



REGIONE PUGLIA



PROVINCIA di FOGGIA



COMUNE di  
SERRACAPRIOLA



COMUNE di  
SAN PAOLO DI CIVITATE



COMUNE di  
TORREMAGGIORE



Proponente	<b>PACIFICO ACQUAMARINA 2 S.r.l.</b> Sede: Piazza Walther Von Vogelweide, n. 8 - 39100 Bolzano (BZ) Pec: pacificoacquamarina2sri@legaimail.it P.iva: 04351410719	Sviluppo e Coordinamento	<b>PLAN A ENERGY S.R.L.</b> Sede: Via Cavour n.104 40026 Imola BO Pec: planaenergy@pec.it C.F e P.IVA : 03930841204
Progettazione generale e progettazione elettrica	<b>STUDIO INGEGNERIA ELETTRICA</b> MEZZINA dott. ing. Antonio Via T. Solis 128   71016 San Severo (FG) Tel. 0882.228072   Fax 0882.243651 e-mail: info@studiomezzina.net Ordine degli ingegneri della Provincia di Foggia matr. n 1604	Supervisione scientifica piani culturali e monitoraggio	<b>Università di Foggia</b> Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimenti, Risorse Naturali e Ingegneria (DAFNE) Sede: via Antonio Gramsci,89/91 Foggia 71122 P.iva: 03016180717
Studio e progetto ecologico vegetazionale	<b>Dott. Biol. Leonardo Beccarisi</b> Via D'Enghien, 43 - 73013 Galatina (LE) cell. 3209709895 E-Mail: beccarisi@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi Albo-Sezione matr. n. AA_067313	Studio di impatto ambientale	<b>Dott.ssa Anastasia Agnoli</b> Via Armando Diaz, 37   73100 Lecce (LE) cell. 3515100328 E-Mail: anastasia.agnoli989@gmail.com
Studio meteorologico	<b>Dott. Biol. Elisa Gatto</b> Via S. Santo, 22   73044 Galatone (LE) cell. 3283433525 E-Mail: dottelisagatto@gmail.com Ordine nazionale dei Biologi matr.n. AA_090001	Studio idraulico geologico e geotecnico	<b>Dott. Nazario Di Lella</b> Tel./Fax 0882.991704   cell. 328 3250902 E-Mail: geol.dilella@gmail.com Ordine regionale dei Geologi della Puglia matr. n. 345
Studio faunistico	<b>Dott. Fabio Mastropasqua</b> Via Padre Pio da Pietrelcina 10   70020 Bitritto (BA) cell. 3201488569 E-Mail: fabiomastro77@gmail.com Collegio Interprovinciale degli Agronomi e degli Agronomi lauerati" matr n. 276	Rappresentazioni fotorealistiche	<b>Arch. Gaetano Fornarelli</b> Via Fulcignano Casale 17   73100 Lecce (LE) cell. 3358758545 E-Mail: forgamet@gmail.com Ordine degli Architetti della provincia di Lecce matr. n. 1739
Studio archeologico	<b>NOSTOI s.r.l.</b> <b>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</b> Tel. 0972.081259   Fax 0972.83694 E-Mail: mgliseno@nostoisrl.it Elenco Nazionale Archeologo Fascia I matr n. 1646	Studio agrario e agro-voltaiico	<b>Dott. Agr. Alfonso Mogavero</b> Viale Fortore 9/C 71121 Foggia Tel/Fax: 0881 723673 Cell. 335 6287405 E-Mail: studiomogavero@gmail.com Ordine dottori agronomi di Foggia n. 372
Studio acustico	<b>STUDIO FALCONE</b> Ingegneria <b>Ing. Antonio Falcone</b> Tel. 0884.534378   Fax. 0884.534378 E-Mail: antonio.falcone@studiofalcone.eu Ordine degli Ingegneri di Foggia matr. n.2100	Studio strutturale	<b>STM TECHNICAL SOLUTIONS</b> <b>Ing. Tommaso Monaco</b> Tel. 0885.429850   Fax 0885.090485 E-Mail: ing.tommaso@studiotecnicomonaco.it Ordine degli Ingegneri della provincia di Foggia matr. n. 2906
Studio paesaggistico e di inserimento urbanistico	<b>Dott. Agr. Barnaba Marinosci</b> via Pilella 19, 73040 Alliste (LE) Cell. 329 3620201 E-Mail: barnabamarinosci@gmail.com Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali provincia di Lecce matr. n 674	Consulenza topografica	<b>Geom. Matteo Occhiochiuso</b> Tel. 328 5615292 E-Mail: matteo.occhiochiuso@virgilio.it Collegio dei Circondariale Geometri e Geometri Laureati di Lucera matr. n. 1101

**Opera**

**Progetto definitivo per la realizzazione di un impianto Agri-Fotovoltaico denominato "TOVAGLIA" da realizzarsi in cave dismesse o da dismettere e recuperare, site in località "Masseria Tovaglia" nel territorio comunale di Serracapriola (FG) per una potenza complessiva di 26,557MWp nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto**

AUTORITA' PROCEDENTE V.I.A. : **Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica**

AUTORITA' PROCEDENTE A.U. : **REGIONE PUGLIA**

**Oggetto**

Nome Elaborato: **96WX1A8\_CalcoliPrelStrutture\_02.pdf**

Descrizione Elaborato: **Relazione descrittiva fondazioni e modalità installazione delle strutture a sostegno dei pannelli fotovoltaici e della recinzione**

00	28/10/2022	Progetto definitivo				
Rev.	Data	Oggetto della revisione	Elaborazione	Verifica	Approvazione	

Scala:

Formato: Codice Pratica **96WX1A8**

# SOMMARIO

1	PREMESSA.....	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	1
3	INQUADRAMENTO INTERVENTO.....	2
4	ASPETTI GEOLOGICI.....	4
5	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI TRACKER .....	5
6	DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA DI SUPPORTO.....	6
7	RECINZIONI E CANCELLI .....	8
8	CABINE ELETTRICHE .....	8
9	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI .....	12
9.1	CALCESTRUZZO IN OPERA.....	12
9.1.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	13
9.1.2	CONTROLLO DI TIPO A.....	14
9.2	ACCIAIO D'ARMATURA IN OPERA .....	14
9.2.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	14
9.3	ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE IN OPERA.....	15
9.3.1	PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	15
10	CONCLUSIONI.....	16

## 1 PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società **PACIFICO ACQUAMARINA 2 S.R.L.**, con sede Legale in Piazza Walther Von Vogelweide, n. 8 - 39100 Bolzano (BZ), C.F. e P.IVA: 04351410719, il sottoscritto ing. Tommaso Monaco, con studio tecnico in Cerignola - Viale di Levante 139/D, regolarmente iscritto all'Ordine degli Ingegneri di Foggia al n. 2906, ha provveduto ad effettuare tutto ciò che prescrive la buona regola d'arte per la redazione della presente relazione tecnica finalizzata al dimensionamento preliminare delle strutture civili, facenti parte del parco fotovoltaico in oggetto;

Infatti, la società **PACIFICO ACQUAMARINA 2 S.R.L.**, è proponente di un progetto per la realizzazione di un impianto agri-fotovoltaico denominato "**TOVAGLIA**" da realizzarsi in cave dismesse o da dismettere e recuperare, site in località "Masseria Tovaglia" nel territorio comunale di Serracapriola (Fg) per una potenza complessiva di 26,557MWp nonchè delle opere connesse ed infrastrutture indispensabili alla costruzione e all'esercizio dell'impianto.

