

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)	 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
<b>ELABORAZIONI</b> I.A.T. Consulenza e progetti S.r.l. con socio unico - Via Giua s.n.c. - Z.I. CACIP, 09122 Cagliari (CA) Tel./Fax +39.070.658297 Web www.iatprogetti.it		<b>PAGINA</b> 1 di 21

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO "GR MACOMER"

- COMUNE DI MACOMER (NU) -

<b>OGGETTO</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>	<b>TITOLO</b> <b>CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE          INSEGUITORI SOLARI</b>
--	---



<b>PROGETTAZIONE</b> I.A.T. CONSULENZA E PROGETTI S.R.L. ING. GIUSEPPE FRONGIA	<b>Gruppo di lavoro:</b> Ing. Giuseppe Frongia (coordinatore e responsabile) Ing. Marianna Barbarino Ing. Enrica Batzella Dott. Pian. Terr. Andrea Cappai Ing. Antonio Dedoni (Archeologia) Dott. Geol. Maria Francesca Lobina Agr. Dott. Nat. Nicola Manis Dott. Nat. Maurizio Medda Ing. Gianluca Melis Dott. Geol. Mauro Pompei Dott. Pian. Terr. Eleonora Re Ing. Elisa Roych Dott. Nat. Fabio Schirru Dott. Matteo Tatti
--	---

Cod. pratica 2022/0305

Nome File: **GREN-FVM-RP16**\_Calcoli preliminari strutture inseguitori solari.docx



0	15/12/2023	Emissione per procedura di AU	IAT	GF	GREN
<b>REV.</b>	<b>DATA</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>ESEG.</b>	<b>CONTR.</b>	<b>APPR.</b>

Disegni, calcoli, specifiche e tutte le altre informazioni contenute nel presente documento sono di proprietà della I.A.T. Consulenza e progetti s.r.l. Al ricevimento di questo documento la stessa diffida pertanto di riprodurlo, in tutto o in parte, e di rivelarne il contenuto in assenza di esplicita autorizzazione.

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)	 <b>Greenergy</b> <small>ENERGIE RINNOVABILI</small>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 1 di 21	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>ILLUSTRAZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>METODO DI CALCOLO E VERIFICA .....</b>	<b>5</b>
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>CARICHI DI PROGETTO.....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI.....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE .....</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>20</b>

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)	 <b>Greenergy</b> <small>RINNOVABILI</small>	<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 2 di 21	

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce parte integrante del progetto definitivo di una centrale fotovoltaica, da realizzarsi con moduli in silicio monocristallino installati su inseguitori solari monoassiali. La centrale, insistente su una superficie di circa 51 ettari, è ubicata in agro del Comune di Macomer (NU), in località "Arrulas", immediatamente ad ovest dell'area industriale di Tossilo.

La proponente è la Greenergy Rinnovabili 8 S.r.l. avente sede in Via Borgonuovo, 9 – 20121 Milano (MI).



L'impianto in progetto avrà una potenza complessiva AC di 27,44 MW, data dalla somma delle potenze nominali dei singoli inverter (potenza nominale lato DC pari a 35,30MWp), e sarà costituito da n. 1925 inseguitori monoassiali (tracker da n. 2x14 pannelli FV).

Il presente elaborato, redatto in osservanza di quanto stabilito dal D.M. 10/09/2010 e dalla Deliberazione della Giunta Regione Sardegna n. 3/25 del 23/01/2018, contiene i calcoli preliminari delle strutture metalliche e delle opere di fondazione degli inseguitori solari monoassiali (*tracker*), componenti la centrale fotovoltaica.

Per tali finalità si è fatto riferimento agli schemi costruttivi dei *tracker* monoassiali resi disponibili dai costruttori (*tracker*Comal SpA o di caratteristiche similari) ed ai dati di caratterizzazione dei terreni riportati nella relazione geologica e geotecnica a firma del Dott. Mauro Pompei e della Dott.ssa Francesca Lobina.

Si riportano nel seguito i calcoli di verifica delle strutture metalliche di sostegno dei pannelli e delle colonne infisse di fondazione per un singolo allineamento di lunghezza pari a circa 18 m, composto da due campate, tre sostegni e due sbalzi laterali.

