



COMUNE DI CANDELA
PROVINCIA DI FOGGIA

Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica della potenza complessiva di 23,482 MWp e sistema di accumulo di 10 MW sito nel Comune di Candela (FG) in zona industriale e relative opere di connessione

PROGETTO DEFINITIVO

Calcoli preliminari delle strutture - Stalli SSE

COD. ID.		COD. AU.				
Livello prog.	Tipo documentazione			N. elaborato	Data	Scala
PD	Definitiva			4.2.11.1.3	05 / 2021	-

Nome file	
-----------	--

REVISIONI					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
00	MAGGIO 2021	PRIMA EMISSIONE	MAZZEO	MAGNOTTA	MAGNOTTA

COMMITTENTE:

BLUSOLAR CASTELFRENTANO SRL

Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE) Italia

Timbro e firma

PROGETTAZIONE:



MAXIMA INGEGNERIA S.R.L.

via Marco Partipilo n.48 - 70124 BARI
pec: gpsd@pec.it
P.IVA: 06948690729



CONSULENTI:

Ing. Donata Sileo

e-mail: donata.sileo@gmail.com

Dott. Geol. Antonio Falcone

e-mail: antonow.falcone@libero.it

Ing. Laura Giordano

e-mail: lauragiordano.ing@gmail.com

Dott. Agronomo Armando Ursitti

e-mail: a.ursitti@epap.conafpec.it

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>			
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE			
	Rev:		Data:
	00		Maggio 2021
			Foglio 1 di 44

INDICE

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE.....	3
1.1. PREMESSA.....	3
1.2. RIFERIMENTI TECNICI.....	3
1.3. METODO DI VERIFICA DELLA SICUREZZA.....	3
1.3.1. Sicurezza strutturale.....	3
1.3.2. Sicurezza geotecnica.....	4
2. DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
2.1. CARATTERISTICHE GENERALI.....	5
2.2. PRESTAZIONI ATTESE E TIPOLOGIA STRUTTURALE.....	6
3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO.....	6
4. CONDIZIONI DI CARICO.....	7
4.1. ANALISI DEI CARICHI.....	7
4.2. COMBINAZIONI DI CARICO.....	8
5. MATERIALI.....	9
5.1. CALCESTRUZZO.....	9
5.1.1. Parametri di progetto.....	9
5.1.2. Caratteristiche del calcestruzzo.....	11
5.2. ACCIAIO ARMATURE.....	12
5.2.1. Caratteristiche acciaio armature.....	12
5.2.2. Prescrizioni di cantiere.....	13
5.3. RIEPILOGO MATERIALI.....	14
6. MODELLO STRUTTURALE.....	15
6.1. CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE.....	15
6.1.1. Metodi agli elementi finiti (F.E.M.).....	15
6.1.2. Condizioni al contorno.....	16
6.1.3. Soluzione.....	16
6.1.4. Informazioni sul codice di calcolo.....	17
6.2. DEFINIZIONE DEL MODELLO.....	17
7. RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE.....	20
7.1. RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL.....	20

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>				
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE				
	Rev:		Data:	Foglio
	00		Maggio 2021	2 di 44

8. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE STRUTTURALI	25
8.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)	25
8.1.1. Equilibrio del corpo rigido	25
8.1.2. Verifiche strutturali platee	26
8.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)	36
8.2.1. Verifiche strutturali platee	36
9. VERIFICHE GEOTECNICHE	40
9.1. MODELLAZIONE GEOTECNICA	40
9.2. PARAMETRI DI CALCOLO PER LA VERIFICA DEGLI STATI LIMITE GEOTECNICI	41
9.3. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE	42

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE – Progetto definitivo –				
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE				
	Rev:		Data:	Foglio
	00		Maggio 2021	3 di 44

1. INFORMAZIONI INTRODUTTIVE

1.1. PREMESSA

Il presente documento riporta gli aspetti relativi al calcolo preliminare delle strutture dell'impianto fotovoltaico di potenza nominale complessiva pari a 23,482 MWp (17,154 MW in immissione) integrato ad un sistema di accumulo della potenza di 10 MW, da realizzare in agro del Comune di Candela (FG).

Il presente elaborato illustra e descrive le calcolazioni condotte per la progettazione strutturale preliminare degli stalli destinati a ricevere le apparecchiature elettromeccaniche in sottostazione elettrica.

1.2. RIFERIMENTI TECNICI

Nel presente progetto strutturale viene fatto esplicito riferimento alla seguente documentazione tecnica e/o normativa:

- Verifiche strutturali e geotecniche:
 - D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” (nel seguito D.M. 17/01/2018);
 - Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21/01/2019 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17/01/2018.
- Durabilità materiali:
 - UNI EN 206-1, 2006 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità;
 - UNI EN 197-1, 2001 - Cemento - Composizione, specifiche e criteri di conformità;
 - UNI EN 11104, 2004 - Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità. Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1;
 - UNI EN 1992-1-1 - Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- Stratigrafia, parametri geotecnici e geofisici del terreno di fondazione:
 - “Relazione geologica”, a firma del dott. geol. Rosario Antonio Falcone.

1.3. METODO DI VERIFICA DELLA SICUREZZA

La sicurezza sarà valutata col metodo semiprobabilistico agli stati limite basato sull'impiego dei coefficienti parziali di sicurezza (Rif.: D.M. 17/01/2018, punto 2.3). Tale metodo consiste nello svolgimento dei seguenti passaggi.

1.3.1. Sicurezza strutturale

- Si valutano i parametri descrittivi delle prestazioni attese, della tipologia strutturale e della macrozonazione e microzonazione dell'opera necessari alla definizione dei carichi di progetto da applicare alla stessa;
- Si valutano le resistenze caratteristiche X_k dei materiali strutturali caratterizzati da $prob(X < X_k) = 0.05$ e le relative resistenze di calcolo X_d ottenute riducendo le prime con opportuni coefficienti di sicurezza $X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M}$.
- Si valutano le azioni caratteristiche F_k , caratterizzate da $prob(F > F_k) = 0.05$, in funzione di macrozonazione, microzonazione e tipologia strutturale, per ciascun caso di carico significativo.

Progetto:					
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE					
– Progetto definitivo –					
Elaborato:					
RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE					
	Rev:			Data:	Foglio
00				Maggio 2021	4 di 44

- Amplificando le azioni caratteristiche con opportuni coefficienti di sicurezza $\gamma_F \geq 1$ e $\psi_F \leq 1$, si determinano le azioni di calcolo per ciascuna combinazione di carico strutturale significativa:

$$F_d = \gamma_F \psi_F F_k$$

- Utilizzando un modello strutturale (di dimensioni a_d e materiali X_d) validato dai metodi della Scienza delle Costruzioni, si determinano gli effetti $E_d = E(F_d, a_d)$ delle azioni di calcolo F_d scegliendo opportunamente metodi di analisi e modellazione strutturale correlati alle tipologie di azione e struttura.

Le dimensioni a_d e i materiali X_d della struttura sono accettabili se, per ciascuno stato limite strutturale significativo R , le relative azioni di calcolo F_d provochino effetti E_d inferiori alle resistenze di calcolo $R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$ ($\gamma_R \geq 1$):

$$E_d = E(\gamma_F \psi_F F_k, a_d) \leq R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left(\eta \frac{X_k}{\gamma_M}, a_d \right).$$

Nella precedente relazione si considerano le combinazioni di carico strutturali relative all'approccio 2 che prevede l'uso dei seguenti coefficienti parziali:

stati limite SLE: $\gamma_F = 1.00$

stati limite SLU tipo STR: $\gamma_F = A1$; $\gamma_m = M1$; $\gamma_R = R1$

stati limite SLU tipo EQU (equilibrio): $\gamma_F = EQU$; $\gamma_m = M2$; $\gamma_R = R1$

stati limite SLU tipo FAT: $\gamma_F = 1.00$ per i carichi permanenti ; $\gamma_m = 1.00$

1.3.2. Sicurezza geotecnica

- Si descrivono i risultati delle indagini in sito e in laboratorio sul terreno di fondazione eseguiti in numero e profondità commisurate, rispettivamente, alla variabilità del terreno e all'estensione dell'opera; si valuta inoltre la stabilità dei versanti anche in funzione della morfologia del suolo e al regime delle acque;
- Dall'elaborato di "Relazione geologica" e dalla modellazione geotecnica si attingono i valori delle resistenze caratteristiche X_k dei terreni di fondazione, caratterizzate da $prob(X < X_k) = 0.05$ e le relative resistenze di calcolo X_d ottenute riducendo le prime con opportuni coefficienti riduttori $\eta \leq 1$ (letteratura tecnica) e di sicurezza $\gamma_M \geq 1$:

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M}$$

- Si determinano le azioni di calcolo $F_d = \gamma_F \psi_F F_k$ per ciascuna combinazione di carico geotecnica significativa;
- Utilizzando un modello geotecnico (di dimensioni a_d e materiali X_d) validato dai metodi della Geotecnica, si determinano gli effetti $E_d = E(F_d, a_d)$ delle azioni di calcolo F_d scegliendo opportunamente metodi di analisi e modellazione strutturale correlati alle tipologie di azione e di terreno.

Le dimensioni a_d e i materiali X_d della struttura sono accettabili se, per ciascuno stato limite geotecnico significativo R , le relative azioni di calcolo F_d provochino effetti E_d inferiori alle resistenze di calcolo $R_d = \frac{R_k}{\gamma_R}$ ($\gamma_R \geq 1$):

$$E_d = E(\gamma_F \psi_F F_k, a_d) \leq R_d = \frac{1}{\gamma_R} \cdot R \left(\eta \frac{X_k}{\gamma_M}, a_d \right).$$

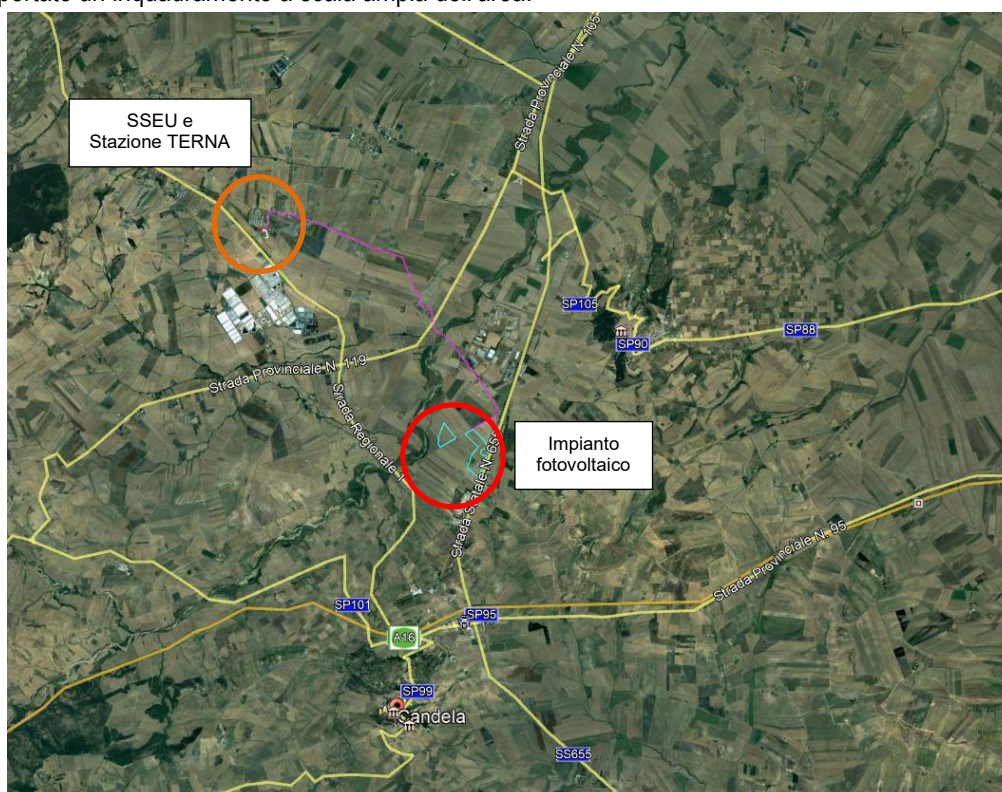
Progetto:			
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE			
<i>– Progetto definitivo –</i>			
Elaborato:			
RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE			
	Rev:		Data:
00			Maggio 2021
			Foglio
			5 di 44

2. DESCRIZIONE DELL'OPERA

2.1. CARATTERISTICHE GENERALI

Il campo fotovoltaico sarà allacciato alla rete elettrica nazionale tramite una stazione elettrica utente MT/AT, collegata alla stazione di rete Terna, situata nel territorio comunale di Candela (FG).

