

UNIONE DEI COMUNI VALLI DEL RENO, LAVINO E SAMOGGIA
COMUNE DI VALSAMOGGIA

CITTA' METROPOLITANA
DI BOLOGNA

REGIONE EMILIA
ROMAGNA

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO
ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 kW E
POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 kW

Denominazione Impianto:

FV VALSAMOGGIA

Ubicazione:

Comune di Valsamoggia (BO)
Via Abitazione

ELABORATO
023600

CALCOLI PRELIMINARI DELLE STRUTTURE

Cod. Doc.: VLS-023600-R

Sviluppatore:



ENGINEERING ENERGY TERRA

Project - Commissioning – Consulting

Str. Grigore Ionescu, 63, Bl: T73, sc. 2,
Sect 2, Jud. Municipiul Bucuresti, Romania
RO43492950

Scala: --

PROGETTO

Data:

19/12/2023

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

GEO SOLAR WORLD 3 S.R.L.

Via Pasquale Cotechini, 106
Porto San Giorgio (FM)
ITALY
P.IVA 02509660441

Tecnici e Professionisti:

Ing. Luca Ferracuti Pompa:
Iscritto al n. A344 dell'Albo dell'Ordine degli
Ingegneri della Provincia di Fermo

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	19/12/2023	PROGETTO DEFINITIVO	L.F.P.	L.F.P.	L.F.P.
02					
03					
04					


Il Tecnico:

Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa




Il Richiedente:

GEO SOLAR WORLD 3 S.R.L.

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 2 di 23

Sommario

1. OGGETTO	3
1.1 LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	5
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	10
3. DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEL SOSTEGNO	11
3.1 CARICO VENTO	11
3.2 CARICO NEVE	21

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 3 di 23

1. OGGETTO

Il presente documento è parte della documentazione relativa al progetto per la costruzione e l'esercizio di un Impianto Fotovoltaico conforme alle vigenti prescrizioni di legge con potenza di picco pari a **19.987,50 kW** da realizzare nel **Comune di VALSAMOGGIA (BO)**, in Via Abitazione.

L'impianto sarà del tipo Grid Connected e l'energia elettrica prodotta sarà riversata completamente in rete, con allaccio in Media Tensione alla Rete Elettrica Nazionale.

Il Produttore e Soggetto Responsabile, è la **GEO SOLAR WORLD 3 S.r.l.**, con Sede Legale in Via Pasquale Cotechini, 106 – 63822 Porto San Giorgio (FM). Le Aree sulle quali è prevista l'installazione del campo fotovoltaico sono già nella disponibilità della proponente. La denominazione dell'impianto, è "**FV VALSAMOGGIA**".

DATI RELATIVI ALLA SOCIETA' PROPONENTE	
<i>Sede Legale:</i>	Via Pasquale Cotechini, 106 Porto San Giorgio (FM)
<i>P.IVA e C.F.:</i>	02509660441
<i>N. REA:</i>	FM - 288606
<i>Legale Rappresentante:</i>	IUVALE' ANDREA


L'Area oggetto dall'intervento si trova in **Emilia Romagna**, in Provincia di **Bologna**, nel Comune di **Valsamoggia** in Via Abitazione, in un'area compresa tra le quote topografiche che vanno da un minimo di **89** ad un massimo di **97** metri sul Livello del Mare.

L'impianto fotovoltaico dista all'incirca **1,5 km** dal centro del Comune di **Montevoglio (BO)** in direzione sud e di **Bazzano** in direzione Nord Ovest. L'impianto fotovoltaico è suddiviso in **n.2** sottocampi denominati **SC1 e SC2** (ognuno dei quali ha un proprio cancello di ingresso indipendente ed una propria recinzione perimetrale).

Il generatore fotovoltaico composto da **n. 1.250** stringhe ognuna costituita da **26** moduli collegati in serie per un totale di **n. 32.500** moduli fotovoltaici al silicio poli/monocristallino avrà una potenza di picco complessiva di **19.987,50 kW**


L'impianto in oggetto sarà connesso alla rete del distributore a **15 kV** trifase 50 Hz, per tale motivo sarà necessario realizzare una nuova cabina di consegna e un nuovo cavidotto interrato MT fino alla Cabina Primaria di E-Distribuzione S.p.A denominata "**Montevoglio**".

Per quanto riguarda la descrizione tecnica della nuova Linea Interrata si faccia riferimento agli elaborati grafici e descrittivi dedicati.

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 4 di 23

L'impianto Fotovoltaico comprenderà:

- n. 1 Cabina di Consegna E-Distribuzione;
- n. 1 Cabine Utente;
- n. 1 Control Room;
- n. 1 Vano Tecnico;
- n.8 Power Stations ognuna comprensiva di:
 - n. 1 Cabina Prefabbricata;
 - n. 1 Quadro BT di Parallelo Inverter (QBT);
 - n. 1 Quadro MT (QMT)
 - n°1 Trasformatore di potenza 2.500 kVA con rapporto di Trasformazione 15/0,80 kV.