Le opere strutturali civili in oggetto sono costituite da strutture in acciaio come i supporti dei pannelli fotovoltaici, mentre le opere come il basamento delle cabine elettriche, le recinzioni ed i locali e depositi annessi, verranno realizzate in c.a. gettato in opera.

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Nell'esecuzione del progetto, nel calcolo strutturale, nella modalità di posa in opera si è tenuto conto della normativa di seguito riportata:

### ***NORMATIVA NAZIONALE***

**Legge 05/11/1971 n.1086:** Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;

**Legge 02/02/1974 n.64:** Ministero dei lavori pubblici - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;

**Decreto Ministeriale 16/01/1996:** Norme tecniche relative ai "Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

**Decreto Ministeriale 09/01/1996:** Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;

**Decreto Ministeriale 11/03/1988:** Ministero dei lavori pubblici - 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;

**Decreto Ministeriale 11/03/1988:** 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;

**Circolare Ministero LL.PP. 24/09/1988 n.30483:** Legge 02/07/1974 – D.M. 11/03/1988 – Istruzioni per l'applicazione;

**Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18**

**Circolare Ministero LL.PP. n. 7 del 21 gennaio 2019:** Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018

### 3 INQUADRAMENTO INTERVENTO

L'area su cui verrà realizzato il progetto è sita nella regione Puglia, in Provincia di Foggia, nei territori comunali di Serracapriola (località Masseria Tovaglia), di San Paolo di Civitate e di Torremaggiore. Le coordinate geografiche baricentriche del sito occupato dal generatore fotovoltaico sono:

**Latitudine**  
41° .53' .23.99" N

**Longitudine**  
15° .13' .48.55" E



Inquadramento di ampio raggio su ortofoto dell'area di intervento, a Nord, in celeste, la centrale fotovoltaica; il percorso dell'elettrodotta dorsale, che si sviluppa per circa 23,7 km prevalentemente lungo rete viaria esistente; a SUD la Sottostazione Produttore, nei pressi della futura Stazione Elettrica (SE) di trasformazione della RTN a 380/150 kV da inserire in entraesce alla linea RTN 380 kV "Rotello 380 – San Severo 380"

Le aree necessarie alla realizzazione del Generatore Fotovoltaico sono nella disponibilità della Società Proponente grazie ad accordi già stabiliti con le Ditte Proprietarie dei Fondi, per mezzo di contratti preliminari di diritto di superficie. Anche ai fini della connessione alla RTN sono stati già stabiliti accordi di condivisione di stallo con altre società per la connessione alla RTN.

Per quanto riguarda tutte le altre opere necessarie alla connessione si attiverà la procedura di apposizione del vincolo preordinato all'esproprio, previa declaratoria di pubblica utilità da parte dell'Ufficio per le Espropriazioni.



Inquadramento planimetrico su Ortofoto area generatore fotovoltaico

**Dati del sito:**

**Temperatura: variazioni** tra la minima e la massima di  $-2^{\circ}\text{C}$  e  $+38^{\circ}\text{C}$ ;

**Vento:** la condizione estrema del vento (3 secondi, periodicità 50 anni) alla massima altezza di installazione dei moduli è stimata in 12 m/s;

**Frequenza di fulminazione:** il sito è caratterizzato da 1.5 impatti/ km<sup>2</sup> all'anno;

**Grandine:** evento straordinario;

**Neve:** evento straordinario.

**Sismicità: zona 2**

## 4 ASPETTI GEOLOGICI

L'area d'interesse è ubicata a circa 10,2 Km N-E dal centro abitato di Chieuti, in agro di Serracapriola, località "Masseria Tovaglia".

La quota del sito è compresa tra gli 65 e i 25 m s.l.m., l'impianto risulta essere suddiviso in tre campi e cinque sottocampi produttivi estesi su una superficie complessiva di circa 26,31 ha.

Cartograficamente l'area è ubicata nella parte centrale della Tavolette IGM 1:25.000 – Tavv. 155 IV NE "Torre Fantine" – 155 IV SE "Chieuti" (FTV) e Tav. 115 III SE "Castello di Dragonara"; su cartografia CTR 5.000 ricade nell'elemento n. 382072-382111 (Campo FTV), agro di Serracapriola, e n. 395073 (SSE), agro di Torremaggiore.

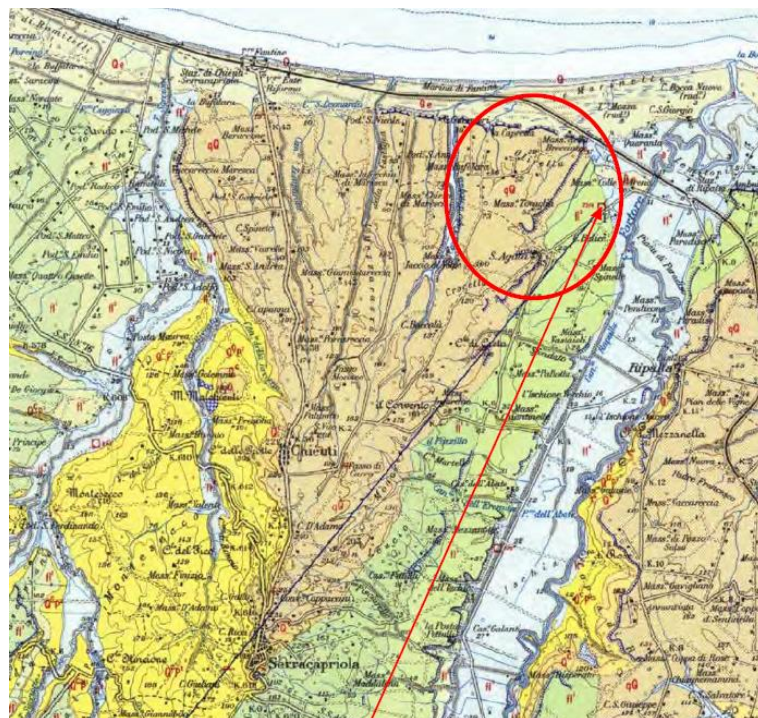
Il territorio presenta una morfologia tipica dell'alta pianura foggiana, ed in particolare nella fascia in sinistra idraulica del F. Fortore, con ampie spianate che corrono parallele all'asse fluviale, sopraelevate di circa 100-150 metri al di sopra di esso, attraversati trasversalmente da un reticolo che da questi terrazzi superiori drenano le acque verso la Valle del Fortore, raccordandosi, con pianori appena inclinati, dai cigli dei terrazzi superiori verso la parte bassa valliva, mentre nella parte dei terrazzi più settentrionali, le linee di drenaggio corrono, in alcuni casi, verso la linea di costa, come nel caso di studio.

