

COMUNI DI SAN PANCRAZIO SALENTINO - SAN DONACI - CELLINO SAN MARCO

PROVINCIA DI BRINDISI

PROGETTO AGROVOLTAICO "AGROVOLTAICO AGRIENERGY"

IMMAGINIAMO
IL FUTURO



PROGETTO

ingveprogetti s.r.l.s.

via Geofilo n.7-72023, Mesagne (BR)
email: info@ingveprogetti.it

RESPONSABILE DEL PROGETTO
Ing. Giorgio Vece

COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO "AGROVOLTAICO AGRIENERGY", SITO NEI COMUNI DI SAN PANCRAZIO SALENTINO (BR) SAN DONACI (BR) E CELLINO SAN MARCO (BR), POTENZA NOMINALE PARI A 44.200,00 KWN E POTENZA DI PICCO (POTENZA MODULI) PARI A 53.146,80 KWP

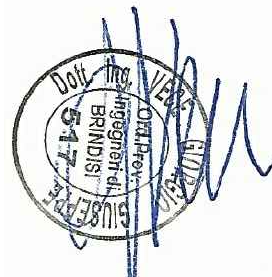
Oggetto: Calcoli preliminari strutture del progetto definitivo

PROGETTISTA: Ing. Giorgio Vece

NOME FILE: 7Q7I0K8_CalcoliStrutture

SCALA:

TIMBRO E FIRMA:



N°	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	OTTOBRE 2021	PRIMA EMISSIONE	ING. GIORGIO VECE	ING. GIORGIO VECE	
01					
02					
03					



Committente: ALDROSOLAR S.R.L.

Rotonda G.A. Torri, n°9
40127 Bologna(BO)
Cod. Fisc & P. IVA 03920451204

1.	PREMESSA	2
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	2
2.2	OPERE DI UTENTE E DI RETE	3
2.1	Cabine prefabbricate	3
2.3	Recinzione	3
2.4	Sostegni per illuminazione e videosorveglianza	3
2.5	Strutture di sostegno	3
2.6	Stazione di utenza	5
2.7.1	Recinzione	5
2.7.2	Basamenti e fondazioni apparecchiature elettromeccaniche	5
2.7.3	Impianti illuminazione esterna	5
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3.1	ZONIZZAZIONE SISMICA	6
3.2	AZIONE DEL VENTO	7
3.3	AZIONE DELLE NEVE	8
4.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	8
4.1	Caratteristiche geologiche e geotecniche	8
4.2	Modello geotecnico	9
5.	REQUISITI DEI MATERIALI IMPIEGATI	12
5.1	Leganti idraulici	12
5.2	Inerti	12
5.3	Classe dei calcestruzzi	13
5.4	Acciaio per cemento armato	13
5.5	Cabine prefabbricate	13
5.6	Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE"	16
6.	CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE	16
6.1	Azione del vento	16
6.2	Verifiche della portanza per fondazioni a palo isolato	19
6.3	Verifica al ribaltamento delle strutture di sostegno	21
6.4	Verifica fondazione sostegno illuminazione	21

1. PREMESSA

La presente relazione è descrittiva delle strutture del progetto dell'impianto agrivoltaico "Agrienergy".

Il progetto dell'impianto agrivoltaico "Agrienergy" è il risultato di una progettazione integrata di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e di un impianto di produzione agricola.

L'intero progetto si realizzerà su un'area agricola come identificata dallo strumento urbanistico del comune di San Pancrazio Salentino estesa per circa mq 839.918 distinta al catasto del Comune di San Pancrazio Salentino al foglio n° 24 p.lle: 132, 135, 40, parte della 129 e foglio 17 p.lle 2, 36, e parte delle p.lle 29, 30, 31, 32, 34, 35, 37, 38.

Proponente dell'impianto fotovoltaico è la ALDROSOLAR S.R.L. Rotonda G.a. Torro n.9 , Cap 40127 – Bologna (BO), P. IVA 03920451204

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Le opere dell'impianto fotovoltaico, denominato "Agrovoltaico AGRINEERGY" sono sintetizzabili in:

1. Opera di rete
2. Opere di utente

Le opere di rete sono:

- ✓ Lo stallo nella futura stazione di nuova realizzazione S.E. Cellino RTN 380/150 Kv di Cellino San Marco.
- ✓ S.E. Cellino

Le opere di utente sono:

- ✓ Generatore fotovoltaici
- ✓ Cavidotto in MT interrato di connessione dal generatore fotovoltaico alla stazione di elevazione MT/AT.
- ✓ Cabina di sezionamento
- ✓ Cavidotto interrato in AT di connessione alla S.E. Cellino
- ✓ Stazione di utenza
- ✓ Area di imboscamento

Più in dettaglio le principali opera per il generatore fotovoltaico sono:

n. strutture di sostegno (tracker)	1.665
n. pannelli	93.296
n. cabine prefabbricate	<ul style="list-style-type: none">• n. 26 cabine per alloggi inverter• n. 3 cabina per gestione e controllo ausiliari• n. 13 cabine per alloggi trasformatori• n. 2 cabine di raccolta• n. 4 cabine deposito
n. inverter	<ul style="list-style-type: none">• n. 26 inverter (da 1.800 MVA)
n. trasformatore	<ul style="list-style-type: none">• n. 13 trasformatori in resina (da 3.6 MVA)

2.2 OPERE DI UTENTE E DI RETE

2.1 Cabine prefabbricate

Le cabine prefabbricate sono omologate e dotate di “Attestato di Qualificazione per la Produzione di componenti prefabbricati in c.a/c.a.p.” rilasciato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per esse l’attività in opera in c.a. è la zattera di appoggio non soggetta a deposito dei calcoli in c.a. ne a calcolo statico. Le cabine sono collocate nel campo fotovoltaico; quella di sezionamento invece lungo il percorso del cavidotto di collegamento.