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 5 di 23

1.1 Localizzazione dell'Intervento

L'Impianto Fotovoltaico oggetto del presente studio è ubicato nel Comune di **Valsamoggia (BO)** in **Via Abitazione**.

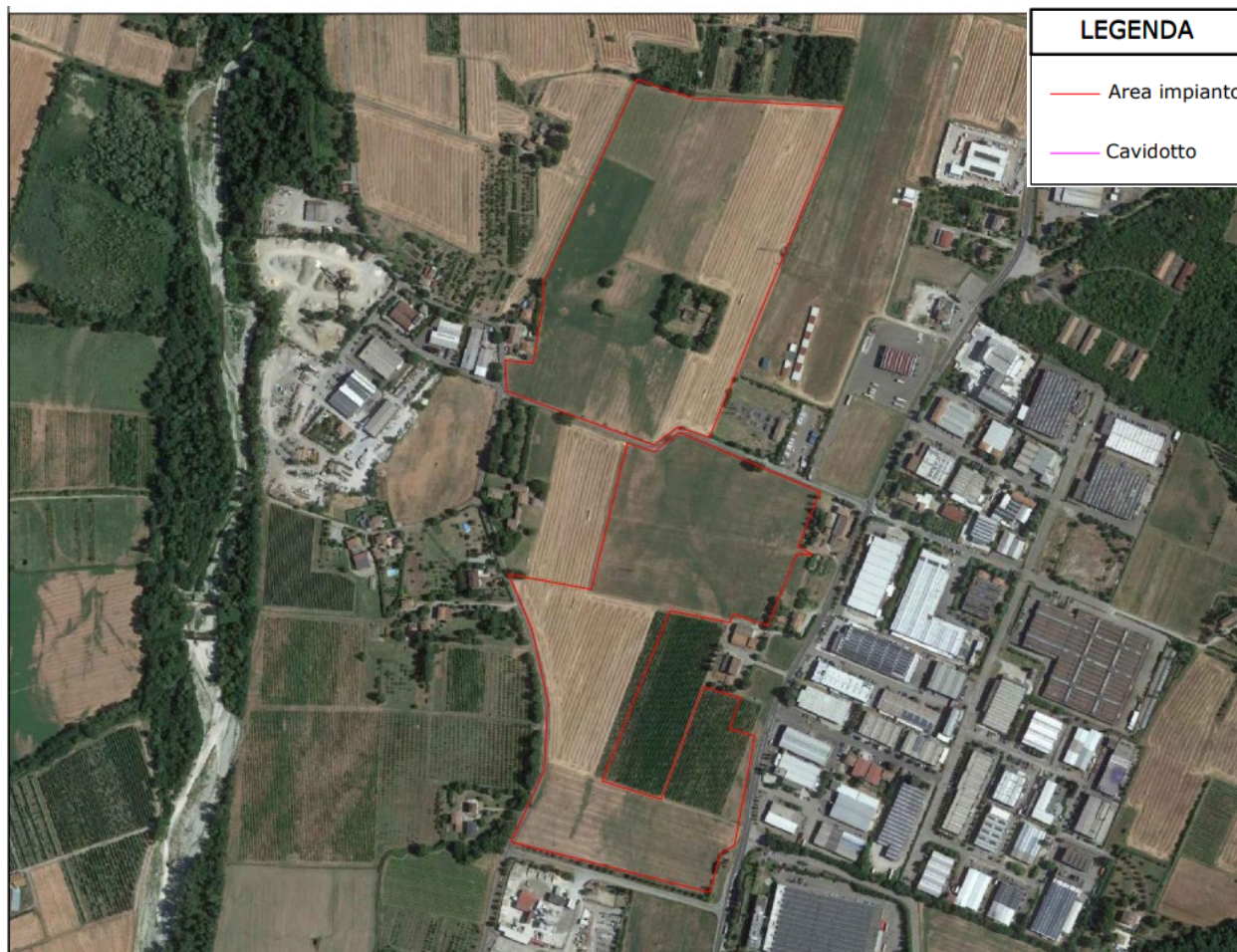



Figura 1.1: Inquadramento su Ortofoto (scala 1:25.000)

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 6 di 23

L'area oggetto dell'intervento relativa all'impianto fotovoltaico e all'elettrodotto MT (figura 1.3) è identificata nella Carta Tecnica Regionale alle seguenti Sezioni:

- Sezione 220090 "Vignola Est"