Nell'area in oggetto, non sono presenti forme di dissesto né attive né quiescenti o potenzialmente attivabili rilevate e/o segnalate; trovandosi su un terrazzo appena inclinato in direzione nord, da qui cominciano a presentarsi piccoli incanalamenti che mostrano vergenza generale in direzione N.

I litotipi presenti sull'area sono rappresentati da depositi di origine marina (Conglomerati di Campomarino), su cui si sono succeduti (zona orientale) depositi di elaborazione continentale legati alla presenza del F. Fortore, con deposizione ed abbandono di terrazzi fluviali di ordine crescente verso il basso (1°-2°-3°-4° ordine), a loro volta mascherati da un sottile strato di terreno vegetale/eluviale.

In base alla cartografia geologica di zona, il sito ricade in area di affioramento della formazione dei "Conglomerati di Campomarino", rappresentata da ghiaie e conglomerati di ambiente marino o continentale, in genere ricoperti da una coltre di terreno vegetale di spessore medio intorno a 1,5/2,0 m.

In corrispondenza delle aree di progetto, che corrispondono a cave estrattive di materiali conglomeratici (attive e abbandonate) la formazione conglomeratica, direttamente affiorante in parete e al fondo, si presenta quasi sempre consistente e tenacemente cementata, tanto da permettere l'escavazione con pareti dei fronti subverticali.



## 5 CARATTERISTICHE GEOMETRICHE DEI TRACKER

I moduli fotovoltaici saranno installati su strutture ad inseguimento solare di tipo “monoassiale”.

Gli inseguitori solari monoassiali inseguono le radiazioni luminose ruotando intorno a un unico asse e, in base all'orientamento dell'asse, possono essere distinti in:

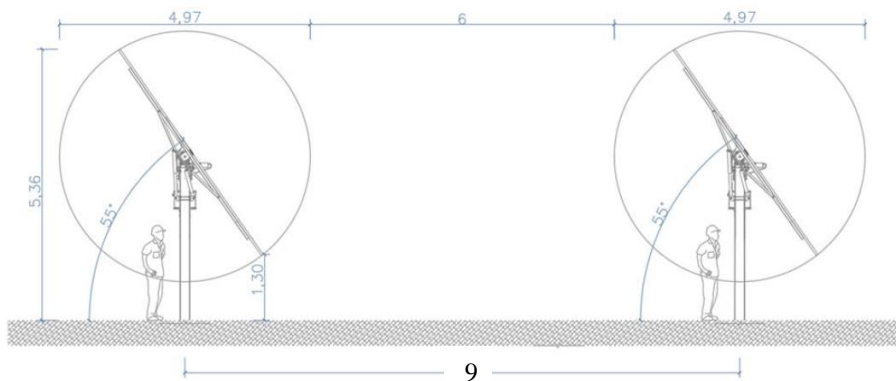
- *Inseguitore Monoassiale di tilt o “bloccaggio”*; la rotazione avviene intorno all'asse est-ovest, coprendo l'angolo di tilt. Di norma la variazione dell'angolo viene eseguita manualmente due volte l'anno.
- *Inseguitore Monoassiale di “rollio”*; insegue il sole nella sua volta celeste durante le ore centrali della giornata, invertendo il movimento nelle ore dell'alba e del tramonto per evitare gli ombreggiamenti.
- *Inseguitore Monoassiale di “azimut”*; la rotazione avviene intorno all'asse verticale collocato perpendicolarmente al suolo.

L'impianto progettato si avvale di inseguitori monoassiali di rollio **ad asse orizzontale** (la rotazione avviene attorno ad un asse parallelo al suolo, orientato NORD-SUD, con inseguimento EST-OVEST).

La scelta progettuale, in questa fase di progettazione definitiva, è caduta sull'inseguitore monoassiale **SF7** prodotto dalla **Soltec** che consente l'installazione dei moduli fotovoltaici posizionati con il lato maggiore perpendicolare all'asse, consentendo l'installazione in doppia fila ed un guadagno di densità di potenza installata a parità di suolo impegnato.

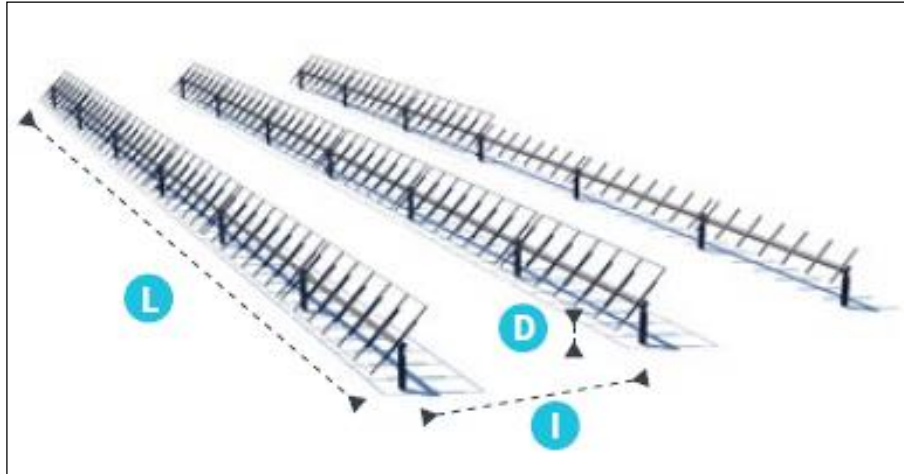


Layout dell'inseguitore SOLTEC, con pannelli montati perpendicolarmente all'asse di rotazione.



Vista frontale tipo del tracker

CONFIGURAZIONE PROGETTUALE		
Interdistanza (I)	[m]	9 m
Lunghezza blocco inseguimento (L)	[m]	15,27 (strutture da 26 moduli) e 30,14 (strutture da 52 moduli)
Altezza dal terreno ( $D_{min}$ )	[m]	Min 1,30
Altezza dal terreno ( $D_{max}$ )	[m]	Max. 5,36m



Configurazione schematica dei tracker

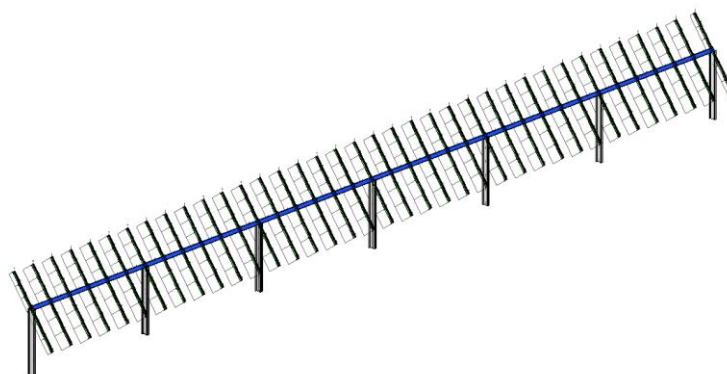
## 6 DESCRIZIONE TECNICA DEL SISTEMA DI SUPPORTO

La struttura di sostegno a servizio dei pannelli fotovoltaici deve essere in grado di reggere il proprio peso nonché di resistere alle sollecitazioni esercitate da fattori esterni quali:

- la neve, per esempio, può comportare sollecitazioni di carico dovute all'accumulo sulla superficie dei moduli;
- la pressione dovuta all'azione del vento agente sul piano dei moduli che si traduce in quel fenomeno chiamato "effetto vela". Le strutture di sostegno prese in esame per il presente documento preliminare sono tipiche dei sistemi tracker monoassiali. Tutti i componenti e le strutture saranno progettati in fase esecutiva per le condizioni ambientali specifiche dei siti in base alle normative locali e in base alle richieste tecniche inclusa l'ipotesi progettuale del carico del vento.

