto di ampliamento dell'Ippodromo di Chilivani.

In particolare verranno utilizzate le prove effettuate nel comparto del Maneggio, in quanto poco distante dell'attuale area di sedime.

In considerazione della natura incoerente del deposito sono state impostate delle prove SPT.

Si tratta di una prova standardizzata, che misura la resistenza del terreno rispetto all'infissione di un tubo campionario per una profondità di 30 cm. L'infissione avviene attraverso una massa battente di 63,5 Kg con una altezza di caduta di 76 cm.

Trattandosi per lo più di frazioni sabbiose con percentuali variabili di sedimenti fini argillosi verranno classificate le due componenti al fine di definire il comportamento generale di questi terreni.

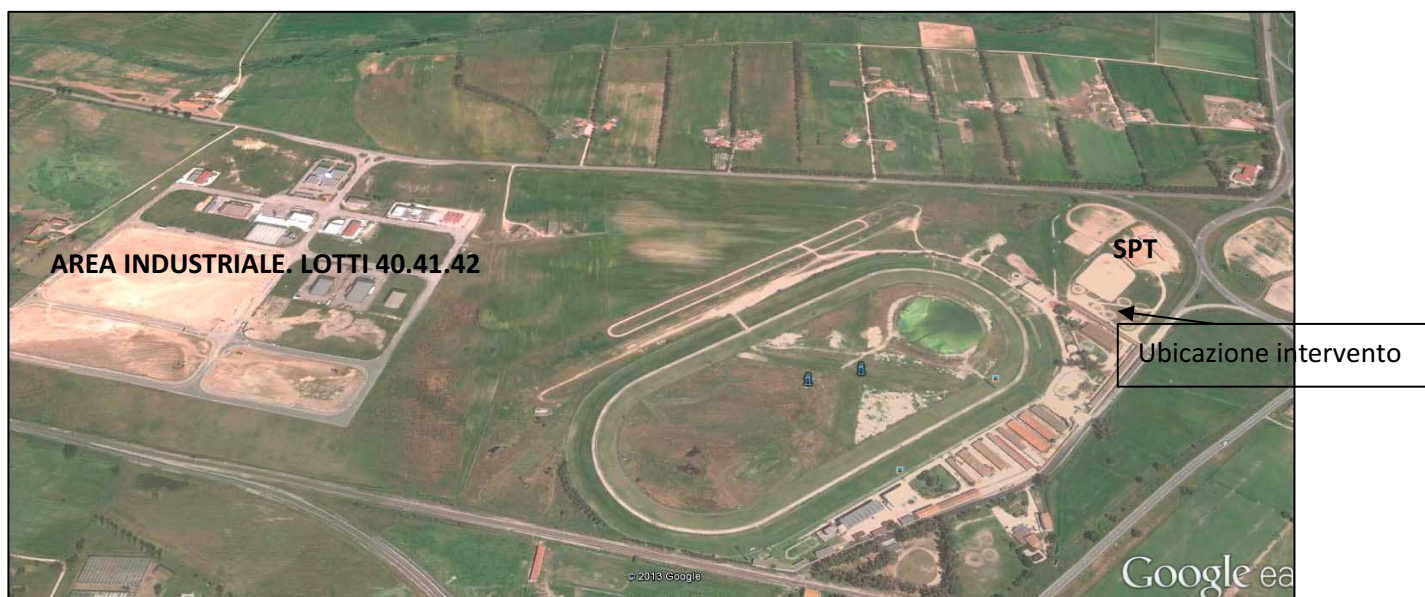
Qui di seguito verranno riassunti i risultati delle prove in situ:

Maneggio:

Sondaggio n°	Prof. mt	N colpi	ϕ	Dr
8	1,40 - 1,85	25	33	0.40 - 0.60
9	0,20 - 0,65	12	28-30	0.40-0,60
9	0.65 - 1.10	9	28-30	0.2 - 0.40
10	0.20 - 0.65	17	28-30	0.4 - 0.60
10	0.65 - 1.10	12	28-30	0.4 - 0.60
11	1.70 - 2.15	20	32	0.60 - 0.80
11	3.60 - 4.15	Rif.		>0.80

In molti punti il campionamento risultava particolarmente difficoltoso proprio a causa della consistenza sciolta dei materiali. In corrispondenza del sondaggio 9, dove N variava fra 9 e 12, si riscontravano bassissimi valori di coesione con cedimenti della parete del foro.