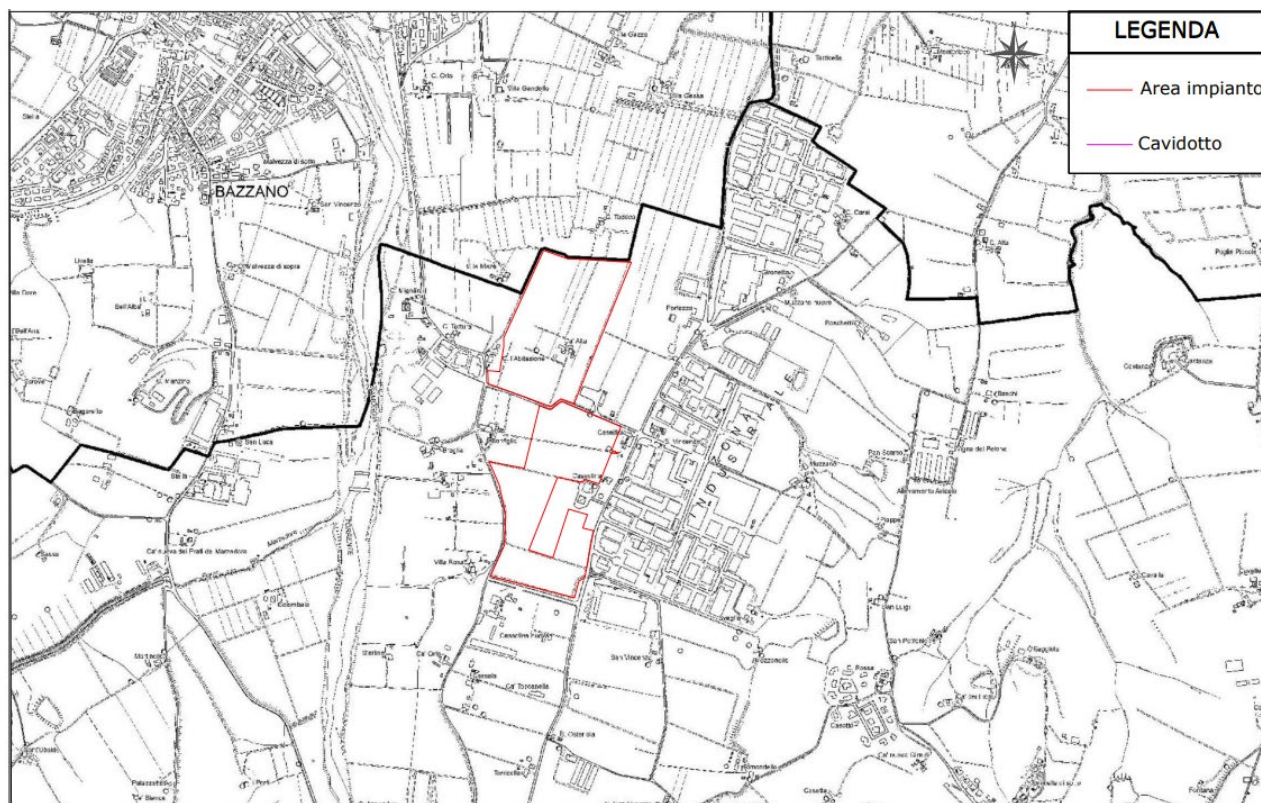



Figura 1.2: Inquadramento su CTR (scala 1:10.000)

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 7 di 23

L'area d'intervento è estesa complessivamente per **26,0647** ha e l'uso agrario delle superfici interessate, come risultante dall'Agenzia del Territorio, è riconducibile in parte "incolto" in parte "seminativo" ed in parte "vigneto", ed è censita presso la competente Agenzia del Territorio ai riferimenti catastali di cui alla Tabella 1.3

PARTICELLE IMPIANTO		
NCT	Foglio	Particella
VALSAMOGGIA (BO)	4	35
		11
		53
		159
		160
		158
		331
		333
		335
		337
		340
		343
		344
		347
		346
		66
		109
		120
		135
		155
		352
		358
		363
		366
		368
		370
		10
		51
		52
		435
		437
		422
		329

Tabella 1.3: Riferimenti Catastali



ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 8 di 23



Figura 1.4: Inquadramento su mappa catastale (scala 1:5.000)

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 9 di 23

L'Area oggetto dell'intervento (Figura 1.5), ai sensi del P.S.C. vigente del Comune di **Valsamoggia (BO)** è classificato come:

- “Zona ARP ambiti agricoli di rilievo paesaggistico”