I moduli fotovoltaici previsti nel sito di progetto sono costituiti da pannelli fotovoltaici del tipo **JinkoISolar**, appartenente alla **Serie TIGER PRO 7RL4-TV**, modello **TR-BIFACIAL**, dotato di una potenza nominale pari a 585Wp, aventi dimensioni 2411×1134×35mm, predisposti lungo il lato corto su 2 file ed una inclinazione variabile da 0° a 55°, in modo da ottimizzare la produzione di energia elettrica.

Il portale tipico della struttura progettata è costituito da una stringa di lunghezza 15,27 (strutture da 26 moduli) e 30,14 (strutture da 52 moduli) su cui sono montati i moduli fotovoltaici.





*Vista assonometrica modello strutturale*

La struttura presenta una altezza massima da terra di 5,36 m, mentre nella posizione con inclinazione 55° l'altezza da terra del punto più basso della struttura risulta essere di 1,30 m.

La fondazione della struttura di sostegno dei pannelli fotovoltaici sarà costituita da profili in acciaio, costituenti i montanti, infissi nel terreno tale da garantire la stabilità dell'insieme dei pannelli e della struttura a sostegno.

Come mostrato negli elaborati di progetto si è proceduto considerando uno "schema tipo", che presenta caratteristiche tecnico costruttive analoghe a quelle desumibili dai prodotti commerciali più comunemente utilizzati per impianti FV simili a quello in oggetto, considerando come azione dimensionante quella indotta dal vento, considerato l'entità fortemente superiore a quella della neve.

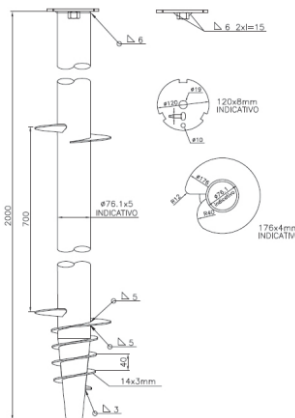
La struttura di sostegno dei pannelli è costituita dai seguenti profilati riportati in Tabella 1:

Elemento	Sezione	Materiale
Montanti	IPE 200 [montanti esterni]	Acciaio Fe360
	IPE 220 [montanti centrali]	
Traversi	Tubi rettangolari 150x150x8 [dimensioni in mm]	Acciaio Fe360
Elementi di sostegno pannelli	Sagomati omega 80x40x25x3 [dimensioni in mm]	Acciaio Fe360

*Dati geometrici profili in acciaio struttura di sostegno pannelli*

In tale fase tutte le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici e di conseguenza i pali di fondazione, sono state pre-dimensionate sulla base di un tipologico che in fase di esecuzione potrà essere migliorato al fine di ottenere il massimo rendimento dell'impianto fotovoltaico.

Tra le possibili alternative vi è quella legata alla tipologia di fondazione per le strutture di sostegno dei pannelli fotovoltaici. Data la natura del terreno una possibile soluzione può essere quella di utilizzare pali a vite [o screw piles], i quali permetterebbero profondità di infissione minori. L'utilizzo di tale tipologia costruttiva dovrà però essere valutata in fase esecutiva a seguito di prove in sito e solo dopo aver eseguito gli spianamenti.



Gli screw piles (o pali a vite) sono pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni, che vengono avvitate nel terreno per mezzo di semplici apparecchiature che possono essere facilmente montate sulle più comuni macchine operatrici. Ciò implica la quasi totale assenza di un cantiere per la realizzazione della fondazione, aspetto fondamentale quando ci si trova ad operare in ambiti rurali difficilmente raggiungibili, ed una estrema rapidità di esecuzione.

Tale tipologia di palo è adeguata a resistere sia a sforzi di compressione che di trazione, e perciò consente alla fondazione di sopportare anche momenti ribaltanti. Data inoltre la possibilità di rimuovere e riutilizzare tali elementi, gli screw piles si

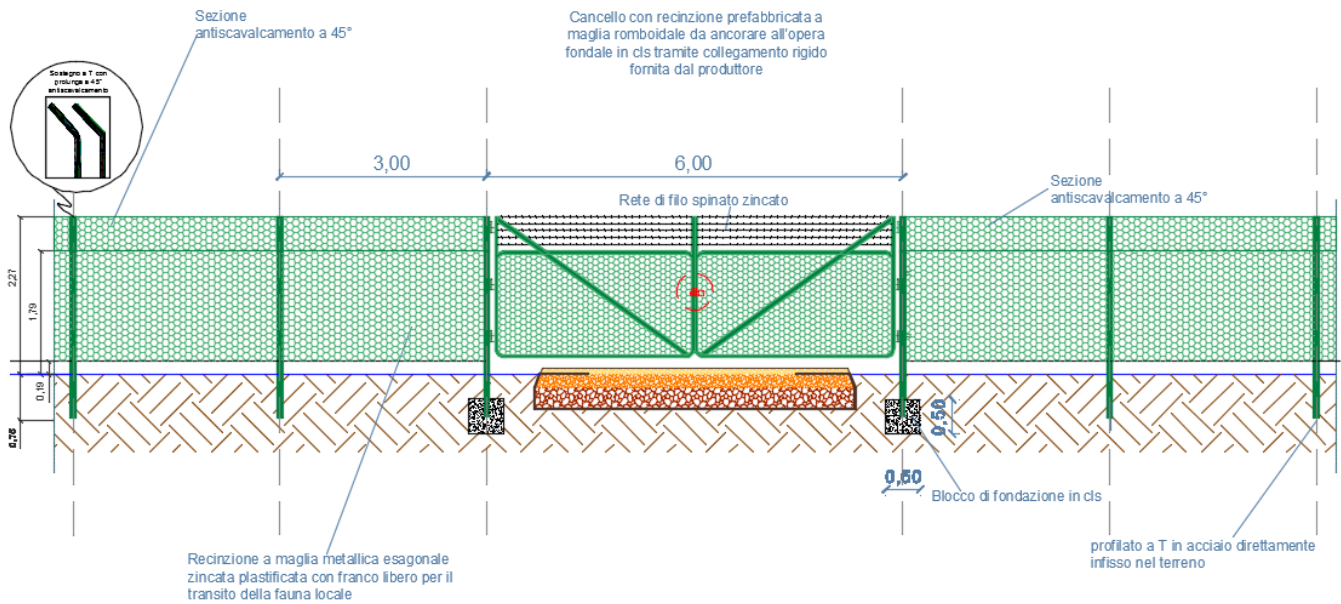
ritengono convenienti per le fondazioni di impianti leggeri quali quelli a terra, posti in opera in tempi brevi e dotati di una certa vita operativa.