Le azioni di progetto sono state ricavate per lo specifico sito di installazione, con riferimento alle indicazioni fornite dalla normativa vigente di settore (Norme Tecniche per le Costruzioni, il D.M. 17/01/2018).


<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 3 di 21	

## 2 NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

- D.M. 17 gennaio 2018 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”;
- “Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 17 gennaio 2018”;
- Decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n. 246 “Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE relativa ai prodotti da costruzione”;
- D.M. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle opere di fondazione”;
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64, “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica”;
- UNI EN 1090 – Esecuzione di Strutture in Acciaio e Alluminio. Parte 1 - Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali;
- AGI - ASSOCIAZIONE GEOTECNICA ITALIANA. Raccomandazioni sui pali di fondazione.

L'elenco normativo è riportato soltanto a titolo di promemoria informativo; esso non è esaustivo, per cui eventuali leggi o norme applicabili, anche se non citate, andranno comunque applicate.

Infine, qualora le sopra elencate norme tecniche siano modificate o aggiornate, si dovranno applicare le norme più recenti.

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 4 di 21	

### 3 ILLUSTRAZIONE GENERALE DEGLI INTERVENTI

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico composto da "inseguitori solari meccanici monoasse", da realizzare in agro di Macomer – loc. *Arrulas*.

Con la presente relazione si procede al calcolo e verifica degli elementi che costituiscono la struttura in elevazione e la struttura di collegamento al suolo.

L'impianto sarà formato da distinti *tracker* allineati N-S ed affiancati con interdistanza di circa 10,5 metri in direzione E-W; gli inseguitori saranno da 28 pannelli FV.

L'inseguitore ha uno di sviluppo pari a circa 19 metri, su due campate e tre colonne; i pannelli saranno disposti su due file, ciascuno ha lunghezza pari a 2384 mm e larghezza pari a 1303 mm.

La rotazione assiale dei pannelli consente il posizionamento dei pannelli con angolo sull'orizzontale pari a + 55°, 0° e - 55°, configurazioni per le quali si verificano distinte condizioni di carico di progetto.

Inoltre, l'impianto è dotato di sensore anemometrico che trasmette apposito segnale di posizionamento dei pannelli ad angolazione nulla sull'orizzontale quando la velocità del vento raggiunge il valore di 50 km/h (13.89 m/sec).

Per le presenti finalità di calcolo il profilato in acciaio ad omega, o scatolato equivalente, è stato assimilato per caratteristiche di resistenza a un tubolare a sezione chiusa 140x140x6 mm, di altezza pari a circa 210 cm fuori terra e infissi mediante battitura direttamente nel terreno per una profondità pari a circa 150 cm.



Questi elementi rappresentano al contempo sia i montanti verticali fuori terra che le fondazioni profonde.

Gli elementi orizzontali principali sono costituiti da tubolari 140x140x6 mm che sono ancorati ai montanti mediante degli elementi pressopiegati speciali di fornitura del costruttore.

Il tubolare 140x140x6 mm rappresenta l'asse di rotazione della struttura; sull'orditura principale sono ancorati i profili metallici secondari che sorreggono i pannelli fotovoltaici mediante ancoranti meccanici.

L'installazione dei sostegni prevedrà l'esecuzione di un preforo di profondità indicativa 1450 mm e diametro variabile (Z: 130 mm, H: 150 mm), l'infissione del profilo tramite macchina battipalo, il riempimento del foro con il terreno di risulta della trivellazione costipato e l'eventuale esecuzione di collare in boiaccia come rifinitura.



Si conducono nel seguito le verifiche strutturali degli elementi metallici previsti nel progetto, riportando precedentemente le modalità di calcolo seguite, i sovraccarichi considerati, nonché le normative tecniche di riferimento utilizzate.

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 5 di 21	

#### 4 METODO DI CALCOLO E VERIFICA

È stato utilizzato il metodo degli Stati Limite applicandolo così come previsto dalle NTC 2018 (D.M. 17/01/2018).

Considerando i valori modesti delle masse strutturali e non strutturali presenti, considerato il modesto rischio sismico per il territorio della regione Sardegna, tenuto conto che la combinazione di carico sismica (SLU ed SLE) ai sensi delle NTC, non prevede cumulo con azioni da vento e neve, nel seguito non è stato considerato l'effetto delle azioni sismiche.