2.3 Recinzione

La recinzione continua lungo il perimetro dell’area d’impianto sarà a maglia larga in acciaio zincato, avrà altezza complessiva di circa 200 cm con pali di sezione 60x60 mm disposti a interassi regolari di circa 2 m infissi direttamente nel terreno fino alla profondità massima di 1,00 m dal piano campagna.

2.4 Sostegni per illuminazione e videosorveglianza

Lungo il perimetro della recinzione saranno disposti I pali dell’illuminazione su cui saranno istallate anche le telecamere di video sorveglianza.

I sostegni dell’illuminazione avranno fondazioni in c.a.

2.5 Strutture di sostegno

Le strutture di sostegno del tipo mobile ad inseguitore solare monoassiale (tracker), che gli consentono di seguire il

sole durante tutto il giorno da Est a Ovest sull'asse di rotazione orizzontale Nord-Sud (inclinazione 0°) sono di tipo realizzate in stabilimento con fondazioni vibro-infisse.

Il dimensionamento delle strutture di sostegno segue la direttiva macchine. La struttura di sostegno deve essere in grado di:

- reggere il peso proprio (dei pannelli e delle relative strutture di sostegno)
- carico neve
- azione del vento
- azioni sismiche

Il fissaggio al suolo delle strutture portamoduli avviene mediante l'utilizzo di un sistema di ancoraggio al suolo denominato "T-Block" (Fig. 2). Si presenta come una grossa vite autofilettante che penetra nel terreno fino ad una profondità di 1,6 m.

Il T-Block viene piantato nel terreno, grazie ad un apposito macchinario, nel punto desiderato costituendo un punto di ancoraggio fermo capace di contrastare il momento di ribaltamento e l'azione di scivolamento indotta dalla sollecitazione del vento posteriore

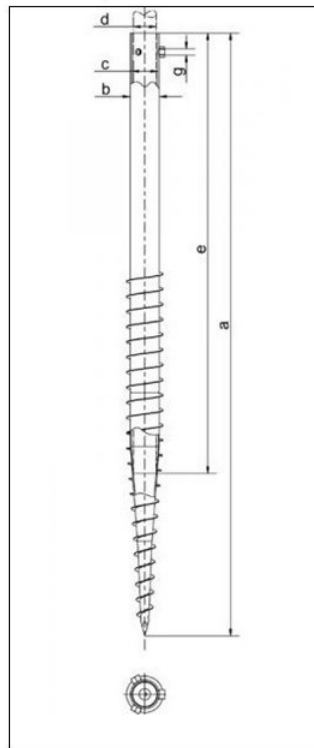


Fig . 2

2.6 Stazione di utenza

Le opere civili previste per la realizzazione della stazione di utenza sono riassumibili in:

- recinzione
- illuminazione
- basamenti per stalli
- basamenti per prefabbricati

2.7.1 Recinzione

La recinzione sarà di tipo perimetrale ed eseguita in muratura alta 2.0 mt con fondazioni in c.a.

2.7.2 Basamenti e fondazioni apparecchiature elettromeccaniche

Le fondazioni delle apparecchiature elettromeccaniche saranno del tipo “normale” poiché il progetto unificato Enel Si fa riferimento, perciò, alle tabelle unificate ENEL.

Per lo spessore delle piastre di fondazione e dei basamenti si rinvia alla fase esecutiva allorchè saranno note le apparecchiature.

2.7.3 Impianti illuminazione esterna

Per l'illuminazione esterna sono stati previsti pali di illuminazione metallici a forma troncoconica dell'altezza di 5 mt con basamento in c.a. gettato in opera

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018);
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone
- O.P.C.M. n. 3431 del 03/05/2005 - Ulteriori modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente

del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”

- D.G.R. n. 260 del 07/03/2005 – “L.R. 20/00 – O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti – Recepimento O.P.C.M. n. 3379/04 – Prolungamento del periodo temporale stabilito con il 7° disposto della deliberazione G.R. n. 153/04”
- D.G.R. n. 597 del 27/04/2004 – “L.R. 20/00 - O.P.C.M. 3274/03 - Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e relativi adempimenti - Recepimento O.P.C.M. n. 3333/04 e conseguente rettifica della deliberazione G.R. n. 153/04”
- D.G.R. n. 153 del 02/03/2004 - L.R. 20/00. O.P.C.M. 3274/03. Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti. Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi
- D.M. 16/01/1996 - Norme tecniche relative ai Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e dei sovraccarichi, e relativa Circolare Ministeriale n. 156 del 04/07/1996;
- Lg. n. 64 del 02/02/1974 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche
- Lg. n. 1086 del 05/11/1971 - Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- Allegato alla Lg. n. 1684 del 25/11/1962 - Elenco dei Comuni e frazioni e parti di Comune nei quali è obbligatoria l'osservanza delle norme tecniche di edilizia per le località sismiche della 1ª e della 2ª categoria;

3.1 ZONIZZAZIONE SISMICA

Con l'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n° 3431 del 03/05/2005 sono approvati i “Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”, nonché le connesse “Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici”, “Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti” e le “Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni”. Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di Torricella rientra nelle “Zone sismiche 4”.



