

ALBARUM S.r.l.

Via Privata Giovanni Bensi, n. 12/5

Milano 20152

P.Iva 04294740982

albarumsrl@legalmail.it



Head Quarter - North Italy:
Via A. Volta, 13
25010 San Zeno Naviglio (BS)

Field Office - Centre&South Italy
Via Enrico Mattei, 93 - Z.I. "A"
62012 Civitanova Marche (MC)

rpe@kbdev.it www.kbdev.it
P. Iva 03617590983

Impianto AGROVOLTAICO - Gildone (CB)

PROGETTO DEFINITIVO



0	08/2023	Emissione	SINTECNICA	SINTECNICA	Green Horse engineering
REV	DATA	OGGETTO	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO



TITOLO

Calcoli di dimensionamento delle strutture e degli impianti

NOTE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

F	V	G	I	L	D	E	C	I	R	0	0	7
ARGOMENTO	PROGETTO	LIVELLO	AREA	TIPO	PROGRESSIVO							



FORMATO

A4

SOMMARIO

1 INQUADRAMENTO	3
1.1 DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
1.2 CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	3
1.3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	3
2 ELEMENTI OGGETTI DI ANALISI	4
2.1 PROFONDITÀ INFISSIONE PALI SUPPORTI.....	4
2.2 DIMENSIONAMENTO SEZIONE PALI SUPPORTI.....	4
2.3 CAPACITÀ PORTANTE FONDAZIONI CABINE.....	5
3 AZIONI DI PROGETTO	5
3.1 AZIONE DEL VENTO.....	6
3.2 AZIONE DELLA NEVE	6
3.3 PESI PROPRI.....	8
4 ANALISI	10
4.1 SOFTWARE DI ANALISI	10
4.2 NORMATIVE DI RIFERIMENTO	10
4.3 MODELLI DI CALCOLO.....	11
4.4 STRUTTURE MODULI.....	11
4.5 CABINE	14
5 CONCLUSIONI	15

1 INQUADRAMENTO

1.1 Descrizione delle opere

L'oggetto del presente elaborato è l'attività di verifica, strutturale e geotecnica, delle opere di sostegno dei moduli fotovoltaici e di dispositivi di gestione potenza per il "NUOVO IMPIANTO "FOTOVOLTAICO GILDONE" ubicato in località Gildone -CAMPOBASSO (MOLISE / ITALIA) della potenza complessiva di 26,624 MWp.

Le opere in oggetto sono costituite da:

- Strutture di sostegno moduli di altezza 4,5m rispetto al piano di campagna (all'asse) e supportate da pali in acciaio ad interasse di circa 8 metri. Le strutture di supporto, realizzate in due tipologie, fisse e ad inclinazione variabile (trackers), supporteranno i moduli fotovoltaici. Nello specifico, tali strutture saranno disposte a filari distanziati di 6,5m (pitch).
- Cabine componenti elettrici. Locali prefabbricati contenenti gli impianti tecnologici necessari alla gestione della potenza del campo. All'interno delle suddette cabine saranno presenti componenti di elevato peso, come trasformatori o quadri elettrici. Tali cabine saranno posizionate su fondazioni prefabbricate.

Per una descrizione dettagliata della geometria dei componenti in oggetto, fare riferimento all'elaborato FV.GIL.DE.GE.D.023.

1.2 Caratteristiche dell'area di intervento

La zona di interesse progettuale è ubicata nella zona a sud del territorio del Comune di Gildone, nella parte meridionale del Molise, a Sud del territorio provinciale di Campobasso. Nello specifico, il sito di installazione del parco fotovoltaico di progetto, ovvero la località Bosco del comune di Gildone, dista circa 5,1 Km a Sud-Est dal centro abitato di Gildone, a circa 5,5 Km a Nord-Est dal centro abitato di Cercemaggiore e a circa 13,7 km a Sud-Est dal centro abitato di Campobasso.

Il sito si presenta come un appezzamento di terreno di estensione pari a 43 Ha circa, a planimetria compatta oblunga e superficie convessa e globalmente scoscesa. Il sottofondo è di tipo terroso e costituito prevalentemente da Marne e Argille. Non sono presenti costruzioni sul sito. La funzione fino ad oggi ricoperta è stata quella di appezzamento agricolo.

