



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Assessorato Agricoltura



CONSORZIO DI BONIFICA "VELIA"

Località Piano della Rocca, 84060

Prignano Cilento (SA)

Tel. 0974/837206 - Fax. 0974/837154 - Pec: consorziovelia@pec.it - www.consorziovelia.com

PSR CAMPANIA 2014 - 2020 / Tipologia di intervento 4.3.2 - Az. B
Sostegno alla realizzazione di impianti da fonti rinnovabili
per incrementare la copertura del fabbisogno energetico
degli impianti collettivi di irrigazione

PROGRAMMA ENERGIA (F.E.R.)

Fotovoltaico Vasca Prignano

CUP - E13D23000320005

Livello di progettazione

Documento Fattibilità A. P. Fattib. tecnico - economica

Progetto esecutivo

Cod. elaborato A2.6	Scala -	Data Marzo 2024	Revisione <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 6
-------------------------------	------------	--------------------	--

Titolo elaborato

Verifica al ribaltamento

TIPOLOGIA ELABORATO	<input checked="" type="checkbox"/> Descrittivo	<input type="checkbox"/> Grafico	<input checked="" type="checkbox"/> Calcolo
<input type="checkbox"/> Economico	<input type="checkbox"/> Sicurezza	<input type="checkbox"/> Disciplinare/Contrattuale	<input type="checkbox"/> Altro

Progettista

Velia Ingegneria e Servizi Srl
Ing. Isidoro Silenzio

Supporto specialistico (impianti) **Ing. Salvatore Forte**

Coordinatore Sicurezza (fase di progetto)

Velia Ingegneria e Servizi Srl
Ing. Vito Ciantani

R.U.P.

Consorzio di Bonifica "Velia"
Arch. Alfredo Loffredo

Riferimenti archivio digitale: 050b/Ve.Ing.

VERIFICA AL RIBALTAMENTO E DI PORTANZA DEL SOLAIO DI COPERTURA

Strutture di sostegno

L'impianto fotovoltaico verrà posato sulla copertura di una struttura esistente. I pannelli non saranno direttamente ancorati al solaio di copertura, bensì, per garantire un'inclinazione di 15° rispetto all'orizzontale, verranno utilizzate delle zavorre in calcestruzzo armato (fig.01), materiale che permette una bassissima usura nel tempo e la capacità di resistere alle perturbazioni più intense. L'utilizzo di tale tecnologia permette di garantire l'inclinazione da progetto e di evitare fissaggi diretti sul solaio di copertura, scongiurando così eventuali problemi di infiltrazione futura derivanti dal danneggiamento dell'isolamento della struttura. Il fissaggio del singolo modulo alla zavorra verrà garantito tramite morsetti di ancoraggio, rendendo così la stringa un unico elemento solidale.