Di seguito è riportato un inquadramento a scala ampia dell'area.



Aerofoto

Le opere previste in sottostazione elettrica possono essere sintetizzate come segue:

- Fabbricato utente;
- Stalli per apparecchiature elettromeccaniche;
- Vasca trafo

Il presente elaborato ha per oggetto la realizzazione di stalli che fungono da fondazione per le apparecchiature elettromeccaniche da installare nella sottostazione elettrica a servizio dell'impianto fotovoltaico in progetto.

Gli stalli in progetto sono nomenclati come di seguito riportato:

- F1 Fondazione per sezionatore tripolare orizzontale
- F2 Fondazione per interruttore tripolare e trasformatore
- F3 Fondazione per trasformatore di tensione induttivo

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>				
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE				
	Rev:		Data:	Foglio
	00		Maggio 2021	6 di 44

F4 Fondazione per scaricatore

Trattasi di fondazioni di tipo superficiale destinate ad accogliere rispettivamente le seguenti apparecchiature elettromeccaniche: sezionatore tripolare orizzontale, interruttore tripolare, trasformatore di tensione induttivo e scaricatore. Trattasi di basamenti in calcestruzzo armato costituiti da una platea di base avente spessore pari a 30 cm e batoli estradossati predisposti con tirafondi per ricevere l'apparecchiatura.

2.2. PRESTAZIONI ATTESE E TIPOLOGIA STRUTTURALE

Il prospetto seguente sintetizza i parametri necessari alla classificazione dell'opera nei riguardi del suo esercizio. Tali parametri hanno influenza sulla definizione delle azioni ambientali da applicare alle opere in progetto.

Proprietà delle costruzioni:

Tipo di costruzione	Ordinaria
Classe d'uso	IV
Vita nominale	$V_N = 50$ anni
Coefficiente d'uso	$C_U = 2.0$
Periodo di riferimento	$V_R = V_N * C_U = 100$ anni

Le strutture posseggono le seguenti caratteristiche:

- Struttura in elevazione

Materiale:	acciaio
Tipologia strutturale:	a mensola / pendolo inverso
Regolarità in pianta:	no
Regolarità in altezza:	no

- Struttura di fondazione

Tipologia geotecnica:	superficiale
Tipologia strutturale:	platea
Prof. piano di posa:	0.70 m
Comportamento strutturale:	non dissipativo

3. LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL SITO

L'opera sarà ubicata nella seguente località:

Regione:	Puglia
Provincia:	Foggia
Comune:	Deliceto
Longitudine:	15.475215°
Latitudine:	41.216378°

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

Rev:					Data:	Foglio
00					Maggio 2021	7 di 44



Aerofoto

Con riferimento al capitolo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, si può assumere, per tutti i siti di installazione, la seguente categorizzazione:

- categoria di sottosuolo C
- categoria topografica T1

4. CONDIZIONI DI CARICO

4.1. ANALISI DEI CARICHI

Per la definizione delle condizioni di carico che le apparecchiature elettromeccaniche generano sui basamenti di fondazione viene adottato un sistema di riferimento triassiale avente asse x concorde alla direzione e al verso del vento,

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

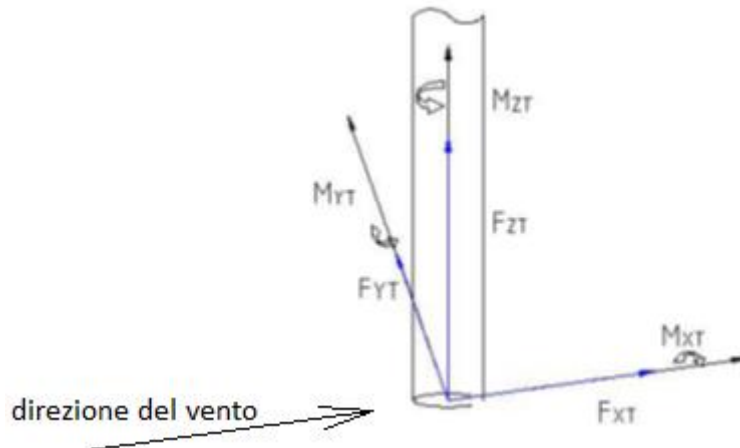
– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	8 di 44

asse y ortogonale ad esso nel piano della sezione trasversale della torre, asse z posto in direzione verticale con verso positivo verso l'alto.



Il peso proprio degli elementi strutturali in conglomerato cementizio armato costituenti le strutture di fondazione è calcolato automaticamente dal software di calcolo adoperato, considerando un peso per unità di volume di calcestruzzo armato pari a 25.00 kN/m³.

I basamenti di fondazione in progetto sono calcolati per i seguenti carichi trasmessi ad essi dalle sovrastrutture nelle condizioni di carico peggiorative.

Stalli	Condizione di carico	Fz [kN]	Fx [kN]	My [kN*m]
FONDAZIONE PER SEZIONATORE TRIPOLARE ORIZZONTALE TG2021	F1 1.F1.A	-27.00	6.25	22.50
	2.F1.B	-3.50	6.25	22.50
FONDAZIONE PER INTERRUTTORE TRIPOLARE AT E TRASFORMATORE COMPASS "I" 145 kV - 170 kV	F2 3.F2.A	-15.00	4.00	13.00
	4.F2.B	-1.75	4.00	13.00
FONDAZIONE PER APPARECCHIATURE UNIPOLARI TG2074/2 (TRASFORMATORE DI TENSIONE INDUTTIVO 170 kV)	F3 5.F3.A	-25.00	6.00	21.00
	6.F3.B	-2.25	6.00	21.00
FONDAZIONE PER APPARECCHIATURE UNIPOLARI TG2074/6 (SCARICATORE)	F4 7.F4.A	-11.25	3.50	17.00
	8.F4.B	-1.50	3.50	17.00

4.2. COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite, le azioni precedentemente illustrate sono state combinate tra loro secondo l'approccio di progetto 2 – Combinazione unica, ottenendo i seguenti coefficienti di combinazione $\gamma_{F\psi F}$. - Rif.: D.M. 17/01/2018, punto 2.5.3. A tal proposito si precisa che, a vantaggio di sicurezza, i carichi sopra indicati sono stati considerati come carichi variabili.

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	9 di 44

	Perm. strutt.	1.F1.A	2.F1.B	3.F2.A	4.F2.B	5.F3.A	6.F3.B	7.F4.A	8.F4.B
Comb. SLU	1.30	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Comb. SLE(rara)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Comb. SLE(freq.)	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
Comb. SLE(perm.)	1.00	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

5. MATERIALI

5.1. CALCESTRUZZO

5.1.1. Parametri di progetto

In questa fase vengono determinati i seguenti parametri prestazionali di base che costituiscono la prescrizione del calcestruzzo a prestazione garantita:

- Classe di esposizione;
- Classe di resistenza;
- Classe di consistenza;
- Diametro massimo dell'aggregato.

Essi sono riportati in maniera evidente sugli elaborati grafici allegati.

Al fine di garantire le previste caratteristiche prestazionali e di durabilità della costruzione in progetto durante l'intera vita d'uso della struttura stessa, di seguito si procede alla definizione, oltre che delle idonee prescrizioni sui materiali da impiegare, anche dei valori dei copriferro idonei a fronteggiare le aggressioni ambientali.

A quanto suddetto sarà dato seguito in aderenza ai seguenti riferimenti normativi:

- D.M. 17/01/2018 - punto 4.1 - punto 11.2.11;
- Circolare n. 7 C.S.LL.PP. Del 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3;
- UNI EN 206-1:2006 – “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità”;
- UNI 11104:2004 – “Istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1”;

Determinata la classe di appartenenza e la vita nominale dell'opera, si procederà di seguito alla definizione della tipologia di degrado che può verificarsi nei confronti del calcestruzzo armato. In questa fase saranno definiti l'ambiente di progetto, le sostanze aggressive presenti (nei confronti del calcestruzzo e dell'acciaio), e le misure progettuali per attenuare tali effetti. La UNI EN 11104:2004 associa le tipologie di degrado (degrado del calcestruzzo per cicli gelo-disgelo, corrosione delle barre di armatura innescato dai fenomeni di carbonatazione, ecc.) ai contesti ambientali (urbano, prossimità della costa, ecc.) e tramuta tutto in codificazioni standard definite “classi di esposizione ambientale”. In funzione delle classi di esposizione si possono ricavare le misure progettuali minime per garantire un materiale resistente al contesto d'uso. Ogni classe di esposizione può appartenere a tre possibili categorie (D.M. 17/01/2018 – punto 4.1.2.2.4.2, tab. 4.1.III): Condizioni ambientali ordinarie, aggressive, molto aggressive.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>				
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE				
	Rev:		Data:	Foglio
	00		Maggio 2021	10 di 44

In definitiva, le norme UNI EN 11104:2004 e D.M. 17/01/2018 - punto 4.1, associano, rispettivamente, alla classe di esposizione e al tipo di struttura, la classe di resistenza minima da adoperare. Sarà adottata la maggiore delle due.

La lavorabilità dell'impasto viene garantita fornendo l'indicazione della classe di consistenza definita in funzione delle caratteristiche di ciascun getto (in verticale, inclinato, orizzontale, per spessori piccoli, medi, grossi, con finitura superficiale faccia a vista o grezza, etc.), e della conoscenza delle modalità di messa in opera del calcestruzzo adottate in fase esecutiva. Ciò è dovuto al fine di garantire una adeguata lavorabilità del calcestruzzo evitando qualsiasi aggiunta d'acqua in cantiere deleteria per la durabilità.

Le dimensioni massime dell'aggregato sono definibili in funzione dello spessore del copriferro, dell'interferro minimo delle armature metalliche e della dimensione minima dell'elemento strutturale.

La dimensione massima dell'aggregato deve essere scelta in modo che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato attorno alle barre d'armatura senza pericolo di segregazione del calcestruzzo.

Secondo quanto stabilito dal D.M. 17/01/2018 e dalla relativa Circolare esplicativa, in accordo anche con quanto stabilito dagli Eurocodici, il diametro massimo dell'inerte deve essere tale che:

- $D_{max} < 1/4$ della dimensione minima dell'elemento strutturale, per evitare di aumentare la eterogeneità del materiale;
- $D_{max} < \text{dell'interferro (in mm)} - 5 \text{ mm}$, per evitare che l'aggregato più grosso ostruisca il flusso del calcestruzzo attraverso i ferri di armatura;
- $D_{max} < 1,3$ dello spessore del copriferro, per evitare che tra i casseri e l'armatura sia ostruito il passaggio del calcestruzzo.

Il punto C.4.1.6.1.3 della Circolare n. 7 del 21/01/2019 definisce il valore minimo del copriferro inteso come distanza minima tra la superficie dell'armatura più esterna e la faccia del calcestruzzo più prossima. Tale valore è funzione della classe di resistenza del calcestruzzo, dell'ambiente in cui è inserito, del tipo di elemento strutturale e barre di armatura e della tolleranza di posa. Il copriferro di seguito prescritto dovrà essere realizzato per mezzo di distanziatori in pasta di cemento fibrorinforzata.