1.3 Documenti di riferimento

Per lo svolgimento dell'analisi dei modelli di cui al presente elaborato si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

FV.GIL.DE.CI.R.004	Relazione idrologica e di compatibilità idraulica
FV.GIL.DE.CI.R.005	Relazione geotecnica e sulle fondazioni
FV.GIL.DE.AM.R.55	Relazione geologica
FV.GIL.DE.GE.D.023	Strutture moduli - Trackers
FV.GIL.DE.CI.D.024	Dettaglio cabine
FV.GIL.DE.IM.D.27	Cabina generale MT
FV.GIL.DE.IM.D.28	Cabina di trasformazione e cabina inverter
FV.GIL.DE.IM.D.33	Sottostazione 36kV

1.4 Documentazione prodotta

Nell'ambito del presente studio è stata prodotta:

FV.GIL.DE.CI.R.007	Calcoli di dimensionamento delle strutture e degli impianti
--------------------	---

2 ELEMENTI OGGETTI DI ANALISI

In linea con il livello di progettazione (definitivo), sono stati analizzati i componenti principali dell'impianto, senza estendere i calcoli ad elementi di cui non si hanno dati certi o di certa realizzazione. Allo scopo, le analisi sono state limitate ai componenti installati nel campo fotovoltaico, tralasciando eventuali valutazioni inerenti il cavidotto di connessione a 36kV o eventuali superamenti critici di interferenze.

Si riportano di seguito i dettagli oggetto delle analisi svolte.

2.1 Profondità infissione pali supporti

La profondità di infissione dei pali dei supporti (siano essi trackers o strutture fisse) rappresenta un elemento critico della progettazione, in quanto strettamente legato alla geologia del sito e alla sicurezza globale. La profondità di infissione influenzerà i seguenti aspetti:

- Sicurezza e stabilità globale dei filari;
- Posa in opera;
- Quantitativi di materiale supporti;

Oggetto di questa analisi è quella di stimare, compatibilmente con i dati forniti da relazione geologica e geotecnica, la profondità di infissione dei pali. Tale dato sarà indicativo tuttavia, in quanto dipendente dalle caratteristiche geotecniche del terreno di sedime, a loro volta dipendenti da sondaggi accurati e analisi su campioni.

La profondità determinata dovrà essere intesa come una grandezza ragionevolmente attesa per tale profondità, da affinare in occasione di calcoli più specifici e parametri geotecnici precisi.

2.2 Dimensionamento sezione pali supporti

Le strutture di supporto, siano essi trackers o strutture fisse vengono solitamente fornite come elementi prefabbricati. Essendo le condizioni ambientali di sito una caratteristica specifica del luogo di installazione è ovvio che qualsiasi struttura standardizzata debba essere verificata per garantirne l'idoneità per l'utilizzo in ogni particolare luogo.

Oggetto di questa analisi è fornire, indicativamente, le dimensioni delle sezioni dei pali dei supporti, compatibilmente con la geometria scelta per i supporti, le condizioni di carico e i materiali scelti.

Le dimensioni dei pali determinate saranno da intendersi come minime, e saranno comunque dipendenti dai materiali impiegati e dall'effettiva altezza delle strutture di supporto, nonché dalla geometria scelta. Pertanto, tali indicazioni

subiranno certamente una revisione in caso di impiego di strutture prefabbricate con particolari geometrie e differenti materiali costituenti.

2.3 Capacità portante fondazioni cabine

Le cabine che ospitano la componentistica elettrica sono generalmente costituite da elementi prefabbricati forniti già completi, le quali verranno a posarsi su fondazioni prefabbricate a loro volta posate in sito su uno strato di materiale stabilizzato.

Oggetto di questa analisi è verificare la compatibilità di questi componenti con il sito in oggetto relativamente alla posa in opera, ovvero determinare le pressioni massime che i suddetti esercitano terreno di sedime e confrontare le stesse con i valori limite individuati nella relazione geotecnica.

L'esito del confronto è da considerarsi indicativo in quanto dipendente da caratteri estremamente variabili, quali:

- Peso globale delle cabine effettivamente utilizzate;
- Peso delle fondazioni effettivamente utilizzate;
- Caratteristiche geotecniche precise del terreno di sedime.

Un aggiornamento di tali valutazioni si renderà necessario in sede di progettazione esecutiva.

3 AZIONI DI PROGETTO

Le azioni di progetto relative alle analisi di cui ai punti 4.1, 4.2, 4.3 sono state identificate e selezionate, non considerando nelle valutazioni quelle che non danno sostanziale contributo o a cui risultano imputabili effetti di minore rilevanza. Nella seguente tabella si riportano le sollecitazioni ambientali considerate per la valutazione degli effetti:

TIPO AZIONE	AZIONE	D infissione	Φ pali	Q _{lim} cabine
Permanenti	Peso proprio strutturale			X
	Peso proprio non strutturale			X
Variabili	Azione del vento	X	X	
	Azione della neve	X	X	
	Azione sismica			
Eccezionali	Urto veicolare			

Come indicato nella tabella soprastante, sono state considerate ininfluenti ai fini del calcolo alcune azioni di progetto; le motivazioni di tale scelta è da ricondursi:


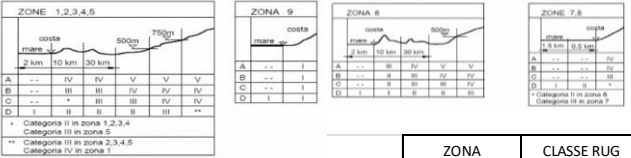
- Ridotte masse in elevazione in caso di azione sismica.
- Difficoltà nella determinazione dei parametri di impatto in caso di urto veicolare in questa fase di progetto.
- Ridotta influenza di forze gravitazionali.