3.2 AZIONE DEL VENTO

Per l'azione del vento sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia:

1. Tipologia di struttura: Strutture isolate
2. Zona di riferimento: Zona 3 (Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria))



In zona 3 abbiamo i seguenti parametri:

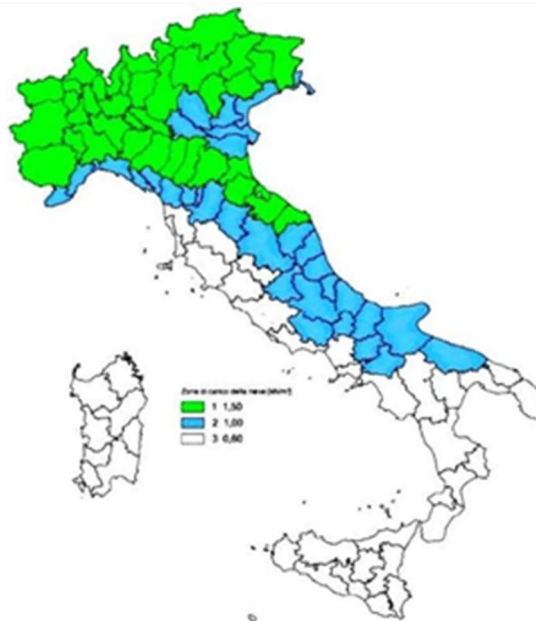
- ✓ coefficiente di esposizione: In mancanza di analisi specifiche, la categoria di esposizione è assegnata in funzione della posizione geografica del sito ove sorge la costruzione e della classe di rugosità del terreno nelle fasce entro i 40 km dalla costa delle zone 1, 2, 3, 4, 5 e 6, la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito

- ✓ Rugosità del terreno: Classe D (Aree prive di ostacoli (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi, ...))

3.3 AZIONE DELLE NEVE

Per l'azione della neve sono state prese in considerazione quelle delle NTC 2018 ossia: Il comune di San Pancrazio si colloca in zona 3.

<p>Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo</p>	$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2$ $a_s \leq 200 \text{ m}$ $q_{sk} = 0,51 [1+(a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2$ $a_s > 200 \text{ m}$
--	---



4. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

4.1 Caratteristiche geologiche e geotecniche

Rinviando alla relazione geologica redatta dal Dott. Geologo Jean Vincent C.A. Stefani, si riportano i dati di inquadramento geologico e idrogeologico dell'area.

L'area oggetto di interesse progettuale, al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, è

caratterizzata dalla presenza in affioramento di tre diverse litologie del substrato come di seguito specificato:

AREA	UBICAZIONE	LITOLOGIA DEL SUBSTRATO
IMPIANTO	Comune di San Pancrazio Salentino	UNITà A PREVALENTE COMPONENTE SILTOSO-SABBIOSA E/O ARENITICA
STAZIONE DI UTENZA	Comune di Cellino San Marco	UNITà A PREVALENTE COMPONENTE ARENITICA CORRISPONDENTE ALLE CALCARENITI DI GRAVINA
STAZIONE ELETTRICA	Comune di Cellino San Marco	INTERESSA TUTTE UNITà SOPRACITATE OLTRE AD UNITà PREVALENTEMENTE CALCAREA O DOLOMITICA CORRISPONDENTE AI CALCARI DI ALTAMURA

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica variabile compresa tra 40-91 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 - 2 % in direzione dell'attuale linea di costa.

Dai rilievi di superficie eseguiti si evince come l'area in oggetto non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica e/o possibili forme dovute a fenomeni carsici di qualche interesse (cavità, ...).