Si riporta di seguito un esempio di fondazione con palo a vite, avente profondità di infissione pari a 2 m.

In fase esecutiva, a seguito di prove geotecniche, sarà possibile eventualmente definire una diversa tipologia di fondazione profonda, per mezzo di pali a semplice infissione.

## 7 RECINZIONI E CANCELLI

Le recinzioni dell'impianto fotovoltaico, come risulta dagli elaborati progettuali, saranno del tipo a maglia metallica plastificata di altezza pari a 2,27 m su pali metallici a "T", adeguatamente protetti contro la corrosione (vernici epossidiche e/o zincatura) direttamente infissi nel terreno.



Dettaglio recinzione e cancello nei punti di accesso

I paletti in acciaio a "T" da 40 saranno posati ad interasse di mt. 3.00 con tre fili tenditori, con sezione antiscavalco inclinata a 45°. L'accesso avverrà tramite passaggio carraio di larghezza pari a 6.00 m realizzato con elementi a maglia plastificata con sovrastante rete di filo spinato zincato sarà posato in opera su idonei basamenti in calcestruzzo.

Assimilando recinzioni e cancelli a strutture a mensole incastrate al terreno (per i cancelli lo schema vale per i pilastri terminali), si considera che le tensioni sulla mensola vengono determinate dalla spinta orizzontale con conseguente generazione di una matrice di sollecitazione alla base. Con tale schema statico è possibile stimare i momenti di ribaltamento dei montanti e conseguentemente determinare la profondità di infissione della recinzione in ragione dell'effettiva modalità di posa. Per i cancelli allo stesso modo si dimensiona il basamento in calcestruzzo delle colonne.

Il calcolo esatto è rinviato alla fase esecutiva di progettazione con riferimento alle definitive caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati. Per le caratteristiche geometriche si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

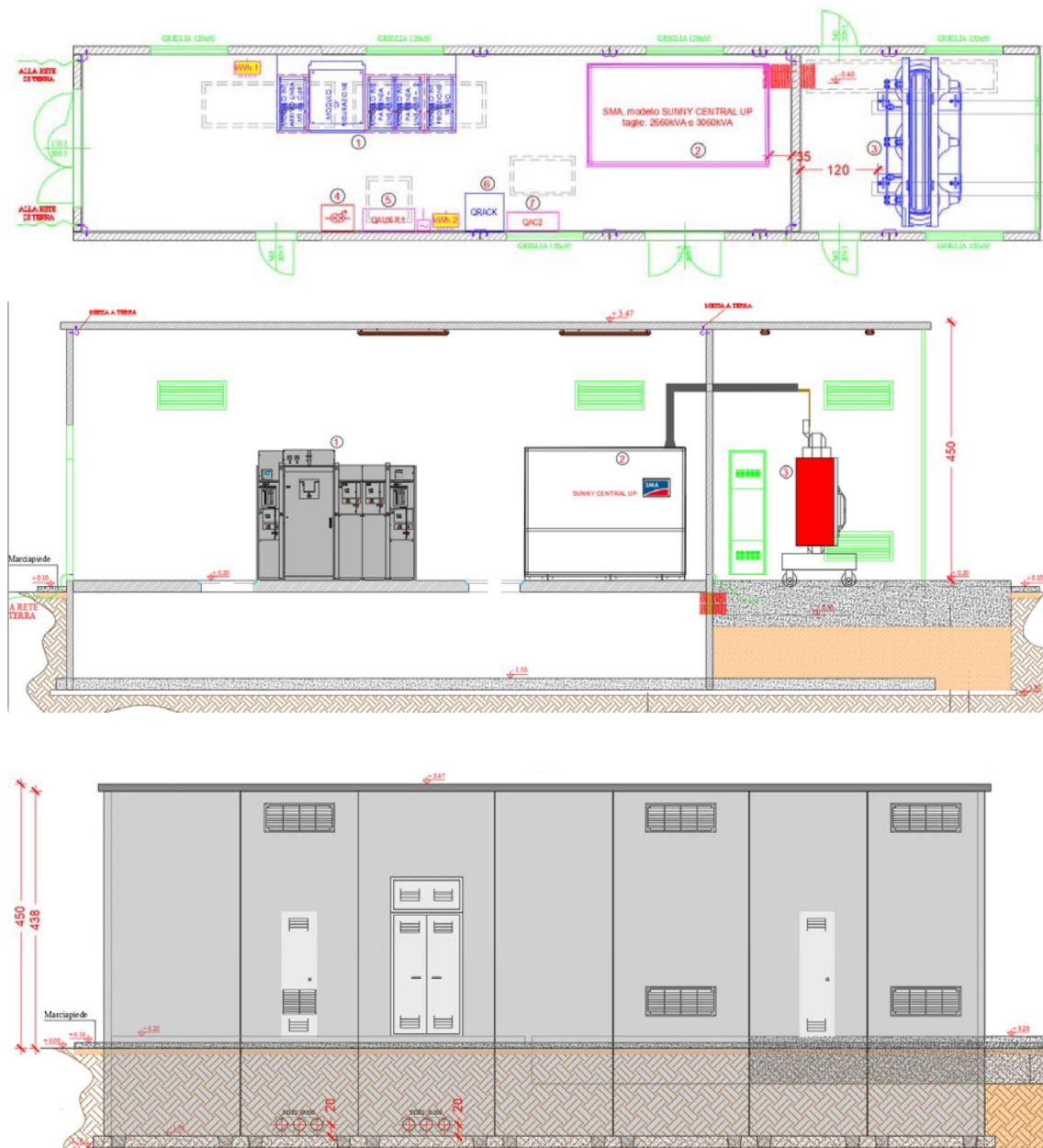
## 8 CABINE ELETTRICHE

Le cabine saranno manufatti di tipo prefabbricato, tutti della medesima taglia e caratteristiche costruttive generali.

Le cabine elettriche di conversione CC/AC e trasformazione BT/MT hanno la funzione di accogliere i componenti necessari a convertire l'energia elettrica in corrente continua prodotta dall'impianto fotovoltaico in energia elettrica alternata, la quale poi sarà trasformata in media tensione dal trasformatore elettrico presente in ogni cabina. Tali cabine saranno composte dai seguenti locali e/o vani:

- un locale “conversione”, dove sarà installata la macchina inverter per la conversione dell’energia elettrica da continua DC ad alternata AC e un quadro di bassa tensione (QAUX) derivabile direttamente dalla macchina inverter;
- un locale trasformatore, dove sarà installato un trasformatore in resina BT/MT, in esecuzione speciale essendo dotato di due gruppi di morsetti BT collegati in parallelo direttamente all’interno della macchina. In tal modo ad ogni gruppo di morsetti BT sarà collegato un inverter, evitando di conseguenza la necessità di installare quadri di distribuzione intermedi tra convertitori e trasformatore e un quadro di bassa tensione (AUX) derivabile dal secondario del trasformatore tramite un altro trasformatore 240/400 V, essendo la tensione secondaria del trasformatore di cabina pari a 240V;
- un locale quadri MT, dove saranno installati i moduli Interruttore di Manovra Sezionatore sottocarico (I.M.S) per la configurazione ad anello delle cabine elettriche, ed un modulo Interruttore SF6 con sezionatore e partenza cavo posto a protezione e sezionamento del trasformatore stesso.