Si procede pertanto con la determinazione delle azioni di progetto considerate determinanti per le analisi in esame.

3.1 Azione del vento

Si determina la pressione del vento (statica equivalente) in accordo con le vigenti NTC2018.

PROGETTO		GREEN HORSE - Gildone	
posizione	41.478253°	14.782696°	
tipologia	strutture trackers - impianto FV Agro		
dimensioni	h4,5m all'asse. Moduli 2278mmx1134mm - incl max 60°		
struttura	acciaio S275		
fondazione	palo infisso		

VENTO	INPUT		OUTPUT!!	
	a _s [m]	672	 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">[N/m²]</div>	
	regione	Molise		
	durata costruzione	maggiore di 1 anno		
	ρ [kg/m ³]	1,25		
	classe di rugosità terreno	aree suburbane, industriali, boschive		
	distanza dalla costa [km]	57		
	categoria di esposizione sito	IV		
	coefficiente di topografia	1		
	z [m]	20		
	cp	5		
	cd	1		
cf	0			
		ZONA	CLASSE RUG	
		3	B	
P	6600	pressione		
P _f	0	radente		

L'applicazione del carico vento calcolata prevede l'applicazione di un cp unitario. (coefficiente di forma).

L'azione in oggetto è di tipo normale, ovvero rappresenta la pressione statica equivalente agente sulle superfici. E' stata in questa istanza trascurata l'azione radente del vento.

3.2 Azione della neve

Si determina il carico neve in accordo con le vigenti NTC2018.

○	Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza, Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese.	$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 1,35 [1+(a_s/602)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
●	Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona.	$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,85 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$
○	Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo.	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/mq}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/mq}$	$a_s \leq 200 \text{ m}$ $a_s > 200 \text{ m}$

q_s (carico neve sulla copertura [N/mq]) = $q_{sk} \cdot \mu_i \cdot C_E \cdot C_t$
 q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/mq])
 μ_i (coefficiente di forma)
 C_E (coefficiente di esposizione)
 C_t (coefficiente termico)

Valore caratteristico della neve al suolo

a_s (altitudine sul livello del mare [m])	672
q_{sk} (val. caratt. della neve al suolo [kN/mq])	2,51

Coefficiente termico

Il coefficiente termico tiene conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente dipende dalle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.

Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

CARICO NEVE

Coefficiente di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1

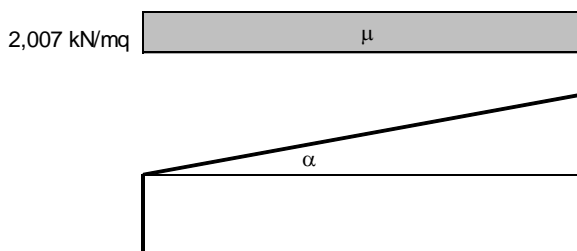
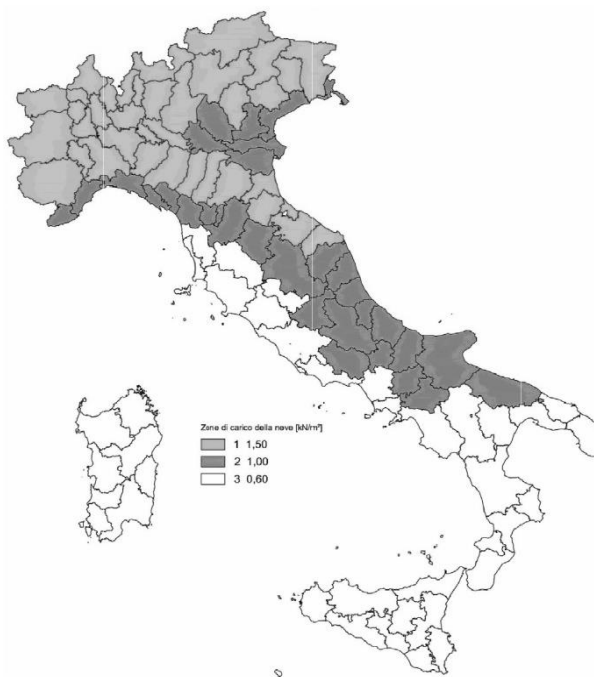
Valore del carico della neve al suolo

q_s (carico della neve al suolo [kN/mq])	2,51
--	------

Coefficiente di forma (copertura ad una falda)