I parametri fisici del conglomerato sono facilmente stimabili attraverso il metodo classificativo USCS, che sarà comunque tarato su i risultanti di prove di taglio effettuate su campioni prelevati nell'area industriale nell'ambito del progetto per la realizzazione di "Rustici industriali nella zona industriale di Chilivani, lotti 40,41,42" per conto della Ditta Peppino Angius (1996), delle quali si allegheranno le certificazioni.



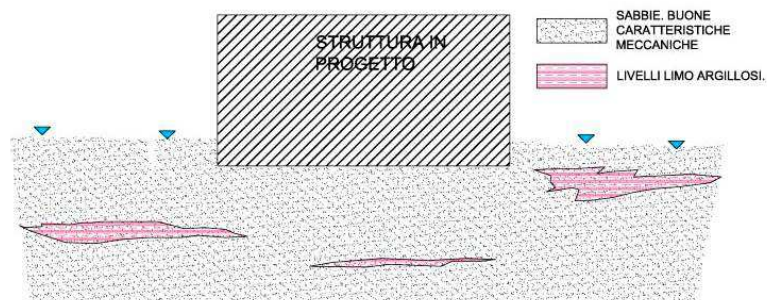
I campioni prelevati sono stati sottoposti a prove di taglio ed all'inserimento nella classificazione AASHO UNI 10006. I due campioni rientrano nel campo delle sabbie ghiaiose (A1_b) e delle sabbie limose (A2_4), ed in entrambi i casi caratterizzano un materiale di buona qualità. La condizione drenata limita l'instaurarsi di sovrappressioni interstiziali, tuttavia la condizione di sovrasaturazione nei mesi piovosi e di leggera depressione nei mesi siccitosi potrebbe di fatto innescare dei cedimenti dovuti allo stato pseudo incoerente delle stesse sabbie.

Classificazione	A1_b	A2_4
Profondità mt	1.2 - 1.4	1,50
coesione	0.07	0.42
Angolo di attrito	33	25
Peso di volume g/cm ³	1,498	

Peso di volume dry	1.410	
Peso di volume immerso	0.498	

I parametri caratteristici del terreno prescelti, andranno a rappresentare la condizione meno favorevole emersa tra i diversi metodi di valutazione. Il volume significativo è stato ricostruito secondo un modello monostrato caratterizzato dai seguenti parametri fisici e meccanici:

Parametri caratteristici volume significativo	
coesione	0.07
Angolo di attrito	25
Peso di volume g/cm ³	1,498
Peso di volume dry	1.410
Peso di volume immerso	0.498



VALUTAZIONE TENSIONI AMMISSIBILI.

La valutazione della capacità portante dei terreni verrà svolta sia secondo la formulazione classica di Terzaghi che secondo il metodo Di Meyerhof basato sugli esiti delle prove SPT.

L'algoritmo proposto da Terzaghi lega le caratteristiche geometriche delle fondazioni con i parametri fisico meccanici dei terreni secondo la relazione:

$$Q_a = [(s_c \times c \times N_c) \cdot (D \times \gamma \times N_q) \cdot (0,5 \times \gamma \times s_\gamma \times B \times N_\gamma)] / F$$

Considerata la presenza di una falda sub affiorante verrà utilizzato il peso di volume immerso.

I parametri necessari per l'applicazione dell'algoritmo proposto da Terzaghi sono:

ϕ = angolo di attrito interno; legato alla densità relativa ed alla morfologia e distribuzione dei granuli.