Dal punto di vista costruttivo, i locali saranno realizzati con struttura portante a pannelli prefabbricati, trattati internamente ed esternamente con intonaco murale plastico formulato con resine speciali e pigmenti di quarzo ad elevato potere coprente ed elevata resistenza agli agenti esterni anche per ambienti marini, montani ed industriali con atmosfera altamente inquinata.



Pianta, prospetto e sezioni cabina MASTER e SLAVE (dimensioni principali 15,00 x 3,00 x 4,50h)

Dal punto di vista costruttivo, i locali saranno realizzati con struttura portante a pannelli prefabbricati, trattati internamente ed esternamente con intonaco murale plastico formulato con resine speciali e pigmenti di quarzo ad elevato potere coprente ed elevata resistenza agli agenti esterni anche per ambienti marini, montani ed industriali con atmosfera altamente inquinata.

I pannelli prefabbricati saranno poggiati su una platea in c.a. semi interrata a sua volta poggiata su una superficie in magrone livellante in calcestruzzo magro. Su apposite mensole degli elementi verticali, al di sotto del vano Quadri MT, poggerà il solaio costituente il pavimento, anch'esso prefabbricato, di spessore 12 cm calcolato per sopportare un carico uniformemente distribuito non inferiore a 400 kg/m<sup>2</sup>.

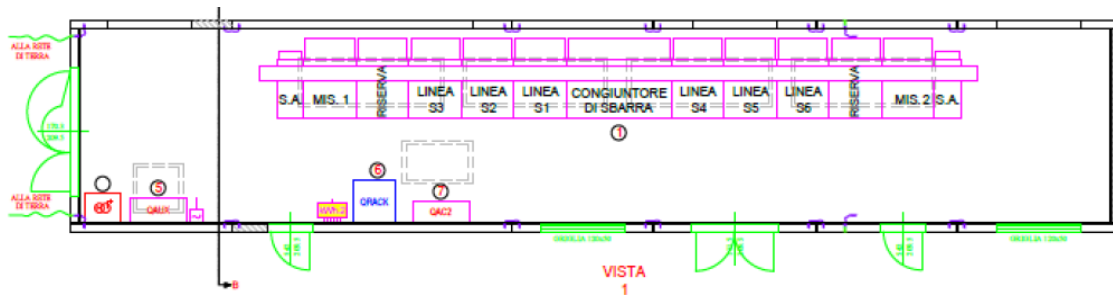
In tal modo resterà realizzata una vasca sottostante il pavimento, idonea ad accogliere il passaggio dei cavi elettrici MT e BT.

Il tetto sarà impermeabilizzato con guaina bituminosa a caldo di spessore atto a garantire un coefficiente medio di trasmissione termica di 3.1 W/Cm<sup>2</sup>.

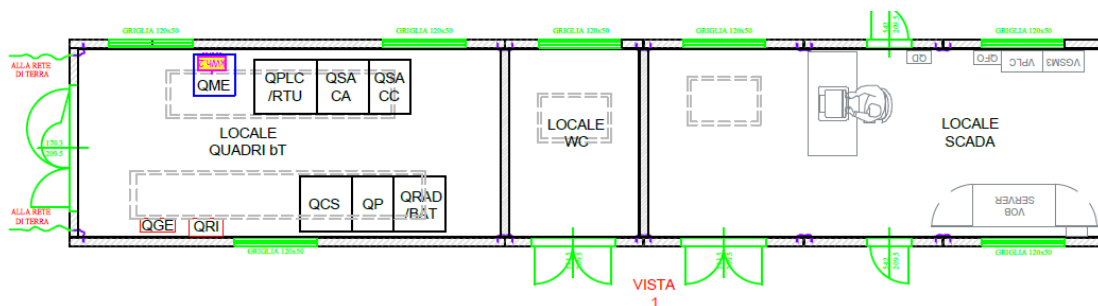
Il manufatto sarà completo di porte, griglie e finestre.

Il manufatto avrà dimensioni in pianta complessive pari a 15,00m x 3,00m e altezza di 4,50m (altezza riferita al piano di campagna).

I 3 sottocampi si conetteranno alla “**CABINA DI RACCOLTA**” (CdR), deputate a cabina di sezionamento, misura e raccolta dell'energia prodotta. La cabina di raccolta sarà costituita da un unico locale, destinato ad ospitare la batteria di scomparti necessari alla protezione e sezionamento delle linee di collegamento ai subcampi, e di collegamento tra Cabine di raccolta e Sottostazione Produttore: tale vano verrà denominato Locale Quadri MT:



Inoltre, nell'impianto saranno installati anche nove ulteriori fabbricati, denominati “Locale Servizi” delle medesime dimensioni, destinati ad accogliere i soli locali e room controllo: un locale quadri BT, un vano ufficio uso SCADA, i servizi igienici.



Dal punto di vista costruttivo i due manufatti saranno realizzati con la medesima tecnica delle cabine di campo Master/Slave, con vani e pozzetti interrati per il passaggio dei cavi MT. Le coperture dei pozzetti, sia facenti parte delle fondazioni che ad esse esterni, potranno essere in ghisa o calcestruzzo.

Il pavimento sarà predisposto con aperture e passerelle apribili per permettere il passaggio dei cavi MT e BT, nonché l'ispezione e l'agevole installazione degli stessi.

Infine sarà realizzato un locale da adibire ad uso magazzino, per lo stivaggio di materiali di ricambio e di mezzi per la manutenzione dell'impianto, esso avrà dimensioni principali pari a 22,00 x 8,00 x 4,50h



Prospetto anteriore (in alto) e laterale (in basso) del locale magazzino

## 9 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

### 9.1 CALCESTRUZZO IN OPERA

Il calcestruzzo utilizzato in opera sarà di diversa fattura a seconda dei casi di utilizzo dello stesso, infatti verrà utilizzato cls ordinario di classe C25/30 per la realizzazione dei pali di fondazione a servizio degli aereogeneratori, nonché di tutte le strutture facenti parte la sotto - stazione. Mentre per la piastra di base, su cui sarà innestata la torre eolica, verrà utilizzato un cls di classe C30/37. Per il piedistallo di alloggiamento della torre, verrà utilizzato un cls di classe C45/55.

Il calcestruzzo ordinario utilizzato in opera sarà di tipo normale avente massa volumica, dopo essiccazione a 105 °C, compresa fra 2000 e 2600 kg/mc.

Dovrà essere garantita, unitamente alla resistenza, la durabilità delle strutture in conglomerato cementizio. Pertanto, nel caso di calcestruzzi a "prestazione garantita" (UNI EN 206-1), dovranno essere rispettate anche le prescrizioni relative alla composizione ed alle caratteristiche del conglomerato fresco ed indurito, nonché quant'altro esplicitamente o implicitamente contenuto nella documentazione tecnica di progetto.

Per i soli calcestruzzi di sottofondazione (indicati anche come "magroni"), è possibile produrre miscele a dosaggio con  $R_{ck} > 15$  N/mm<sup>2</sup>.