α (inclinazione falda [°])	0
-----------------------------------	---

μ	0,8
-------	-----



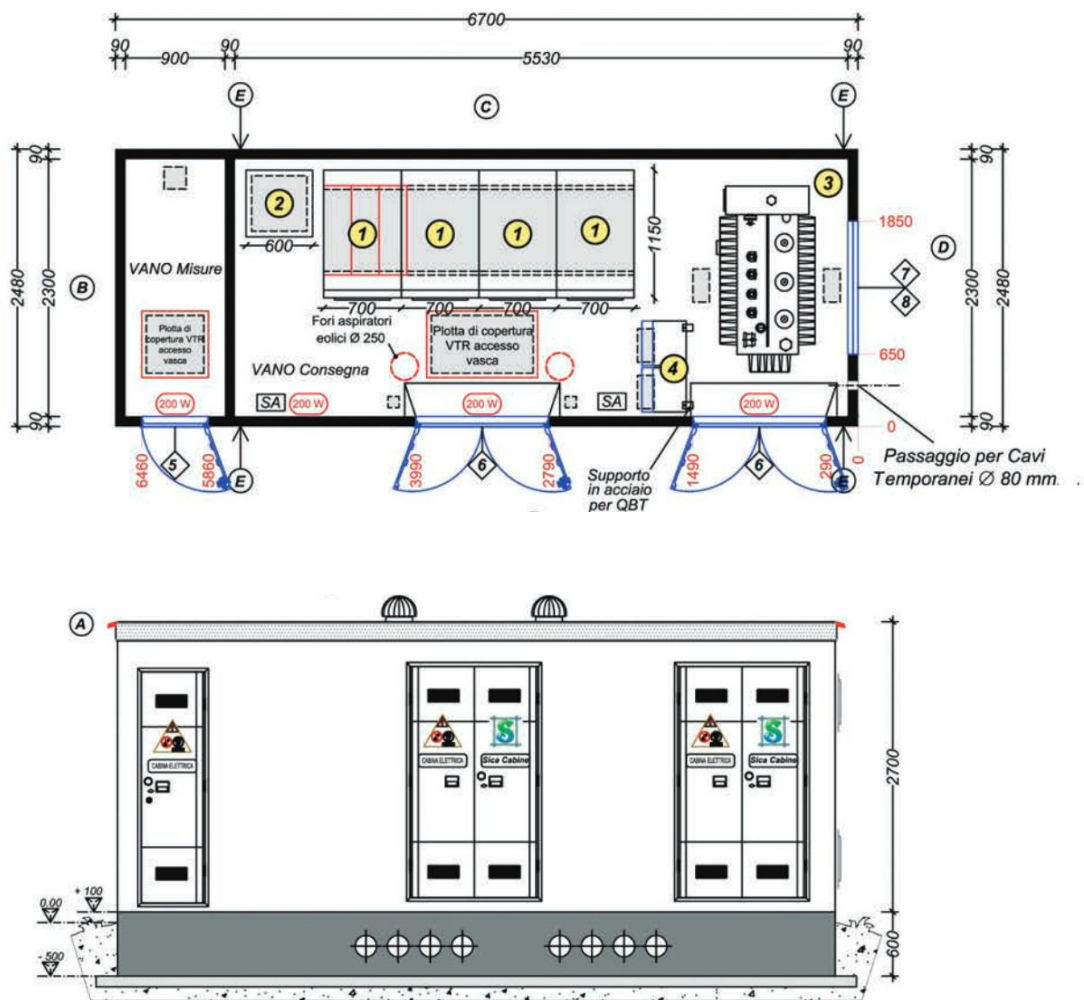
Il carico neve è stato determinato per diverse inclinazioni dei moduli, rispettivamente 0°, 30° (fissi), 60° (tracker). Dall'analisi del carico secondo normativa risulta:

0°	2,007 kN/m _q	Da intendersi orientato secondo la verticale
30°	2,007 kN/m _q	
60°	0	Scivolamento neve

3.3 Pesì propri

Come precedentemente indicato, il peso proprio delle strutture di supporto moduli e dei tracker può essere trascurato in quanto le azioni derivanti da tale carico saranno ridotte se rapportate all'entità di quelle generate dagli ambientali. Il peso proprio dei cabinati impianti andrà ricavato da datasheet fornitore. Si riporta di seguito reperito in letteratura in merito ai suddetti carichi.