4.2 Modello geotecnico

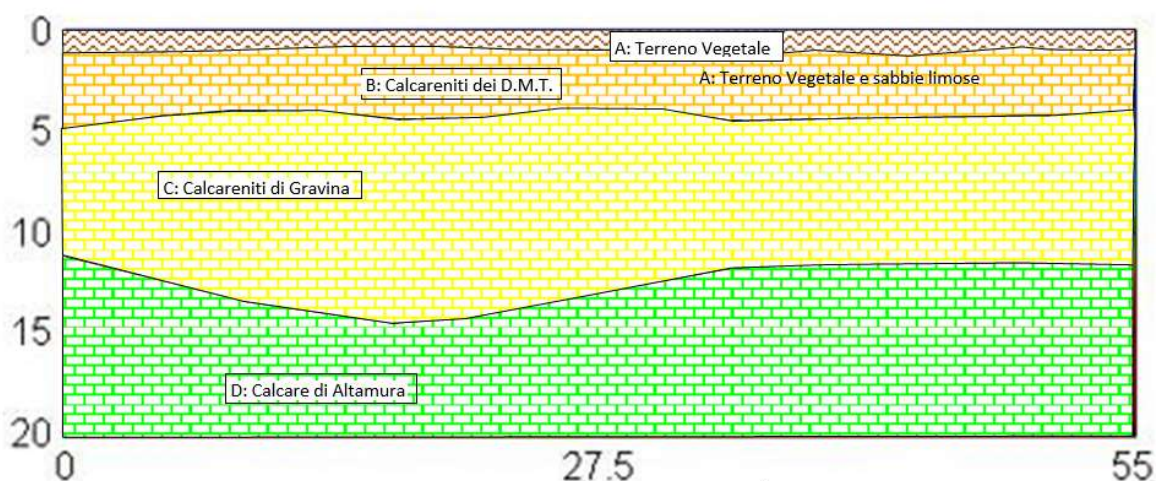
L'area indagata è quella per l'allocazione della Stazione di Utenza e dell'impianto fotovoltaico. La stazione di Elettrica è oggetto di trattazione separata in cui sono allegate le relazioni relative ai calcoli preliminari e la relazione geologica. Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor) e MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) di cui sopra è stato ricavato un valore della velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

Il modello geotecnico dell'area di sedime rinveniente dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite è il seguente (i dati delle profondità sono una media dei valori individuati):

- ◆ terreno vegetale (spessore circa 0,5 – 1,0 m.) (Sismostrato A) (Fig. 10 e 11)
- ◆ Calcareniti dei D.M.T. (spessore circa 1,0 – 5,0 m.) (Sismostrato A e B) (Fig. 10)
- ◆ Calcareniti di Gravina (spessore circa 5 – 10 mt.) (Sismostrato B) (Fig. 10 e 11)
- ◆ Calcarea di Altamura (Sismostrato C) (Fig. 10 e 11)

TABELLA RIEPILOGATIVA

STRATO	VP (m/s)	VS (m/s)	Coeff. di Poisson (μ)	γ Densità Naturale g/cm ³	E Modulo Elastico dinamico (Mpa)	Bulk	Angolo di attrito(ψ)(°)	G0 Modulo Taglio (Mpa)	Modulo Lamé	R Rigidità sismica
A	600	265	0.38	1.6	310	356	14 – 28	112	351	4.2
B	1400	670	0.35	1.7	2123	2441	22 – 32	785	1858	11.7
C	2000	1000	0.33	2.0	5333	6133	36	2000	4000	20



La pericolosità sismica globale è pari a 4,0 cioè un Rischio Sismico Medio-Basso;

PARAMETRO	VALORE
Tipo di costruzione (Tab. 2.4.I NTC-2018)	2. Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale di progetto (V_N) (Tab. 2.4.I NTC-2018)	Valore minimo $V_N \geq 50$ anni
Classe d'uso dell'opera (§ 2.4.2 NTC-2018)	Classe II - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali,....
Coefficiente d'uso (§ 2.4.2 NTC-2018, Tab. 2.4.II)	$C_u = 1,0$
Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.II)	B ($V_{s,eq} = 416,00$ m/s)

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,014	2,412	0,157
SLD	63	50	0,019	2,405	0,208
SLV	10	475	0,052	2,385	0,489
SLC	5	975	0,068	2,474	0,540

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso – T_R = Tempo di ritorno – a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno – F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,200	1,590	1,000	0,003	0,002	0,166	0,200
SLD	1,200	1,510	1,000	0,005	0,002	0,222	0,200
SLV	1,200	1,270	1,000	0,013	0,006	0,615	0,200
SLC	1,200	1,240	1,000	0,016	0,008	0,800	0,200

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S_T = coefficiente di amplificazione topografica – C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo – K_h = Coefficiente sismico orizzontale – K_v = Coefficiente sismico verticale – A_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa – Beta = Coefficiente di riduzione per A_{max} .

5. REQUISITI DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali che verranno usati dovranno essere tutti perfettamente idonei ed approvati dalla D.L.. In ogni caso tutti i materiali dovranno corrispondere a quanto prescritto dalle NTC 2018 al quale si fa riferimento per il tipo ed il numero dei controlli e le prove sui materiali da eseguire. Il rapporto acqua cemento dovrà essere scelto opportunamente in modo da consentire la realizzazione di calcestruzzi di elevata impermeabilità e compattezza e da migliorare la resistenza alla carbonatazione ed all'attacco dei cloruri; dovrà essere comunque utilizzato un rapporto acqua/cemento non superiore a:

- ✓ 0,45 per tutti gli elementi strutturali in c.a.
- ✓ 0,50 per tutti gli altri elementi

Il controllo di quanto sopra prescritto sarà effettuato, su richiesta della D.L., verificando sia la quantità di acqua immessa nell'impasto, sia l'umidità degli inerti (metodo Speedy Test).

L'acqua dovrà essere dolce, limpida, esente da tracce di cloruri e solfati, non inquinata da materie organiche o comunque dannose all'uso cui le acque medesime sono destinate.

5.1 Leganti idraulici

I leganti idraulici da impiegare devono essere conformi alle prescrizioni e definizioni contenute nella Legislazione vigente ed alla norma UNI 9858 e UNI ENV 197-1. Per le opere destinate ad ambiente umido deve essere utilizzato cemento tipo pozzolanica. Il dosaggio minimo di cemento per mc di calcestruzzo deve essere determinato in funzione del diametro minimo degli inerti, secondo la Norma UNI 8981, Parte Seconda, sulla durabilità del calcestruzzo.