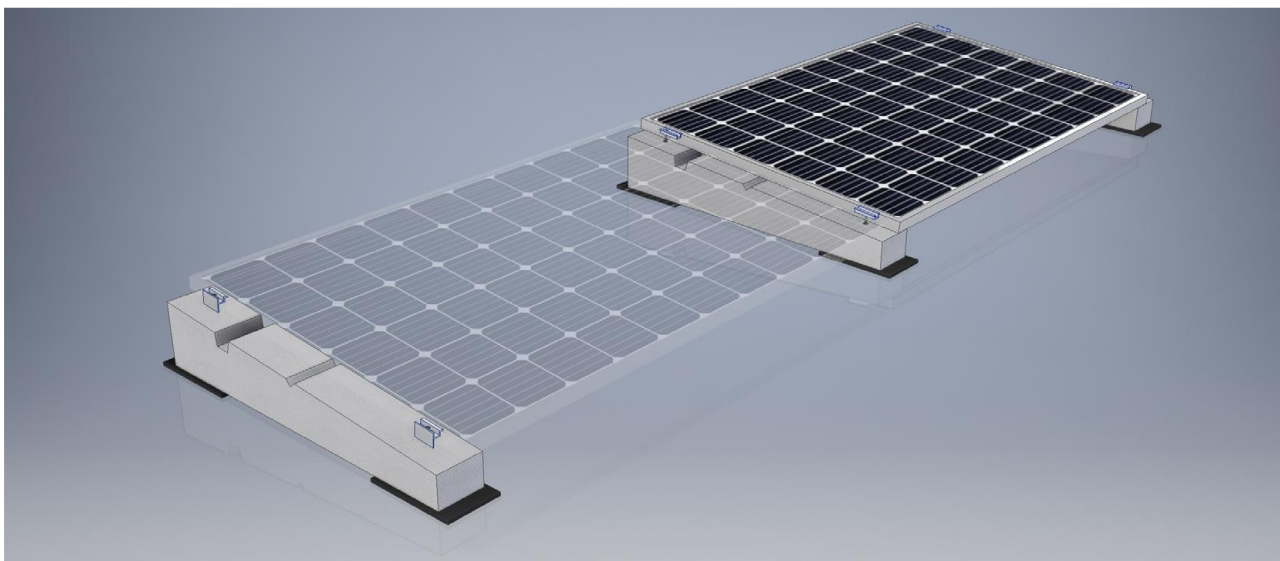


Fig.01- moduli fotovoltaici poggiati in copertura tramite fissaggio su zavorre

Verifica statica solaio di appoggio

Le verifiche di seguito riportate sono finalizzate ad accertare che il solaio dove verrà installato l'impianto fotovoltaico è idoneo a tale funzione e se le zavorre utilizzate per l'ancoraggio delle strutture garantiscono la necessaria sicurezza sotto l'azione del vento. Nella seguente verifica è stato accertato che il solaio di copertura possa sopportare il carico determinato dall'impianto fotovoltaico.

Il solaio su cui andrà realizzato l'impianto fotovoltaico è un solaio prefabbricato in tegoli. Oltre ai carichi permanenti e i pesi delle sovrastrutture, il solaio secondo normativa NTC2018 è stato calcolato considerando un carico variabile di 3 KN/m².

Dalle schede tecniche fornite relativamente ai moduli fotovoltaici e alle zavorre su supporto utilizzate come fondazione superficiale, risulta:

P1 = Peso modulo= 22 Kg

P2 = Peso profilo= 0.7 Kg/m

P3 = Peso zavorra= 60 Kg

P4 = Peso carico aggiuntivo (Fig.02)= 30 kg

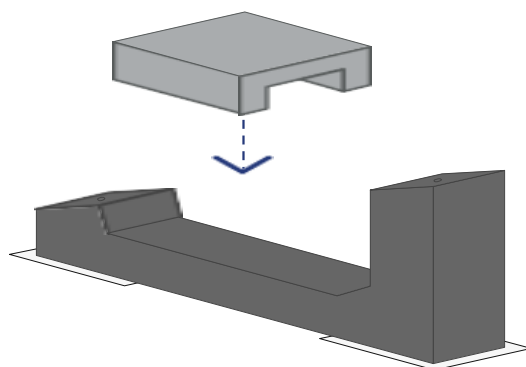


Fig.02 – carico aggiuntivo atto a garantire la verifica a ribaltamento

Ai fini della determinazione del carico unitario kg/mq che agisce sul solaio è stata considerata la condizione di carico più gravosa, e cioè quella in cui in un'area di solaio pari a 1,039 x 2,047 mq (area pannello) agiscono il peso generato dal modulo fotovoltaico, dai profilati e dalle zavorre che considereremo in numero pari a 2,5/pannello; in riferimento ai particolari esecutivi in allegato, si è determinato il carico totale agente che risulta pari a:

Peso totale= P1 + P2 + 2,5*P3 + 2,5*P4 = 22 + 0,7 + 2,5 * 60 Kg + 2,5 * 30kg = 247,7 kg.