La determinazione dei pesi delle cabine CAV è stata condotta facendo riferimento a tipologie disponibili sul mercato e rispondenti a specifiche Enel (omologazione). Nello specifico, è stato fatto riferimento a prodotti SICA CABINE S.r.l. la quale fornisce, per il modello MONOBOX 9 – (rispondente alle specifiche di costruzione Enel DG2092 REV02 – 1° luglio 2011.



Il produttore fornisce, per questo tipo di manufatto un peso pari a 2900kg/ml (vuota), corrispondente a circa 19430 kg per il componente in immagine.

Quantificando il peso della componentistica elettrica in 500kg/mq si ottiene un totale pari a: 25800kg

Il volume di cls della vasca di fondazione è stimabile in 5,5 mc, corrispondenti circa a 13750kg

Il peso dell'intero sistema cabina completa + vasca in cls è pertanto pari a 42250kg, corrispondenti ad una pressione sul terreno pari a 0,0249 Mpa.

4 ANALISI

I sistemi sono stati analizzati secondo un approccio elastico lineare. Nello specifico, sono stati prodotti due differenti modelli globali per meglio caratterizzare la risposta. Più specificamente si è adottato:

- Analisi elastica lineare statica per analisi della risposta della struttura soggetta a carichi statici e ambientali.

La combinazione delle azioni è stata effettuata in accordo con la vigente normativa tecnica. Nello specifico sono state considerate, ai fini delle verifiche strutturali a resistenza e spostamento, le seguenti combinazioni:

STATICHE

Resistenza – SLU eq [2.5.1] – combinazione fondamentale*.

* algoritmo di combinazione dei carichi di progetto la cui implementazione è prescritta dal vigente DM17.01.2018 - aggiornamento dell "Norme Tecniche per le Costruzioni" - par 2.5.3.

La sicurezza e le prestazioni delle strutture vengono valutate in relazione agli stati limite che possono plausibilmente raggiungersi durante la vita nominale di progetto. Nello specifico, gli stati limite ultimi identificati per la struttura in oggetto sono i seguenti:

- **SICUREZZA NEI CONFRONTI DI STATO LIMITE ULTIMO (SLU):** capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni.

Sono stati considerati i seguenti parametri di accettabilità delle prestazioni strutturali:

SICUREZZA - rapporto di Domanda/Offerta di prestazione limite in condizioni statiche = 95% (verifica sezionale).

Di cui ai par. 2.2.1 e 2.2.2 – DM17.01.2018

4.1 Software di analisi

Per la fase di modellazione e valutazione delle sollecitazioni è stata utilizzata la seguente configurazione hardware e software:

Elaboratore	PC Windows 64 bit Processore Intel® Core™ i5-4800MQ CPU @ 2.70 GHz
Software di calcolo analisi	CSI – SAP2000 – V24 Fem analysis software – Berkley CSI.inc - USA Licenza: intestata a Sintecnica S.r.l

4.2 Normative di riferimento

Per le verifiche strutturali e la determinazione dei carichi ambientali sono stati applicati i seguenti codici di calcolo.

- **DM 17.01.2018** – Aggiornamento delle <<Norme tecniche per le costruzioni>> GU-20.02.2018.

- C.S.LL.PP21.01.2019,n°7 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018. GU-11.02.2019

4.3 Modelli di calcolo

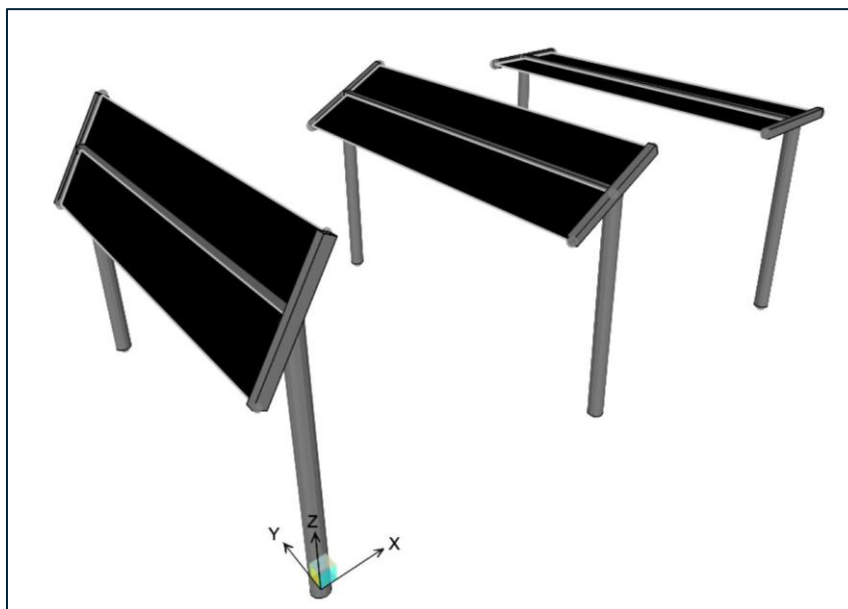
Sono stati adottati i seguenti modelli di calcolo per le valutazioni in oggetto:

- Modello misto FEM – analitico per la valutazione della sezione dei pali delle strutture di supporto e tracker e della profondità di infissione.
- Modello analitico (a formula – confronto) per considerazioni sulla portanza del terreno di sedime al di sotto delle cabine.