$\gamma = 1.498 \text{ T/mc.}$

$c = 0,0 \text{ daN/cm}^2$

N_γ , N_q , N_c fattori di portanza legati a ϕ verranno calcolati nella versione proposta da Brinch Hansen, che per un $\phi = 25$ sono:

$N_q = 10,66$

$N_c = 20,72$

$N_\gamma = 6,76$

s_c ed s_γ = fattori di forma

F : 1,5 coefficiente di sicurezza

Verifica Aereogeneratore: Tipo di fondazione - plinto

$L = 3,5 \text{ mt}$ $D = 2,00 \text{ mt}$

I valori di carico ammissibile sulla base delle ipotesi di fondazione proposte saranno:

$Q_{amm} = 1,2 \text{ daN/cm}^2$.

CORRELAZIONE TRA PORTANZA E SPT

Questo metodo, ampiamente standardizzato, basa la propria formulazione su un parametro valutato meccanicamente, ovvero il numero dei colpi necessari per infiggere un tubo campionatore per una profondità di 30 cm sotto una massa battente di 63,5 kg (Standard Penetration Test).

A seconda del tipo di correlazione e formulazione (Meyerhoff o Olandese) il parametro di carico ammissibile può intendersi relativo al tipo di fondazione (Meyerhof) o assoluto (Olandese).

Meyerhof: la formulazione proposta lega il numero di colpi NSPt ad un parametro Kd che tiene conto delle dimensioni delle fondazioni. Più nello specifico:

$q_{amm} = (N_{spt}/0.08) \cdot K_d$

$K_d = 1 + [0.33(D/B)]$.

Il dato sul N dei colpi si riferisce a quanto ottenuto nel sondaggio 9 ad una profondità di infissione compresa tra 0.65 - 1.10 mt, $N_{spt} = 9$

Nel caso del plinto di fondazione dell'aereogeneratore avremo:

$D = 1.5 \text{ mt}$

$B = 3.5 \text{ mt}$

$K_d = 1.14$

$Q_{amm} = 128 \text{ KPa} ; 1.3 \text{ daN/cm}^2$

I valori ottenuti con i due metodi sono ampiamente confrontabili se non addirittura sovrapponibili. Per quanto riguarda la profondità del sedime su cui realizzare le fondazioni si ritiene che una profondità compresa tra 1,00 e 1,5 mt garantisca un maggior controllo dell'oscillazione della piezometrica, che anche nei periodi di magra si attesta ad una profondità di circa 1,00 mt.

Drenaggi:

Come evidenziato in più passaggi, la piana di Chilivani è interessata da una falda sub superficiale che nei mesi invernali arriva al piano di campagna. Tale condizione, unitamente alla presenza di livelli impermeabili ed alla morfologia pianeggiante annulla di fatto la capacità drenante di superficie facilitando condizioni di ristagno delle acque meteoriche. Da un punto di vista tensionale, il grado di porosità del deposito offre sufficienti garanzie in termini di pressioni efficaci. I terreni si trovano in una condizione drenata e pertanto la quota di sovrappressioni interstiziali risulta nettamente subordinata.

Ciò nonostante, appare chiaro che la condizione immersa delle strutture di fondazione possa di fatto condizionare la vita nominale della struttura.

L'intervento di bonifica idraulica, compatibile con le condizioni succitate, si riferisce alla realizzazione di un drenaggio orizzontale perimetrale ai manufatti che scarica in un collettore a sua volta collegato al sistema di canalizzazione superficiale già presente.

Il meccanismo, che sfrutta le buona conduttività idraulica dei terreni, funziona per gradiente di pressione piezometrica. Il tubo dreno garantisce una circolazione libera, pressione atmosferica, che richiamo delle acque presenti alla base delle strutture. Questa tipologia di intervento dovrebbe di fatto condizionare il piano di soggiacenza alla profondità del drenaggio.

Inoltre il sistema avrebbe l'effetto di riattivare la percolazione e quindi ridurre la condizione di ristagno superficiale.