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA  E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 6 di 21	

## VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO:

Tipo di costruzione: 2 (opere ordinarie)

Vita nominale:  $V_N \leq 50$  anni

Classe d'uso: II

Periodo di riferimento:  $V_R = 50$  anni

## CLASSE DI ESECUZIONE

(ai sensi della UNI EN 1090)

Classe di conseguenze: CC2

Categoria di Servizio: SC1

Categoria di Produzione: PC1

CLASSE DI ESECUZIONE: **EXC2**

## CARATTERISTICHE DEI MATERIALI:

PROFILI LAMINATI SECONDO UNI EN 10025:

S 275 JR  $f_y = 27.50 \text{ kN/cm}^2$

UNIONI BULLONATE:

Bulloni ad alta resistenza:

(vitecl. 8.8 - dado cl. 8 - secondo UNI EN 15048)



$f_{tb} = 80 \text{ kN/cm}^2$

$\gamma_{M2} = 1.25$

UNIONI SALDATE:

livello di qualità: C

(secondo UNI EN ISO 5817)

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 7 di 21	

## 5 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA



I calcoli strutturali delle fondazioni fanno riferimento ai dati contenuti nella relazione geologica e geotecnica redatta dal Dott. Geol. Mauro Pompei e dalla Dott.ssa Francesca Lobina (Elaborato EI-FVS-RP4).

La stratigrafia considerata nel calcolo preliminare delle opere di fondazione è basata sui dati forniti dal geologo il quale ha individuato la presenza a breve profondità dal p.c. delle vulcaniti basaltiche o trachibasaltiche, rappresentate da spesse e giustapposte colate laviche, in giacitura poco inclinata verso S-SE, localmente vescicolari, di colore grigio scuro o nerastro, in facies lapidea o litoide, prive di significanti alterazioni.

Per il basamento basaltico si considerano, in via orientativa, i seguenti parametri geotecnici:

- Peso di volume naturale  $\gamma = 26,00 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di resistenza al taglio  $\varphi' = 37 \div 40^\circ$
- Coesione efficace  $c' = >300 \text{ kPa}$
- Modulo di compressibilità  $E_k = 1.000 \text{ daN/cm}^2$



<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 8 di 21

## 6 CARICHI DI PROGETTO

Per la definizione delle azioni di progetto si è fatto riferimento ai dati contenuti nelle specifiche tecniche del costruttore dei *tracker*, proprietaria del brevetto degli inseguitori solari di riferimento per la progettazione.

### 1 - PESI PROPRI E CARICHI PERMANENTI

#### CARICHI PERMANENTI:

##### PESI PROPRI STRUTTURALI

Palo Tubolare 140x140x6 mm	250 N/m
Traverso Tubolare 140x140x6 mm	250 N/m


##### CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI

Pannelli fotovoltaici compreso fissaggi (dim. 2384 x1303mm)	150 N/m <sup>2</sup>
---	----------------------

### 2 - AZIONE DEL VENTO

La pressione del vento massima di normativa sul sito in esame si applica alla configurazione geometrica di pannello orizzontale (Configurazione B).

La pressione del vento in condizioni di esercizio ( $V < 50$  km/h) si applica alla configurazione geometrica di pannello inclinato di 55° (Configurazione A).

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 9 di 21	

## PRESSIONE DEL VENTO – REGIONE SARDEGNA

Zona 6

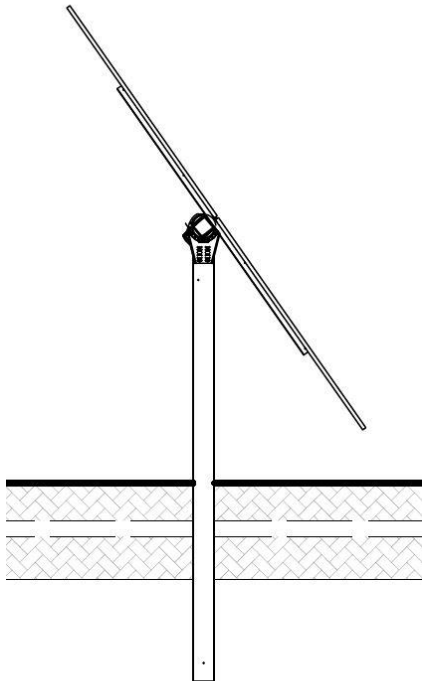
$$p = q_b \times C_e \times C_p \times C_d$$

$$a_s = 450 \text{ m.s.l.m.}$$

Tempo di ritorno 50 anni



$$q_b = v_b^2 \times 0.625$$

CONFIGURAZIONE A -  $\alpha = 55^\circ$



$$v_b = v_{max} = 13.89 \text{ m/s}$$

$$q_b = 0.12 \text{ kN/m}^2$$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 10 di 21