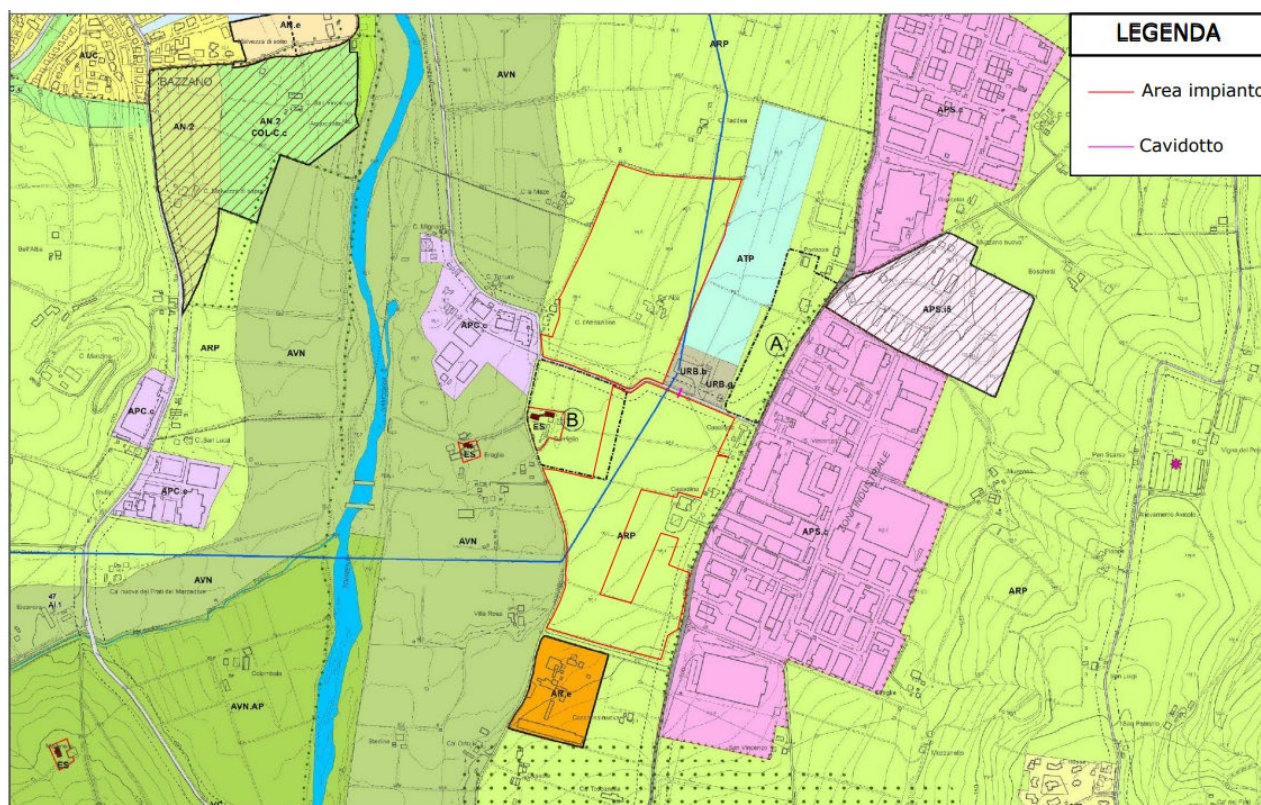




Figura 1.5: Inquadramento su P.S.C. Ambiti e trasformazioni territoriali (scala 1:10.000)

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 10 di 23

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. LL. PP. 11-03-88: Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC;
- Legge 02-02-74 n. 64, art. 1- D.M. 11-03-88: Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18: Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3;
- Circolare 7 21-01-19 C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-1:1994, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2014 Luglio 2014, Eurocodice 3 UNI ENV 1993-1-3:2000, Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-3:2007 Gennaio 2007, Eurocodice 3 EN 1993-1-8:2005.

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 11 di 23

3. DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA DEL SOSTEGNO

3.1 Carico Vento

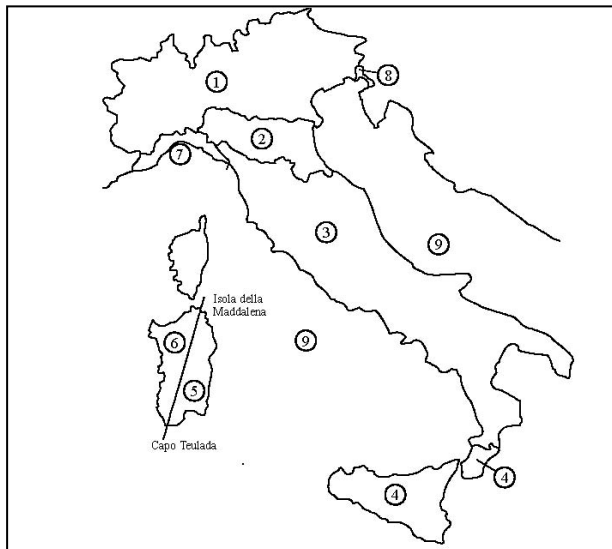
Gli effetti del carico vento sono stati calcolati assimilando la struttura ad una tettoia a falda singola (C3.3.8.2 delle Istruzioni alle NTC); per tale tipologia di struttura le azioni del vento sono notevolmente superiori rispetto al caso di un edificio semplice, in quanto in questo caso intervengono ulteriori azioni quali raffiche, vortici ecc. le quali sollecitano il palo anche a vibrazioni che potrebbero provocare fenomeni di risonanza dell'elemento. Si ritiene che questo modello sia più aderente alla realtà.