5.2 Inerti

Gli inerti potranno provenire sia da cave naturali che dalla frantumazione di rocce di cave coltivate con esplosivo e potranno essere sia di natura silicea che calcarea, purché di alta resistenza alle sollecitazioni meccaniche. Saranno accuratamente vagliati e lavati, privi di sostanze terrose ed organiche, provenienti da rocce non scistose, né gelive opportunamente miscelati con sabbia di fiume silicea, aspra al tatto, di forma angolosa e granulometricamente assortita.

Dovranno soddisfare i requisiti richiesti nel Decreto Ministeriale dei 9/01/96 "Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche ed essere conformi alle prescrizioni relative alla Categoria A della Norma UNI 8520.

La granulometria degli inerti deve essere scelta in modo tale che il calcestruzzo possa essere gettato e compattato

attorno alle barre senza pericolo di segregazione (UNI 9858) ed in particolare:

- ✓ D15 per spessori di calcestruzzo minori o uguali a 15 cm
- ✓ D30 per spessori di calcestruzzo maggiori di 15 cm

5.3 Classe dei calcestruzzi

La conformità degli inerti e delle miscele di inerti a quanto prescritto dalle Norme sopra citate deve essere comprovata da apposite prove condotte da un Laboratorio Ufficiale, il quale ne deve rilasciare attestato mediante Relazione Tecnica che dovrà essere esibita alla D.L. dall'Appaltatore.

5.4 Acciaio per cemento armato

L'acciaio dovrà corrispondere alle caratteristiche specifiche dalle NTC 2018.

Sarà impiegato acciaio in barre ad aderenza migliorata dei tipo:

B450C (acciaio laminato a caldo):

- ✓ caratterizzato da una tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm²;
- ✓ da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm² e da un allungamento totale a carico massimo non inferiore al 7,5%;

B450A (acciaio trafilato a freddo):

- ✓ caratterizzato da una tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm²;
- ✓ da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm² e da un allungamento totale a carico massimo non inferiore al 3% (minore duttilità rispetto al precedente).

A seconda di quanto previsto negli elaborati di progetto, per tutte le opere, e rete elettrosaldata in vari diametri e maglie, dei tipo conforme alle specifiche dei D.M. sopracitato.

L'Appaltatore dovrà fornire i certificati di controllo come prescritto dalla normativa sopracitata, per ciascuna partita di acciaio approvvigionato, in originale o copia conforme.

5.5 Cabine prefabbricate

Le cabine prefabbricate in cemento armato vibrato, realizzata con struttura monolitica autoportante conforme alla normativa CEI 0-16, prodotte in serie dichiarata autorizzata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, qualificate ed omologate ENEL.

Le cabine sono del tipo monoblocco con struttura monolitica autoportante senza giunti d'unione tra le pareti e tra queste e il fondo, il tetto è fissato alle pareti tramite sistemi di fissaggio di tipo "halfen" in corrispondenza dei 4 spigoli.

Il calcestruzzo è dosato a circa ql.5 di cemento tipo 425, armato con doppia rete metallica e tondini di ferro ad aderenza migliorata. Le pareti del monoblocco e la soletta di copertura sono dello spessore di 9 cm.: la base d'appoggio del box avrà, invece, uno spessore di 12 cm per garantire, a parità di rapporto acqua-cemento, la resistenza e la durabilità della stessa base. Sulla vasca sotto-box, marcata CE, per evitare eventuali cedimenti, vengono inserite delle travi in acciaio IPE 100, zincate a caldo, in corrispondenza dei punti più sollecitati dovuti a carichi concentrati. In fase di getto del cls si realizzano le aperture per l'inserimento delle griglie di areazione e le porte (in lamiera e/o vetroresina), nonché i fori nel pavimento per il passaggio dei cavi, consentendo in tal modo la realizzazione di molteplici soluzioni.

Il monoblocco è del tipo "serie dichiarata", come previsto nel punto 1.4.1 del D. M. LL. PP. 3/12/1987, rispettando le modalità e le prescrizioni di cui alla Legge n.°1086 del 05/11/1971 (Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio), il DM LL.PP. del 14/2/1992 (Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato) la Circolare LL.PP. n.°37406 del 24/06/1993 (Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato) nonché la normativa UNI di riferimento. Le verifiche strutturali, previste dal D.M. del 2018, sono vengono effettuate applicando il metodo degli stati limite con l'utilizzo del software CDSWIN, con licenza n. 23357, realizzato dalla STS e conforme ai sensi dello stesso decreto.