Classe di rugosità = A

Categoria di esposizione = IV

$Z_{\min} = 8 \text{ m}$

$Z_{\max} = 4.50 \text{ m}$

$c_e = 1.63$

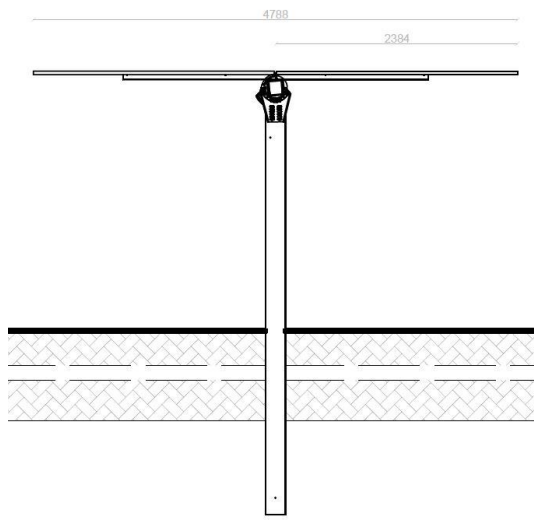
$c_d = 1$

$c_t = 1$

$c_p = 1.115$  (valore fornito dal costruttore su base di indagini specifiche)



$p_{VA} = 0.22 \text{ kN/m}^2$

CONFIGURAZIONE B -  $\alpha = 0^\circ$



$V_b = V_{b,0} = 28 \text{ m/s}$

$q_b = 0.49 \text{ kN/m}^2$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it		<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 11 di 21

Classe di rugosità = A

Categoria di esposizione = IV

$Z_{\min} = 8 \text{ m}$

$Z_{\max} = 4.50 \text{ m}$



$c_e = 1.63$

$c_d = 1$

$c_t = 1$

$c_p = 0.785$  (valore fornito dal costruttore su base di indagini specifiche)

$p_{VB} = 0.629 \text{ kN/m}^2$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 12 di 21	

### 3 - AZIONE DELLA NEVE

#### CARICO NEVE AL SUOLO – REGIONE SARDEGNA

Zona III – Comune di MACOMER

$$a_s = 450 \text{ m.s.l.m.}$$

per  $a_s > 200$

$$q_{sk} = 0.51 \times (1 + (a_s / 481)^{1/2})$$

$$q_{sk} = 0.96 \text{ kN/m}^2$$

$$q_N = \mu_1 \times q_{sk} \times C_e \times C_t$$

$$C_e = 1$$

$$C_t = 1$$

CONFIGURAZIONE A :  $\alpha = 55^\circ$

$$\mu_1 = 0.8 \times (60 - \alpha) / 30$$



$$\mu_1 = 0.1333$$

$$q_{NA} = 0.13 \text{ kN/m}^2$$

CONFIGURAZIONE B :  $\alpha = 0^\circ$

$$\mu_1 = 0.8$$

$$q_{NB} = 0.77 \text{ kN/m}^2$$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 13 di 21	

## 7 VERIFICA ELEMENTI STRUTTURALI

### A - TRAVE PRINCIPALE - TUBO QUADRO 140 x 140 x 6 S275

Si schematizza una trave continua su tre appoggi, di complessive due campate di lunghezza ciascuna pari a 7 metri, oltre due sbalzi laterali di luce pari a 2.10 metri.

Nella Configurazione A l'angolo di inclinazione sull'orizzontale è pari a 55°, nella Configurazione B l'angolo di inclinazione sull'orizzontale è pari a 0°.