Ubicazione intervento: Conselice SC1

Coordinate geografiche: 44°31'55.03" N; 11°51'3.53" E

Altitudine sul livello del mare: $a_s = 0$ m

Zona geografica: 2



ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 12 di 23


Ubicazione intervento: Conselice SC2

Coordinate geografiche: 44°31'56.41" N; 11°50'19.71 E

Altitudine sul livello del mare: $a_s = 0$ m

Zona geografica: 2



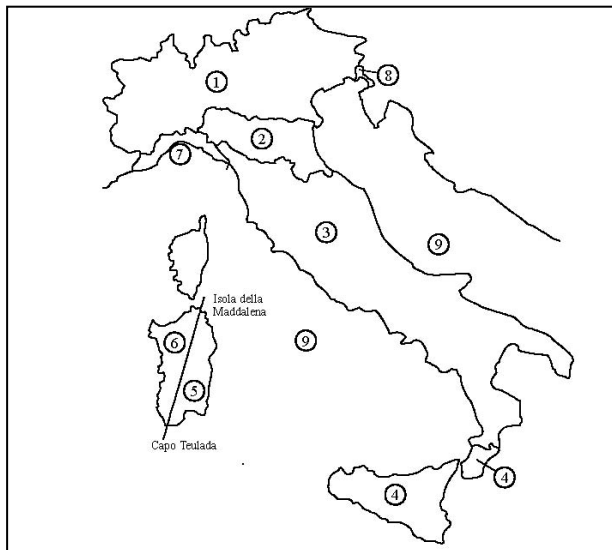
ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 13 di 23

Ubicazione intervento: Conselice SC3

Coordinate geografiche: 44°33'28.02 N; 11°51'41.16 E

Altitudine sul livello del mare: $a_s = 0$ m

Zona geografica: 2




La velocità di riferimento v_r è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza dal suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II).

Tale velocità è definita dalla relazione:

Velocità di riferimento v_R :

$$v_R = v_b * c_r = 25 \text{ m/s} * 1 = 25 \text{ m/s}$$

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 14 di 23


La velocità base di riferimento v_b è il valore medio su 10 minuti, a 10 m di altezza sul suolo su un terreno pianeggiante e omogeneo di categoria di esposizione II (vedi Tab. 3.3.II), riferito ad un periodo di ritorno $TR = 50$ anni. In mancanza di specifiche ed adeguate indagini statistiche, v_b è data dall'espressione:

Velocità base di riferimento $v_b = v_{b0} * c_a = 25 \text{ m/s} * 1 = 25 \text{ m/s}$

V_{b0} si ricava dalla tab. 3.3.1 e vale:

Tab. 3.3.I - Valori dei parametri $v_{b,0}$, a_0 , k_s

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
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

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 15 di 23

C_a è il coefficiente di altitudine; essendo $a_s < a_0$ il valore di C_a è pari ad 1.

$$C_a = 1$$

C_r è il coefficiente di ritorno, funzione del periodo di ritorno di progetto T_r

$$C_r = 0.75 \sqrt{1 - 0.2 \times \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]}$$

Essendo il periodo di ritorno di progetto pari a 50 anni, ne segue $C_r = 1$.

$$C_r = 1$$

La pressione del vento p è data da:

$$p = q_r * C_e * C_p * C_d$$

in cui:

q_r è la pressione cinetica di riferimento (in N/m^2)

C_e è il coefficiente di esposizione

C_p è il coefficiente di pressione

C_d è il coefficiente dinamico

$$q_r = \frac{1}{2} * \rho * v_r^2 = \frac{1}{2} * 1.25 \text{ kg/m}^3 * 27^2 \text{ m/s} = 456 \text{ N/m}^2$$

$$q_r = 456 \text{ N/m}^2$$

in cui:


ρ è la densità dell'aria ed è assunta pari a 1.25 kg/m^3

$$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$$

v_r è la velocità di riferimento del vento

C_e viene definito in base alle formule seguenti:

$$\begin{aligned} C_e(z) &= k_r^2 C_t \ln(z/z_0) [7 + C_t \ln(z/z_0)] && \text{per } z \geq z_{\min} \\ C_e(z) &= C_e(z_{\min}) && \text{per } z < z_{\min} \end{aligned}$$

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 16 di 23

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione


Categoria di esposizione del sito	K_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
I	0,17	0,01	2
II	0,19	0,05	4
III	0,20	0,10	5
IV	0,22	0,30	8
V	0,23	0,70	12