4.4 Strutture moduli

L'analisi è stata effettuata partendo dal modello FEM delle strutture in varie inclinazioni. Per ogni inclinazione è stata adottata una configurazione neve e vento stabilita da normativa. È stato effettuato un dimensionamento multiplo basato su spessori e diametri basato su una analisi di tipo multicriteriale, lasciando ad una fase progettuale successiva la verifica vera e propria, la quale avrà senso nel momento in cui saranno stabilite le dimensioni dei componenti.

Tutte le azioni sono state successivamente combinate secondo il seguente schema (NTC2018):

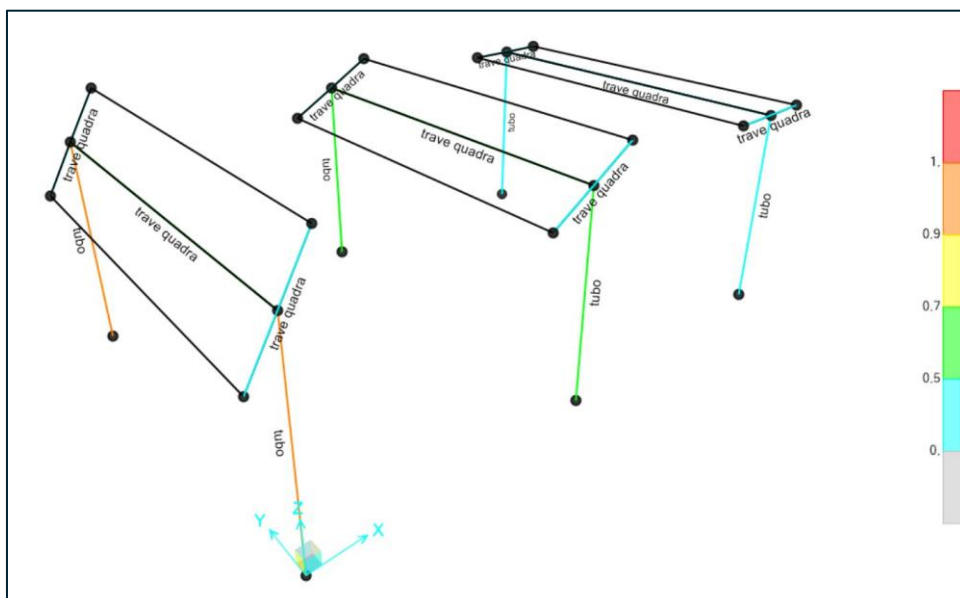


COMBINAZIONI DI VERIFICA

DSTL1	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL1			MODULI		1,3
DSTL2	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL2			MODULI		1,3
DSTL2			WIND		0,9
DSTL3	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL3			MODULI		1,3

DSTL3			WIND		-0,9
DSTL4	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL4			MODULI		1,3
DSTL4			WIND		1,5
DSTL5	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL5			MODULI		1,3
DSTL5			WIND		-1,5
DSTL6	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL6			MODULI		1,3
DSTL6			WIND		1,5
DSTL7	Linear Add	Yes	DEAD		1,3
DSTL7			MODULI		1,3
DSTL7			WIND		-1,5
DSTL8	Linear Add	Yes	DEAD		1
DSTL8			MODULI		1
DSTL8			WIND		1,5
DSTL9	Linear Add	Yes	DEAD		1
DSTL9			MODULI		1
DSTL9			WIND		-1,5
DSTL10	Linear Add	Yes	DEAD		1
DSTL10			MODULI		1

OUTPUT VERIFICA (NTC2018)



Acciaio S275				
	Spessore minimo tubo	Max tasso di lavoro	Volume acciaio x colonna	Peso colonna
250mm	27mm	96%	0,021205	165,4 kg
300mm	17mm	95%	0,016022	125,0 kg

Acciaio S355				
	Spessore minimo tubo	Max tasso di lavoro	Volume acciaio x colonna	Peso colonna
250mm	20mm	94,6%	0,015707	122,5 kg
300mm	13mm	93,6%	0,012252	95,6 kg