STALLI APPARECCHIATURE

Classe di resistenza (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1)

Strutture	Semplicemente armate
Classe di resistenza minima	C16/20

Classe di esposizione (UNI EN 206-1:2006 - UNI 11104:2004)

Denominazione della classe	XC2
Descrizione dell'ambiente	Bagnato, raramente asciutto
Classe di resistenza minima	C25/30

Classe di resistenza adottata C28/35

Classe di consistenza

Mediante abbassamento al cono di Abrams	S4
---	----

Copriferro (Circolare n. 7 del 21/01/2019 - punto C.4.1.6.1.3)

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	11 di 44

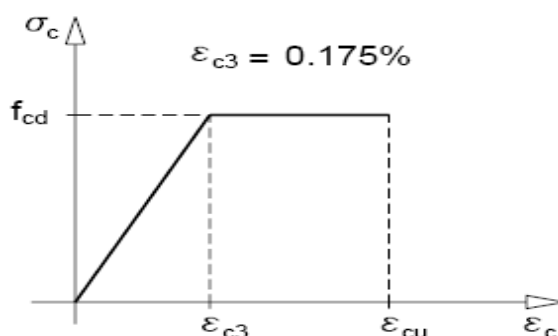
Elemento strutturale	Piastre
Ambiente	Aggressivo
Tipo di armatura	Barre da c.a.
Copriferro minimo	30 mm
Tolleranza di esecuzione	5 mm
Increment. per classe di resist. < C_{min} (Tab. C4.1.IV)	5 mm
Copriferro minimo adottabile	40 mm

Copriferro adottatoC = 40 mm

Il copriferro sarà realizzato con distanziatori in fibrocemento.

Diametro massimo degli inertiDmax = 25 mm

dove: Dmax = min (¼ L ; i - 5 ; 1.3 C) con "L" dimensione minima dell'elemento strutturale [mm], "i" interferro minimo [mm], "C" copriferro [mm].

5.1.2. Caratteristiche del calcestruzzo

Legame costitutivo calcestruzzo

Classe di resistenza			<u>C28/35</u>
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	[N/mm ²]	35.00
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	$f_{ck} = 0.83 R_{ck}$	[N/mm ²]	29.05
Resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8$	[N/mm ²]	37.05
Coefficiente effetti di lungo termine	α_{cc}	[-]	0,85
Coeff. di sicurezza parziale	γ_c	[-]	1,50
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	[N/mm ²]	16.46
Resist. di calcolo a compr. elementi piani s < 5 cm	$f_{cd}^* = 0.80 \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c$	[N/mm ²]	13.17
Resistenza media a trazione semplice	$f_{ctm} = 0.30 f_{ck}^{2/3}$	[N/mm ²]	2,83
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} = 0.70 f_{ctm}$	[N/mm ²]	1,98
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$	[N/mm ²]	1,32
Resist. di calcolo a trazione elementi piani s < 5 cm	$f_{ctd}^* = 0.80 f_{ctd}$	[N/mm ²]	1,06
Resistenza media a trazione per flessione	$f_{ctfm} = 1.2 f_{ctm}$	[N/mm ²]	3,40

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

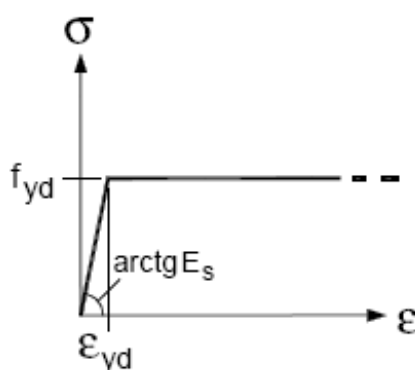
RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	12 di 44

Modulo elastico	$E_{cm} = 22000(f_{cm}/10)^{0.3}$	[N/mm ²]	32588
Coefficiente di Poisson	ν	[-]	0,2
Coefficiente di dilatazione termica	α_T	[°C ⁻¹]	0,00001
Coefficiente di viscosità	φ	[-]	1,70
Accorciamento ϵ_{c2}	ϵ_{c2}	[-]	0,00200
Accorciamento ϵ_{c3}	ϵ_{c3}	[-]	0,00175
Accorciamento ϵ_{c4}	ϵ_{c4}	[-]	0,00070
Accorciamento ϵ_{cu}	ϵ_{cu}	[-]	0,00350
Densità di massa	ρ	[kg/m ³]	240
Densità di peso	γ	[kN/m ³]	24

5.2. ACCIAIO ARMATURE

5.2.1. Caratteristiche acciaio armature




Legame costitutivo acciaio armature

Classe di resistenza			B450C
Resistenza caratteristica a trazione	f_{tk}	[N/mm ²]	540.00
Resistenza caratteristica a snervamento	f_{yk}	[N/mm ²]	450.00
Rapporto di sovreresistenza	$k = f_{tk} / f_{yk}$	[-]	1.20
Allungamento uniforme al carico massimo	ϵ_{uk}	[-]	0.07500
Modulo elastico	E_s	[N/mm ²]	200000
Coefficiente di sicurezza parziale	γ_s	[-]	1.15
Resistenza di calcolo a snervamento	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	[N/mm ²]	391.30
Resistenza di calcolo a rottura	$k f_{yd}$	[N/mm ²]	469.57
Allungamento di calcolo a snervamento	$\epsilon_{yd} = f_{yd} / E_s$	[-]	0.00196
Allungamento di calcolo a rottura	$\epsilon_{ud} = 0.9 \epsilon_{uk}$	[-]	0.06750
Densità di massa	ρ	[kg/m ³]	785.00
Densità di peso	γ	[kN/m ³]	78.50

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE – Progetto definitivo –						
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE						
	Rev:				Data:	Foglio
00					Maggio 2021	13 di 44

5.2.2. Prescrizioni di cantiere

Il diametro minimo di piegatura di una barra deve essere tale da evitare fessure nella barra e rottura del calcestruzzo all'interno della piegatura. A tale scopo, il diametro con cui piegare la barra (diametro del mandrino) non dovrà essere minore di un diametro minimo ammissibile pari a 4ϕ per $\phi \leq 16$ mm e a 7ϕ per $\phi > 16$ mm (UNI EN 1992-1-1:2005 - Eurocodice 2).



valori <i>m</i>		valori <i>M</i>		
Diametro barra ϕ		Valore del ricoprimento minimo <i>c</i> , normale al piano di piegatura		
$\phi \leq 16$ mm	$\phi > 16$ mm	$c > 100$ mm e $c > 7\phi$	$c > 50$ mm e $c > 3\phi$	$c \leq 50$ mm e $c \leq 3\phi$
4 ϕ	7 ϕ	10 ϕ	15 ϕ	20 ϕ

Di seguito si riportano i diametri dei mandrini da adoperare per la piegatura delle barre di armatura previste in progetto. Si farà riferimento al mandrino piccolo “m” per le piegature a realizzare gomiti e uncini e mandrino grande “M” per le piegature a realizzare deviazioni e ancoraggi.

Diametro barra ϕ [mm]	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Mandrino piccolo <i>m</i> [mm]	32	40	48	56	64	126	140	154	168	182	196	210	224
Mandrino grande <i>M</i> [mm]	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640

La singola barra deve essere prolungata oltre l'estremità limite per la copertura dell'area minima necessaria ad assorbire le sollecitazioni, per un tratto pari alla lunghezza di ancoraggio. La lunghezza di ancoraggio deve essere non minore di 20ϕ con un minimo di 150 mm (D.M. 17/01/2018 - punto 4.1.2.3.10).

Per il caso in esame, la lunghezza di ancoraggio l_b , che deve essere tale da consentire il trasferimento della forza normale $P=f_{yd}(\pi\phi^2/4)$, è calcolata come segue:

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

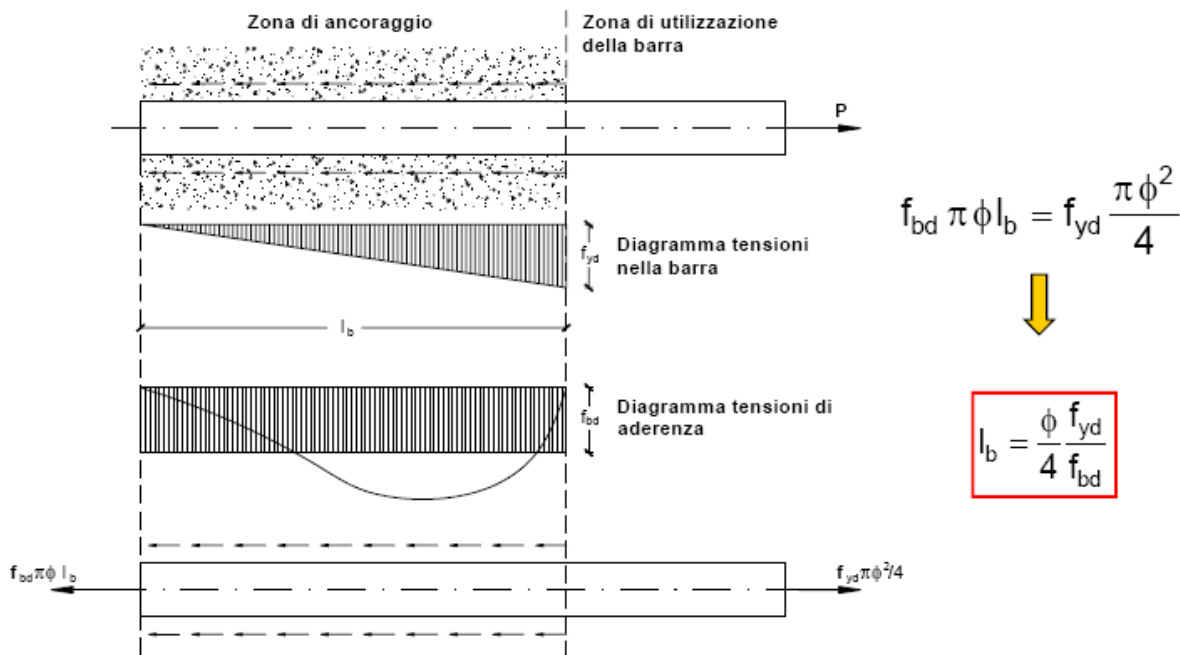
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

Rev:
00

Data:
Maggio 2021

Foglio
14 di 44



dove $f_{bd}=f_{bk}/\gamma_C$ è la tensione tangenziale di aderenza acciaio-calcestruzzo e $f_{bk}=2.25\eta f_{ctk}$ è la resistenza tangenziale caratteristica di aderenza ($\eta=1$ per $\phi\leq 32$ mm).

Dal procedimento sopra esposto si deduce la lunghezza di ancoraggio $l_b = 33 \phi$.

La continuità tra le barre sarà effettuata mediante sovrapposizione. La sovrapposizione deve avere una lunghezza almeno tale da garantire l'ancoraggio di ciascuna barra. Tale lunghezza di sovrapposizione la si assume, in questa sede, almeno pari a 2 volte la lunghezza di ancoraggio l_b . La distanza mutua (interfero) nella sovrapposizione sarà minore o uguale a 4 volte il diametro delle barre sovrapposte.

5.3. RIEPILOGO MATERIALI

Di seguito si riporta un riepilogo dei materiali prescritti per le varie opere in progetto.

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:	Data:	Foglio
00		Maggio 2021	15 di 44

CALCESTRUZZO

STRUTTURE DI FONDAZIONE

Classe di resistenza	C 28/35
Classe di esposizione	XC2
Classe di consistenza	S4
Copriferro	40 mm
Diametro massimo dell'inerte	25 mm

MAGRONE

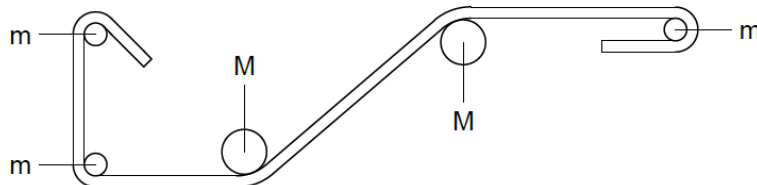
Classe di resistenza	C 12/15
----------------------	---------

Il copriferro deve essere realizzato con distanziatori in fibrocemento.