I materiali impiegati per il confezionamento del calcestruzzo sono: aggregato di inerti (sabbia e ghiaia o pietrisco), pasta di cemento (cemento e acqua) ed eventuali additivi.

Tali materiali dovranno rispettare quanto indicato nelle normative di riferimento sopra elencate.

- **Aggregati di inerti** - Si utilizzeranno aggregati di massa volumica normale compresa fra 2000 e 3000 kg/mc. Gli inerti in genere dovranno corrispondere ai requisiti prescritti dalla normativa vigente e dalle UNI EN 12620. Dovrà essere attentamente analizzata la possibilità di insorgenza di reazioni tipo "ASR" (alcali silice), prendendo tutti i provvedimenti e le precauzioni indicate nella UNI EN 206-1, nella UNI 8520/22:2002 e nella UNI 8981-8:1999.
- **Cementi** - I cementi devono rispettare le norme, le indicazioni, le caratteristiche e le prescrizioni contenute nella UNI EN 197/01 e nelle normative Legge 26/05/1965 n. 595 e DM 03/06/1968 "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi".
- **Acqua** - L'acqua di impasto dovrà ottemperare alle prescrizioni della UNI EN 1008:2003 o presentare, in alternativa, un tenore di sali disciolti minore dello 0.2% in peso. Per le acque non provenienti dai normali impianti di distribuzione di acqua potabile, si dovrà stabilirne l'idoneità mediante gli esami necessari per rilevare la presenza di sostanze con influenza negativa sui fenomeni di presa e indurimento del calcestruzzo, nonché sulla durabilità. L'acqua dovrà essere comunque limpida, incolore, inodore e sotto agitazione non dovrà dare luogo a formazione di schiume persistenti.
- **Additivi** - Gli additivi dovranno corrispondere alle prescrizioni delle UNI 7110:1972, UNI EN 934-2:2002, UNI 10765:1999, UNI EN 480-8:1998, UNI EN 480-10:1998. Gli additivi eventualmente utilizzati dovranno migliorare e potenziare le caratteristiche finali dei manufatti ed essere impiegati secondo le precise prescrizioni del produttore che dimostrerà, con prove di un Laboratorio Ufficiale da sottoporre al giudizio del Direttore dei Lavori, di rispondere ai requisiti richiesti ed alle disposizioni vigenti.
- **Calcestruzzo** - Il calcestruzzo potrà essere confezionato con processo industrializzato in uno stabilimento esterno o in cantiere secondo quanto indicato nelle Norme Tecniche delle Costruzioni 2018 al paragrafo 11.2 e nelle Linee Guida sul Calcestruzzo Strutturale edite dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ovvero alle norme UNI EN 206-1:2006 ed UNI 11104:2004;

### Calcestruzzo Ordinario C 25/30

Si indicano le seguenti caratteristiche del calcestruzzo in funzione delle caratteristiche statiche e di esposizione ambientale richieste:

- classe di resistenza C25/30
- Rck  $\geq 30$  MPA
- classe di esposizione XC2
- rapporto a/c max 0,60
- dosaggio minimo cemento 300 Kg/mc
- classe di consistenza S4
- diametro massimo aggregato 25 mm
- copri ferro C = 50 mm

### Caratteristiche meccaniche di progetto del calcestruzzo Classe NTC 2018 (EC2 - UNI EN 206-1:2006) C25/30

CARATTERISTICHE MATERIALI DA COSTRUZIONE								
DATI GENERALI DI PROGETTO				GRANDEZZE CARATTERISTICHE				
CLASSE CLS	C25/30	MPa	Resistenza trazione caratteristica CLS	$f_{ctk}$	1,80	MPa		
ACCIAIO	B450	C	Resistenza compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck}$	25	MPa		
CLASSE ESPOSIZIONE	XC2		Resistenza compressione cubica caratteristica	Rck	30	MPa		
COEFFICIENTI DI SICUREZZA				Tensione caratteristica di rottura ACCIAIO	$f_{yt}$	540,00 MPa		
Coefficiente tempo	$\alpha_{cc}$	0,85	Tensione caratteristica di snervamento ACCIAIO	$f_{yk}$	450,00	MPa		
Coefficiente sicurezza	$\gamma_c$	1,5	Tensione caratteristica aderenza CLS-ACCIAIO	$f_{bk}$	4,04	MPa		
Coefficiente Poisson	$\nu$	0,2	CARATTERISTICHE CALCESTRUZZO					
Coefficiente sicurezza	$\gamma_s$	1,15	Deformazione ultima	$\epsilon_{cu}$	0,35	%		
Coefficiente barre	$\eta$	1	Snervamento (parabola-rettangolo)	$\epsilon_{c2}$	0,20	%		
LUNGHEZZA ANCORAGGIO FERRI				Snervamento (lineare-costante)	$\epsilon_{c3}$	0,18	%	
Lmin. Ancoraggio ferri	$l_d$	36,323202	$\Phi$	Snervamento (stress block)	$\epsilon_{c4}$	0,07	%	
COPRIFERRI				Deformazione ultima a trazione	$\epsilon_{ctu}$	0,00	%	
Aggressività ambiente	ordinario		Modulo elastico medio a compressione	$E_{cm}$	31476	MPa		
Classe min. CLS	$C_{MIN}$	25	30	MPa	Modulo elastico a trazione	$E_{ct}$	31476	MPa
Classe riferimento CLS $C_o$	35	45	MPa	Resistenza compressione cilindrica media	$f_{cm}$	33,00	MPa	
Tolleranze posa ferri	10		mm	Resistenza compressione	$f_{cd}$	14,17	MPa	
Copri ferro per piastre	$d_p'$	30	mm	Resistenza compressione solette ( $s < 50$ mm)		11,33	MPa	
Copri ferro	$d'$	35	mm	Resistenza trazione media	$f_{ctm}$	2,56	MPa	
CARATTERISTICHE ACCIAIO				Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctm}$	3,08	MPa	
Snervamento	$E_{yd}$	0,19	%	Resistenza a trazione	$f_{ctd}$	1,20	MPa	
Modulo elastico	$E_s$	210000	MPa					
Resistenza di calcolo	$f_{yd}$	391,30	MPa					
Tensione aderenza	$f_{bd}$	2,69	MPa					

#### 9.1.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Secondo quanto indicato dalle attuali norme "Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la conformità delle caratteristiche del calcestruzzo messo in opera rispetto a quello stabilito dal progetto e sperimentalmente verificato in sede di valutazione preliminare." (D.M. 17/01/2018, cap. 11.2.4. e 11.2.5).

Il controllo di accettazione va eseguito su miscele omogenee e si configura, in funzione del quantitativo di calcestruzzo in accettazione, nel:

- controllo di tipo A di cui al § 11.2.5.1
- controllo di tipo B di cui al § 11.2.5.2

Nelle strutture in oggetto si prevedono quantitativi di miscela omogenea non superiori ai 1500 mc, pertanto si prescrive il **controllo di tipo A:**

"Il controllo di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m<sup>3</sup>. Ogni controllo di accettazione di tipo A è rappresentato da tre prelievi (ossia due provini), ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea. Risulta quindi un controllo di accettazione ogni 300 m<sup>3</sup> massimo di getto. Per ogni giorno di getto va comunque effettuato almeno un prelievo.