In particolare, la struttura prefabbricata in cemento armato vibrato dovrà rispondere alle seguenti normative di riferimento:

- legge 5 novembre 1971 N° 1086 (La nuova disciplina per le opere in conglomerato cementizio armato)
- D.M. 09 Gennaio 1996 (Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
- Circolare M.LL.PP. 15 Ottobre 1996 n. 252 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per il calcolo l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in c.a. normale e precompresso e per le strutture metalliche)
 - legge 2 febbraio 1974 N° 64 (Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche)
 - D.M. 3 dicembre 1987 (Norme per le costruzioni prefabbricate)
 - D.M. 16 gennaio 1996 (Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche)
 - Circolare M.LL.PP. 10 Aprile 1997 n.65 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche in zone sismiche)
 - D.M. 16 Gennaio 1996 (Norme tecniche per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi)
 - Circolare M.LL.PP. 4 Luglio 1996 n.156 (Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per carichi e

sovraccarichi)

La Cabina monoblocco è costituita da:

- ❖ Struttura scatolare composta dalle quattro pareti laterali e dal pannello pavimento realizzate con un unico getto di calcestruzzo aventi spessore minimo 70 mm
- ❖ Pannello di copertura in calcestruzzo della struttura avente spessore minimo 80 mm
- ❖ Eventuali pannelli di divisione interna, in calcestruzzo spessore minimo 70 mm, in lamiera o rete spessore minimo 3 mm, a delimitazione dei vari locali (CONSEGNA, Misure, Utente 1, ecc.);

Caratteristiche:

- Calcestruzzo avente classe Rck 350 Kg/cm² opportunamente additivato con superfluidificante e con impermeabilizzante idonei a garantire una adeguata protezione contro le infiltrazioni di acqua per capillarità.
- Armatura metallica interna a tutti i pannelli costituita da doppia rete elettrosaldata e ferro nervato, entrambi in FeB44 K controllato.
- Collegamento mediante saldatura di tutte le armature metalliche in modo da realizzare e garantire una maglia equipotenziale di terra uniformemente distribuita in tutta la cabina onde consentire il collegamento elettrico all' impianto di terra esterno.
- Pannello di copertura avente spessore minimo in gronda di cm 8.00 e dimensionato in modo da supportare sovraccarichi accidentali di 400 Kg/mq.
- Pannello di pavimentazione avente spessore minimo di 80 mm e dimensionato in modo da supportare un carico permanente di 500 Kg/mq e i carichi concentrati dei trasformatori di tensione.
- Predisposizione del pannello pavimento di appositi cavedi, per il passaggio dei cavi MT/BT in entrata ed in uscita dalla cabina., e di inserti filettati per il fissaggio delle apparecchiature elettromeccaniche.
- Impermeabilizzazione della copertura mediante l'applicazione a caldo di una guaina bituminosa di mm 4.00 di spessore dopo aver trattato il sottofondo con una mano di Primer.
- Pareti interne, lisce e senza nervature, tinteggiate con pitture al quarzo di colore bianco.
- Pareti esterne, tinteggiate con pitture al quarzo ad effetto bucciato, idonee a resistere agli agenti atmosferici anche in ambiente marino, montano, industriale altamente inquinato.
 - La struttura portante dovrà essere dimensionata e calcolata per consentire lo spostamento del monoblocco completo delle apparecchiature elettromeccaniche, trasformatore;
 - Il monoblocco dovrà essere dotato di dispositivi di sollevamento, costituiti da idonei inserti filettati,

posizionati nello spessore delle pareti a contatto con il pannello di copertura in modo tale che dopo la posa in opera non rimangano in vista nella superficie esterna delle pareti onde evitare l'ossidazione che potrebbe macchiare e deteriorare il calcestruzzo e il rivestimento esterno; dopo il montaggio i dispositivi dovranno essere opportunamente ingrassati e chiusi con idoneo sistema che ne impedisca l'ossidazione;

Al contempo le cabine monoblocco consentono una facile rimozione per una successiva reinstallazione in altre località.

5.6 Fondazione prefabbricata del tipo "VASCA DI FONDAZIONE"

La cabina verrà posata su fondazione prefabbricata tipo vasca avente altezza esterna di cm. 40 (e dotata di fori per tubo corrugato), a frattura prestabilita in modo da consentire l'ingresso e l'uscita dei cavi MT/BT nei quattro lati (attraverso una botola ricavata sul pavimento della Cabina è possibile accedere alla vasca).

Le caratteristiche costruttive e i materiali dovranno essere identici a quelli impiegati per la costruzione della cabina monoblocco. Il monoblocco è del tipo "serie dichiarata" allo stesso modo della cabina.

L'uso della vasca di fondazione prefabbricata permette di eseguire opere edili sul posto veramente limitate in quanto è necessario un semplice scavo e riportare sul fondo uno strato di calcestruzzo magro spianato di 8-10cm o un equivalente strato di sabbia ben costipata.

6. CALCOLO PRELIMINARE SULLE STRUTTURE

6.1 Azione del vento

L'azione del vento è calcolata in conformità a quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni.