ACCIAIO

Classe di resistenza	B450C
----------------------	-------

Diametro barra Φ [mm]	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Mandrino piccolo m [mm]	32	40	48	56	64	126	140	154	168	182	196	210	224
Mandrino grande M [mm]	160	200	240	280	320	360	400	440	480	520	560	600	640



6. MODELLO STRUTTURALE

6.1. CRITERI DI MODELLAZIONE STRUTTURALE

6.1.1. Metodi agli elementi finiti (F.E.M.)

L'analisi strutturale viene effettuata con il Metodo degli Elementi Finiti (F.E.M.) in ambiente PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program della 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Tale metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. Ciascuno degli elementi finiti utilizzati per costruire il modello della struttura è un corpo solido caratterizzato da un materiale definito dai parametri di cui al relativo capitolo:

coefficiente di Poisson	ν [-]
modulo di Young tangenziale	G [daN/cm ²]
coefficiente di dilatazione termica	α [°K ⁻¹]
peso specifico	γ [daN/cm ³]
modulo di Young longitudinale	E [daN/cm ²]

e da m nodi ciascuno dei quali ha $g \leq 6$ gradi di libertà:

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>			
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE			
	Rev: 00		Data: Maggio 2021
			Foglio 16 di 44

$m = n^\circ$ nodi

$g \leq 6 = n^\circ$ g.d.l. per nodo (3 traslazioni u_1, u_2, u_3 e 3 rotazioni ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 , ovvero 3 forze f_1, f_2, f_3 e 3 momenti m_1, m_2, m_3)

$n = m * g = n^\circ$ g.d.l. dell'elemento finito.

ed è definito dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale.

Per ogni elemento finito esiste una matrice $n * n$ di rigidezza $[K]_e$ che consente di definire il legame costitutivo dell'elemento finito tra il vettore delle forze $\{f\}_e$ e il vettore degli spostamenti $\{u\}_e$

$$[K]_e \{u\}_e = \{f\}_e \quad (\text{I})$$

$$\{f\}_e = (\dots, f_1, f_2, f_3, m_1, m_2, m_3, \dots)$$

$$\{u\}_e = (\dots, u_1, u_2, u_3, \phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots)$$

6.1.2. Condizioni al contorno

Ogni elemento finito è sede di un sistema di spostamenti-deformazioni-tensioni indotto da tutte le azioni esterne (carichi), le azioni interne (trasmesse dagli altri elementi finiti) e le condizioni di vincolo.

Le 6 componenti di forza $f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z$, nei nodi comuni a più elementi sono pari alla somma delle componenti relative a tali elementi (equilibrio).

Le 6 componenti di spostamento nodale $u_x, u_y, u_z, \phi_x, \phi_y, \phi_z$, nei nodi comuni a più elementi sono identiche (congruenza).

6.1.3. Soluzione

Dopo aver operato per ciascun elemento finito una trasformazione di spostamenti nodali, forze nodali e matrice di rigidezza, dalle coordinate locali (1,2,3) alle coordinate globali (x,y,z):

$$\{u\}_e \rightarrow \{u\}_e^* = \{\dots, u_x, u_y, u_z, \phi_x, \phi_y, \phi_z, \dots\}$$

$$\{f\}_e \rightarrow \{f\}_e^* = \{\dots, f_x, f_y, f_z, m_x, m_y, m_z, \dots\}$$

$$[K]_e \rightarrow [K]_e^*,$$

le relazioni (I) diventano:

$$[K]_e^* \{u\}_e^* = \{f\}_e^*$$

e possono essere assemblate in un'unica equazione matriciale del tipo:

$$[K]\{u\} = \{f\} \Rightarrow \{u\} = [K]^{-1}\{f\} \quad (\text{II})$$

che definisce il legame costitutivo della struttura forze nodali $\{f\}$ – spostamenti nodali $\{u\}$ nel riferimento globale (x,y,z).

Secondo il Metodo degli Spostamenti, le incognite del problema sono le componenti di spostamento dei nodi del vettore $\{u\}$ nel sistema di riferimento globale. La soluzione del problema si ottiene risolvendo il sistema di equazioni algebriche lineari (II) i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura $\{f\}$ opportunamente concentrati ai nodi:

- 1) determinazione degli spostamenti nodali $\{u\}$ della struttura risolvendo la relazione (II), ovvero degli spostamenti $u_x, u_y, u_z, \phi_x, \phi_y, \phi_z$ di ogni nodo;
- 2) per trasformazione di coordinate, si risale alle componenti di spostamento locale ($u_1, u_2, u_3, \phi_1, \phi_2, \phi_3$) dei nodi e quindi al vettore $\{u\}_e$ di ciascun elemento finito;

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>						
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE						
		Rev:			Data:	Foglio
00					Maggio 2021	17 di 44

3) dagli spostamenti $\{u\}_e$, utilizzando il legame costitutivo dell'elemento finito (I) si risale alle forze nodali $\{f\}_e$, da cui è possibile dedurre sollecitazioni, deformazioni e tensioni dell'elemento, riferite alla terna locale (1, 2, 3) dell'elemento stesso.

6.1.4. Informazioni sul codice di calcolo

Origine e caratteristiche dei codici di calcolo:

produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l., Ferrara
 nome: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
 versione: PROFESSIONAL
 codice utente: 001757/cli
 nome utente: Massimo Magnotta
 codice licenza: dsi3641
 numero seriale: H622163X84664H4

Affidabilità dei codici utilizzati:

2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
<http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm>

Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati:

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

6.2. DEFINIZIONE DEL MODELLO

Il modello strutturale agli elementi finiti, di cui di seguito si riportano delle immagini, è stato concepito mirando ad ottenere per quanto più possibile l'aderenza alla realtà.

Sono state modellate le fondazioni in progetto come platee aventi spessore uniforme e pari a 30 cm e dimensioni in pianta come da elaborati grafici allegati. I carichi sono applicati in nodi posizionati in posizione baricentrica rispetto alle piastre di base delle sovrastrutture.

Progetto:

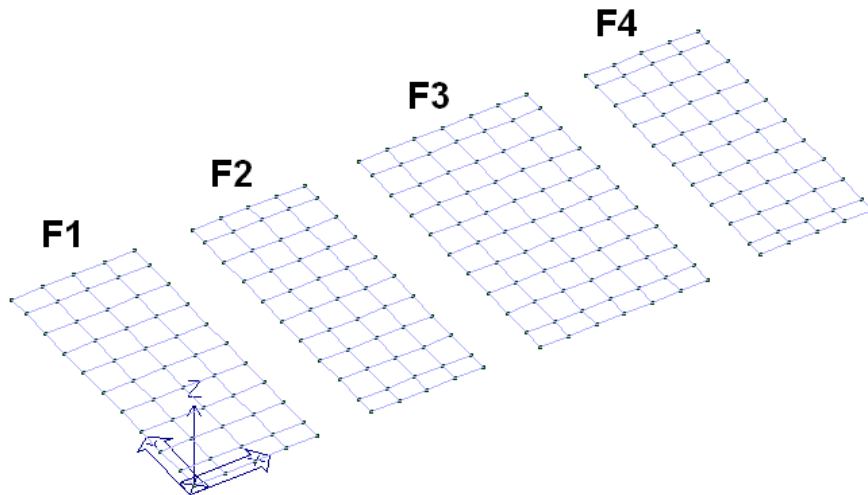
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	18 di 44



Modello F.E.M. – Vista assonometrica

Le 4 fondazioni in progetto sono state implementate nello stesso modello di calcolo. Di seguito si riportano delle immagini esplicative della numerazione degli elementi.

	Numerazione nodi	Numerazione elementi shell
Fondazione F1	da 1 a 55	da 1 a 40
Fondazione F2	da 56 a 110	da 41 a 80
Fondazione F3	da 111 a 187	da 81 a 140
Fondazione F4	da 188 a 242	da 141 a 180

Progetto:

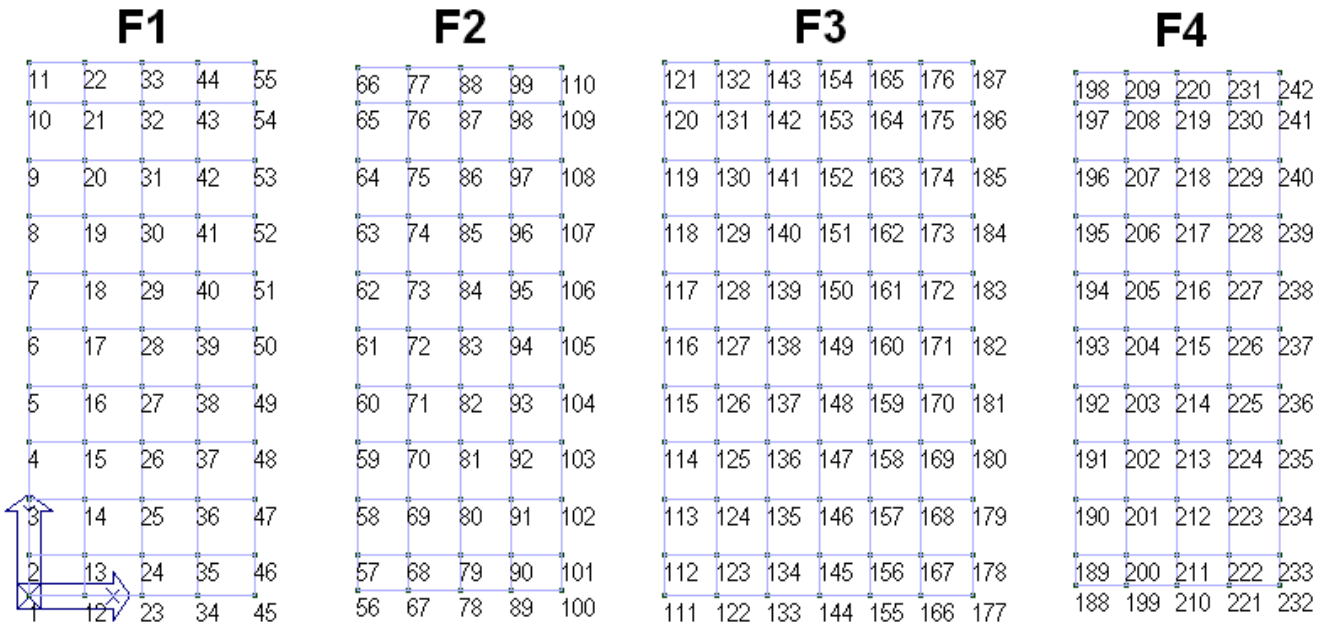
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

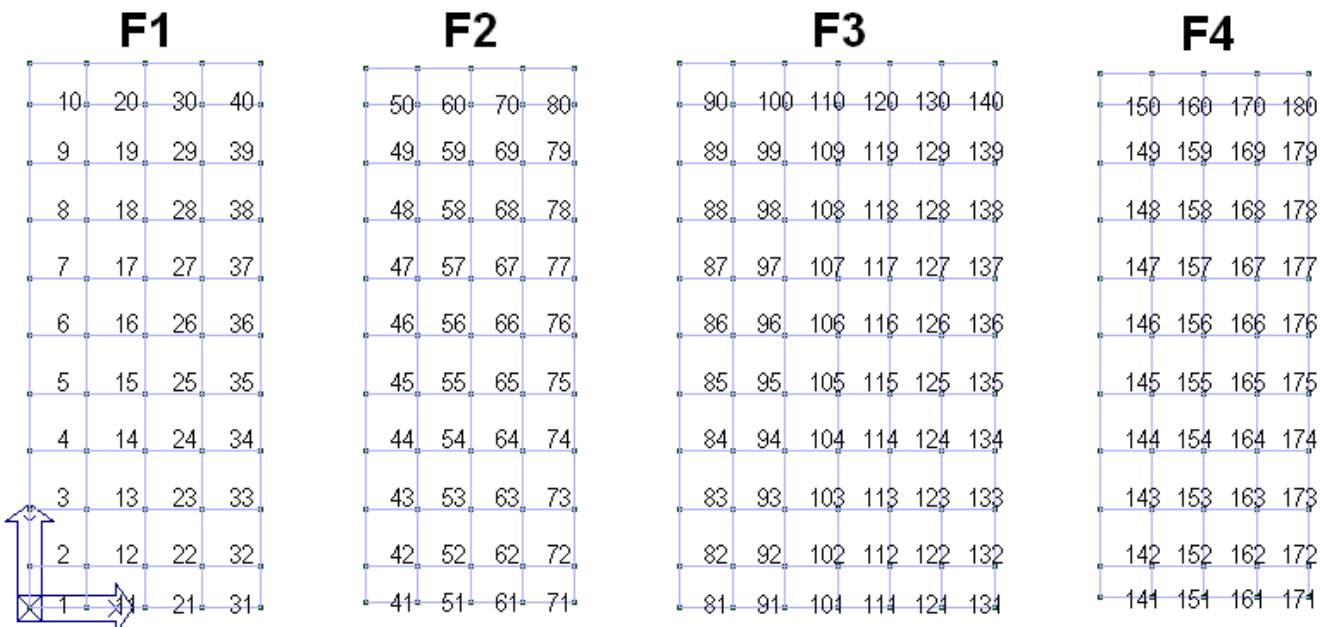
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	19 di 44