Nelle costruzioni con meno di 100 m<sup>3</sup> di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero." (NTC 2018 § 11.2.5.1)

## 9.1.2 CONTROLLO DI TIPO A

- $R_1 \geq R_{ck}-3,5$  ;
- $R_m \geq R_{ck}+3,5$ ;
- n° prelievi = 3 (2 provini a prelievo)

Il prelievo dei provini per il controllo di accettazione va eseguito alla presenza del Direttore dei lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo e dispone l'identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc. La domanda di prove al laboratorio deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere precise indicazioni sulla posizione delle strutture interessate da ciascun prelievo e sulla identificazione dei provini facendo riferimento ai relativi verbali di prelievo.

## 9.2 ACCIAIO D'ARMATURA IN OPERA

L'acciaio da utilizzare deve provenire da uno stabilimento qualificato e deve essere controllato in stabilimento secondo le procedure descritte dalle norme tecniche (NTC 2018 paragrafo 11.3). Deve quindi essere sempre marchiato ed accompagnato dalla relativa documentazione, in particolare:

- dichiarazione di conformità CE o attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale riportanti un timbro in originale e almeno la data di spedizione ed il destinatario;
- documento di trasporto che indichi lo stabilimento di provenienza, le dimensioni, il tipo, la quantità ed il destinatario.

Nel caso di acciaio lavorato in centri di trasformazione questi ultimi sono tenuti ad effettuare i controlli previsti nelle Norme Tecniche e ad accompagnare la fornitura in cantiere con:

- Documento di trasporto con dichiarazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal direttore tecnico del centro di trasformazione, con indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

### Classe NTC 2018      B450C barre di armatura

- Resistenza caratteristica di rottura:  $f_{tk} > 540,0$  MPa
- Resistenza caratteristica di snervamento:  $f_{yk} > 450,0$  MPa
- Coefficiente di sicurezza dell'acciaio  $\gamma_s = 1,15$
- Tensione di calcolo a snervamento  $f_{yd} = 391,3$  MPa
- Modulo di elasticità di progetto  $E_s = 206000$  MPa
- Deformazione a snervamento dell'acciaio  $f_{yd} = 0,0019$
- Rapporti di sovra resistenza  $1.15 < (f_t/f_y)_k < 1.35$        $(f_y/f_{y, nom})_k < 1.25$
- Allungamento  $(A_{gt}) > 6$  %
- Saldabilità e tenore di Carbonio secondo quanto indicato nelle NTC 2018

### 9.2.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

Nel caso degli acciai da calcestruzzo armato i controlli di accettazione in cantiere devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale e devono essere campionati, nell'ambito di ciascun lotto di spedizione, in ragione di 3 spezzoni, marchiat, di uno stesso diametro, scelto entro ciascun lotto, sempre che il marchio e la documentazione di accompagnamento dimostrino la provenienza del materiale da uno stesso stabilimento. In caso contrario i controlli devono essere estesi ai lotti provenienti da altri stabilimenti.



I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nella tabella seguente:

CARATTERISTICA	VALORE LIMITE	NOTE
fy minimo	425 MPa	(450-25) MPa
fy massimo	572 MPa	[450 x (1,25+0,02)] MPa
Agt minimo	> 6%	per acciai B450C
Agt minimo	> 2%	per acciai B450A
Rottura/snervamento	$1,13 < ft/fy < 1,37$	per acciai B450C
Rottura/snervamento	$ft/fy > 1,03$	per acciai B450A
Piegamento / raddrizzamento	assenza di cricche	per tutti

### 9.3 ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE IN OPERA

#### Classe NTC 2018 S355

CLASSE ACCIAIO		S355
fyd (t<40mm)	kg/cmq	3550
fyd (t>40mm)	kg/cmq	2150
ft (t<40mm)	kg/cmq	5100
ft (t>40mm)	kg/cmq	4700

#### Classe NTC 2018 8.8 (BULLONI)

CLASSE ACCIAIO		8.8
fub (t<40mm)	kg/cmq	8000
fyb (t>40mm)	kg/cmq	6400

E' ammesso esclusivamente l'impiego di acciai qualificati e controllati secondo le procedure di cui al DM 17/01/2018.

Qualora la fornitura in cantiere provenga da un centro di trasformazione, i documenti di accompagnamento devono riportare gli estremi della certificazione del sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di trasformazione.

#### 9.3.1 PROVE DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE

I controlli in cantiere sono obbligatori e devono essere eseguiti effettuando un prelievo di almeno 3 saggi per ogni lotto di spedizione, di massimo 30t. Qualora la fornitura provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato che sia in possesso di tutti i requisiti previsti dal D.M 17/01/2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento i controlli di cui sopra. Il prelievo dei campioni in tal caso viene effettuato dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Per la fornitura di acciaio da carpenteria i documenti da far pervenire alla Direzione Lavori e gli adempimenti da parte dell'impresa sono riportati nel seguito.

- Documenti di trasporto (d.d.t.) di spedizione del materiale dallo stabilimento di produzione al centro di trasformazione (l'officina) e da questo al cantiere;
- Attestazione di Qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Produttore del materiale. Su tale attestato devono apparire sia gli estremi del d.d.t. di spedizione del

materiale dallo stabilimento di produzione al centro di trasformazione, sia gli estremi del d.d.t. di spedizione del materiale dal centro di trasformazione in cantiere.

- Dichiarazione del centro di trasformazione degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciata dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- Attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata.

## 10 CONCLUSIONI

Vista la natura dell'opera le azioni significative per il pre-dimensionamento delle strutture di sostegno degli inseguitori solari sono rappresentate dalla distribuzione dei carichi derivanti dalle azioni del vento. Altre azioni minori e certamente non dimensionanti, sono rappresentate dal peso proprio delle strutture, dal carico da neve e dalle azioni dinamiche indotte dalle sollecitazioni sismiche.

Le sollecitazioni derivanti da dette azioni risultano secondarie all'analisi strutturale rispetto alle azioni dinamiche indotte dal vento, visto soprattutto la trascurabile massa dei moduli che ricopre un ruolo determinante nelle verifiche statiche e dinamiche da sisma. Inoltre, vista la posizione dell'area di intervento i carichi da neve risultano marginali.

Per ciò che riguarda le restanti componenti minori quali container, cabinet, recinzioni, cancelli e pali di illuminazione, **trattandosi di elementi standard si rimanda alla fase di progettazione esecutiva per le specifiche verifiche della sicurezza strutturale essendo comunque valutata, in via preliminare, la compatibilità strutturale delle opere in progetto.**

Rinviando alla progettazione esecutiva la verifica strutturale delle opere secondo i dettami delle NTC2018, considerando quindi l'analisi dei carichi rigorosa e la combinazione delle azioni sui vari elementi strutturali, dalle verifiche svolte è evidente la piena compatibilità dell'opera per come pre-dimensionata, sotto l'aspetto statico e dinamico.

Cerignola, Novembre 2022

Il Tecnico  
dott. ing. Tommaso Monaco