In particolare, è stata valutata l'entità dell'azione del vento gravante sulle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici, nella ipotesi di struttura isolata:

Zona 3 [Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)]

Pertanto, avremo

- Classe di rugosità del terreno: D [Aree prive di ostacoli]
- Categoria di esposizione: nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):

Distanza dalla costa

T_R (Tempo di ritorno):

Categoria di esposizione

150	[m]
21	[km]
50	[anni]
II	

La velocità di riferimento del vento ricavata dalla NTA

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
3	27	500	0,37	1,000

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 27,00 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

c_r coefficiente di ritorno 1,00

v_r (velocità di riferimento) 27,02 m/s

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2 \quad (\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3)$$

Pressione cinetica di riferimento q_r 456,29 [N/m²]

Coefficiente di esposizione

- Coefficiente dinamico $c_d=1,00$
- Coefficiente topografico $c_t=1,00$

Da cui il Coefficiente di esposizione è dato da:

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

$$c_e(z) = c_e(z_{\min}) \quad \text{per } z < z_{\min}$$

k_r	z_0 [m]	z_{\min} [m]
0,19	0,05	4,00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,\min}$	1,80	$z < 4,00$
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,\text{gronda}}$	1,80	$z = 3,00$
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,\text{colmo}}$	1,80	$z = 3,00$

Sempre dalle NTA si ottiene:

- Coefficiente di forma

(1) parete sopravento	c_p
	0,40
(2) copertura sopravento	c_p
	-0,80
(3) copertura sottovento	c_p
	-0,80
(4) parete sottovento	c_p
	-0,80

Quindi per il calcolo della pressione del vento si prendono in considerazione

Combinazione più sfavorevole per pareti e copertura:

Valori massimi della pressione per ogni elemento

$$p \text{ (pressione del vento)} = q_r \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p$$

c_d (coefficiente dinamico) c_t (coefficiente topografico) c_e (coefficiente di esposizione)

c_p (coefficiente di forma)

	p [kN/m ²]	c_d	c_t	c_e	c_p	P [kN/m ²]
(1) par. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	0,40	0,33
(2) cop. sopravent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(3) cop. Sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66
(4) par. sottovent.	0,456	1,00	1,00	1,801	-0,80	-0,66

L'azione del vento tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento, con 1.25 la densità dell'aria, è pari a: **$q_{\tan} 8,22 [N/m^2]$**

il valore di pressione **P** è pari a:

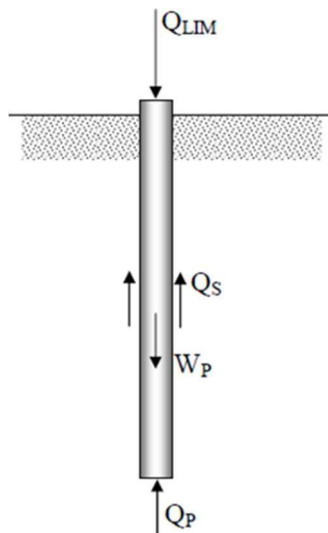
$$P=1240 \text{ N/m}^2$$

6.2 Verifiche della portanza per fondazioni a palo isolato

Si prende in considerazione la capacità portante per carico verticale del palo di fondazione isolato e per il cui calcolo si fa riferimento allo schema di seguito riportato in condizioni statiche.

Il palo è un corpo che oppone resistenza alla penetrazione nel terreno mediante tensioni tangenziali di attrito e/o di aderenza sulla superficie laterale e tensioni di compressione alla base.

Le tensioni tangenziali si sviluppano per scorrimento relativo tra la superficie laterale del palo e il terreno circostante, in parte dovuto alla traslazione rigida e in parte alla compressione assiale del palo. Le tensioni di compressione alla base si sviluppano per un cedimento della base.



La stima della capacità portante per carico verticale di un palo isolato Q_{LIM} mediante formule statiche è ottenuta valutando i valori massimi mobilizzabili, in condizioni di equilibrio limite, della resistenza laterale Q_S e di quella di punta Q_P :

$$Q_{LIM} + W_P = Q_S + Q_P$$

$$Q_{LIM} = Q_S + Q_P - W_P$$

(Eq. 17.1)

essendo W_P il peso proprio del palo

Stima del valore QP

Nel nostro caso trattandosi di terreni incoerenti la formula per la determinazione di QP si riduce alla seguente espressione:

$$QP = AP \cdot q_P = AP \cdot (c_u \cdot N_c + \delta v_{0,P})$$

in cui AP è l'area di base del palo, qP è la capacità portante unitaria, cu è la resistenza al taglio in condizioni non drenate del terreno alla profondità della base del palo, δv0,P è la tensione verticale totale alla punta, e Nc è un fattore di capacità portante, il cui valore è assunto pari a 9. Molto spesso il peso del palo WP e il termine AP δv0,P sono trascurati, poiché quasi si compensano, e si pone:

$$Q_{LIM} = Q_S + Q_P \text{ e } Q_P = 9 c_u A_P$$

In genere il termine di capacità portante di punta QP di pali in terreno coesivo contribuisce in maniera modesta (10%-20%) alla capacità portante totale.

Stima di QS

La capacità portante per aderenza e/o per attrito laterale per un palo di diametro D e lunghezza L è per definizione, utilizzando il metodo di Bustamente e Doix:

dove:

$$Q_S = \pi D \beta L s$$

Tipo di palo	Materiale	c_u (kPa)	α	$\alpha c_{u,max}$ (kPa)
Infisso (senza asportazione di terreno)	Calcestruzzo	≤ 25	1	120
		25 - 50	0,85	
		50 - 75	0,65	
		> 75	0,50	
	Acciaio	≤ 25	1	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,65	
		> 75	0,50	
Trivellato (con asportazione di terreno)	Calcestruzzo	≤ 25	0,90	100
		25 - 50	0,80	
		50 - 75	0,60	
		> 75	0,40	

β = coefficiente maggiorativo del diametro di perforazione adottato; il suo valore è in relazione alla litologia e della tecnologia di iniezione adottata.