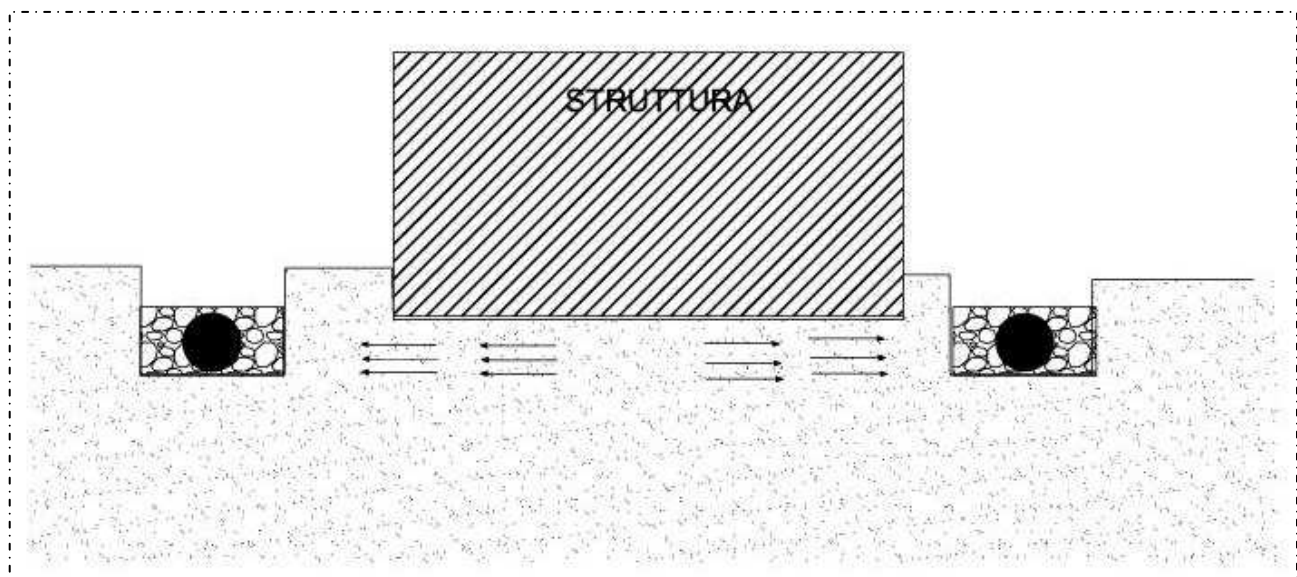
In conformità con quanto realizzato in altri settori dell'Ippodromo il dreno potrà avere le seguenti caratteristiche:

Strato drenante in ghiaia 1,00 x 0,60

Tubo dreno ϕ 0,20 mt

Geotessile per rivestimento tubo

Di seguito verrà schematizzato il funzionamento del sistema:



Lo schema, fuori scala, sintetizza il funzionamento del sistema drenante ipotizzato. Il tubo collettore, non rappresentato in figura, sarà realizzato attraverso un tubo cieco lungo circa 50 mt.

Considerazioni Conclusive

A seguito delle procedure indicate nel capitolo 6 delle NT08 è stato ricostruito il modello geologico ed il modello geotecnico dei terreni sui quali andrà ad insistere il progetto di un **parco della sostenibilità con annesso impianto minieolico**. Gli esiti di tali modellazioni sono di seguito riportati:

1. l'impianto insisterà prevalentemente sui conglomerati sabbiosi della Formazione di Oppia nuova. le caratteristiche meccaniche delle sabbie sono assimilabile ad una classe di terreni A1. La presenza di livelli limo-argillosi, se pur subordinati, ha comunque condizionato la ricostruzione del modello, rappresentativo della condizione meno favorevole rilevata attraverso le prove ed analisi di laboratorio.
2. I parametri caratteristici sono stati estrapolati dagli esiti di campagne in sito (SPT Maneggio) e in laboratorio (Lotti 40,41,42 Zona industriale).
3. Il calcolo delle tensioni ammissibili, sviluppato secondo l'algoritmo di Terzaghi e di Meyerhof (Correlazione con SPT) ha determinato un valore di $Q_{amm} = 1.2 \text{ daN/Cmq}$.
4. Infine la presenza della falda sub affiorante e la condizione di stagnazione delle acque meteoriche ha suggerito una bonifica idraulica del sito attraverso un sistema di dreni orizzontali.