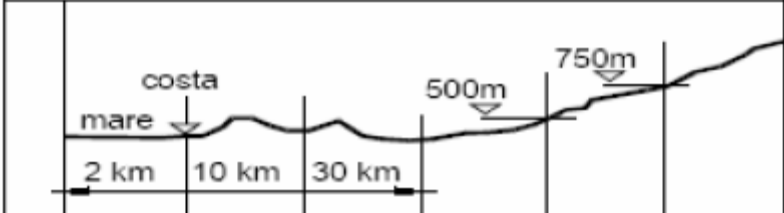
La categoria di esposizione del sito si determina dalle tabelle seguenti: in particolare dalla tab. 3.3.III si individua la classe di rugosità del terreno D, mentre dalla seconda figura si desume che la categoria di esposizione è II, in quanto ci troviamo nella classe di rugosità D e nella zona compresa tra 10 e 30 km dalla costa.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

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,)

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 17 di 23

ZONE 1,2,3,4,5						
						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

Il coefficiente di topografia $c_t = 1$

Essendo l'altezza sul suolo del punto considerato pari a $z = 4$ metri, si ha:


$$c_e = 0.19^2 * 1 * \ln(4/0.05) * [7 + 1 * \ln(4/0.05)] = 0.0361 * 4.3820 * [7 + 4.3820] = 1.800$$

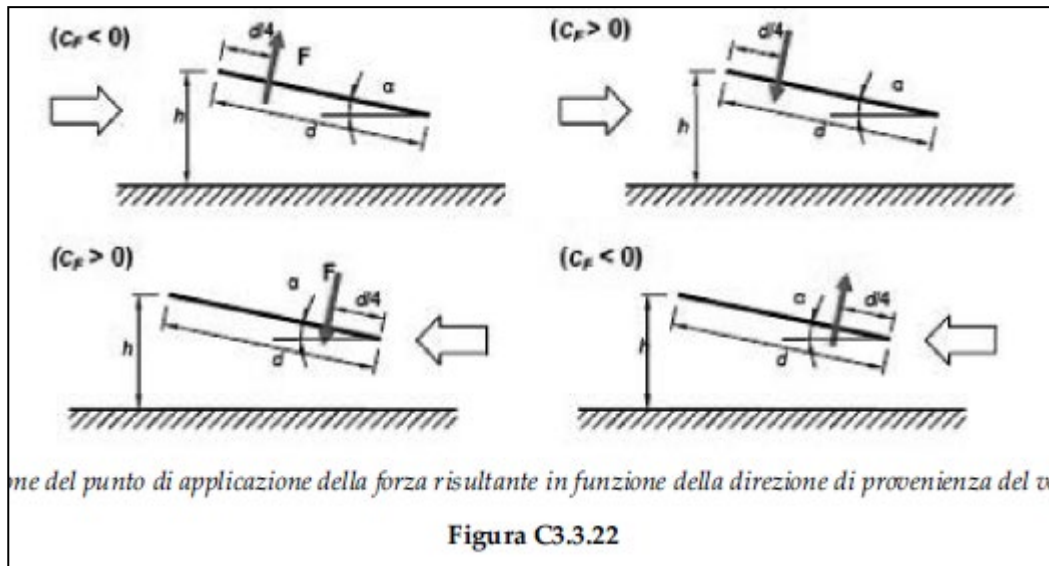
Il coefficiente dinamico c_d è assunto pari a 1

Per quanto riguarda il coefficiente di pressione c_p si assume il pannello fotovoltaico ad una tettoia a falda singola (punto C.3.3.8.2.1); in particolare si assume il valore $\Phi = 0$ corrispondente all'assenza di ostruzioni al di sotto della tettoia.

Si assumono i seguenti prospetti di riferimento.

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda (α in $^\circ$).		
Valori positivi	Tutti i valori di φ	$c_F = +0.2 + \alpha/30$
Valori negativi	$\varphi = 0$	$c_F = -0.5 - 1.3 \cdot \alpha/30$
	$\varphi = 1$	$c_F = -1.4$

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 18 di 23



Supponendo $\alpha = 60^\circ$ si ha:

Vento da sinistra o da destra $c_f < 0$:

$$c_f = -0.5 - 1.3 \cdot \alpha / 30 = -0.5 - 1.3 \cdot 60 / 30 = -0.5 - 1.3 \cdot 2 = -0.5 - 2.6 = -3.1$$

Vento da sinistra o da destra $c_f > 0$:

$$c_f = +0.2 + \alpha / 30 = +0.2 + 60 / 30 = +0.2 + 2 = +2.2$$

La forza agente sul pannello per unità di superficie, posizionata a distanza $d/4$ dal bordo e diretta ortogonalmente al pannello vale:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 456 \text{ N/m}^2 \cdot 1.80 \cdot (-3.1) \cdot 1 = -2.544 \text{ N/m}^2$$

se negativo, ossia se tende a sollevare il pannello, mentre

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d = 456 \text{ N/m}^2 \cdot 1.80 \cdot (+2.2) \cdot 1 = +1.806 \text{ N/m}^2$$

se positivo, ossia se tende a schiacciare il pannello.