Considerando che la struttura presenta anche alcune piastrelle di giunzione e diversi bulloni, approssimiamo il carico a 255 kg.

Il carico specifico generato dal modulo fotovoltaico e dalla struttura di sostegno sul solaio risulta quindi:

Peso totale (mq) = 255 Kg / (1,039 x 2,047)m = 119,90 Kg/mq

Oltre ai carichi sopra calcolati, è stata considerata anche l'azione del vento che agendo sui moduli inclinati di 15° genera sul solaio di copertura un'azione verticale.

Calcolo pressione del vento

Nella verifica è stata analizzata metà stringa, ovvero su una singola unità strutturale indipendente, composta da 8 moduli fotovoltaici dalle dimensioni di 2,047 x 1,039 inclinati di circa 15° rispetto all'orizzontale. La verifica consiste nel confrontare le azioni stabilizzanti date dal peso dei pannelli dal peso delle zavorre utilizzate come mezzo di fondazione e dall'azione del vento agente sulla superficie dei pannelli fotovoltaici.

La verifica è condotta sui moduli fotovoltaici disposti nelle condizioni più sfavorevoli (maggiormente esposti all'azione del vento).

La pressione del vento, calcolata secondo il D.M. 14/01/2018 "Norme tecniche per le costruzioni", si ricava dalla seguente espressione:

$$P = q_r c_e c_p c_d$$

Dove

- q_r è la pressione cinetica di riferimento
- C_e è il coefficiente di esposizione
- C_p è il coefficiente di forma, funzione della tipologia e della geometria della costruzione C_d è il coefficiente dinamico con cui si tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alle vibrazioni strutturali. Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1.

Pressione cinetica di riferimento

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2$$

Dove

$\rho = 1,25 \text{ Kg/m}^3$ (densità dell'aria)

$v_r = 27 \text{ m/s}$ (velocità di riferimento)

Coefficiente di esposizione

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

Dove, essendo in categoria di esposizione III:

$k_r = 0,2$ (coeff.riferimento tabella)

$z_0 = 0,10 \text{ m}$ (coeff.riferimento tabella)

$z_{\min} = 5 \text{ m}$ (coeff.riferimento tabella)

$c_t = 1$ (coefficiente topografico)

$c_e = 1,95$ (coefficiente di esposizione)

$c_p = \pm 1,2$

La determinazione della zona di esposizione e dei parametri di riferimento utilizzati sono stati dedotti dalle seguenti tabelle delle NTC2018:

Zona	Descrizione	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s
1	Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	25	1000	0,40
2	Emilia Romagna	25	750	0,45
3	Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)	27	500	0,37
4	Sicilia e provincia di Reggio Calabria	28	500	0,36
5	Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	750	0,40

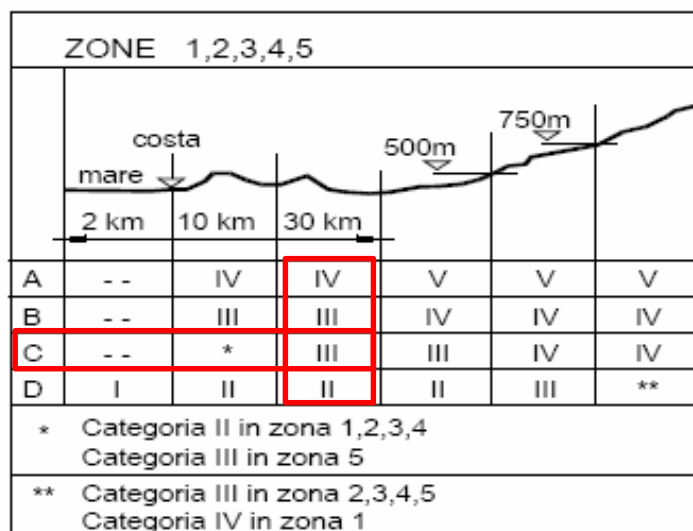
**PROGRAMMA ENERGIA (F.E.R.)
Fotovoltaico (Vasca Prignano) - CUP: E13D23000320005**

6	Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)	28	500	0,36
7	Liguria	28	1000	0,54
8	Provincia di Trieste	30	1500	0,50
9	Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto	31	500	0,32

Tab.01 - Valori dei parametri V_{bo} , a_o , k_s

Classe di rugosità del terreno	Descrizione
A	Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m
B	Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive
C	Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni, ..); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D
D	a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa); b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa) c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ..)