Modello F.E.M. – Numerazione nodi



Modello F.E.M. – Numerazione shell

Le costanti di Winkler delle molle verticali k_v e orizzontali k_h sono state ricavate come rapporto tra l'incremento di pressione sul suolo rispetto alla geostatica (calcolata alla Boussinesq) e il cedimento corrispondente (nell'ipotesi di strato deformabile fino alla profondità definita):

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

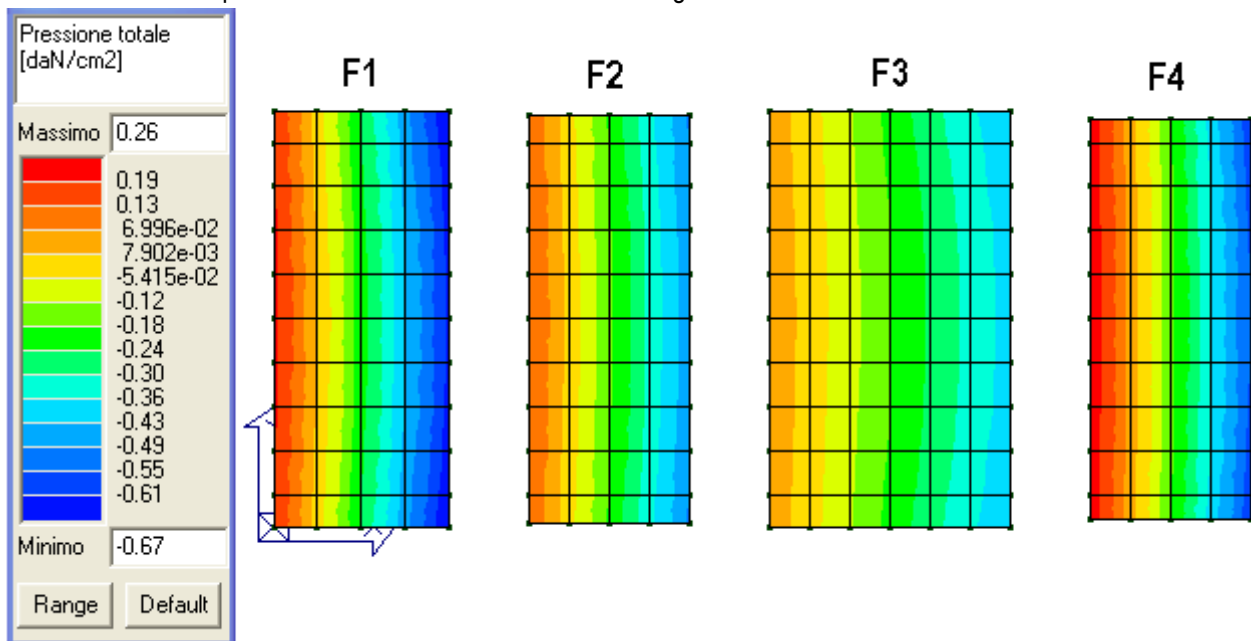
	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	20 di 44

$$k_v = \frac{\Delta\sigma_v}{w_{ed}} \quad k_h = \frac{\Delta\tau}{w_h}$$

7. RISULTATI DELL'ANALISI STRUTTURALE

7.1. RISULTATI ELEMENTI TIPO SHELL

Il controllo dei risultati relativi alle pressioni impresse dalle fondazioni sul terreno può avvenire mediante le sotto riportate mappe di colore; ad ogni elemento corrisponde una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle pressioni sul terreno in unità di misura congruenti.



Mappa cromatica delle pressioni sul terreno - Comb. SLU

Progetto:

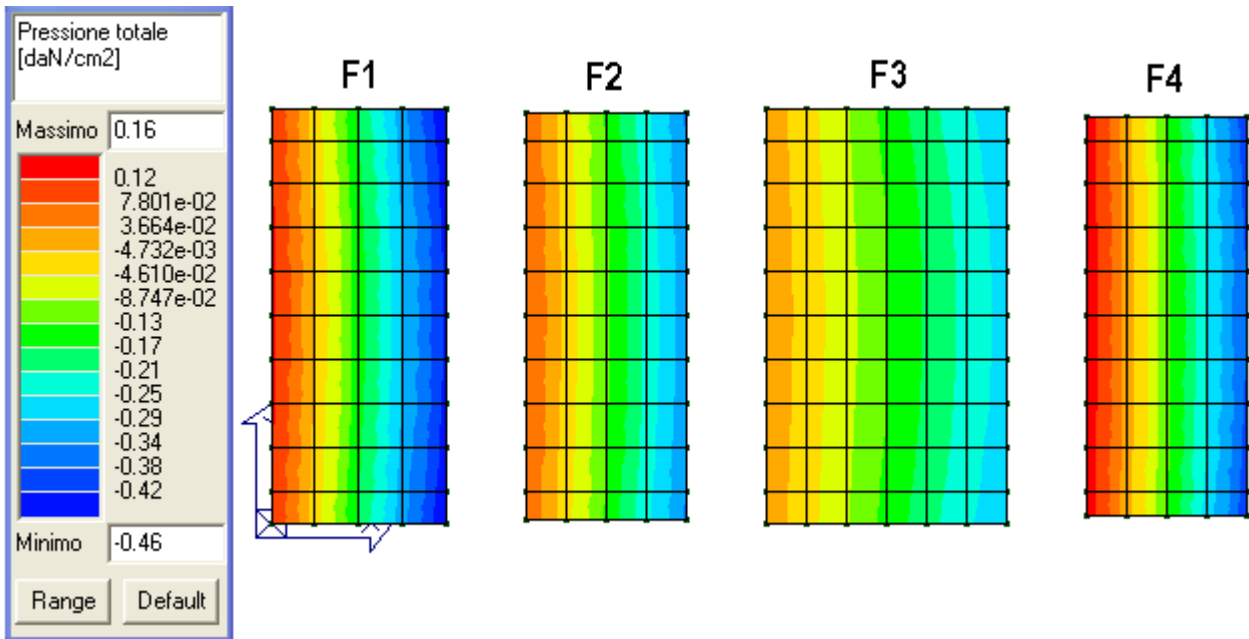
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

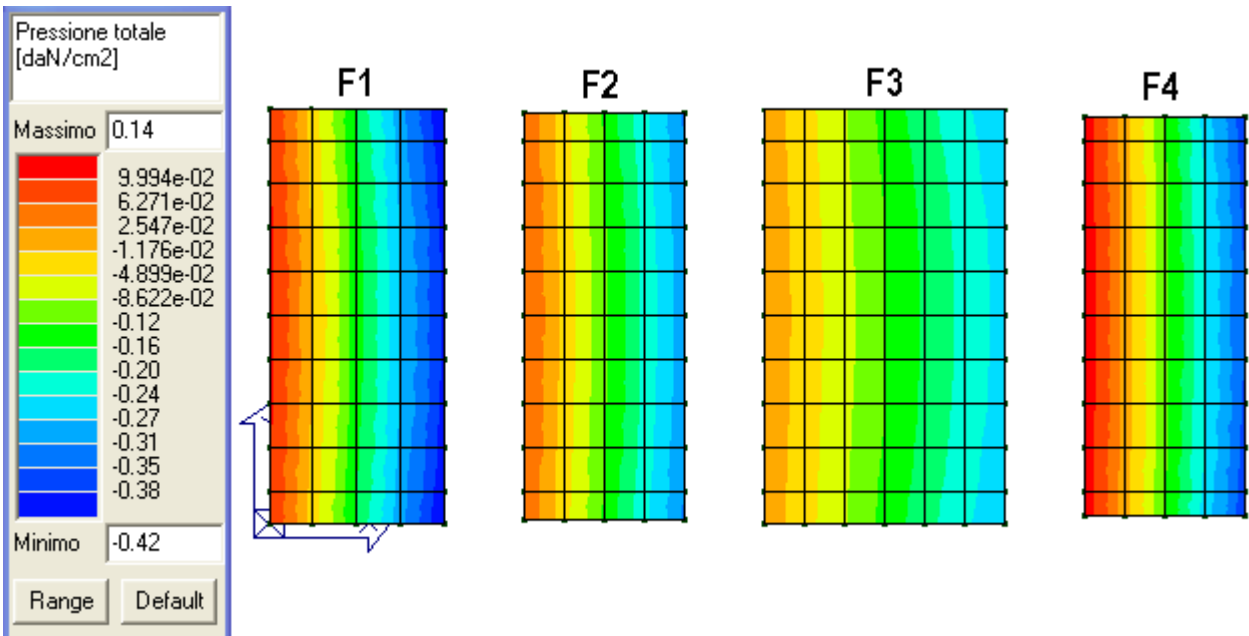
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:	Data:	Foglio
00		Maggio 2021	21 di 44



Mapa cromatica delle pressioni sul terreno - Comb. SLE rara



Mapa cromatica delle pressioni sul terreno - Comb. SLE freq.

Progetto:

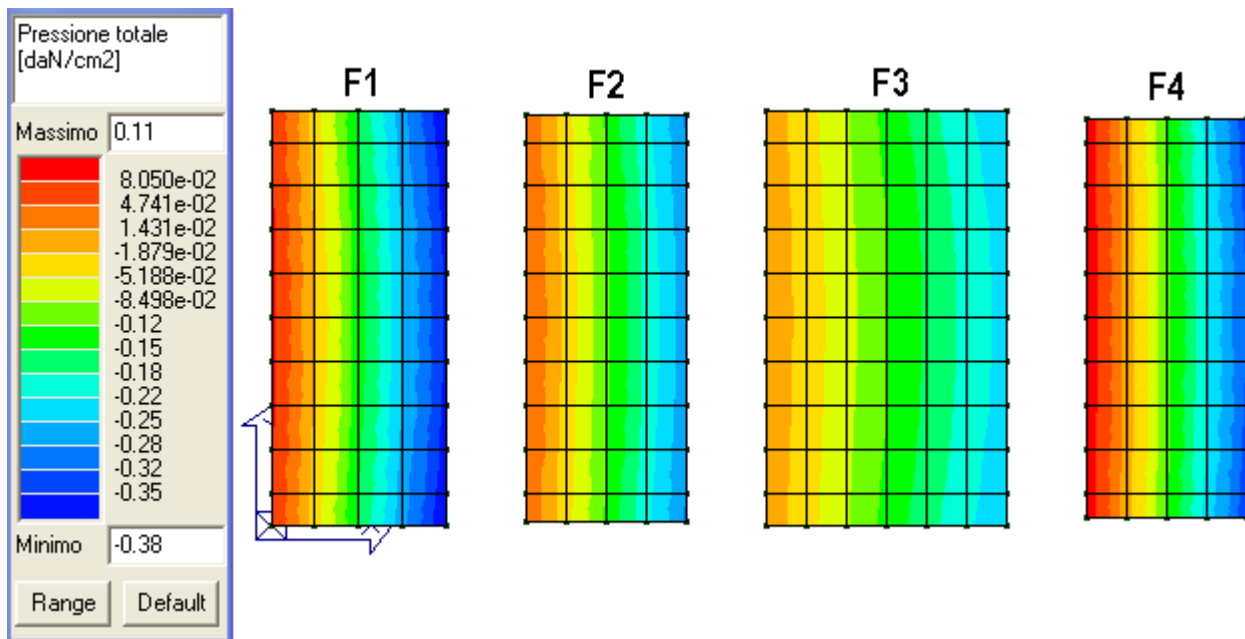
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:	Data:	Foglio
00		Maggio 2021	22 di 44



Mappa cromatica delle pressioni sul terreno - Comb. SLE q. perm.