CONFIGURAZIONE A :  $\alpha = 55^\circ$

$$g_1 = p.p. = 0.25 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{nA} = 0.13 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{vA} = 0.22 \text{ kN/m}^2$$

$$l_1 = 210 \text{ cm}$$

$$l_2 = 700 \text{ cm}$$

$$b = 480 \text{ cm (larghezza 2 pannelli)}$$

$$W_x = 135 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 135 \text{ cm}^3$$

Verifiche SLU:

$$Q = 1.5 \times (0.15 + 0.22 + 0.5 \times 0.13 \times \cos 55^\circ) = 0.61 \text{ kN/m}^2$$



$$q = 1.3 \times 0.25 + Q \times b = 3.26 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = q \times l_1^2 / 2 = 7.19 \text{ kNm}$$

$$M_2 = q \times l_2^2 / 10 = 15.97 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 15.97 \text{ kNm}$$

$$M_R = W \times f_d$$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 14 di 21	

Acciaio da carpenteria: S 275

$$\gamma_m = 1.05$$

$$f_y = 27.50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_d = 26.19 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_R = 35 \text{ kNm}$$

SLU - Flessione

$$M_{\max} / M_R = 0.52$$

verifica soddisfatta

SLU – Taglio sugli appoggi

$$T_A = 0.5 \times q \times l = 11.41 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = T_A / 2 \times h \times s = 0.68 \text{ kN/cm}^2 < f_v$$

verifica soddisfatta

CONFIGURAZIONE B :  $\alpha = 0^\circ$

$$g_1 = p.p. = 0.25 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{nA} = 0.77 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{vA} = 0.63 \text{ kN/m}^2$$



$$l_1 = 210 \text{ cm}$$

$$l_2 = 700 \text{ cm}$$

$$b = 480 \text{ cm (larghezza 2 pannelli)}$$

$$W_x = 135 \text{ cm}^3$$

$$W_y = 135 \text{ cm}^3$$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 15 di 21	

Verifiche SLU:

$$Q = 1.5 \times (0.15 + 0.77) = 1.38 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 1.3 \times 0.25 + Q \times b = 6.95 \text{ kN/m}$$

$$M_1 = q \times l_1^2 / 2 = 15.32 \text{ kNm}$$

$$M_2 = q \times l_2^2 / 10 = 34.05 \text{ kNm}$$

$$M_{\max} = 34.05 \text{ kNm}$$

$$M_R = W \times f_d$$

Acciaio da carpenteria: S 275

$$\gamma_m = 1.05$$

$$f_y = 27.50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_d = 26.19 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{R_x} = 35 \text{ kNm}$$

SLU - Flessione

$$M_{\max} / M_R = 0.98$$

verifica soddisfatta



SLU – Taglio sugli appoggi

$$T_A = 0.5 \times q \times l = 24.33 \text{ kN}$$

$$\tau_{\max} = T_A / 2 \times h \times s = 1.45 \text{ kN/cm}^2 < f_v$$

verifica soddisfatta



<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>CONSULENZA E PROGETTI</b> www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 16 di 21	

## B - COLONNA MONTANTE - TUBO QUADRO 140 x 140 x 6 S275

Si schematizza una trave incastrata al piede, mediante infissione sul terreno per battitura alla profondità di 150 cm, caricata in testa dalle azioni trasmesse dalla trave continua di sostegno dei pannelli.

La configurazione geometrica più sfavorevole è la Configurazione A con inclinazione dei pannelli pari a 55° sull'orizzontale.

CONFIGURAZIONE A :  $\alpha = 55^\circ$

$$g_1 = p.p. = 0.25 \text{ kN/m}$$

$$g_2 = 0.15 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{nA} = 0.24 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{vA} = 0.22 \text{ kN/m}^2$$

$$h = 220 \text{ cm}$$

$$W = 135 \text{ cm}^3$$

$$A = 30 \text{ cm}^2$$

Reazione d'appoggio trave principale  $V_A$

$$V_A = q \times l = 22.82 \text{ kN}$$

Azione orizzontale in testa H

$$H = V_A \cos 55 = 13.09 \text{ kN}$$

Azione verticale in testa N

$$N = V_A \sin 55 = 18.69 \text{ kN}$$



Momento di trasporto al piede della colonna M

$$M = H \times 2.20 = 28.80 \text{ kNm}$$

Verifiche SLU:

$$\sigma = N / A + M / W$$

$$\sigma = 0.62 + 21.33 = 21.95 \text{ kN/cm}^2$$

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 17 di 21	

$$\tau = H / 2 \times h \times s = 0.78 \text{ kN/cm}^2$$

Acciaio da carpenteria: S 275



$$\gamma_m = 1.05$$

$$f_y = 27.50 \text{ kN/cm}^2$$

$$f_d = 26.19 \text{ kN/cm}^2$$

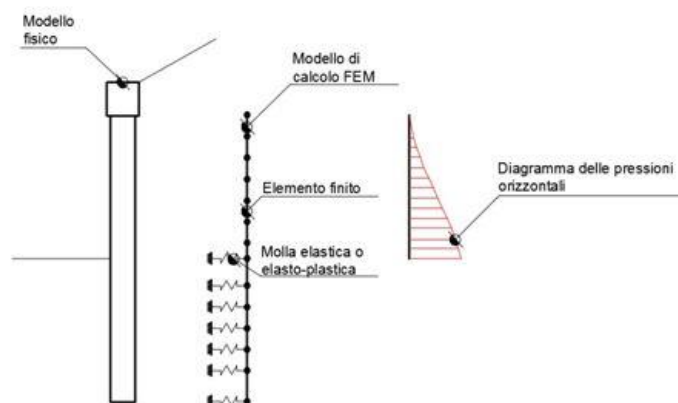
$$\sigma_{id} = (\sigma^2 + 3\tau^2)^{1/2} = 22.00 \text{ kN/cm}^2 < f_v$$

verifica soddisfatta

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 18 di 21	

## 8 VERIFICA DI RESISTENZA DELLA FONDAZIONE

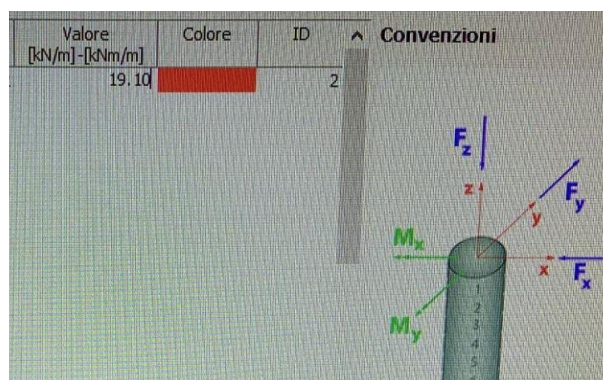
La verifica di resistenza del palo infisso è stata svolta in via preliminare in analogia alla verifica degli elementi metallici infissi per la protezione dei fronti di scavo.




Schema del modello di calcolo del palo infisso

Il profilo metallico in progetto è stato schematizzato come soggetto ad un fronte di scavo di altezza pari a 150 cm che produce una spinta orizzontale superiore a quella prodotta dai tracker.

Inoltre, è stato inserito il valore del momento in testa al palo, il valore prodotto dall'azione dei tracker.



Azioni dirette in testa al palo infisso



<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 19 di 21	

I parametri geotecnici dei terreni di fondazione garantiscono alti valori di resistenza a compressione e buona rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali.

Le verifiche hanno fornito esito positivo, le azioni resistenti del terreno sono sempre superiori alle azioni agenti, gli spostamenti trasversali sono trascurabili.

Le verifiche sono state svolte con riferimento alla presenza della roccia basaltica, in genere alterata e fratturata in sommità e integra e lapidea dopo i primi metri di profondità.

Sarà opportuno condurre una campagna di prove dirette di infissione di pali pilota per calibrare ulteriormente i parametri geotecnici ed eventualmente adattare o modificare i profili metallici da infiggere alle esigenze operative di posa in opera.

<b>COMMITTENTE</b> GREENERGY RINNOVABILI 8 s.r.l. Via Borgonuovo, 9-20121 Milano (MI)		<b>OGGETTO</b> IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "GR MACOMER" IN LOCALITÀ "ARRULAS" DELLA POTENZA NOMINALE DI 27,44MWac	<b>COD. ELABORATO</b> GREN-FVM-RP16
 <b>iat</b> CONSULENZA E PROGETTI www.iatprogetti.it	<b>TITOLO</b> CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE INSEGUITORI SOLARI	<b>PAGINA</b> 20 di 21	

## 9 CONCLUSIONI

La verifica di resistenza delle strutture metalliche a sostegno dei pannelli solari ha fornito esito positivo, si rimanda alla fase esecutiva dei calcoli per adattare o modificare la geometria dei profili per eventuali esigenze costruttive di dettaglio.