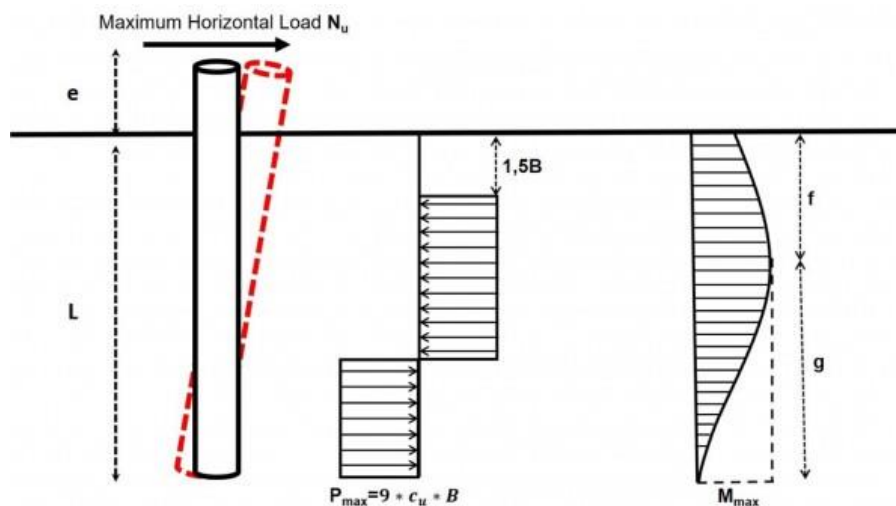
Dalle analisi effettuate risultano le sopraindicate configurazioni limite possibili per la geometria del palo. Dal punto di vista dei costi, un minor volume di acciaio comporta un risparmio globale della spesa, ma l'adozione di diametri ridotti può comportare maggiori profondità di ancoraggio.

Si procede con la valutazione della stima della profondità di ancoraggio per i diametri 250mm e 300mm adottando il metodo di Broms con le seguenti ipotesi:

- Terreno coesivo;
- Palo libero di ruotare in testa;
- Ipotesi di "palo lungo";

Espressione adimensionale

$$\frac{N_U}{C_u \cdot B^2} = -9 \cdot \left(1,5 + \frac{L}{B} + \frac{2e}{B}\right) + \sqrt{2 \cdot \left(\frac{L}{B}\right)^2 + 4 \cdot \left(\frac{e}{B}\right)^2 + 4 \cdot \frac{L}{B} \cdot \frac{e}{B} + 6 \cdot \frac{e}{B} + 4,5}$$



Dove:

L – lunghezza di infissione (target);

B – diametro del palo;

e – offset sforzo di taglio alla base, pari a M_{ed}/N_U ;

C_u – coesione del terreno;

Adottando i valori di N_u e M_{ed} pari ai valori massimi ottenuti per la combinazione più gravosa implementata per il dimensionamento della sezione del palo (DSTL6) si ottengono i seguenti valori:

DIAMETRO PALO	Lunghezza di infissione
250mm	2230mm
300mm	2037mm

Si adottano, come riferimento per i disegni tecnici i seguenti parametri:

- Diametro palo = 300mm
- Spessore palo = 13mm
- Materiale palo = acciaio S355
- Lunghezza di infissione = 2050mm

Si rimanda a calcoli più specifici per un affinamento delle dimensioni delle strutture.

4.5 Cabine

Le cabine prefabbricate previste nella progettazione elettrica sono di differenti tipologie, variabili in funzione del contenuto (impianti tecnici). Come indicato nel paragrafo relativo all'analisi dei carichi, le analisi effettuate sono di tipo parametrico/convenzionale, ovvero il peso è stato stimato effettuando considerazioni miste partendo da datasheet commerciali e valori tipici dedotti da esperienze pregresse.

Le cabine utilizzate nell'impianto avranno pertanto pesi differenti per dimensioni altrettanto differenti, e conseguentemente pressioni sul terreno diverse. Convenzionalmente è stato scelto di considerare come elemento di riferimento-tipo un locale il cui contenuto è stato stimato in 500kg/m^2 , senza scendere nel dettaglio della componentistica contenuta. Tale valore può essere considerato cautelativo.

Gli ambientali sono stati trascurati, in quanto, azioni limitate nel tempo difficilmente possono contribuire al collasso geotecnico del tipo identificato per questo caso.

Riprendendo quanto specificato al paragrafo 3.3, il peso dell'intero sistema cabina completa + vasca in cls è attestabile a circa 42250kg, corrispondenti ad una pressione sul terreno pari a 0,0249 Mpa.

Dalle analisi geotecniche effettuate ed esposte nell'elaborato FV.GIL.DE.CI.R.005, risulta che sotto le ipotesi cautelative svolte, per il terreno in esame, la pressione limite, corrisponde a 0,824 Mpa, alla quale è associato un fattore di sicurezza pari a 33.