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne lo stato tensionale negli elementi tipo shell costituenti le fondazioni in progetto, è possibile in relazione alle sottoriportate mappe di colore rappresentative degli stati tensionali.

Nelle immagini che seguono, ad ogni elemento corrisponde una rappresentazione cromatica a cui è associata una legenda che riporta i valori numerici delle tensioni.

Di seguito si riportano alcune mappe di colore rappresentative delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises per le combinazioni di carico SLU e SLE che massimizzano gli effetti delle azioni.

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

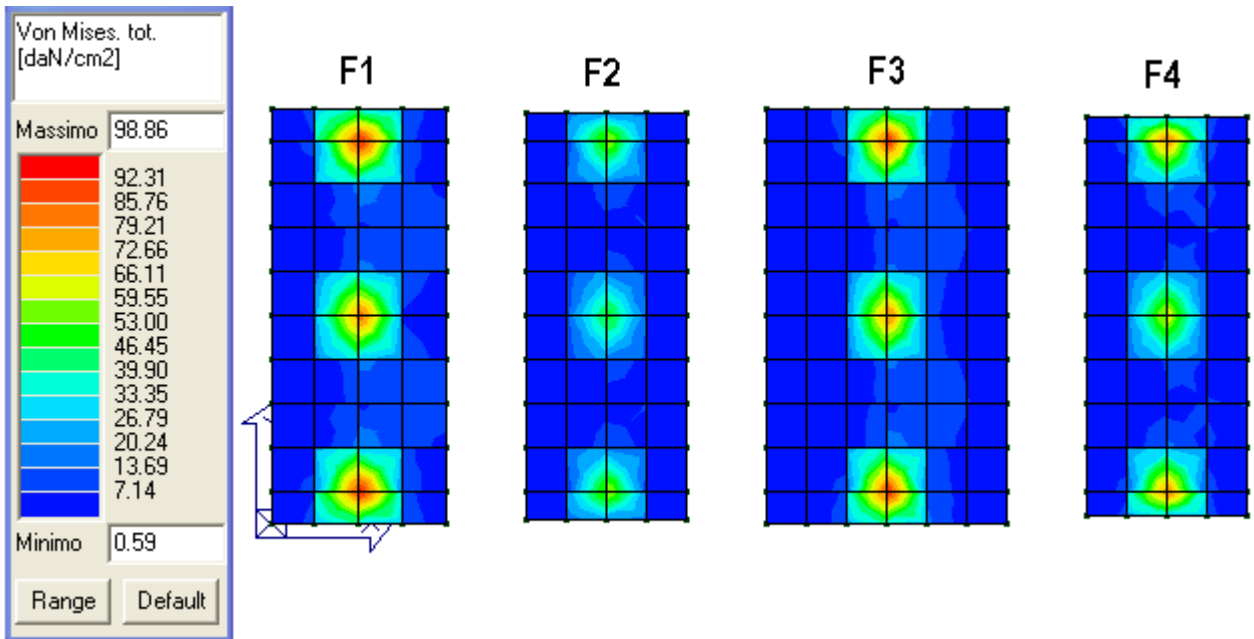
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

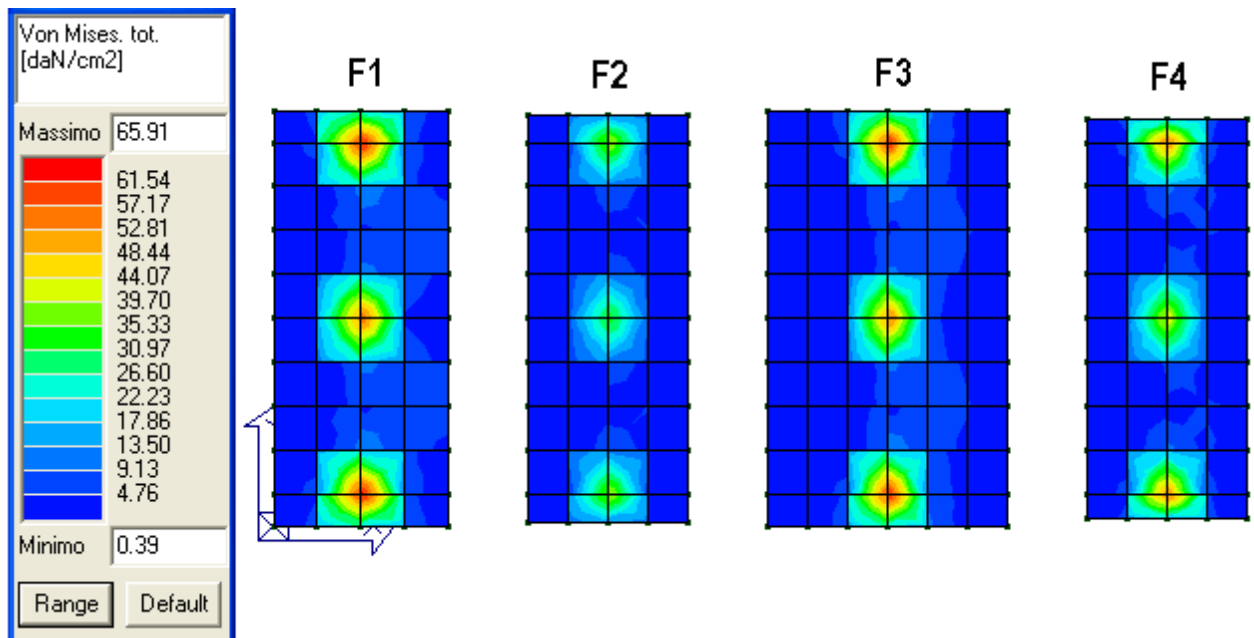
Rev:				
00				

Data:
Maggio 2021

Foglio
23 di 44



Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises - Comb. SLU



Mappa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises - Comb. SLE rara

Progetto:

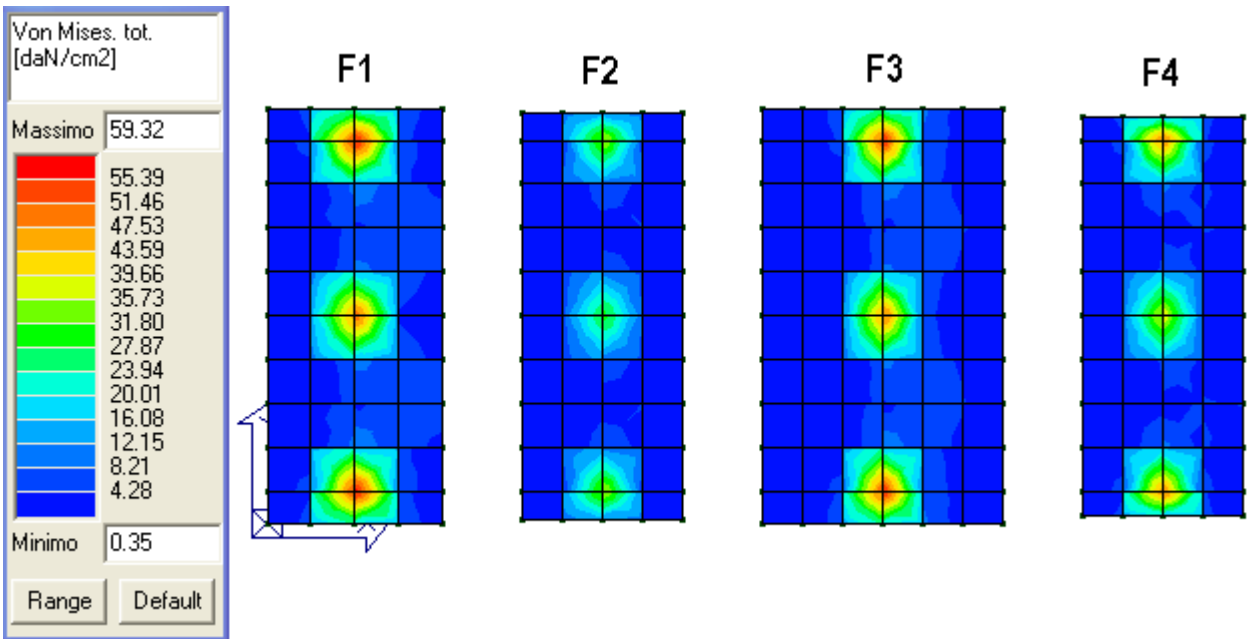
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

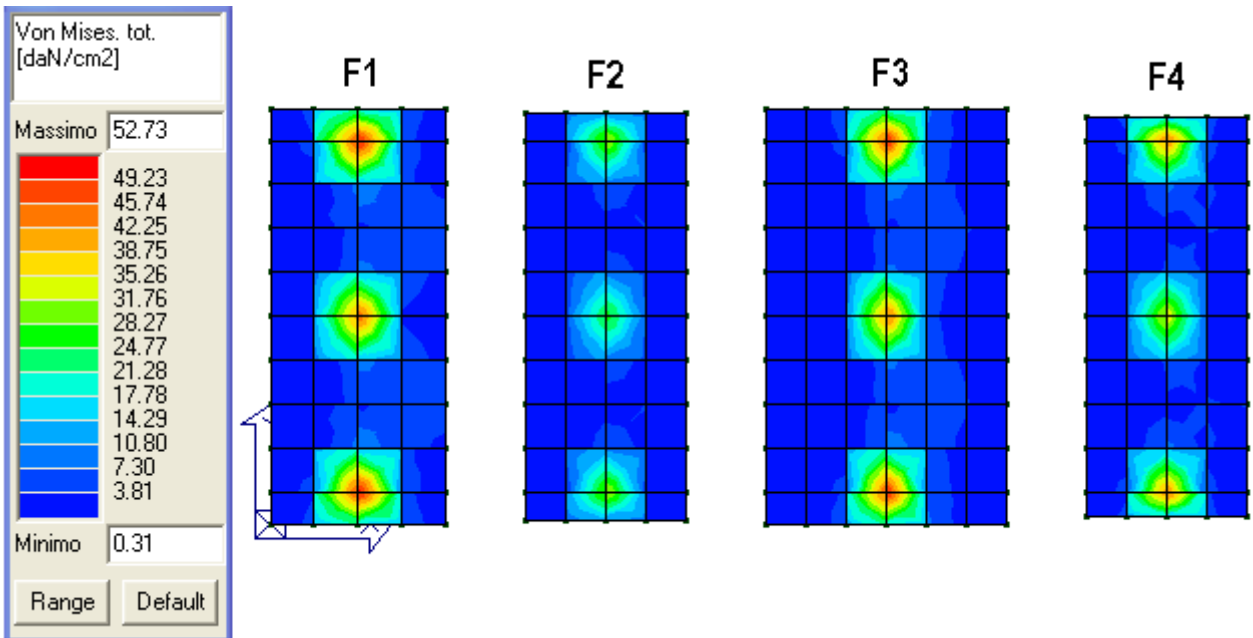
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:	Data:	Foglio
00		Maggio 2021	24 di 44



Mapa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises - Comb. SLE freq.



Mapa cromatica delle tensioni totali (membrana + flessione) ottenute mediante la formulazione di Von Mises - Comb. SLE q. perm.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>			
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE			
	Rev:		Data:
	00		Maggio 2021
			Foglio 25 di 44

8. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE STRUTTURALI

8.1. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU)

8.1.1. Equilibrio del corpo rigido

Di seguito si riportano le risultanze della verifica di equilibrio del corpo rigido fondazione-sovrastuttura ipotizzando, a vantaggio di sicurezza, la fondazione in assenza dei batoli.

Dal riepilogo dei carichi trasmessi dalle sovrastrutture alle fondazioni si evince che le condizioni di carico peggiorative per il tipo di verifica in oggetto sono quelle di seguito riportate (valori di progetto dei carichi).