S = valore della resistenza tangenziale all'interfaccia fra zona iniettata e terreno ed è determinabile dagli abachi di Bustamente e Doix in base alla litologia dell'ammasso e alla tecnologia di iniezione ed è pari a

$$S = \alpha * c_u = 0.471$$

$$Q_S = 471 \text{ KN}$$

Assumendo un coefficiente di sicurezza pari a 2.5 si ha : $Q_S = 188 \text{ kN}$

Pertanto

$$Q_{LIM} = Q_S + Q_P - W_P = 188 + 37.2 + 0.11 = 225 \text{ kN}$$

6.3 Verifica al ribaltamento delle strutture di sostegno

La forza di tiro relativa ad ogni palo infisso della struttura per effetto dell'azione del vento, considerando che i tracker installati hanno 5 sostegni infissi, è pari a:

$$F_{tiro} = \frac{S * P_{vento}}{5} * \cos\alpha = 35.81 \text{ kN}$$

La verifica è soddisfatta per

$$F_{tiro} < Q_S$$

S= 168 mq.

La verifica è soddisfatta.

6.4 Verifica fondazione sostegno illuminazione

Dati Corpo illuminante

Peso corpo illuminante P= 69 N

Area impronta vento

$$SA X = 0.0168 \text{ m}^2$$

$$SA Y = 0.0600 \text{ m}^2$$

Coefficiente di pressione

$$C_p = 1$$

Dati palo

Altezza totale	Htot = 6800 mm
Altezza fuori terra	Hft = 6000 mm Tipologia fusto
Conico	
Tipo sezione	Circolare
Diametro sezione di testa	Dtop = 60 mm
Spessore lamiera	s = 3 mm

Materiale

Tensione di snervamento	$\gamma = 235 \text{ N/mm}^2$
Modulo elastico	$E = 210000 \text{ N/mm}^2$
Modulo tangenziale	$G = 80000 \text{ N/mm}^2$
Peso unitario	$\rho = 75600 \text{ N/m}^3$

Parametri di calcolo

Coefficienti parziali di sicurezza

Materiale	$\gamma_M = 1.05$
Carichi verticali	$\gamma_{L,G} = 1.2$
Carichi orizzontali (vento)	$\gamma_{L,W} = 1.2$
Classe di resistenza	B

- | | |
|--|---------------------------------|
| ➤ Azione del vento (Parametri di calcolo EN40-3-1) | |
| ➤ Velocità di riferimento | $v_{ref,10} = 27 \text{ m/sec}$ |
| ➤ Categoria di terreno | IV |
| ➤ Coefficiente di topografia | $C_t = 1$ |
| ➤ Periodo di ritorno | 50 anni |
| ➤ Velocità di calcolo del vento a 6m di altezza riferito alla pressione $q(6)$ ed al coeff. d'esposizione $C_e(6)$ | $v(6) = 35.36 \text{ m/sec}$, |

Calcolo e Verifica palo H 6m Verifica di deformabilità verifica soddisfatta

Freccia

Requisiti relativi alla freccia (stato limite di servizio)

Freccia orizzontale calcolata $f_y = 120,80 \text{ mm}$

Accettazione della progettazione relativa alla freccia – CLASSE 1

Freccia orizzontale massima $0,04(h) = 0,04(6000) = 240 \text{ mm}$
(h altezza palo)

Verifica di deformabilità: SODDISFATTA

MOMENTI

Calcolo Momenti

CC. Peso + Vento X CC. Peso + Vento Y

Azioni alla base del fusto

Vento X

$$N = 560 \text{ N};$$

$$VX = 515 \text{ N};$$

$$M X= 1612 \text{ Nm};$$

Vento Y

$$N = 560 \text{ N } VY = 548 \text{ N } MY= 1825 \text{ Nm}$$

combinazione dei momenti $M_p = \sqrt{(M_x^2 + M_y^2)} = 2434 \text{ Nm}$

VERIFICA DI RESISTENZA ALLA BASE DEL PALO

Resistenza a flessione

$$M_{ux} = M_{uy} = M_{up} = f_y \frac{I_p}{103 y_m} = 10844 \text{ Nm}$$

Verifica di resistenza alla base del palo

VERIFICATO

VERIFICA AL RIBALTAMENTO DEL PALO

Il momento ribaltante alla base del palo è stato già calcolato, sia in direzione X che in direzione Y. La verifica viene condotta con la combinazione tra i due momenti:

$$\text{Momento ribaltante} \quad M_p = \sqrt{(M_{2x} + M_{2y})} = 2434 \text{ Nm}$$

Considerando un plinto di dimensioni 1,0 x 1,0 x 1,0 si ha:

Momento stabilizzate

$$M_s = 25000 \times (1,0 \times 1,0 \times 1,0 - ((0,25/2)^2 \times 3,14) \times 0,8 - 0,3 \times 0,3 \times 0,8) \times 0,90/2 = 9.523 \text{ Nm}$$

Coefficiente di sicurezza.

$$M_s/M_r = 9.523 / 2434 = 3.91 \quad \text{VERIFICATO}$$