Tab.02 - Classi di rugosità del terreno



Tab.03 - Definizione della categoria di esposizione

Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2

PROGRAMMA ENERGIA (F.E.R.)
Fotovoltaico (Vasca Prignano) - CUP: E13D23000320005

II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

Tab.04 - Tabella in funzione della classe di esposizione

La pressione del vento risulta quindi così determinata:

$$P \text{ vento (mq)} = q_r \times C_e \times C_p \times C_d = 106,40 \text{ kg/m}^2$$

Da cui ne deriva che la Forza del vento agente sul singolo modulo è pari a:

$$F \text{ vento} = P \text{ vento} \times \text{Area singolo pannello}$$

$$F \text{ vento} = 106,40 \text{ kg/m}^2 \times 2,047 \text{ m} \times 1,039 \text{ m} = 226,30 \text{ kg (vento agente sul singolo modulo)}$$

Carico totale agente sul solaio di copertura:

Il carico totale **Q** agente sulla superficie di dimensioni pari a (2,047 x 1.039)mq risulta essere pari a:

$$Q = P \text{ vento} + P \text{ modulo} + P \text{ profilo} + P \text{ zavorre} = 106,40 \text{ kg/m}^2 + 119,90 \text{ kg/m}^2 = 226,30 \text{ kg/m}^2$$

Considerato che il sovraccarico variabile di progetto del solaio è pari a 300 Kg/mq e che il peso dell'impianto fotovoltaico + azione combinata del vento è pari a 226,30 Kg/mq:

Peso impianto fotovoltaico < sovraccarico di progetto del solaio, la verifica quindi risulta soddisfatta.

Verifica al ribaltamento sotto l'azione del vento:

La verifica al ribaltamento verrà condotta su di un'intera fila strutturalmente indipendente dalle altre, composta numericamente da 8 moduli fotovoltaici;

Azioni ribaltanti:

- Momento ribaltante dato dalla forza del vento applicata al centro del modulo fotovoltaico moltiplicata per il braccio ribaltante

$$M \text{ instabilizzante} = 1810,44 \text{ kg} \times 0,3 \text{ m} = 543,14 \text{ kg*m}$$

Azioni stabilizzanti:

- M1 = Momento stabilizzante dato dal peso dei moduli fotovoltaici per la distanza dal baricentro dei moduli al punto di ribaltamento.
- M2 = Momento stabilizzante dato dal peso delle zavorre per la distanza dal baricentro delle zavorre al punto di ribaltamento.
- M3 = Momento stabilizzante dato dal peso dei carichi aggiuntivi per la distanza dal baricentro al punto di ribaltamento.

$$M \text{ stabilizzante} = M1 + M2 + M3 = 85,35 \text{ kg*m} + 479,4 \text{ kg*m} + 357 \text{ kg*m} = 921,75 \text{ kg*m}$$

Si esegue una verifica al ribaltamento impiegando i coefficienti parziali della Tab. 2.6.I delle NTC 2018 dello stato limite di corpo rigido (EQU).

PROGRAMMA ENERGIA (F.E.R.)
Fotovoltaico (Vasca Prignano) - CUP: E13D23000320005

M_{st tot} = M stabilizzante * 0,9 = 921,75 kg*m x 0,9 = 829,57 kg*m

M_{rib tot} = M ribaltante * 1,5 = 543,14 kg*m x 1,5 = 814,70 kg*m

M_{st tot} > M_{rib tot}