	Fz [kN]	Fx [kN]	My [kNm]
F1	-3.50	6.25	22.50
F2	-1.75	4.00	13.00
F3	-2.25	6.00	21.00
F4	-1.50	3.50	17.00

I suddetti carichi sono applicati sulla superficie superiore delle fondazioni.

Le fondazioni, non considerando i batoli estradossati, hanno i seguenti pesi propri:

	P [kN]
F1	-85.80
F2	-76.50
F3	-117.00
F4	-75.00

Le fondazioni presentano i seguenti valori di distanza tra il baricentro e il punto di rotazione:

	b [m]
F1	1.10
F2	1.00
F3	1.50
F4	1.00

A vantaggio di sicurezza, si trascura il contributo stabilizzante dato dal terreno di ricoprimento del plinto in quanto questo si caratterizza come carico permanente non strutturale.

I valori caratteristici delle azioni, assieme al peso proprio delle fondazioni, sono stati combinati con i fattori parziali di sicurezza di cui alla colonna EQU della Tabella 2.6.I delle NTC 2018.

Valori fattorizzati:

	Fz [kN]	Fx [kN]	My [kNm]	P [kN]
F1	-4.40	9.38	33.75	-77.22
F2	-2.65	6.00	19.50	-68.85
F3	-3.15	9.00	31.50	-105.30
F4	-2.40	5.25	25.50	-67.50

Di seguito si riportano le risultanze delle calcolazioni dei momenti stabilizzanti e ribaltanti.

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	26 di 44

	Mrib. [kNm]	Mstab. [kNm]	Mrib./Mstab.
F1	41.25	80.10	0.51
F2	24.30	66.20	0.37
F3	38.70	153.23	0.25
F4	29.70	65.10	0.46

La verifica risulta soddisfatta per tutte le fondazioni in quanto $M_{stab} > M_{rib}$.

8.1.2. Verifiche strutturali piatee

Di seguito si riportano le risultanze delle verifiche e la quantità di armatura di progetto.

Guscio	Stato	Nodo	x/d	verif.	ver. rid	Rif. cmb	Af pr-	Af pr+	Af sec-	Af sec+	Rete pr + Aggiuntivi	Rete sec + Aggiuntivi
1	ok	1	0.13	0.05	8.76e-05	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		12	0.13	0.16	3.89e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		13	0.13	0.18	1.41e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		2	0.13	0.05	2.80e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
2	ok	2	0.13	0.03	3.22e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		13	0.13	0.26	2.05e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		14	0.13	0.04	1.38e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		3	0.13	0.08	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
3	ok	3	0.13	0.02	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		14	0.13	0.15	5.93e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		15	0.13	0.05	4.92e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		4	0.13	0.05	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
4	ok	4	0.13	0.02	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		15	0.13	0.07	2.51e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		16	0.13	0.09	2.68e-05	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		5	0.13	0.07	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
5	ok	5	0.13	0.09	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		16	0.13	0.09	5.98e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		17	0.13	0.20	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		6	0.13	0.10	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
6	ok	6	0.13	0.10	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		17	0.13	0.20	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		18	0.13	0.09	5.98e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		7	0.13	0.09	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
7	ok	7	0.13	0.07	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		18	0.13	0.09	2.68e-05	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		19	0.13	0.07	2.51e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		8	0.13	0.02	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
8	ok	8	0.13	0.05	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		19	0.13	0.05	4.92e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		20	0.13	0.15	5.93e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		9	0.13	0.02	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
9	ok	9	0.13	0.08	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		20	0.13	0.04	1.38e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		21	0.13	0.26	2.05e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		10	0.13	0.03	3.22e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
10	ok	10	0.13	0.05	2.80e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		21	0.13	0.18	1.41e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		22	0.13	0.16	3.89e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		11	0.13	0.05	8.76e-05	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
11	ok	12	0.13	0.60	8.12e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		23	0.13	0.82	4.18e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		24	0.18	0.98	1.56e-03	1,1	6.2	14.9	6.2	10.1	14/25+(14/0 i 14/18 s)	14/25+(14/0 i 14/39 s)
		13	0.13	0.58	2.93e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
12	ok	13	0.13	0.35	1.59e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		24	0.18	0.98	2.28e-03	1,1	6.2	15.2	6.2	10.7	14/25+(14/0 i 14/17 s)	14/25+(14/0 i 14/34 s)
		25	0.13	0.84	4.70e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		14	0.13	0.55	9.06e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
13	ok	14	0.13	0.04	1.92e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		25	0.13	0.29	8.55e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		26	0.13	0.13	1.10e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		15	0.13	0.11	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
14	ok	15	0.13	0.05	0.0	1,0	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		26	0.13	0.15	6.95e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		27	0.13	0.22	7.09e-05	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

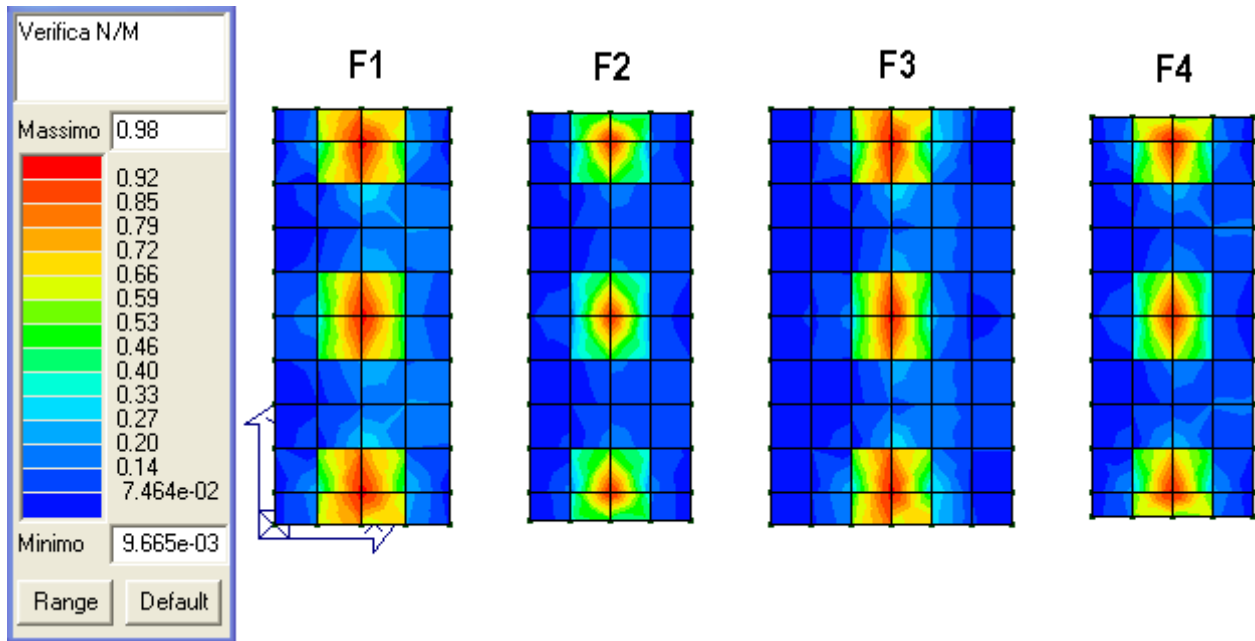
Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:				Foglio
	00					Maggio 2021				36 di 44

177	ok	227	0.13	0.12	1.12e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		227	0.13	0.08	1.01e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		238	0.13	0.11	1.87e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		239	0.13	0.15	2.14e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		228	0.13	0.15	7.48e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
178	ok	228	0.13	0.14	8.78e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		239	0.13	0.15	2.15e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		240	0.13	0.10	1.23e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		229	0.13	0.11	1.09e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
179	ok	229	0.13	0.10	1.22e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		240	0.13	0.08	1.29e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		241	0.13	0.03	1.63e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		230	0.13	0.24	1.07e-03	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
180	ok	230	0.13	0.20	6.34e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		241	0.13	0.04	4.33e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		242	0.13	0.05	2.94e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)
		231	0.13	0.17	4.43e-04	1,1	6.2	6.2	6.2	6.2	14/25+(14/0 i 14/0 s)	14/25+(14/0 i 14/0 s)

Di seguito si riporta la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto Sd/Su con sollecitazioni ultime proporzionali; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva (Sd = sollecitazione di progetto, Su = sollecitazione ultima).



Rapporto Sd/Su

8.2. VERIFICHE AGLI STATI LIMITE DI ESERCIZIO (SLE)

8.2.1. Verifiche strutturali piatee

Per gli elementi shell costituenti le piatee di fondazione in progetto, dalle tabelle riportate di seguito si evincono i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	37 di 44

- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

La verifica alle tensioni di esercizio richiede che:

Combinazioni “rara” $rRfck = \frac{\sigma_c}{f_{ck}} < 0.60$

$rRfyk = \frac{\sigma_f}{f_{yk}} < 0.80$

Combinazioni “quasi permanente” $rPfck = \frac{\sigma_c}{f_{ck}} < 0.45$

La verifica a fessurazione richiede che (condizioni ambientali b = aggressive):

Combinazioni “frequente” $Wd = wF \leq 0.3mm$

Combinazioni “quasi permanente” $Wd = wP \leq 0.2mm$

Le sopra riportate relazioni risultano verificate.

Guscio	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb
1	0.06	0.16	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
2	0.09	0.22	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
3	0.05	0.13	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
4	0.03	0.08	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
5	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
6	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
7	0.03	0.08	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
8	0.05	0.13	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
9	0.09	0.22	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
10	0.06	0.16	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
11	0.46	0.75	0.49	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4
12	0.47	0.75	0.50	2,2,4	0.24	0.24	0.21	2,3,4
13	0.10	0.25	0.11	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
14	0.07	0.18	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
15	0.44	0.75	0.47	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4
16	0.44	0.75	0.47	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4
17	0.07	0.18	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
18	0.10	0.25	0.11	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
19	0.47	0.75	0.50	2,2,4	0.24	0.24	0.21	2,3,4
20	0.46	0.75	0.49	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4
21	0.53	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4
22	0.54	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4
23	0.12	0.29	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
24	0.09	0.22	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
25	0.50	0.75	0.53	2,2,4	0.24	0.24	0.21	2,3,4
26	0.50	0.75	0.53	2,2,4	0.24	0.24	0.21	2,3,4
27	0.09	0.22	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
28	0.12	0.29	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
29	0.54	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4
30	0.53	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4
31	0.08	0.20	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
32	0.10	0.23	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
33	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
34	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
35	0.06	0.14	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
36	0.06	0.14	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
37	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
38	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
39	0.10	0.23	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
40	0.08	0.20	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio		
	00					Maggio 2021	38 di 44		
41	0.04	0.11	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
42	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
43	0.03	0.09	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
44	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
45	0.04	0.11	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
46	0.04	0.11	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
47	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
48	0.03	0.09	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
49	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
50	0.04	0.11	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
51	0.36	0.75	0.38	2,2,4	0.28	0.27	0.23	2,3,4	
52	0.35	0.75	0.38	2,2,4	0.28	0.27	0.23	2,3,4	
53	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
54	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
55	0.33	0.75	0.35	2,2,4	0.32	0.28	0.0	2,3,0	
56	0.33	0.75	0.35	2,2,4	0.32	0.28	0.0	2,3,0	
57	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
58	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
59	0.35	0.75	0.38	2,2,4	0.28	0.27	0.23	2,3,4	
60	0.36	0.75	0.38	2,2,4	0.28	0.27	0.23	2,3,4	
61	0.41	0.75	0.44	2,2,4	0.27	0.27	0.22	2,3,4	
62	0.40	0.75	0.43	2,2,4	0.27	0.27	0.22	2,3,4	
63	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
64	0.05	0.13	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
65	0.37	0.75	0.39	2,2,4	0.30	0.27	0.24	2,3,4	
66	0.37	0.75	0.39	2,2,4	0.30	0.27	0.24	2,3,4	
67	0.05	0.13	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
68	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
69	0.40	0.75	0.43	2,2,4	0.27	0.27	0.22	2,3,4	
70	0.41	0.75	0.44	2,2,4	0.27	0.27	0.22	2,3,4	
71	0.05	0.12	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
72	0.06	0.14	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
73	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
74	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
75	0.04	0.09	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
76	0.04	0.09	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
77	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
78	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
79	0.06	0.14	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
80	0.05	0.12	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
81	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
82	0.02	0.06	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
83	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
84	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
85	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
86	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
87	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
88	0.02	0.05	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
89	0.02	0.06	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
90	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
91	0.07	0.18	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
92	0.09	0.23	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
93	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
94	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
95	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
96	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
97	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
98	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
99	0.09	0.23	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
100	0.07	0.18	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
101	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4	
102	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.35	0.25	0.21	2,3,4	
103	0.08	0.21	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	