Dalla geometria del progetto risulta che ciascun sostegno assorbe la spinta di una superficie di pannelli pari a:

$$S = 4.21 \cdot 6.40 = 26.94 \text{ m}^2$$

Si analizzano le quattro condizioni.

Condizione 1:

$$C_f = -3.1; S = 26.94 \text{ m}^2; F_1 = -2544 \text{ N/m}^2 \cdot 26.94 \text{ m}^2 \cdot 3.1 = -212.458 \text{ N}$$

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 19 di 23

Condizione 2:

$$C_f = +2.2; S = 26.94 \text{ m}^2; F_2 = +1806 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 2.2 = +107.038 \text{ N}$$

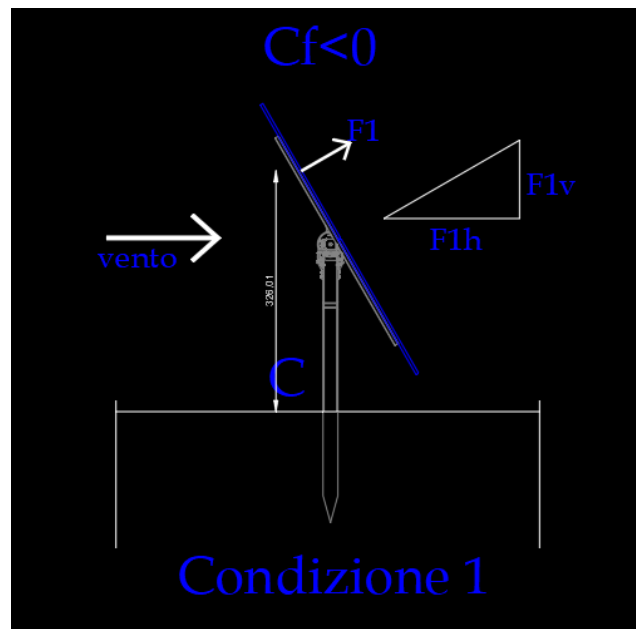
Condizione 3:

$$C_f = +2.2; S = 26.94 \text{ m}^2; F_3 = +1806 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 2.2 = +107.038 \text{ N}$$

Condizione 4:

$$C_f = -3.1; S = 26.94 \text{ m}^2; F_4 = -2544 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 * 3.1 = -212.458 \text{ N}$$

La condizione peggiore ai fini della verifica del palo, sia a flessione che alla stabilità all'inflessione, è la n. 1.



Per quanto riguarda la *verifica a flessione del palo*, supponendo che la struttura di sostegno possa cernierizzarsi alla base del terreno, si calcola il momento massimo rispetto al punto C. Scomponendo la forza F1 nelle due direzioni orizzontale e verticale si ha:

$$F_{1v} = 212458 \text{ N} * \sin 30^\circ = 106.229 \text{ N}$$

$$F_{1h} = 212458 \text{ N} * \cos 30^\circ = 183.994 \text{ N}$$

Il momento massimo al punto C vale:


$$M_{\max} = F_{1h} * h = 183994 \text{ N} * 3.26 \text{ m} = 599820 \text{ Nm} = 59.982.000 \text{ Ncm}$$

Assunto un profilato in acciaio HEA320 ne segue la seguente verifica:

Momento flettente di progetto:

$$M_{ed} = 59.982.000 \text{ Ncm}$$

Resistenza di progetto a flessione della sezione retta:

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 20 di 23

$$M_{c,Rd} = W_{pl} * f_{yk} / \gamma_{M0} = 1479 \text{ cm}^3 * 450 \text{ N/mm}^2 / 1.05 = 63385714 \text{ Ncm}$$

Tale valore è superiore a M_{ed} , per cui la sezione risulta verificata.

Per quanto riguarda la verifica allo sfilamento si calcola che l'azione verticale massima agente sul sostegno sia pari alla componente verticale dell'azione del vento, ossia:


$$F_{1h} = 183.994 \text{ N}$$

A tale valore va detratto il peso proprio dei pannelli, il quale, assumendo il peso del pannello pari a 110 N/m^2 , è pari a:

$$P_{pan} = 110 \text{ N/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 = 2963 \text{ N}$$

L'azione di sfilamento del sostegno vale:

$$V = 183.994 - 2.963 = 181.031 \text{ N}$$

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 21 di 23

3.2 CARICO NEVE

Si calcola il sostegno considerando le azioni dovute al carico neve.

A vantaggio della sicurezza si considera il pannello disposto in posizione orizzontale, in modo da ricevere il massimo carico neve.