Si riporta di seguito un estratto della determinazione analitica del valore limite della pressione ammissibile sul terreno.

CALIFFO 1.3.6 - [Nuovo.cif]

File Carichi Cedimenti Strumenti Aiuto

Teoria statica di base
 Terzaghi '43 Brinch Hansen '70 EC7-2004 Roccia
 Meyerhof '63 Vesic '75 Richards '93 Greek (EAK2000) Custom

Sub-teoria per Ny: Vesic (1975) Limitazioni

Considera combinazioni sismiche per qlm, con:
 Soltanto Teoria di base $k_{hi}=0.050+k_{hk}=0.010+k_v=\pm 0.005$

Oltre alla teoria di base includi l'effetto cinematico con: Dati sismici
 Maugeri & Novità Paolucci & Pecker Cascone & Altri
 In alternativa applica Teorie globali (effetti inerziali e cinematici)
 Maugeri & Novità Paolucci & Pecker Cascone & Altri
 Budhu & Al-Kami Richards & Altri

$q_{ult}=c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot i_q \cdot b_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_y \cdot s_y \cdot i_y \cdot b_y$

Geometria fondazione-terreno
 Base [B] (m): 1.00 Lunghezza [L] (m): 1.00 Dettaglio superficie rottura Copia grafico
 Profondità [D] (m): 0.50 Incl. base [a] (deg): 0.0
 Incl. pendio [b] (deg): 0.0 Pem [q0] (kPa): 0.00

Parametri caratteristici terreno (premi INVIO per confermare i dati)

Str.	ynat (kN/m³)	ysat (kN/m³)	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	Hstr (m)	Eed (kPa)	Dr
1	19.00	19.00	25.0	20.00	20.00	10.00	50000.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Parametri di calcolo dello strato equivalente (prof. 2.00 B+D=2.00+0.50 m)

Par.	y (kN/m³)	B	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	F	Eed (kPa)	Dr
Strato eq.	19.00		25.0	20.00			50000.00	0.90

Profondità falda (m) 10.00 (dal piano di campagna)
 Calcola carico ultimo in Condizioni non drenate
 Considera punzonamento con il criterio di:
 Terzaghi Vesic (sabbie) Vesic (se $l_r < l_{r_crit}$)
 $l_r=366.10 - l_{r_crit}=43.84$

Sezione/Stratigrafia Vista dall'alto
 Piano campagna
 Quota falda: -10.00

Risultati
 Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)
 N=0.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm
 HL=0.00 kN - HB=0.00 kN

	c	q	y
Nc, Nq, Ny	20.721	10.662	10.876
sc, sq, sy	1.466	1.423	0.700
dc, dq, dy			
ic, iq, iy			
bc, bq, by	1.000	1.000	1.000
gc, gq, gy			
pc, pq, py			
ec, eq, ey			

Dimensioni efficaci B' (m): 1.00
 L' (m): 1.00
 q' (kPa): 9.50

Avvisi

q_{ult} (kPa): 824.10 Q_{ult} (kN): 824.10 R: infinito > R3=2.3
 Resistenza a scorrimento (kN): 20.00 R: infinito > R3=1.1
 Minimo fattore di sicurezza q_{ult} (tra tutte le combinazioni)
 Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)
 N=0.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm
 HL=0.00 kN - HB=0.00 kN
 q_{ult} (kPa): 824.10 Q_{ult} (kN): 824.10 R: infinito > R3=2.3
 Minimo fattore di sicurezza a scorrimento (tra tutte le combinazioni)
 Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)
 N=0.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm
 HL=0.00 kN - HB=0.00 kN
 Resistenza a scorrimento (kN): 20.00 R: infinito > R3=1.1

d>1.0: SI | s (Vesic) con B' ed L' | Vx, My sisma (teorie globali): SI | Mod.taglio G automatico

5 CONCLUSIONI

Le analisi esposte nel presente elaborato sono da considerarsi indicative, in quanto non avallate da dati di input certi e definiti. Il carattere dei calcoli esposti è pertanto da considerarsi ragionevolmente cautelativo e non vincolante in termini di valutazione della sicurezza e prestazioni attese definitive.

Quanto sopra esposto definisce dimensioni e carichi di riferimento attendibili e compatibili con il livello di progettazione fornita.

Si definiscono, in conclusione, i seguenti parametri tecnici di riferimento:

PALI

Materiale	Acciaio S355
Diametro esterno minimo consigliato	300mm
Spessore minimo consigliato	13mm
Profondità minima di infissione	2100mm

CABINE

Materiale	CAV
Peso a metro lineare manufatto	P < 3000 kg
Tipo fondazione	Prefabbricata a vasca
Profondità del piano di posa della fondazione	0,5m