Progetto:**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE***- Progetto definitivo -***Elaborato:****RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE**

	Rev:					Data:	Foglio		
	00					Maggio 2021	39 di 44		
104	0.06	0.16	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
105	0.42	0.75	0.45	2,2,4	0.25	0.25	0.22	2,3,4	
106	0.42	0.75	0.45	2,2,4	0.25	0.25	0.22	2,3,4	
107	0.06	0.16	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
108	0.08	0.21	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
109	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.35	0.25	0.21	2,3,4	
110	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4	
111	0.53	0.74	0.56	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4	
112	0.53	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4	
113	0.13	0.30	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
114	0.10	0.24	0.11	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
115	0.49	0.75	0.53	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4	
116	0.49	0.75	0.53	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4	
117	0.10	0.24	0.11	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
118	0.13	0.30	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
119	0.53	0.74	0.57	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4	
120	0.53	0.74	0.56	2,2,4	0.24	0.24	0.20	2,3,4	
121	0.12	0.27	0.12	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
122	0.12	0.28	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
123	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
124	0.06	0.14	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
125	0.08	0.19	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
126	0.08	0.19	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
127	0.06	0.14	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
128	0.07	0.17	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
129	0.12	0.28	0.13	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
130	0.12	0.27	0.12	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
131	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
132	0.03	0.06	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
133	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
134	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
135	0.04	0.08	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
136	0.04	0.08	0.04	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
137	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
138	0.05	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
139	0.03	0.06	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
140	0.03	0.07	0.03	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
141	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
142	0.08	0.20	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
143	0.04	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
144	0.02	0.04	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
145	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
146	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
147	0.02	0.04	0.02	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
148	0.04	0.11	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
149	0.08	0.20	0.08	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
150	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
151	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4	
152	0.43	0.75	0.46	2,2,4	0.25	0.25	0.22	2,3,4	
153	0.09	0.22	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
154	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
155	0.39	0.75	0.42	2,2,4	0.26	0.26	0.22	2,3,4	
156	0.39	0.75	0.42	2,2,4	0.26	0.26	0.22	2,3,4	
157	0.06	0.15	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
158	0.09	0.22	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
159	0.43	0.75	0.46	2,2,4	0.25	0.25	0.22	2,3,4	
160	0.45	0.75	0.48	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4	
161	0.49	0.75	0.52	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4	
162	0.47	0.75	0.50	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4	
163	0.10	0.23	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
164	0.06	0.15	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0	
165	0.42	0.75	0.45	2,2,4	0.25	0.26	0.22	2,3,4	
166	0.42	0.75	0.45	2,2,4	0.25	0.26	0.22	2,3,4	

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	40 di 44

167	0.06	0.15	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
168	0.10	0.23	0.10	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
169	0.47	0.75	0.50	2,2,4	0.25	0.25	0.21	2,3,4
170	0.49	0.75	0.52	2,2,4	0.24	0.25	0.21	2,3,4
171	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
172	0.08	0.20	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
173	0.05	0.12	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
174	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
175	0.04	0.10	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
176	0.04	0.10	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
177	0.05	0.12	0.05	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
178	0.05	0.12	0.06	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
179	0.08	0.20	0.09	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0
180	0.07	0.17	0.07	2,2,4	0.0	0.0	0.0	0,0,0

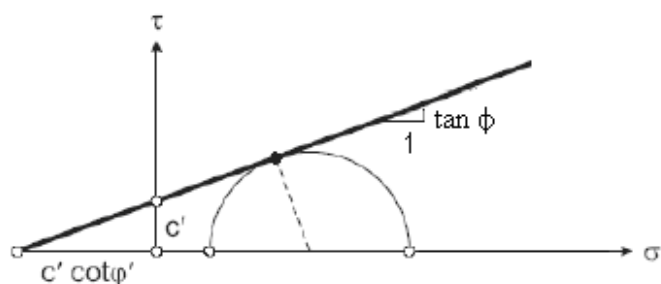
9. VERIFICHE GEOTECNICHE

9.1. MODELLAZIONE GEOTECNICA

Nella modellazione agli elementi finiti si è adottato per il terreno il modello alla Winkler.

Le verifiche di ciascuno stato limite ultimo (SLU) geotecnico consistono nel controllare che la sollecitazione di calcolo E_d sia inferiore alla sollecitazione resistente R_d in corrispondenza della quale si forma una superficie di rottura nei cui punti le tensioni tangenziali τ e perpendicolari efficaci σ' sono legate dalla relazione (Criterio di Mohr Coulomb):

$$\tau = c' + \sigma' \tan \phi$$



Criterio di rottura di Mohr-Coulomb

Per ogni tipo di SLU geotecnico, la teoria di calcolo adottata per determinare la sollecitazione resistente fa un'ipotesi più o meno verosimile sulla forma della superficie di rottura in questione. Per il teorema cinematico dell'analisi limite, la differenza esistente tra la superficie di rottura ipotizzata e quella effettiva introduce un errore a vantaggio di sicurezza.

Inoltre, per ciascuno SLU geotecnico, la verifica deve essere eseguita in entrambe le condizioni:

- non drenate (a breve termine dall'applicazione del carico):

$$c = c_u \quad \varphi = 0 \quad \gamma = \gamma$$

- drenate (a lungo termine dall'applicazione del carico):

$$c = c' \quad \varphi = \varphi' \quad \gamma = \gamma'$$

Per la stima dei cedimenti, occorre definire la profondità H dello strato deformabile al di sotto del quale si può considerare il terreno infinitamente rigido. Tale profondità è tale che al di sotto di essa si possano trascurare gli incrementi di tensione efficace $\Delta\sigma'$, perché inferiori ad una certa aliquota (ad esempio il 15%) della tensione geostatica $\sigma_0 = \gamma \cdot z$.

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>						
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE						
	Rev:				Data:	Foglio
	00				Maggio 2021	41 di 44

9.2. PARAMETRI DI CALCOLO PER LA VERIFICA DEGLI STATI LIMITE GEOTECNICI

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri di calcolo adottati.

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Per terreni sciolti: Vesic
- Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20.0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20.0 %

Effetti inerziali (Paolucci-Pecker):

- Coeff. sismico orizzontale $K_h = 0.123$
- Angolo d'attrito alla quota di fond.= 20.0
- Fattore correttivo $Z_c = 0.961$
- Fattore correttivo $Z_q = 0.866$

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE e SLD nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2.50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2.50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2.50
- Coeff. parziale di sicurezza F_c (sismico): 3.00
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (sismico): 3.00
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (sismico): 3.00

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per $\tan(\phi)$ (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. M1 per $\tan(\phi)$ (sismico): 1
- Coeff. M1 per c' (sismico): 1
- Coeff. M1 per C_u (sismico): 1
- Coeff. R3 capacità portante: 2.30
- Coeff. R3 scorrimento: 1.10

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE – Progetto definitivo –					
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE					
	Rev:			Data:	Foglio
	00			Maggio 2021	42 di 44

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- Frazione di spinta passiva fSp: 30.00 %

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Westergaard
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

Archivio stratigrafie

Indice / Descrizione: 001 / Stratigrafia SSE

Numero strati: 1

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -1000,0 cm	1000,0 cm	001 / Terreno di fondazione	Assente

Archivio terreni

Indice / Descrizione terreno: **001 / Sabbie limose con ghiaia**

Comportamento del terreno: condizione drenata

Peso Spec.	P. Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione
T/mc	T/mc	Gradi°	kg/cmq
1,94	1,73	26,000	0,23

9.3. VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE

La verifica a carico limite verticale è soddisfatta se:

$$N_d \leq N \frac{1}{\gamma_{Rlimlim}}$$

dove:

- q_{lim} carico limite unitario;
- B e L dimensioni della fondazione;
- γ_R coefficiente di sicurezza R2.

Il calcolo del carico limite avviene modellando il terreno come mezzo rigido perfettamente plastico. L'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma_0 B L \lim$$

dove:

- D profondità del piano di posa;
- γ_0 peso di volume del terreno a profondità $< D$;
- c coesione;

Progetto:

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MWp SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE

– Progetto definitivo –

Elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE

	Rev:					Data:	Foglio
	00					Maggio 2021	43 di 44

γ	peso di volume del terreno a profondità $> D$;
N_q, N_c, N_γ	fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno ϕ del terreno;
s_q, s_c, s_γ	fattori di forma;
d_q, d_c, d_γ	fattori di approfondimento;
i_q, i_c, i_γ	fattori di inclinazione carico;
b_q, b_c, b_γ	fattori di inclinazione piano di posa;
g_q, g_c, g_γ	fattori di inclinazione piano campagna.

Nel caso di carico eccentrico, secondo il Meyerhof, si riducono le dimensioni della superficie di contatto tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni. Nel caso in esame si è adottata la formulazione di Vesic (1975) di seguito riportata:

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \phi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\phi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\phi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\phi)$$

- se $\phi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\phi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\phi) \cdot (1 - \sin(\phi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\phi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\phi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\phi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

nel caso in cui $\phi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0, N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$

nelle precedenti relazioni:

V	componente verticale del carico agente sulla fondazione;
H	componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);
c_a	adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione).

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa, si effettua anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti, la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale oltre alle due componenti ora citate può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione, questa però fino ad un massimo del 30%. In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot tg(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

T_{Sd} componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);

Progetto: PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE SOLARE FOTOVOLTAICA DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 23,482 MW_p SITO NEL COMUNE DI CANDELA (FG) IN ZONA INDUSTRIALE E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE <i>– Progetto definitivo –</i>			
Elaborato: RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE – Stalli SSE			
	Rev:		Data: Maggio 2021
	00		Foglio 44 di 44

- N_{sd} componente verticale del carico agente sulla fondazione;
 c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
 δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
 S_p spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione;
 f_{sp} percentuale di partecipazione della spinta passiva;
 A_f superficie di contatto del piano di posa della fondazione.

Va da se che tale tipo di verifica deve essere effettuata per entrambe le direzioni.

I tabulati che seguono riportano, per le combinazioni di carico agli SLU (vedi elaborato "Relazione di calcolo"), i valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali e la relativa verifica. La simbologia adoperata è la seguente:

- $Q_{lim\ q}$: valore del termine relativo al sovraccarico nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- $Q_{lim\ g}$: valore del termine relativo alla larghezza della base di fondazione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- $Q_{lim\ c}$: valore del termine relativo alla coesione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- $Q_{res\ T}$: valore della capacità portante relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Tale valore risulta non nullo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Q_{lim} : valore della capacità portante totale quale somma di $Q_{lim\ q}$, $Q_{lim\ g}$, $Q_{lim\ c}$ e di $Q_{res\ T}$;
- Q_{max} / Q_{lim} : rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale e il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0);
- Cmb : numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia).

Elemento: Fondazione F1

Cmb.	Q_{max}	Q_{lim}	Q_{max}/Q_{lim}
n.	daN/cm ²	daN/cm ²	
1	0.6747	2.2035	0.306

Elemento: Fondazione F2

Cmb.	Q_{max}	Q_{lim}	Q_{max}/Q_{lim}
n.	daN/cm ²	daN/cm ²	
1	0.4973	2.4527	0.203

Elemento: Fondazione F3

Cmb.	Q_{max}	Q_{lim}	Q_{max}/Q_{lim}
n.	daN/cm ²	daN/cm ²	
1	0.4185	3.2100	0.130

Elemento: Fondazione F4

Cmb.	Q_{max}	Q_{lim}	Q_{max}/Q_{lim}
n.	daN/cm ²	daN/cm ²	
1	0.5831	2.1636	0.269