Il carico neve è dato dall'espressione:

$$q_s = q_{sk} * \mu_i * C_E * C_t$$

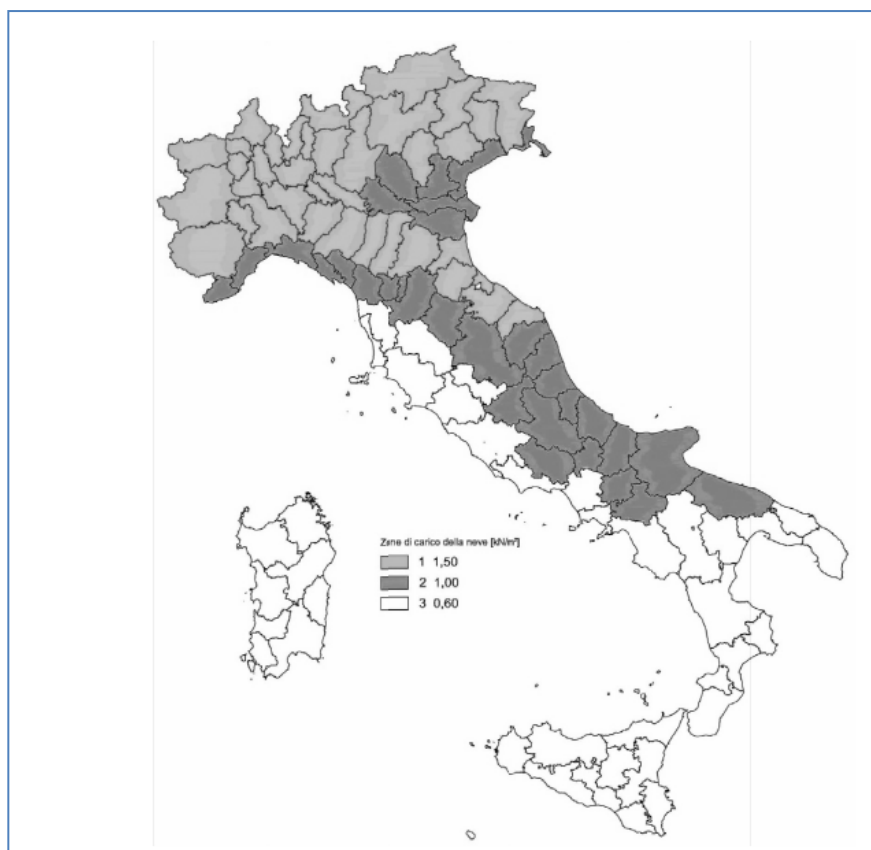
dove:


q_{sk} è il valore di riferimento del carico della neve al suolo

μ_i è il coefficiente di forma della copertura

C_E è il coefficiente di esposizione

C_t è il coefficiente termico



ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
 ENGINEERING ENERGY TERRA	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 22 di 23

Poiché il sito si trova nella zona 1 e a quota 0 metri s.l.m., il carico neve al suolo è pari a:

$$q_{sk} = 1.60 \text{ KN/m}^2$$

Zona I - Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \quad [3.4.3]$$

Il coefficiente di forma μ_i della copertura, secondo quanto indicato dalla tab. 3.4.II, vale:

$$\mu_i = 0.8$$

$$\mu_i = 0.8$$

Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_i	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Il coefficiente di esposizione C_E è assunto pari a 1

$$C_E = 1$$

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione


Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

Il coefficiente termico C_t è assunto pari a 1

Ne segue che:

$$q_s = q_{sk} * \mu_i * C_E * C_t = 1.60 \text{ KN/m}^2 * 0.8 * 1 * 1 = 1.28 \text{ KN/m}^2$$

Considerato che a ciascun sostegno compete una superficie dei pannelli pari a 26.94 m², ne segue un carico verticale pari a:

ELABORATO: 023600	COMUNE di VALSAMOGGIA CITTA' METROPOLITANA DI BOLOGNA	Rev.: 01
	REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 19.987,50 KW E POTENZA MASSIMA IN IMMISSIONE PARI A 18.000,00 KW	Data: 19/12/23
	CALCOLI PRELIMINARI STRUTTURE	Pagina 23 di 23

$Q = 1.28 \text{ KN/m}^2 * 26.94 \text{ m}^2 = 34.48 \text{ KN}$, ossia 3448 kg, a cui va aggiunto il peso proprio dei pannelli, pari a 296 kg.

Tale sollecitazione, in condizioni statiche, induce uno sforzo assiale sull'elemento di sostegno; avendo adottato un profilato HEA320 avente sezione pari a 124.4 cm^2 , la tensione massima di compressione su tale elemento vale:

$$s = Q/A = (3448 + 296) \text{ kg} / 124.4 \text{ cm}^2 = 30.1 \text{ kg/cm}^2$$

Tale tensione è molto inferiore a quella limite del profilato, e consente di evitare ogni altra verifica di stabilità.

Si sottolinea che l'elemento di sostegno dovrà essere verificato nei confronti alla capacità portante del terreno considerando un'azione verticale pari a 1.589 kg.

Porto San Giorgio li 19.12.2023

In Fede
Il Tecnico
(Dott. Ing. Luca Ferracuti Pompa)